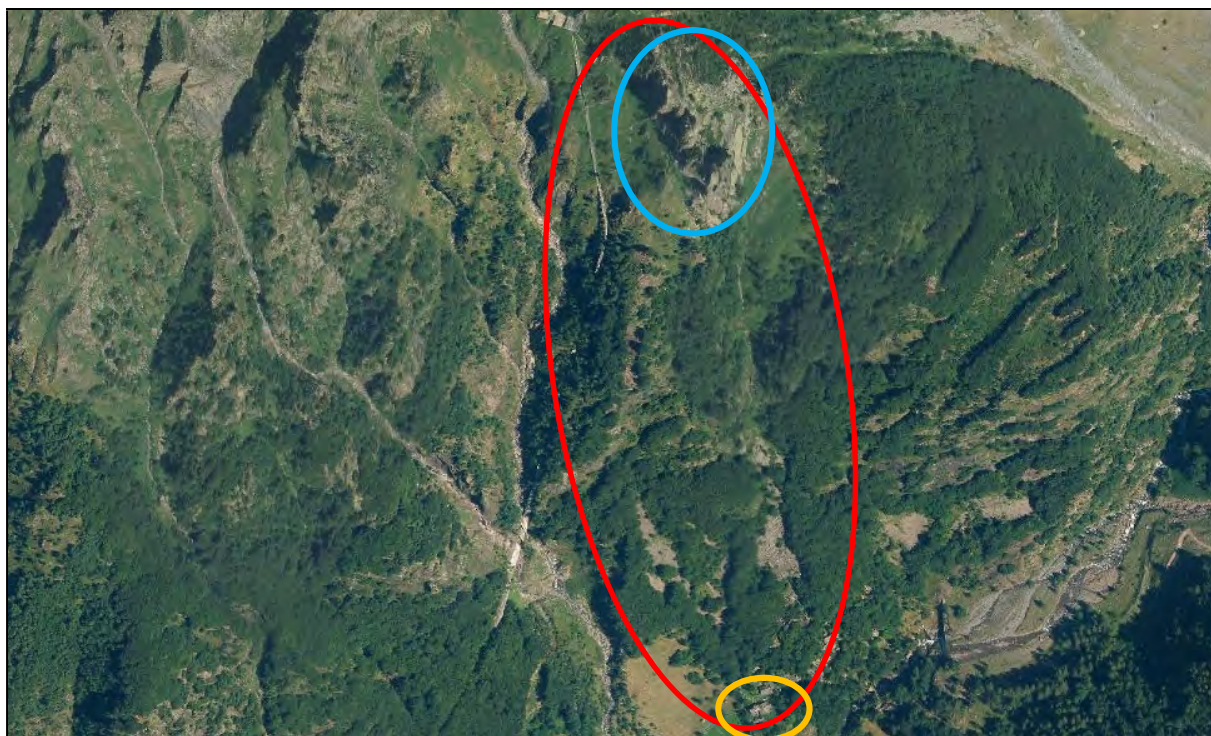




**comune di VALBONDIONE**  
provincia di Bergamo



PROGETTO DEFINITIVO

**OPERE DI MANUTENZIONE, MESSA IN SICUREZZA E ADEGUAMENTI  
IGIENICI DEL PATRIMONIO COMUNALE**

**REALIZZAZIONE RETE PARAMASSI IN  
LOCALITA' PICCINELLA – FRAZIONE MASLANA**

RELAZIONE TECNICA-GEOLOGICA – QUADRO ECONOMICO

il progettista  
geom. PAOLO TITTA

Valbondione, 25 luglio 2018

geometra PAOLO TITTA  
24020 PREMOLO (Bg) via Fasola, 28 – tel. 035 703350 – fax 035 706795 – e\_mail [progetti@studiotitta.com](mailto:progetti@studiotitta.com)

Studio G.E.A.  
24020 Ranica (BG) via La Patta, 30/D – tel./Fax 035 340112 – e\_mail [gea@mediacom.it](mailto:gea@mediacom.it)

## **SOMMARIO**

<b>1.</b>	<b>CRONISTORIA DELL'EVENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>STABILITÀ GEOLOGICA DELL'AREA .....</b>	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>SIMULAZIONI DI CADUTA MASSI.....</b>	<b>17</b>
	<b>6.1.Premessa.....</b>	<b>17</b>
	<b>6.2.Metodo di calcolo utilizzato .....</b>	<b>18</b>
	<b>6.3.Profilo topografico.....</b>	<b>23</b>
	Scelta della traiettoria di caduta massi ottimale .....	23
	Definizione del profilo topografico .....	25
	<b>6.4.Assegnazione dei parametri .....</b>	<b>26</b>
	Coefficienti di restituzione .....	26
	Caratterizzazione del masso in caduta .....	29
	Fasi iniziali del moto .....	31
	Sintesi dei parametri utilizzati.....	33
	<b>6.5.Risultati ottenuti .....</b>	<b>34</b>
<b>7.</b>	<b>OPERE DI DIFESA.....</b>	<b>38</b>
	<b>7.1.Premessa.....</b>	<b>38</b>
	<b>7.2.Dimensionamento barriera paramassi.....</b>	<b>38</b>
<b>8.</b>	<b>BENEFICI PORTATI DAGLI INTERVENTI PROPOSTI.....</b>	<b>43</b>
<b>9.</b>	<b>FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>44</b>
<b>10.</b>	<b>DISPONIBILITÀ DELLE AREE .....</b>	<b>45</b>
<b>11.</b>	<b>ACCESSIBILITÀ E MANUTENZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>46</b>
<b>12.</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE .....</b>	<b>47</b>
	<b>12.1. Scheda cantiere .....</b>	<b>48</b>
<b>13.</b>	<b>CAVE E DISCARICHE .....</b>	<b>51</b>
<b>14.</b>	<b>INTERFERENZE .....</b>	<b>52</b>
<b>15.</b>	<b>ESTRATTO MAPPA.....</b>	<b>523</b>
<b>16.</b>	<b>QUADRO ECONOMICO .....</b>	<b>52</b>

## **1. CRONISTORIA DELL'EVENTO**

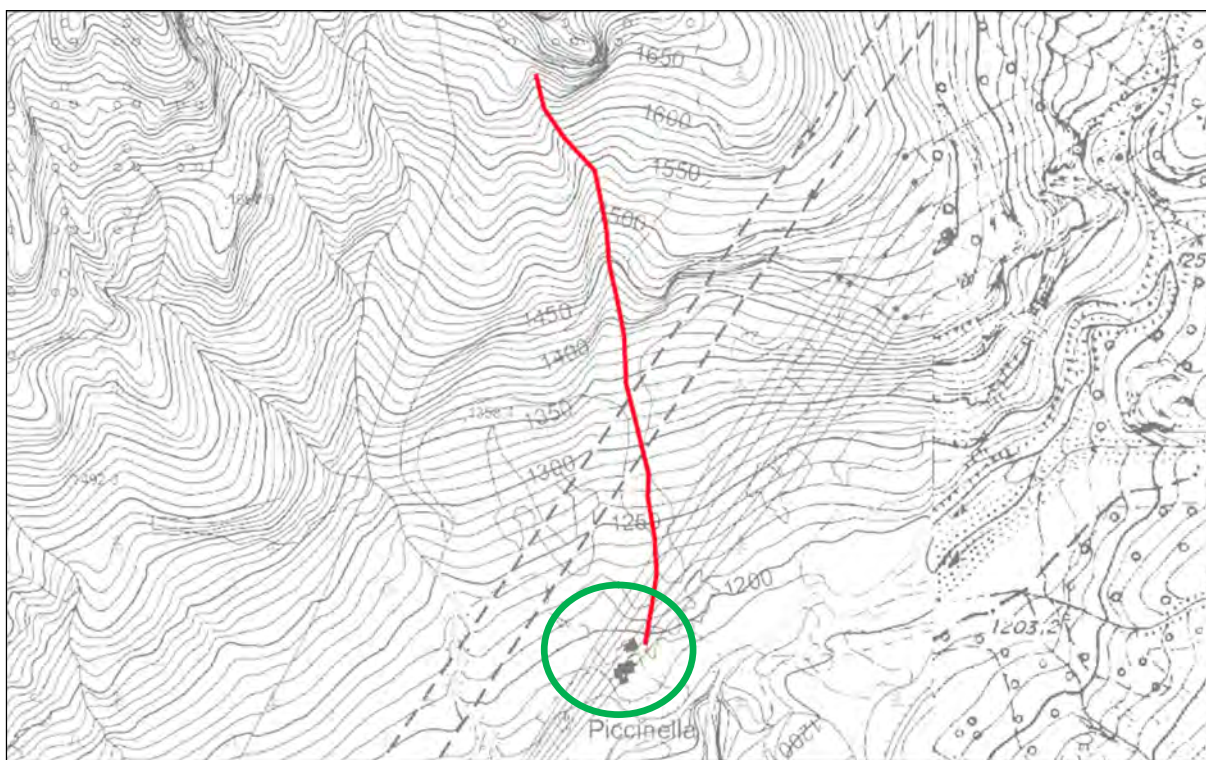
In data 6 Luglio 2017 , accompagnati dall'ing. M. Marzani e dai volontari del soccorso Alpino, si è svolto il sopralluogo nella frazione Maslana di Valbondione Loc. Piccinella, allo scopo di verificare le condizioni geologiche e geomeccaniche del versante posto a monte del nucleo abitato a seguito del verificarsi ad un crollo di masse rocciose dal “Pinnacolo” roccioso soprastante la succitata località.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal presente studio è soggetta a potenziale caduta di massi è posta all'interno del territorio comunale di Valbondione, entro la porzione superiore della Valle Seriana a nord del centro abitato, presso la località Piccinella.

Si tratta di un'area a prevalenza naturale, con versanti spesso soggetti a fenomeni di instabilità geologica ricoperti da boschi misti.

L'esatta ubicazione dell'area viene data nella tavola A, di cui si riporta uno stralcio.



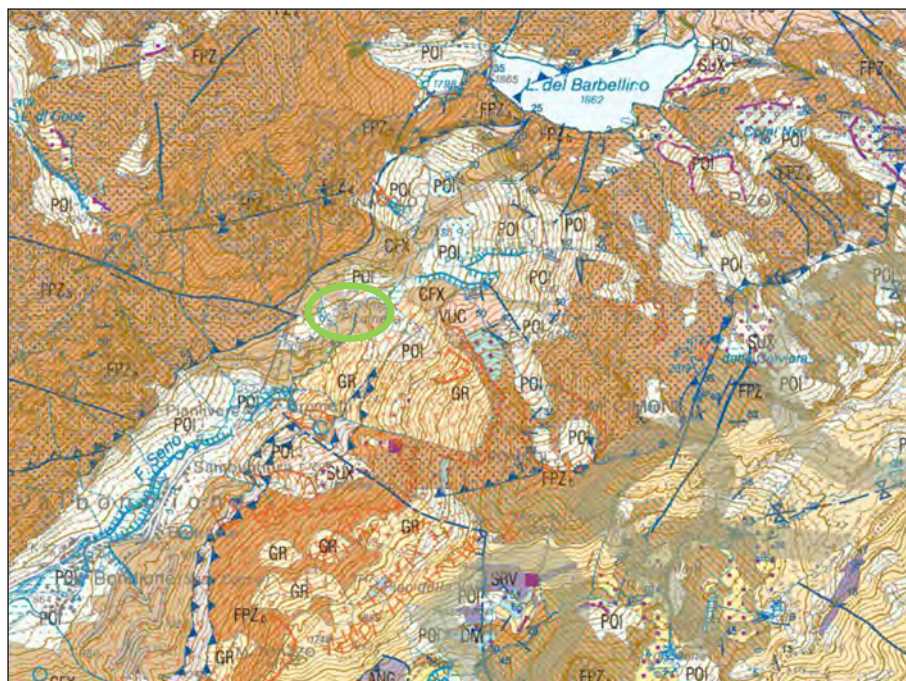
**Figura 1 – Corografia dell'area di studio, cerchiata in verde la località Piccinella, in rosso indicata la traccia del profilo topografico utilizzata nell'analisi di caduta massi**



### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area è posta nell'unità strutturale dell'Anticlinale del Trabuchello – Cabbianca, facente parte del dominio strutturale delle alpi Meridionali. Tale notazione geologica risulta molto importante in quanto identifica le litologie terrigeno – vulcanoclastiche e metamorfiche poste a nord del lineamento della Valtorta – Valcanale, il quale le separa tramite una serie di faglie dirette e sovrascorrimenti dalle formazioni carbonatiche e dolomitiche del triassiche a sud.

Nella fattispecie, seguendo la legenda approvata dal Servizio Geologico d'Italia per il progetto CARG promosso dall'ISPRA, l'area si colloca al di sopra di Micascisti a biotite, granato, clorite e staurolite (CFX) di età pre-Varisca.



**Figura 2 – Stralcio del foglio 057 “Malonno” della Carta Geologica d'Italia, progetto CARG, SGI, 2011**

#### **4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

L'area interessata dal crollo è costituita da un versante roccioso ripido e da una valletta laterale, altrettanto ripida, alla sommità della quale è presente uno dei numerosi pinnacoli rocciosi che caratterizzano la morfologia del versante.

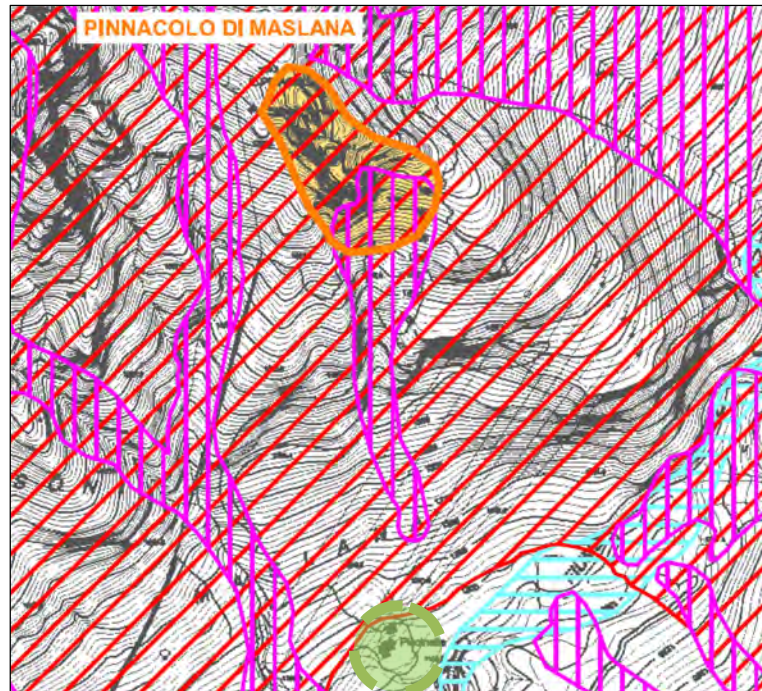
Al piede della suddetta area in un ambito più pianeggiante, presumibilmente di origine morenica, è presente un nucleo di antica formazione costituito da un gruppo di baite adibite nel tempo ad uso prevalentemente agricolo.

L'area del pinnacolo è spesso interessata da crolli e frane, come evidenziato dalla quantità di detrito presente sul versante e nella vallecchia laterale, detrito frammisto a blocchi, anche di parecchi metri cubi.

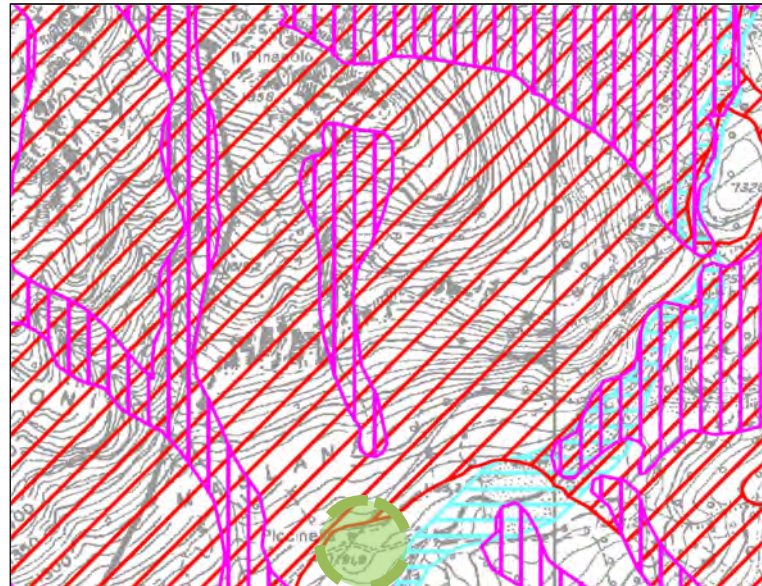
Le tavole del PGT comunale di recente approvazione, evidenziano, per ogni tematismo esaminato (Carta del dissesto, Carta dei vincoli, Carta di sintesi), situazioni di criticità idrogeologica diffusa. La Carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano classifica quest'area come area ad elevata pericolosità tanto da attribuire la classe 4, di maggiore pericolosità per la quale vanno adottati tutti gli accorgimenti di carattere protettivo e cautelativo indicati, nelle norme ad essa associate.

Di seguito vengono riportati gli stralci delle suddette Carte, riferite all'area in esame.

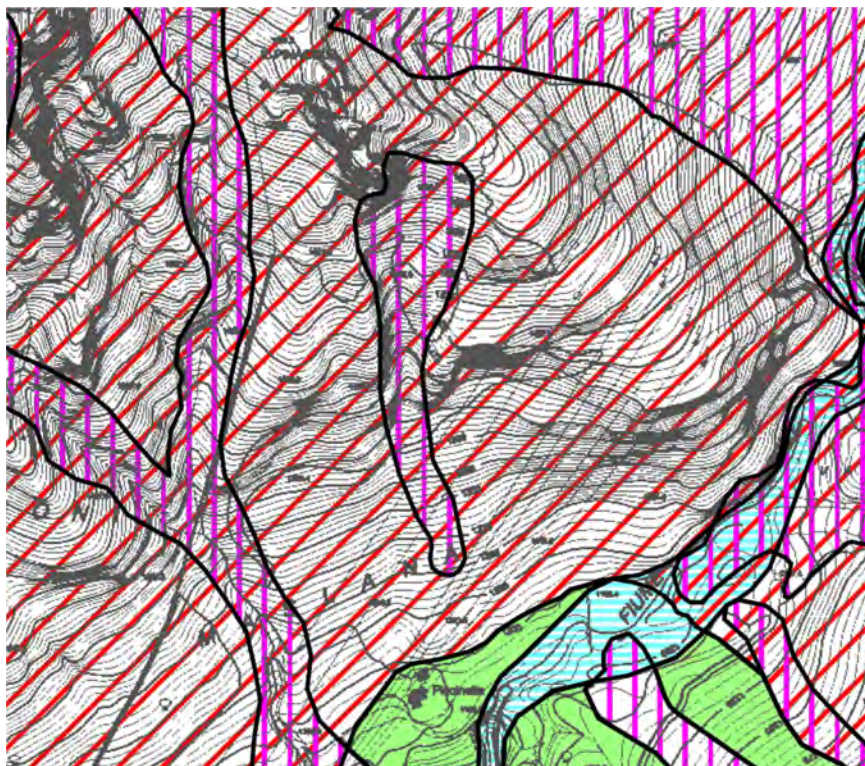




**Figura 3 - Stralcio della carta dei Vincoli del PGT comunale. Evidenziata in verde l'area delle baite**



**Figura 4 - Stralcio della tavola del dissesto del PGT comunale. In verde l'area delle due baite**



**Figura 5 - Stralcio della tavola dei vincoli del PGT comunale.**

Il sopraluogo ha coperto l'intero versante, soprastante il nucleo rurale, dalla posizione dell'abitato sino alla base del Pinnacolo ed è stato possibile ricostruire, con buona precisione, gli eventi.

L'analisi delle condizioni al suolo inizia dal nucleo abitato in cui si segnala la presenza di blocchi rocciosi di varia dimensione dovuti molto probabilmente, alla rottura di un blocco decisamente più grossolano. Nel bosco soprastante l'abitato è presente un masso ciclopico di dimensioni deca metriche probabilmente caduto nel secolo scorso, il quale, fortunatamente ha arrestato la corsa di alcuni blocchi a di considerevole dimensione.



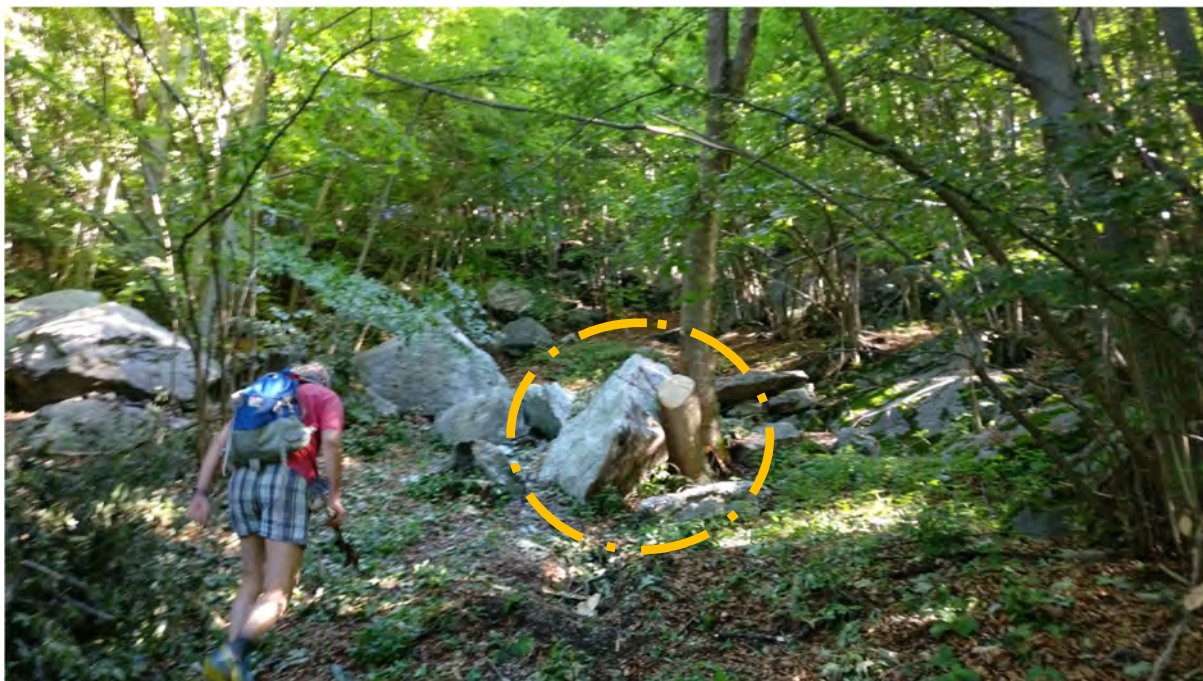


**Figura 6 - Porzioni di roccia , dovuti allo sgretolamento di un masso di maggiori dimensioni, giunti sino a valle in prossimità delle baite**



**Figura 7 - Blocco roccioso di consistenti dimensioni, fermatosi a pochi metri dalle abitazioni**





**Figura 8 - Altro blocco fermatosi a pochi metri dalle abitazioni, nel bosco soprastante**

I detriti accumulati sia nella valle ai piedi del Pinnacolo, sia nel fondovalle, sono costituiti prevalentemente dalla formazione rocciosa nota in letteratura come Scisti di Edolo e frammenti ardesiaci i quali pongono il versante in una situazione particolarmente instabile, soprattutto per la tendenza di queste formazioni a fratturarsi in modo più o meno tabulare. Risultano inoltre molto suscettibili alla lisciviazione ad opera dell'acqua. La giacitura sub-verticale di queste formazioni favorisce crolli, frane e ribaltamenti.

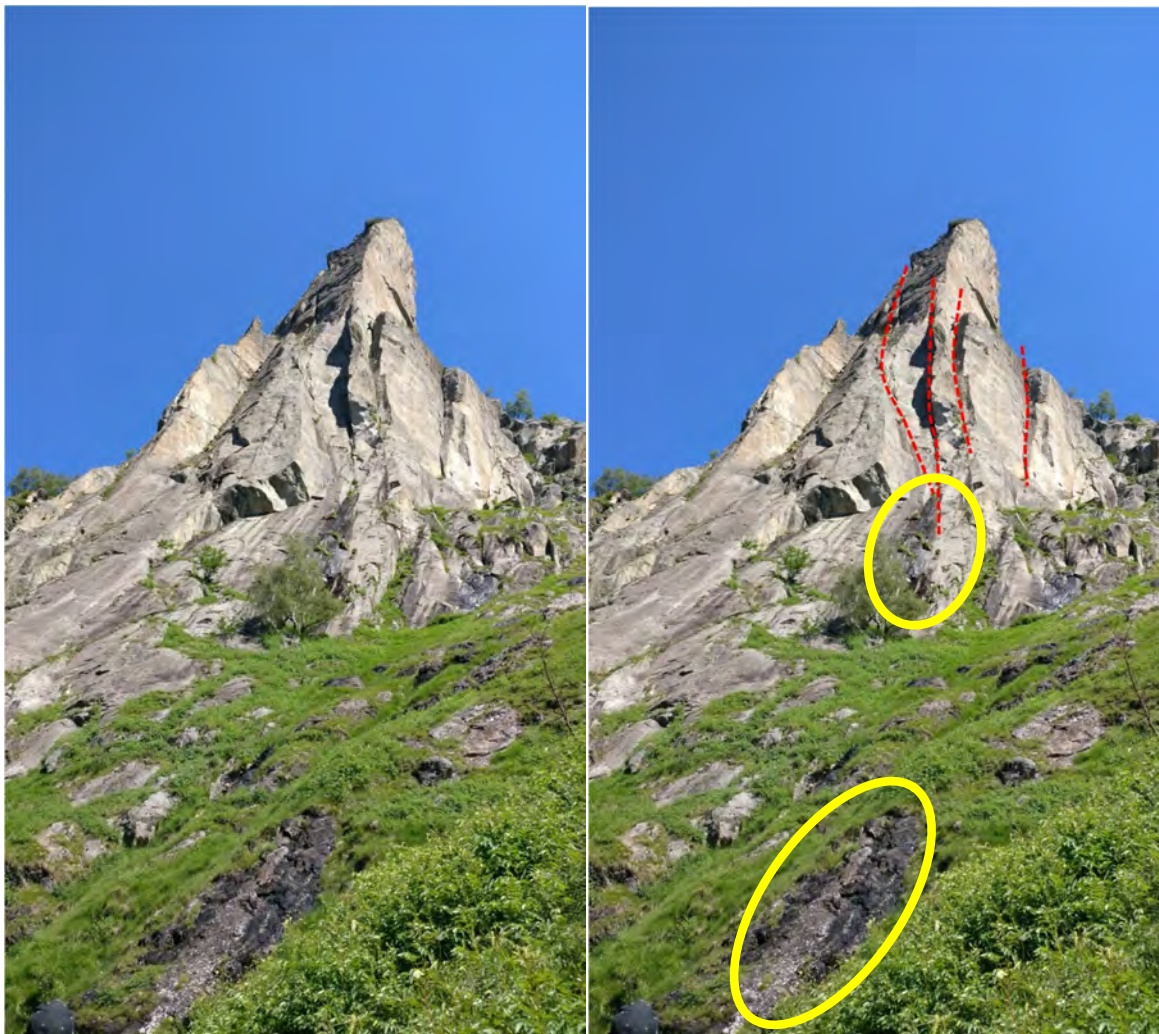


**Figura 9 - Nel cerchietto la loc. Piccinella**

L'accumulo generato dalla frana di crollo, è prevalentemente costituito dai sopra citati blocchi rocciosi, ma è anche da materiale più minuto evidente dovuto anche all'apporto costante di materiale ad opera dei fenomeni di ruscellamento superficiale. Il Pinnacolo risulta ampiamente fratturato, con almeno due famiglie di fratture principali, la prima sub verticale, ortogonale rispetto al versante e la seconda sub parallela a quest'ultimo.

Vi sono inoltre svariate infiltrazioni d'acqua all'interno delle fratture e queste soprattutto nei periodi invernali, contribuiscono al Crioclastismo (gelo e disgelo) aiutato anche dalla favorevole esposizione, amplificando il rischio di altri crolli.





**Figura 10 - In rosso le tracce delle fratture del Pinnacolo, In giallo le filtrazioni d'acqua**

Entrando in merito all'evento , la zona di distacco è posizionata nell'area basale del pinnacolo sul versante a Sud-Ovest , a ridosso della valle di accumulo detritico precedentemente menzionata.

L'area è altresì interessata da trasporto solido (debris Flow) in concomitanza di eventi meteorici eccezionali, come quelli che hanno recentemente interessato questo versante che provoca l'asportazione dei depositi detritici, portandoli a valle.

In questo contesto viene segnalata anche la presenza di un masso erratico della

dimensione di qualche metro cubo al centro dell'impluvio, posizionato a pochi metri dal punto di distacco del blocco principale ed in una posizione di equilibrio limite.

Le piogge abbondanti potrebbero quindi innescarne il rotolamento sino a valle del suddetto blocco con implementazioni dei fattori di rischio e pericolo.



**Figura 11 - Blocco in condizioni di equilibrio limite**



Nella valletta, immediatamente al di sotto del Pinnacolo, è evidente l'asportazione di una abbondante porzione di detrito a causa del blocco staccatosi, rimuovendo completamente quello che precedentemente all'evento era un sentiero. La porzione di detrito rimossa equivale ad uno spessore di qualche metro ed interessa tutta la larghezza della valletta.



**Figura 12 - In rosso la traccia del vecchio sentiero**



## **5. STABILITÀ GEOLOGICA DELL'AREA**

Alla luce delle considerazioni sopra riportate, si è ritenuto che la situazione in atto sia da considerarsi molto precaria e potenzialmente soggetta a caduta massi od al rotolamento verso valle di altri blocchi rocciosi più minuti sotto forma di Debris flow.

Alla luce di ciò, viste le circostanze, si era ritenuto opportuno di sottoporre ad ordinanza di sgombero le abitazioni poste di rimpetto al versante con l'obiettivo di ridurre anche la frequentazione di carattere turistico e/o alpinistico nella zona.

Al fine di ristabilire condizioni di accettabilità, in funzione anche della realtà dei luoghi, è stata proposta come soluzione mitigativa del fenomeno la realizzazione, a monte del nucleo abitativo, una rete di protezione paramassi ad alto assorbimento di energia, con valore minimo di 2.000 KJ. Si era altresì proposto di valutare sul posto l'esatta ubicazione dell'opera di difesa, in modo da raggiungere un livello di sicurezza accettabile.

Nella segnalazione e nella relazione geologica che ha accompagnato l'evento è stato altresì suggerito all'Amministrazione Comunale di Valbondione si emettere un ordinanza di divieto di transito sul sentiero che conduce alla località Piccinella.

Il comune ha provveduto ad emettere ordinanza di chiusura e nel contempo si è impegnato a trovare le necessarie risorse al fine di ridurre il fattore di rischio derivato dalla presenza del grosso masso instabile all'interno della vallecola.

Individuate le risorse l'Amministrazione Comunale ha incaricato la soc. Geomont S.r.l. di Lecco, di eseguire gli interventi di bloccaggio del masso non sussistendo i presupposti, tecnico – progettuali, per la sua definitiva demolizione.

Nella seguente immagine si evidenzia l'intervento eseguito.



24020 PREMOLO (Bg) via Fasola, 28 – tel. 035 703350 – fax 035 706795 – e\_mail [progetti@studiotitta.com](mailto:progetti@studiotitta.com)

Studio G.E.A.  
24020 Ranica (BG) via La Patta, 30/D – tel./Fax 035 340112 – e\_mail [gea@mediacom.it](mailto:gea@mediacom.it)



Al termine dell'intervento di bloccaggio del masso instabile, di cui alla soprastante immagine, considerato che, al contorno sono comunque presenti numerose situazioni di criticità, in termini di potenziale caduta massi, gli scriventi hanno ritenuto che le nuove condizioni venutesi a creare potessero rientrare nel range di rischio preesistente e già presente sul tracciato del sentiero per la Fraz. Piccinella prima del verificarsi dell'evento franoso, permettendo, a tutti gli effetti, l'apertura del sentiero agli escursionisti ed ai residenti della frazione.

La decisione assunta non può assolutamente essere considerata come risolutiva del problema che, al contrario meriterebbe almeno uno studio di fattibilità generale da inviare agli Enti competenti al fine di acquisire le risorse necessarie per un intervento risolutivo su tutto il fronte della frazione e del sentiero.

La presente relazione tecnica affronta lo studio di fattibilità e la progettazione dell'intervento di difesa passiva in modo risolutivo, a fronte anche delle risorse che il comune è riuscito a mettere a disposizione .

Tali risorse permettono infatti la progettazione di un intervento di difesa passiva mediante la posa di due tratti di rete paramassi di 2000 KJ.

Nel seguito del presente rapporto sono contenute le verifiche e le procedure utilizzate per la redazione del Progetto.



## **6. SIMULAZIONI DI CADUTA MASSI**

### **6.1. Premessa**

Il dimensionamento delle opere di protezione ai contesti antropici a rischio caduta massi deve passare attraverso un'attenta simulazione delle traiettorie di caduta dei blocchi, perpetrata attraverso diversi sistemi informatici e varie metodiche di calcolo.

Il problema di caduta massi è piuttosto complesso da risolvere, a causa del comportamento reale dei blocchi durante il rotolamento lungo il pendio. L'interazione tra le caratteristiche morfologiche del versante e il percorso seguito dal masso durante la caduta non è lineare ma caotico, infatti piccole variazioni delle condizioni iniziali del sistema possono causare delle significative variazioni nelle traiettorie di caduta. La natura caotica del problema, pertanto, porta ad un'analisi di tipo parametrico e probabilistico.

L'approccio parametrico è utile in seno alla necessaria semplificazione finalizzata alla creazione di un modello matematico e fisico, ove le caratteristiche del versante vengono semplificate e parametrizzate in funzione al problema.

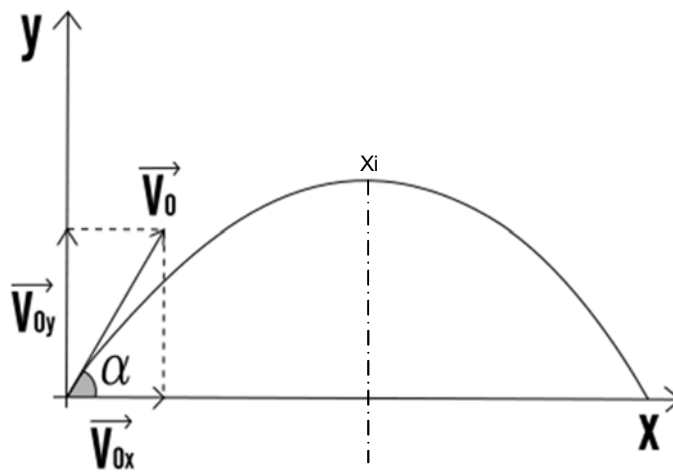
L'approccio probabilistico prevede, invece, l'analisi su un numero di blocchi in caduta utile all'indagare in maniera completa le varie casistiche di movimento del blocco. Assieme al calcolo vettoriale finalizzato alla definizione della direzione di caduta dei blocchi ed alla velocità di movimento, il software consente di definire l'energia cinetica dei vari massi, questo utile al fine del dimensionamento delle opere di difesa.

Per verificare se il modello ha calibrato in modo esatto l'ubicazione dei punti di arresto dei blocchi, è importante mettere a confronto le serie storiche con le distribuzioni di frequenza calcolate dal programma (*back analysis*).

## 6.2. Metodo di calcolo utilizzato

La simulazione del moto di caduta di un masso lungo un pendio ha alla base le semplici leggi del moto parabolico e del piano inclinato.

Nella fase di caduta libera, il blocco segue le leggi dinamiche del moto parabolico, inteso come la combinazione del moto rettilineo uniforme nel senso orizzontale e del moto uniformemente accelerato nella componente verticale, guidato dall'accelerazione dovuta alla forza di gravità ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ).



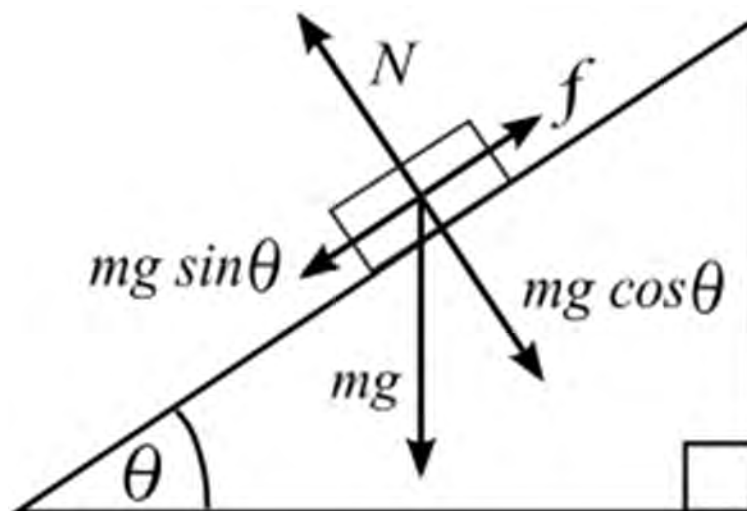
**Figura 13 – Schema semplificato del moto parabolico (o moto di un proiettile), le simulazioni della caduta massi considerano il moto semi-parabolico, ossia quello che viene definito per una componente orizzontale a  $V_x$  costante ed una componente verticale  $V_y$  in accelerazione costante veicolata dall'accelerazione data da  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$**

Le velocità del moto del masso lungo la traiettoria parabolica viene definita dalle velocità lungo gli assi x e y come segue:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 * \cos(\alpha) \\ v_{0y} = v_0 * \sin(\alpha) \end{cases}$$

Per cui  $v_0$  è la velocità complessiva del blocco

Nella fase di non-volo il modello cinematico del blocco è quello del moto lungo piano inclinato, a cui si aggiunge la componente rotazionale del blocco. Si parla quindi di roto-scivolamento ed ha come sue componenti vincolanti la velocità lungo le due componenti x e y e l'attrito tra il piano ed il blocco.



**Figura 14 – Schema semplificato del moto lungo piano inclinato, definito attraverso le principali forze agenti su un blocco. Nel rotoscivolamento, il blocco assume anche una componente rotazionale che limita l'effetto attuativo dell'attrito, agente in opposizione alla componente tangenziale della forza.**

La trattazione dunque deve prevedere un modello matematico e fisico che unisca le due (tre) componenti del moto del blocco: parabolico a rotoscivolamento (scivolamento + rotolamento).



Soluzione al problema viene dato dalla modellizzazione del CRSP implementato dal software GeoRock (GeoStru).

Il modello detto CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program) è stato messo a punto da Pfeiffer e Bowen (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, con sezione circolare nel piano verticale del movimento.

Per descrivere il movimento dei blocchi il modello CRSP applica l'equazione del moto parabolico di un corpo in caduta libera ed il principio di conservazione dell'energia totale.

Il fenomeno dell'impatto viene modellato utilizzando come ulteriori parametri, rispetto al metodo Lumped mass, la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi.

In particolare il modello CRSP assume che l'angolo formato tra la direzione del blocco ed il profilo del pendio vari secondo una statistica che deve essere definita per ogni caso analizzato. Il modello tratta quindi in modo statistico anche i risultati che principalmente constano nelle velocità e nelle altezze di rimbalzo, rispetto alla superficie del pendio, durante il percorso di caduta. Il modello considera quindi le combinazioni dei movimenti di caduta libera, di rimbalzo, di rotolamento e di scivolamento, che possono variare a seconda delle dimensioni dei blocchi e della rugosità del pendio.

L'affidabilità del modello è stata verificata attraverso confronti tra i risultati numerici e quelli ottenuti da prove in sito.

La descrizione del moto di caduta libera inizia da un punto nel quale, è nota la velocità iniziale scomposta nelle sue componenti orizzontali e verticali. Il blocco è soggetto al movimento di caduta libera fino a quando non collide con la superficie del pendio.

Dall'intersezione vengono ricavate le coordinate del punto di impatto. Il vettore della velocità di pre-impatto  $V$ , forma un angolo con il pendio.

La velocità che si ottiene a seguito dell'impatto, viene determinata attraverso l'equazione di conservazione dell'energia totale così espressa:

$$\left(\frac{1}{2} J \omega_1^2 + \frac{1}{2} M V_{t1}^2\right) * f(F) * SF = \frac{1}{2} J \omega_2^2 + \frac{1}{2} M V_{t2}^2 \quad (1)$$

dove:

**R** = Raggio del blocco;

**M** = Massa del blocco;

**J** = Momento d'inerzia del blocco;

$\omega_1$  = Velocità angolare prima dell'impatto;

$\omega_2$  = Velocità angolare dopo l'impatto;

**V<sub>t1</sub>** = Velocità tangenziale prima dell'impatto;

**V<sub>t2</sub>** = Velocità tangenziale dopo l'impatto.

La funzione f(F) di attrito così definita:

$$f(F) = SF + \frac{(1 - R_r)}{\left[\left(\frac{V_{t1} - \omega_1 * R}{20}\right)^2 + 1.2\right]}$$

Mentre la funzione di scala SF:

$$SF = \frac{R_r}{\left(\frac{V_{n1}}{250 * R_n}\right)^2 + 1}$$

I termini f(F) e SF sono ricavabili attraverso espressioni empiriche che vengono utilizzate per valutare l'energia cinetica dissipata nelle collisioni tra blocco e pendio a causa dell'attrito e dell'urto.



L'attrito riguarda principalmente la dissipazione dell'energia prodotta dalla velocità tangenziale, l'urto quella prodotta dalla velocità normale al pendio.

Le velocità tangenziali e angolari post-collisione sono messe in relazione tra loro dalla seguente equazione:

$$V_{t2} = \omega_2 * R$$

che assume che i blocchi abbandonino il contatto con il pendio ruotando, indipendentemente dalla velocità angolare precedente.

La velocità normale post-collisione viene ricavata dalla seguente espressione empirica:

$$V_{n2} = V_{n1} * \frac{R_n}{\left[1 + \left(\frac{V_{n1}}{9}\right)^2\right]}$$

che intende tener conto del fatto, verificato anche sperimentalmente, che il rapporto tra le velocità normali post-impatto e pre-impatto diminuisce con l'aumentare della velocità normale pre-impatto stessa.

R<sub>n</sub> = Coefficienti di restituzione normale;

R<sub>t</sub> = Coefficienti di restituzione tangenziale;

R = Raggio del blocco.

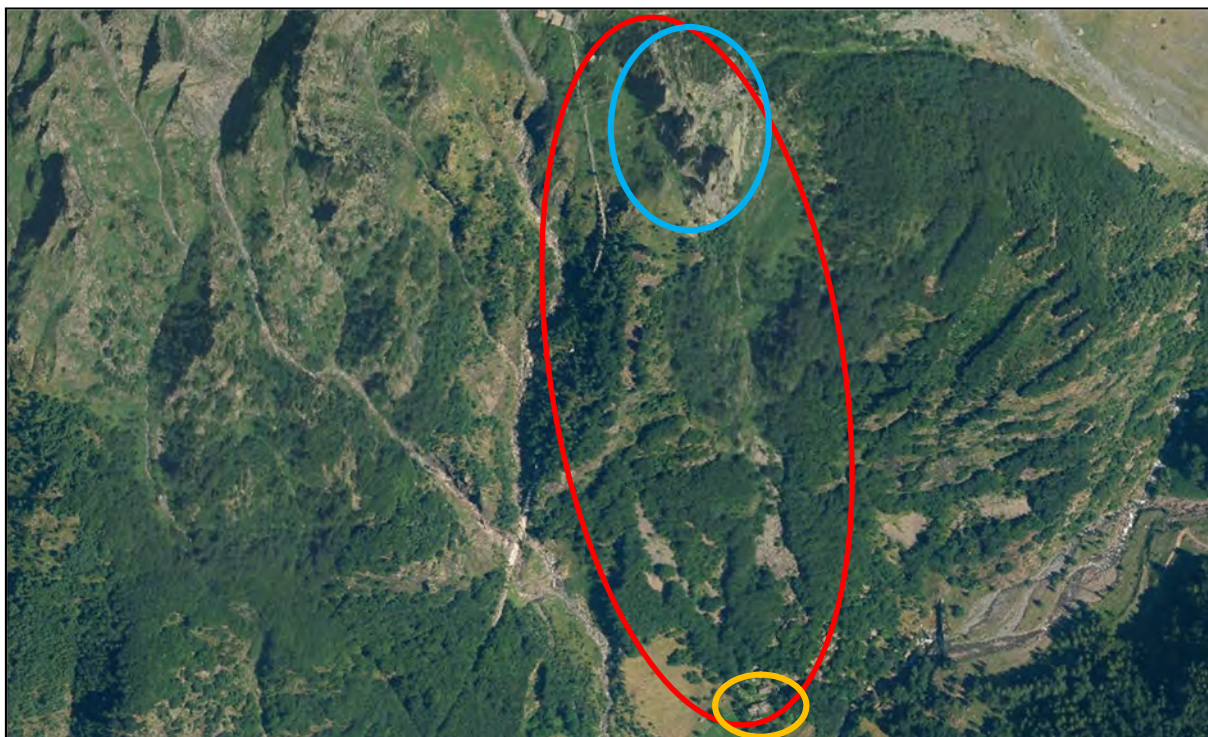
### **6.3. Profilo topografico**

#### **Scelta della traiettoria di caduta massi ottimale**

Come anticipato, uno degli elementi principali che influenzano le traiettorie di caduta dei blocchi è la morfologia del versante di discesa.

Di norma, vista l'elevata variabilità di elementi morfologici che possono variare le traiettorie di moto, è necessario elaborare, in fase preliminare, una serie di traiettorie di caduta su base planimetrica, in modo tale da definire quali traiettorie vanno ad intercettare gli elementi antropici che si intende difendere.

Nel caso in esame, tuttavia, la natura stessa del versante e gli elementi geomorfologici suggerisce la traiettoria di caduta, che segue il canalone che, dalla parete del Pinnacolo, scende fino alla località Piccinella



**Figura 15 – Identificazione della valle (in rosso) entro cui si sviluppano i fenomeni di movimento dei massi in distacco dal Pinnacolo (in azzurro) e le abitazioni a valle (in giallo).**

Come si può osservare dallo stralcio di ortofoto, il movimento dei massi viene incanalato lungo la valle, per cui risulta già noto il percorso che questi hanno nella loro discesa.

Premesso ciò, risulta inutile modellizzare l'intero versante al fine di definire le traiettorie di caduta, passando dunque al modellamento della sezione di profilo che segue la valle in questione e che arriva fino agli elementi antropici.

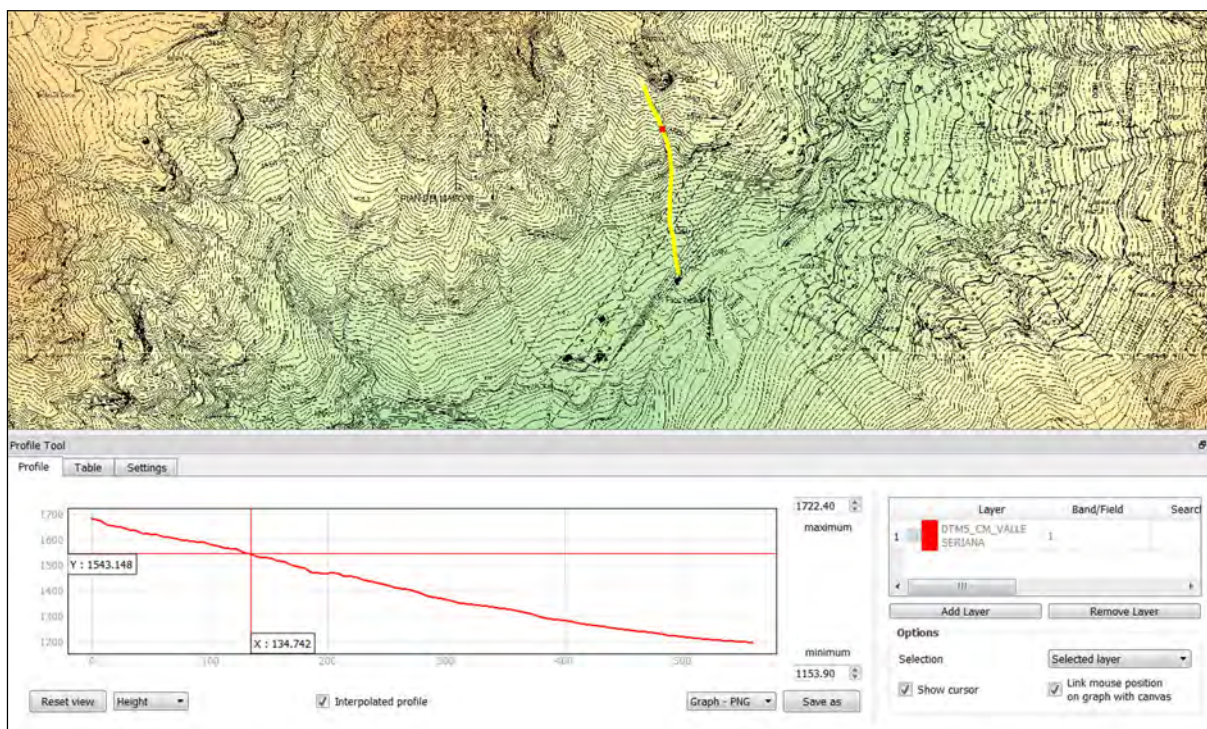


**Figura 16 – Traccia in planimetria del percorso di caduta dei massi, modellizzato al fine di definire le possibili traiettorie di discesa e le relative energie.**



### **Definizione del profilo topografico**

Definita la traiettoria di caduta, è possibile ricostruire il profilo topografico partendo da una base raster DEM (Digital elevation Model) o DTM (Digital Terrain Model). La Regione Lombardia fornisce gratuitamente sul servizio download del geoportale (<http://www.geoportale.regione.lombardia.it/download-dati>) il DTM della Regione con maglia 5x5m aggiornato al 2015, avendo quindi una risoluzione sufficiente trattandosi di uno studio alla scala del versante. L'elaborazione del profilo avviene grazie al software QGIS (v 3.0.0, OSGeo Project) ad il plug-in Profile Tool (v.4.1.1 Borys Jurgiel, Patrice Verchere, Etienne Tourigny, Javier Becerra).



**Figura 17 – Traccia del profilo su base DTM 5x5 da RL con sovrapposta CTR ed elaborazione della sezione topografica tramite il plug-in “Profile-tool” (v4.1.1) dell’applicativo QGIS (v3.0.0)**

## **6.4. Assegnazione dei parametri**

### **Coefficienti di restituzione**

La cinematica del moto e le traiettorie dei massi sono vincolati alla natura della superficie topografica ove il masso impatta o che esso percorre.

Mentre gli angoli limite vincolano esclusivamente il percorso discriminando il passaggio o meno tra i due tipi di moto, i coefficienti di restituzione e rotoscivolamento entrano anche nel calcolo delle velocità e quindi delle energie.

Il coefficiente di restituzione entra nell'analisi del rimbalzo, e quindi dell'urto anelastico tra il masso in movimento e la superficie topografica. Per fare un esempio significativo, l'urto su di una superficie rigida, quale la roccia intatta, comporterà una tendenziale conservazione dell'energia in un modello d'urto vicino a quello elastico; mentre l'impatto su di una superficie "molle" quale un terreno soffice o la vegetazione avrà l'effetto opposto di dissipazione dell'energia. A conseguenza di ciò un masso, colpendo una superficie rocciosa, avrà un rimbalzo maggiore, in termini di energia ed altezza, rispetto ad uno che, avente eguale massa e velocità, colpisce un'identica superficie "molle" (in terreno o vegetata). In tale fase il concetto di metodica lumped – mass diviene fondamentale, in quanto i coefficienti dati non sono legati al masso, ma al solo versante. In particolare si considera che, nell'impatto, il masso non subisca variazione di massa e di forma. Tale concetto è basilare, perché non prevede la rottura del blocco nel momento dell'impatto, che produrrebbe traiettorie sì caotiche, ma aventi meno energia, il tutto a favore della sicurezza.

Il coefficiente di restituzione viene espresso sia per la componente tangenziale ( $k_t$ ) sia per la componente normale ( $K_n$ ) alla superficie rispetto alla velocità d'impatto, al fine di considerare una condizione anisotropa a fini realistici.

In letteratura, numerosi sono gli autori che hanno tentato di definire in maniera precisa i parametri da utilizzare; l'analisi di tale letteratura solitamente distingue alcune macro-categorie di superficie quali:

- versante in roccia
- falda detritica
- versante in roccia, ricoperto da terreno e scarsa vegetazione (prato, arbusti, alberi isolati)
- versante vegetato (bosco)
- aree asfaltate o cementate (strade, piazzali).

Tra i vari autori, si è scelto di utilizzare i parametri definiti da Pasquero (1987):

Detrital materiale mixed with large rock boulders	Rn	Rt
	0.45-0.65	0.5-0.8

Il coefficiente di roto-scivolamento entra, di contro, nell'analisi del moto lungo versante; esso esprime una variabile dissipativa delle energie a fronte dell'attrito dinamico che intercorre tra massa e superficie di roto-scivolamento durante il moto.

Nella definizione di tale parametro entrano in gioco le caratteristiche di resistenza allo scorrimento e rotolamento offerto dal versante che, in qualche modo, subiscono variazioni simili a quelli dei coefficienti di restituzione.

In GeoRock il coefficiente di roto-scivolamento viene espresso mediante la definizione della componente di Rugosità. La rugosità della superficie (in m) rappresenta la massima asperità del tratto perpendicolare al pendio in un range pari al raggio del masso. La rugosità definisce, in sostanza, la pendenza effettiva del tratto nel punto in cui impatta il masso.

Essendo tale parametro estremamente variabile, con un range che va da 0 (assenza di rugosità) a 1 (rugosità massima) ed influenzato da vari fattori litologici e



morfologici, il programma consente di effettuare un'analisi di tipo statistico facendo variare tale valore da 0 a 1 in maniera randomica.

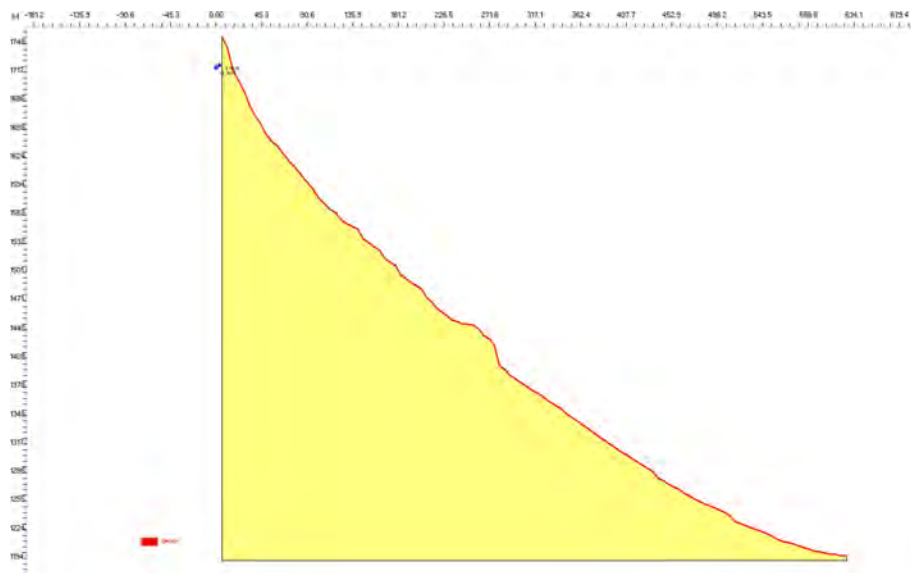
All'interno della valle che funge da via preferenziale per il movimento di blocchi, la maggior parte della superficie topografica è costituita da materiale detritico alla medio-grossa pezzatura. Di conseguenza, ed anche a favore di sicurezza, è corretto definire per l'intero profilo i valori di  $R_n$  ed  $R_t$  della falda detritica.

I parametri utilizzati nella definizione del profilo, opportunamente rivalutati a favore di sicurezza, sono:

$R_n$	$R_t$	Rugosità (m)
0.55/0.65	0.6/0.8	0-1 (Random)

**Figura 18 – Parametri utilizzati per una topografia costituita da materiale detritico, derivati dalla bibliografia.**

Il metodo di calcolo statistico permette di far variare non solo il valore di rugosità da 0 a 1 ma anche i valori di  $R_n$  ed  $R_t$  entro il range selezionato.



**Figura 19 – Modellizzazione del profilo in GeoRock con indicazione della tipologia di superficie**

### **Caratterizzazione del masso in caduta**

Le dimensioni e la forma del masso costituiscono un elemento fondamentale per la definizione del modello di caduta lungo il pendio, in quanto influenzano direttamente sia la fase di roto-scivolamento sia la fase di caduta libera.

- **Forma:** Per quanto riguarda la forma, il metodo di calcolo CRSP utilizzato consente di definire 3 tipologie semplificate differenti: disco, cilindro e sferico. Le differenze di forma sono abbastanza semplici da definire e si basano sui vari caratteri osservabili sia dalle forme dei blocchi caduti, sia osservando i possibili blocchi instabili della parete rocciosa. Un blocco discoidale è tipico di un ammasso roccioso fortemente laminato, come può essere una roccia metamorfica scistosa, un blocco cilindrico è osservabile nei colonnati in basalto, conformazione tipica dei litotipi megmatici della crosta oceanica, mentre i blocchi sferici risultano essere comuni in formazioni massive ed a ampia stratificazione, come quelle osservate in sito.

#### **Forma considerata: Sferico**

- **Diametro:** Il diametro è l'elemento geometrico che definisce le dimensioni di un blocco sferico, esso può essere preso come media delle dimensioni dei blocchi osservati, anche se a titolo di sicurezza è consigliabile verificare il diametro maggiore. Nel caso in esame si considerano blocchi in caduta delle dimensioni del metro cubo.

#### **Diametro considerato: 1.25 m**

- **Peso specifico:** il peso specifico, assieme alle dimensioni volumetriche, viene dato per poter definire la massa del blocco, espressa in kg, ed il suo peso,

espresso in N. i valori di peso specifico variano a seconda del litotipo presente e delle sue condizioni di fratturazione. Nelle rocce questo parametro può quindi variare dai 1900-2000 kg/m<sup>3</sup> fino anche a 3000 kg/m<sup>3</sup>.

**Peso specifico: 2500 kg/m<sup>3</sup>**

- **Modulo di elasticità:** il modulo di elasticità definisce la resistenza del masso alle sollecitazioni esterne di compressione e trazione. Per valori di sollecitazione inferiori a tale parametro la risposta della roccia alla sollecitazione è di tipo elastico, ossia le deformazioni risultano essere perfettamente recuperabili, per valori al di sopra le deformazioni divengono non recuperabili ed il blocco ha una tendenza alla fratturazione ed alla scomposizione in pezzi. Anche tale parametro risulta essere fortemente influenzato dal litotipo del blocco in caduta.

**Modulo di elasticità considerato: 50.000 KPa**



### **Fasi iniziali del moto**

Le condizioni iniziali del moto entrano fortemente nella componente di calcolo probabilistica. La conoscenza di tali condizioni è importante per quanto riguarda le fasi iniziali del movimento e, a cascata, influenza l'intero percorso dei massi in caduta.

Nelle condizioni iniziali del moto rientrano vari fattori, di carattere geometrico e fisico ed espressi in maniera probabilistica entro un range probabile di valori.

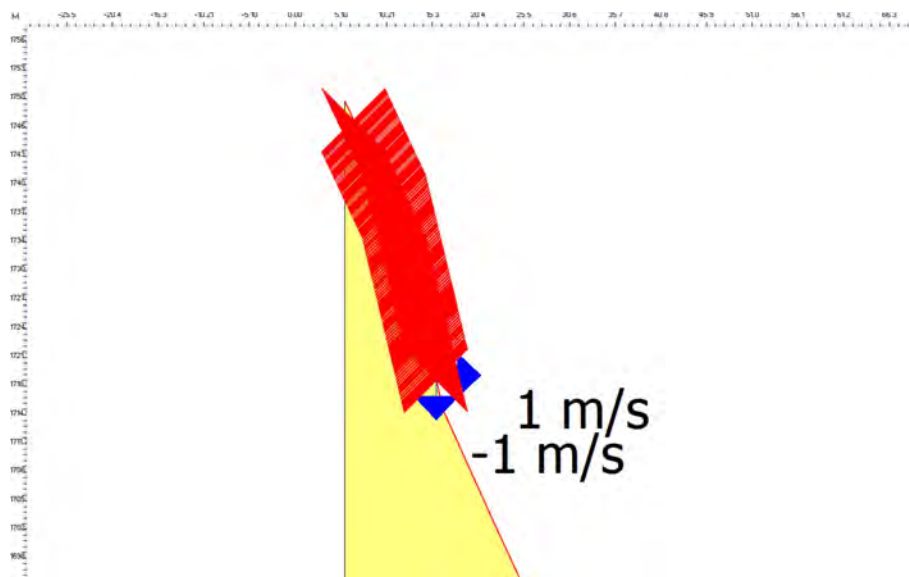
- **Velocità iniziale:** la velocità iniziale del masso influenza in maniera sostanziale i cinematismi del blocco in caduta, determinando le fasi iniziali del volo libero o del roto-scivolamento e conseguentemente le velocità di uscita dalle due fasi, nonché le forze necessarie all'arresto del blocco. In linea di massima i blocchi si distaccano dalla parete immediatamente a monte del tratto iniziale del profilo considerato, avendo quindi una minima velocità iniziale nelle componenti x e y.

**Velocità iniziale in x: 1 m/s**

**Velocità iniziale in y: -1 m/s**

considerando la y positiva verso l'alto

- **Posizione del masso iniziale:** la posizione iniziale del masso definisce le prime direzioni di rimbalzo e/o scivolamento del masso. La posizione iniziale viene definita entro un segmento che comprende i primi 15 m di pendio, entro i quali i blocchi in distacco possono andare ad impattare



**Figura 20 – parametrizzazione della zona di partenza dei blocchi dal punto di vista della posizione iniziale e della velocità iniziale**

- **Numero lanci:** il numero di blocchi in caduta influenza il dato statistico, andando a considerare la variazione entro i range dei parametri di restituzione  $R_n$  ed  $R_t$  e la rugosità, oltre che la posizione iniziale di partenza. Aumentando il numero di traiettorie simulate si aumentano anche il numero di combinazione e pertanto si tende a modellizzare in maniera più completa le varie casistiche di discesa, ottenendo risultati che possono subire anche importanti variazioni in senso di lunghezza del percorso compiuto dal blocco, energie ed altezze.

**Numero di lanci considerati: 1000**

- **Velocità limita di arresto:** la velocità limite di arresto definisce la velocità minima per cui i blocchi risultano, nella fase di roto-scivolamento, in movimento. Quantifica in maniera parametrica le forze che limitano lo scivolamento del blocco, indicando una velocità per cui al di sotto il blocco è da considerarsi fermo.

**Velocità limite di arresto considerata: 0.01 m/s**

### **Sintesi dei parametri utilizzati**

In tabella vengono sintetizzati i parametri utilizzati nell'applicativo Rotomap al fine di simulare il fenomeno di caduta massi lungo il versante sopra Piccinella.

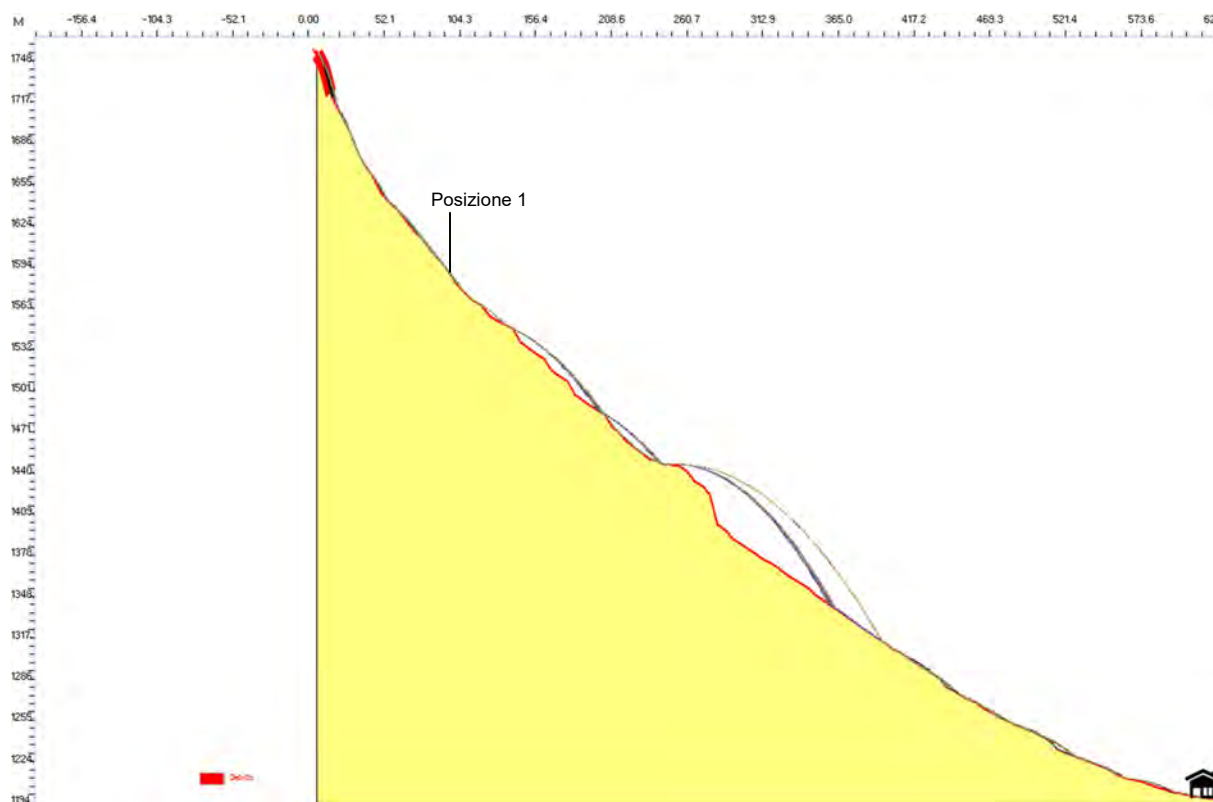
Tipologia		Descrizione	Valore
Coefficienti di restituzione e roto-sciviolamento	per detrito	Coeff. restituzione tangenziale [-]	0.55-0.65
		Coeff. restituzione normale [-]	0.6-0.8
		Rugosità[m]	0-1
Caratterizzazione del masso in caduta		Forma	Sferica
		diametro [m]	1.25
		Peso specifico [kg/m <sup>3</sup> ]	2500
		Modulo di elasticità [kPa]	50.000
Fasi iniziali del moto		Velocità iniziale [m/s] in x	1
		Velocità iniziale [m/s] in y	-1
		Posizione iniziale [m]	da 0 a 15 in x
		Numero di lanci [n°]	1000
		Velocità limite di arresto [m/s]	0.01

**Figura 21 – Tabella riassuntiva dei parametri utilizzati**



## 6.5. Risultati ottenuti

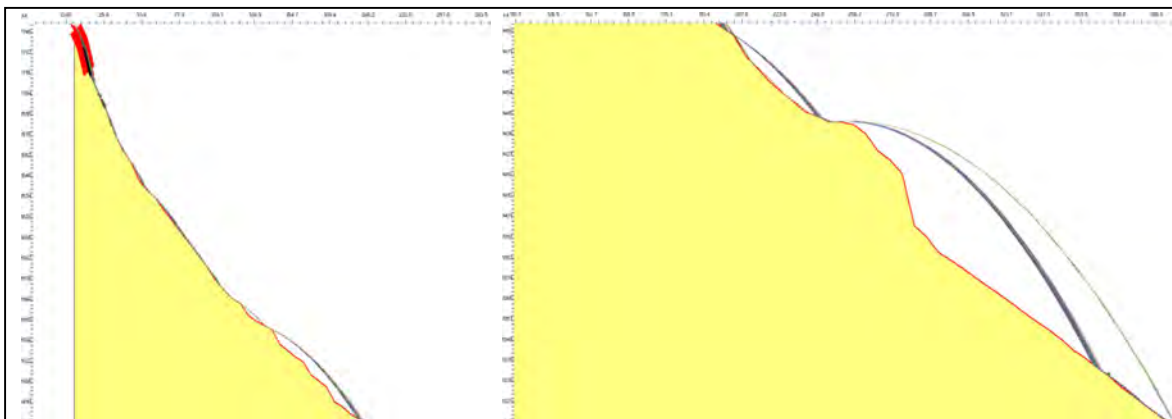
L'elaborazione ha prodotto, come indicato, 1000 traiettorie di caduta massi. La direzione del movimento e la tipologia di moto (volo libero o roto-scivolamento) assumono caratteristiche abbastanza comuni, senza osservare tendenze relative a preferenziali cinematismi di caduta.



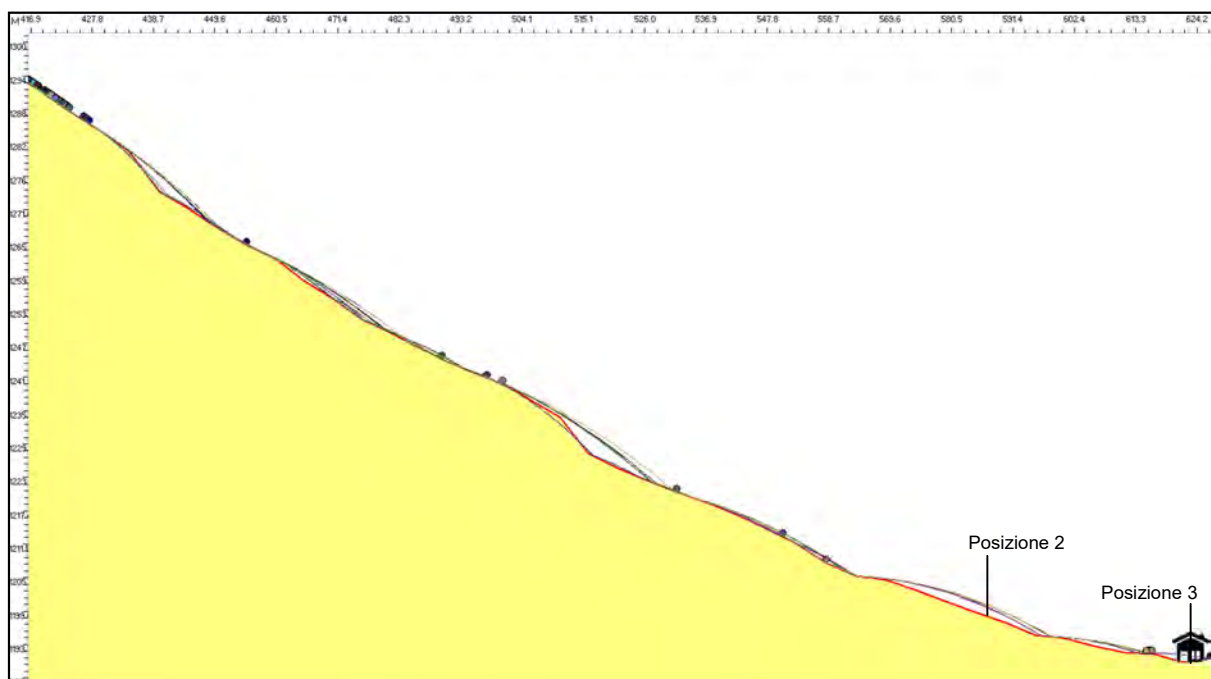
**Figura 22 – Simulazione delle 1000 traiettorie di caduta massi lungo il pendio**

Dalle simulazioni, si osserva come i blocchi transitino in movimento nelle porzioni iniziale e mediana del profilo, con rari situazioni di arresto, mentre la tendenza ad arrestarsi avviene nella sua porzione terminale, dai 1300 m di quoti circa fino al

fondo del profilo (ossia fino alle abitazioni).



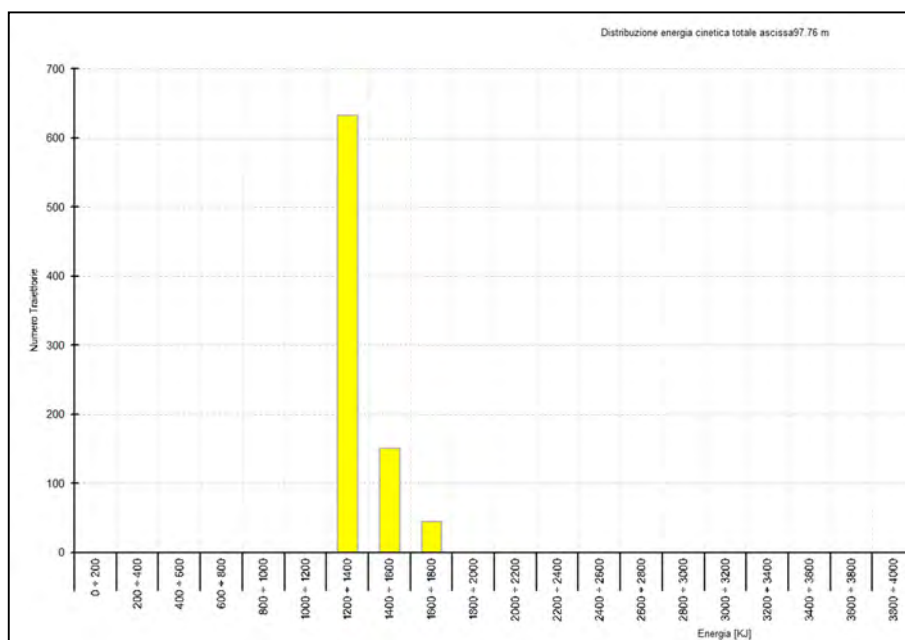
**Figura 23 – Porzione iniziale e mediana del profilo, soggette al solo passaggio dei blocchi ed a raro arresto**



**Figura 24 – Porzione finale della sezione (ultimi 200 m c.a.) con individuazione dei massi in arresto (cerchi di vario colore)**

Come possibile osservare in figura, la simulazione riporta un considerevole numero di traiettorie che portano massi ad arrestarsi in posizione dell'abitazione, mentre altre che portano ad un arresto entro il raggio di circa 10-15 m dall'edificio posto più a monte.

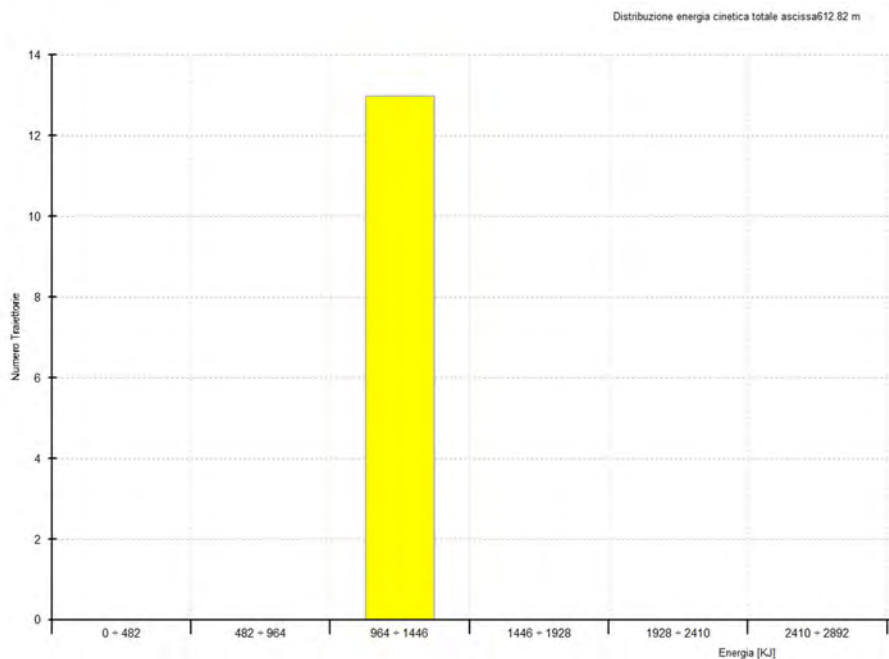
Considerando le traiettorie che intersecano la Posizione 1 (Figura 22) sulla figura (corrispondente ad una progressiva dalla posizione di partenza dei massi di 100 m c.a.) si osserva come la maggior parte dei blocchi assuma un'energia cinetica compresa tra i 1200 ed i 1400 KJ (630 blocchi c.a.) mentre 150 blocchi hanno energia compresa tra 1400 e 1600 KJ, meno di 50 blocchi hanno energia superiore a 1600 KJ per un totale di 800 blocchi c.a (80% di blocchi ancora in movimento).



**Figura 25 – istogramma delle energie con passo 200 KJ per la posizione 1**



Considerando la posizione 2, all'altezza dell'abitato, il numero di blocchi ancora in movimento è di 13 (<2%) con energie cinetiche comprese tra 964 e 1446 kJ.



**Figura 26 - Istogramma delle energie con passo mediato KJ per la posizione 3**

Come possibile osservare, le energie cinetiche delle traiettorie calcolate diminuiscono grazie ai valori dissipativi introdotti ( $R_n$ ,  $R_t$  e Rugosità), i quali comportano anche l'arresto del movimento dei blocchi.

I blocchi in caduta hanno una probabilità inferiore al 2% di impattare sulle abitazioni, considerando 1000 blocchi in distacco dalla parete.

La seguente tabella indica le percentuali di arresto dei massi per progressive di 100 m.

x (m)	15.75	115.75	215.75	315.75	415.75	515.75	615.75	630
%	49.3	87.2	87.2	87.2	87.2	87.4	98.7	99.1

**Figura 27 – Percentuali di arresto dei massi in progressiva**

## **7. OPERE DI DIFESA**

### **7.1. Premessa**

Dall'analisi della caduta massi sono state definite le traiettorie di movimento e le relative energie.

Risulta che, ad una distanza di 50 m c.a. verso monte dagli immobili, la percentuale di blocchi arrestati si attesti intorno al 98%, mentre il 2% prosegue la discesa con energie massime di 1446 kJ ed altezze di volo inferiori ai 2.50 m.

Al fine di contenere il fenomeno e di preservare, di conseguenza, gli edifici residenziali nell'area, si prevede di adottare come soluzione ingegneristica delle barriere paramassi.

### **7.2. Dimensionamento barriera paramassi**

Il dimensionamento è stato valutato considerando il modello di caduta massi analizzato con il software GeoRock.

Le barriere devono essere verificate, in termini energetici, in riferimento a due scenari, quando pertinenti:

- evento isolato, caratterizzato da un elevato livello energetico, da verificarsi in riferimento al livello energetico MEL: nel caso di barriera con funzione permanente, occorre prevedere due allineamenti successivi, dovendo ipotizzare che l'urto di progetto renda inutilizzabile la barriera a monte;
- evento di minore entità, con maggiore frequenza di accadimento, da verificarsi in riferimento al livello energetico SEL: la verifica al SEL è pertinente laddove

le condizioni al contorno escludono importanti interventi di ripristino e manutenzione tra un evento e il successivo.

L'energia dissipabile in condizioni di sicurezza deve essere superiore all'energia di progetto ( $E_d$ ), cioè all'energia del blocco di progetto che impatta alla velocità calcolata con la simulazione delle traiettorie:

$$E_d < \frac{E_{BTE}}{\gamma_E}$$

con:

- $E_{BTE}$  energia dissipabile, desumibile dal Benestare Tecnico Europeo (ovvero della certificazione delle prove su scala reale)
- $\gamma_E$  fattore di sicurezza parziale, da applicarsi al solo livello MEL (  $\gamma_E = 1.10$  ).

La massa del blocco di progetto ( $m_d$ ) è definita come:

$$m_d = (V_b \cdot \gamma) \cdot \gamma_m$$
$$\gamma_m = \gamma_{vol} \cdot \gamma_g$$

dove:

- $V_b$  volume del blocco di progetto
- $\gamma$  peso di volume della roccia ( $\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$ )
- $\gamma_{vol}$  coefficiente che tiene conto della precisione del rilievo del volume del blocco ( $\gamma_{vol} = 1.3$ )
- $\gamma_g$  coefficiente legato alla valutazione del peso di volume della roccia, abitualmente assunto paria a 1, salvo casi di elevata incertezza ( $\gamma_g = 1.0$ )

Oltre alle verifiche energetiche, la barriera deve essere verificata in termini geometrici



rispettando le condizioni richieste sull'altezza di intercettazione e sulla massima deformata della barriera (quest'ultima quando pertinente).

L'altezza di intercettazione, definita come l'altezza della barriera misurata perpendicolarmente alla pendenza del pendio di installazione, depurata dal franco superiore dichiarato dal produttore, deve essere superiore all'altezza di progetto calcolata  $h_d$ .

Quest'ultima è intesa come altezza di passaggio dei blocchi, rispetto al pendio, corrispondente al frattile del 95% delle possibili traiettorie calcolate.

La massima deformata della barriera esibita a seguito di un urto corrispondente al livello MEL ( $d_{MEL}$ ), incrementata mediante il coefficiente di sicurezza ( $\gamma_D = 1.30$ ), deve essere inferiore alla distanza di progetto  $d_d$  tra l'opera di protezione e l'opera da proteggere:

$$d_{MEL} \gamma_D < d_d$$

Le energie di progetto, calcolate per il tipo di rete, secondo i due approcci MEL e SEL, sono riportate nella successiva tabella:

	Rete	
	MEL	SEL
<b>V<sub>b</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	1,00	0,40
<b>m<sub>d</sub> (Kg)</b>	3250	1000
<b>E<sub>d</sub> (kJ)</b>	~1600	~600

**Tabella 1 - Parametri per il dimensionamento della rete**

Sono quindi state scelte delle reti aventi una classe energetica (MEL e SEL), tale da avere una energia dissipabile (EBTE) maggiore dei valori delle energie di progetto, calcolate (considerando come detto in precedenza un fattore di sicurezza pari a 1.1).

40

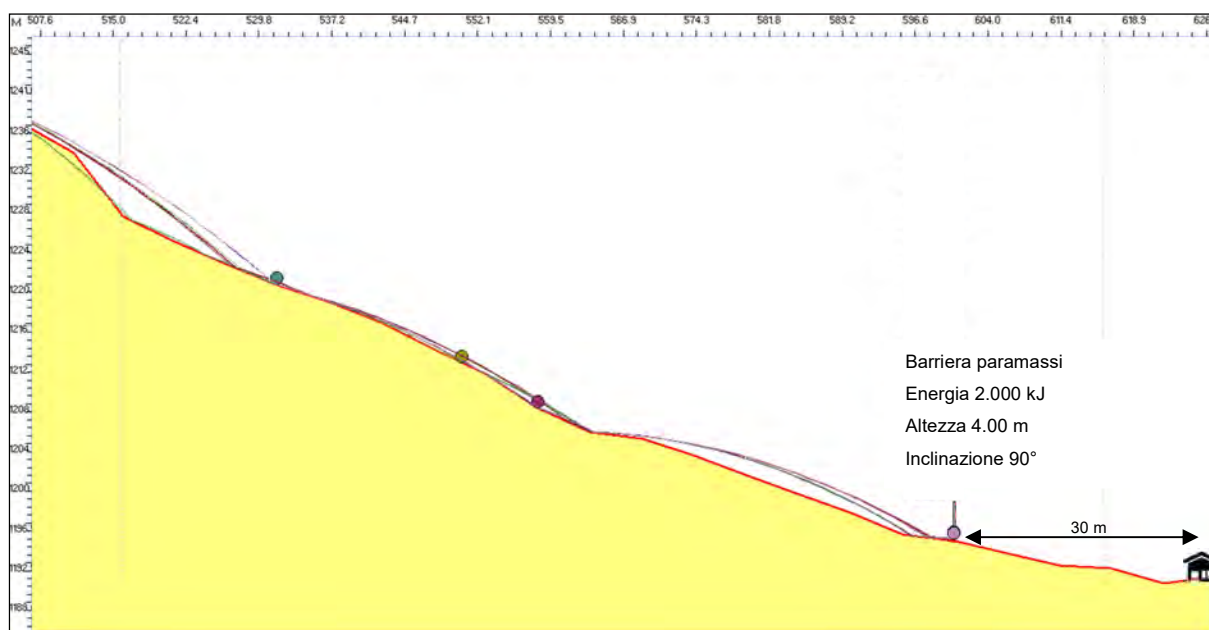
Le caratteristiche geometriche e la classe energetica della rete sono riassunte nello specchio sottostante:

Rete <i>n°</i>	Altezza <i>m</i>	Lunghezza <i>m</i>	$E_{BTE}$			$E_d$	
			classe	MEL (kJ)	SEL (kJ)	MEL (kJ)	SEL (kJ)
1	≥4	20 m e 10 m	≥5	≥2000	≥660	1600	600

**Tabella 2 - Caratteristiche della rete paramassi**

La rete così inserita consente di trattenere tutte le traiettorie dei blocchi di roccia, evitando che vi sia interferenza con l'ambito di approfondimento.

Tramite il software GeoRock è possibile simulare l'azione della barriera sulle traiettorie di discesa dei massi. Sulla sezione, il luogo di posa ideale parrebbe essere una porzione di pendio posta a circa 30 m a monte delle abitazioni, parzialmente protetta da un masso di dimensioni ciclopiche stabile in sito.



**Figura 28 – Simulazione di caduta massi con barriera in progetto, opportunamente**

### **dimensionata**

La messa in posto di una barriera di tipo attivo lungo il versante consente l'arresto del 100% dei massi.

Per una completa protezione dell'area edificata, occorrerà sfruttare l'attuale masso ciclopico presente e posizionare due barriere da 2000 kJ l'una ai suoi lati.



**Figura 29 – Masso ciclopico a monte delle abitazioni, immerso nella vegetazione ad alto fusto mista**



**Figura 30 – Fotosimulazione della messa in posto della barriera paramassi**



## **8. BENEFICI PORTATI DAGLI INTERVENTI PROPOSTI**

Gli interventi proposti miglioreranno sensibilmente le condizioni dell'area oggetto di studio, oltre che la viabilità comunale di accesso alle porzioni alte della valle ed alle relative località escursionistiche e turistiche.

## **9. FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO**

Sono stati eseguiti vari sopralluoghi, anche con ditte specializzate nell'esecuzione delle lavorazioni e nella fornitura dei diversi prodotti, al fine di valutare l'effettiva possibilità di realizzazione delle opere di progetto.

Con le soluzioni prospettate, sebbene esistano alcune difficoltà logistiche (peraltro assolutamente superabili), si ritiene in definitiva che l'intervento sia fattibile.

## **10. DISPONIBILITÀ DELLE AREE**

Le aree interessate dagli interventi ricadono in parte in proprietà dell'Amministrazione Comunale, e in parte in aree private.

Le aree che servono sia come deposito di materiale che per gli accessi alle zone di intervento ricadono in proprietà private.

Per facilitare i lavori, sono già stati raggiunti dei buoni accordi con i proprietari delle aree di intervento per consentire gli accessi e la realizzazione delle opere.



## **11. ACCESSIBILITÀ E MANUTENZIONE DELLE OPERE**

Le aree sono accessibili dalla strada sterrata gippabile che collegata al centro abitato di Valbondione. Gli automezzi raggiungono le aree poste sulla sponda orografica sinistra del fiume Serio; attraverso un sentiero pedonale di poche decine di metri che, superato il ponte pedonale, si raggiunge la frazione Piccinella.

La manutenzione delle opere va rivolta espressamente al:

- controllo ed eventuale svuotamento periodico delle reti in aderenza;
- controllo ed eventuale svuotamento periodico delle reti elastometriche;
- esbosco periodico della vegetazione infestante sulla scarpata.

L'accesso alle reti elastometriche per effettuare controlli visivi preventivi può avvenire direttamente dagli edifici, seguendo per brevi tratti i percorsi sentieristici.

## **12. CANTIERIZZAZIONE**

La pianificazione e gestione delle attività di cantiere dovranno essere curate, valutando l'entità delle opere di progetto e del loro possibile impatto sull'ambiente e la cittadinanza.

In linea di massima, nella scelta di un'area di cantiere dovrebbero essere seguiti i seguenti principi di carattere logistico:

- dimensioni areali sufficienti allo stoccaggio provvisorio;
- disponibilità idrica ed energetica;
- adiacenza alle opere da realizzare.

Dovrebbero inoltre essere tenuti in debita considerazione i seguenti fattori di carattere ambientale:

- vincoli sull'uso del territorio (P.R.G., paesistici, archeologici, naturalistici, idrogeologici, ecc.);
- possibilità di approvvigionamento di inerti e di smaltimento dei materiali di scavo.

Sulla base di tali requisiti, risulta chiaro come le aree più adatte all'installazione del cantiere sia l'area a prato limitrofa alla zona di installazione delle reti.

## **12.1. Scheda cantiere**

### Inquadramento territoriale

Comune: Valbondione

Ubicazione: Località Piccinella

Accessibilità: viabilità ordinaria e sentieri (parte alta)

### Inquadramento geomorfologico e paesaggistico

Paesaggio: contesto boschivo perilacuale; falda detritica con copertura vegetazione a latifoglie o arbustiva.

Morfologia: in versante.

Geologia superficiale: substrato roccioso metamorfico.

Localizzazione indicativa prevista: cfr. tavole progettuali.

### Preparazione

Per la predisposizione dell'area di cantiere sarà necessario procedere alle seguenti operazioni:

- pulizia e sgombero dell'area da eventuali materiali interferenti;
- delimitazione dell'area con idonea recinzione e cancelli di ingresso.

### Minimizzazione degli impatti sull'ambiente

Per la minimizzazione degli impatti durante la fase di cantierizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni minime:

- copertura dei materiali trasportati;

- rispetto delle normative in materia di controllo sul rumore durante le fasi realizzative;
- attuazione delle opportune procedure di gestione, trasporto e corretto smaltimento di eventuali materiali di scavo e riporto, la cui destinazione e/o provenienza dovranno essere certificate adeguatamente;
- garanzia di sufficienti franchi di sicurezza rispetto alle linee aeree eventualmente esistenti.

Inoltre, per le attività di esecuzione, si riportano le seguenti considerazioni quali interventi di salvaguardia ambientale:

- il materiale di coltivo (suolo fertile) eventualmente asportato in corrispondenza delle aree di cantiere dovrà essere opportunamente stoccato con idonee tecniche di ingegneria naturalistica, al fine del relativo reimpiego nell'ambito degli interventi di ripristino dello stato dei luoghi o per la formazione delle scarpate di progetto;
- prioritariamente alle lavorazioni di completamento, dovrà trovare attuazione la realizzazione del sistema di raccolta acque a tutela dei corsi idrici attraversati;
- al termine dei lavori dovranno essere asportati e smantellati tutti i depositi temporanei e gli impianti fissi, oltre a qualsiasi materiale di rifiuto da conferire a discarica autorizzata secondo le vigenti normative in materia; dovrà inoltre essere ripristinato lo stato dei luoghi con la stesa del materiale di coltivo precedentemente stoccato e la semina a prato mediante idonee tecniche di ingegneria naturalistica.



Tutte le operazioni inerenti la gestione di qualsiasi materiale e/o rifiuto, la salvaguardia ed il ripristino delle componenti ambientali dovranno in qualsiasi caso svolgersi secondo le prescrizioni e procedure previste dalle vigenti normative in materia ambientale, con principale ma non esclusivo riferimento al D.Lgs. 152/2006 (“Testo Unico Ambientale”) e successive modifiche ed integrazioni.

### **13. CAVE E DISCARICHE**

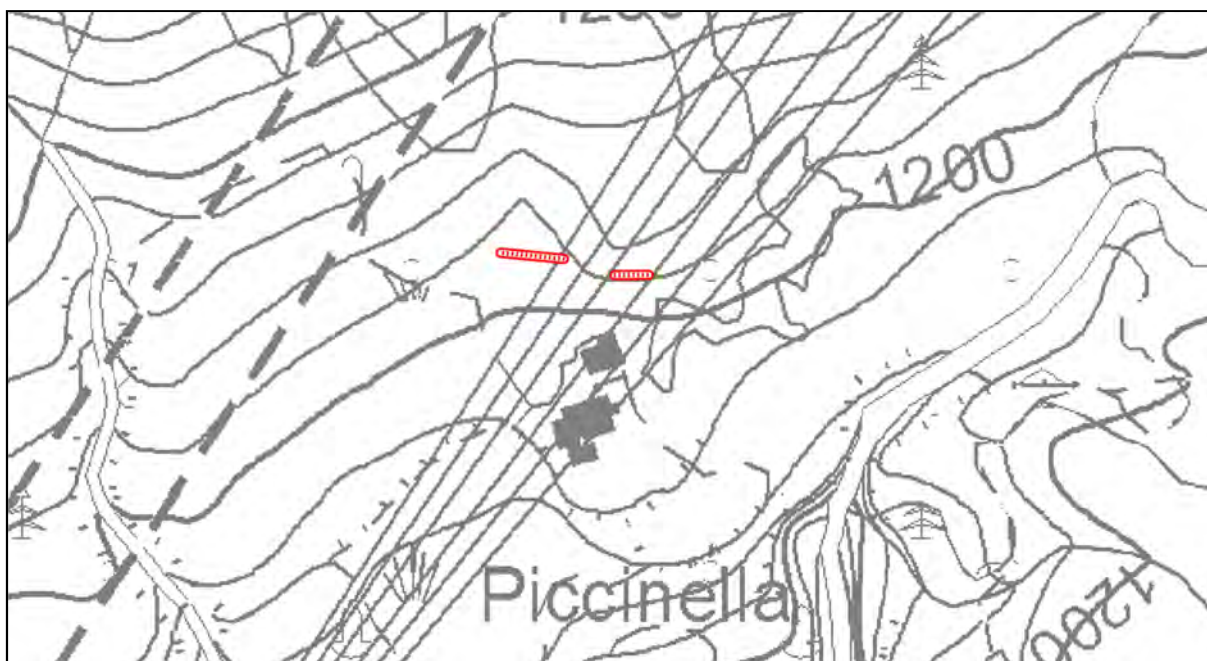
Il progetto non prevede l'utilizzo di materiale proveniente da cave.

E' previsto materiale in esubero dal cantiere derivante dal taglio della vegetazione.

Per la vegetazione possono essere usate le normali discariche che accettano tale tipo di rifiuti.

## 14. INTERFERENZE

È stata riscontrata un'interferenza con un una serie di cavi dell'alta tensione porti tra il centro abitato di Valbondione e le località a monte.



**Figura 31 - Posizione dei cavi elettrici (in nero) e delle barriere (tratteggio rosso)**

Si dovrà porre attenzione durante le eventuali manovre di messa in posto delle reti per via aerea a non intercettare i cavi presenti.

**comune di VALBONDIONE**  
provincia di Bergamo

PROGETTO

OPERE DI MANUTENZIONE, MESSA IN SICUREZZA E ADEGUAMENTI IGIENICI DEL  
PATRIMONIO COMUNALE

**REALIZZAZIONE RETI PARAMASSI IN LOCALITA'  
PICCINELLA - FRAZIONE MASLANA**

QUADRO ECONOMICO DI RIFERIMENTO

**A. OPERE A BASE D'APPALTO:**

opere a base d'appalto	€	34 200,00
oneri per la sicurezza	€	2 800,00
<b>TOTALE OPERE + ONERI SICUREZZA</b>	<b>€</b>	<b>37 000,00</b>

**B. SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE:**

<b>B.1 I.V.A. 22%</b>	<b>€</b>	<b>8 140,00</b>
<b>B.2 Spese tecniche:</b>		
Progetto, Direzione Lavori e Certificato di regolare esecuzione (C.R.E.)		
Totale compreso contributo previdenziale obbligatorio 4%	€	3 500,00
I.V.A. 22% e cassa previdenza su spese tecniche	€	940,80
<b>Totale lordo</b>	<b>€</b>	<b>4 440,80</b>
<b>B.3 Imprevisti ed arrotondamenti</b>	<b>€</b>	<b>419,20</b>
<i>(compreso I.V.A.)</i>		
<b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>		
<b>B.1+B.2+B.3</b>	<b>€</b>	<b>13 000,00</b>

<b>IMPORTO COMPLESSIVO DELL'OPERA</b>	<b>€</b>	<b>50 000,00</b>
---------------------------------------	----------	------------------