

**LA CAVA Srl -Via Giuseppe Catani 28/c 59100 Prato (PO)**

**Tel. 0584 790511 - [lacavasrl1@gmail.com](mailto:lacavasrl1@gmail.com)**

**PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA "FRANCIA"  
(LOC. MONTE COSTA) COMUNE DI STAZZEMA , PROVINCIA DI LUCCA**

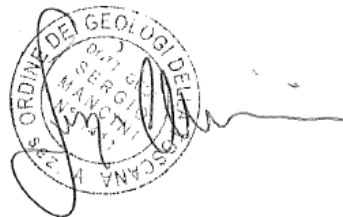


**ALLEGATO 1D**

**ANALISI TECNICA DI VALUTAZIONE DELLE OPERE DI PROTEZIONE E PREVENZIONE  
DA CADUTA MASSI DELLA PARETE ROCCIOSA CON SOFTWARE DEDICATI (Rocfall)**

**Geol. Sergio Mancini – Via del Campo 28/E 55047 Seravezza (LU)**

**Tel. 345 – 1646179 – [manser@pec.buffetti.it](mailto:manser@pec.buffetti.it) - [mancinisergio50@gmail.com](mailto:mancinisergio50@gmail.com)**



**Maggio 2023**

## Premessa e sintesi dell'elaborato

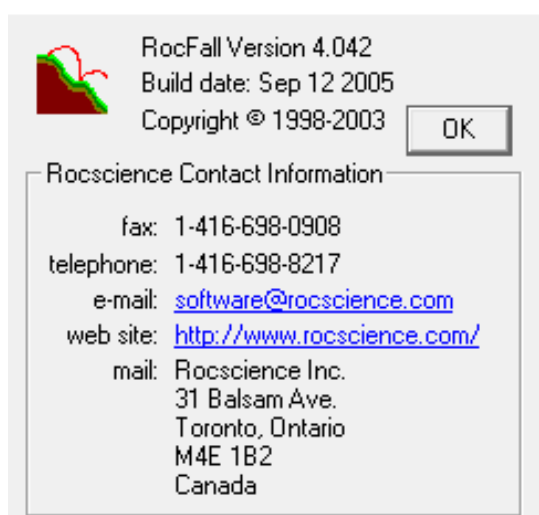
La procedura di valutazione della stabilità dell'ammasso roccioso della parete della Cava Francia (Comune di Stazzema, Lucca) negli elaborati 1A, 1B, 1C relativi alla procedura di abbattimento controllato delle aree denominate settore A , con tecnologia di "presplitting" per le volumetrie valutate di maggiore instabilità, trova in questo elaborato una Valutazione delle opere necessarie con funzioni di supporto complessivo :

- 1) all'avvio di una fase preliminare di Ripristino Ambientale richiesta anche dagli enti competenti (Comune di Stazzema) per cui si e' progettata un'ampia e molto estesa area B di ripristino contestuale all'avvenuta esecuzione delle precedenti fasi concernenti l'ambiente A ,
- 2) alla realizzazione di opere con funzione di Contenimento con valli paramassi e berme di protezione dei cunei e masse rocciose della parete rocciosa nella parte intermedia e inferiore , il cui dimensionamento e' stato calcolato tramite utilizzato del Software ROCFALL (Allegato 1D) e raffigurate nelle Tavole Progettuali e degli Ambiti, a separazione tra la parete rocciosa e gli ambiti di coltivazione C di progetto, consistenti in gradoni a cielo aperto.

Le sezioni di riferimento per il software Rocfall utilizzato sono state elaborate sulla base della Sezione n°5 del Progetto di Coltivazione e vengono indicate come Sezione 1 dello Stralcio planimetrico seguente.

## Tipologia di Valutazione con Software specifici

Per la messa in sicurezza dei piazzali di lavoro e delle zone sottostanti ai fronti che subiranno questi interventi di pre e splitting, si è proceduto con l'utilizzare il programma ROCFALL rel. 4.042 della software house canadese Rocscience.



Il programma è basato sulle leggi del moto e della teoria delle collisioni e lavora in campo bi-dimensionale. La traiettoria di un singolo blocco roccioso, o di blocchi rocciosi fino al numero di 10.000 può essere calcolato ed interpretato In ogni punto lungo un profilo di verifica, possono essere calcolate e determinate energie cinetiche e altezze di rimbalzo.

ROCFALL e' un tipo di software un approccio di tipo probabilistico, utilizzando un generatore di eventi casuali per mezzo delle variazioni dei parametri di input durante la simulazione.

## DATI DI INPUT

Sono state elaborate 4 diverse sezioni, usando il software QGIS: partendo da un DEM della zona di interesse, si è proceduto con il ricavare i profili topografici di tre differenti parti dei fronti di escavazione. Tre sezioni riguardano il fronte 1 e una sezione riguarda il fronte 2. Di seguito si riporta l'estratto grafico con la localizzazione delle tracce delle sezioni.

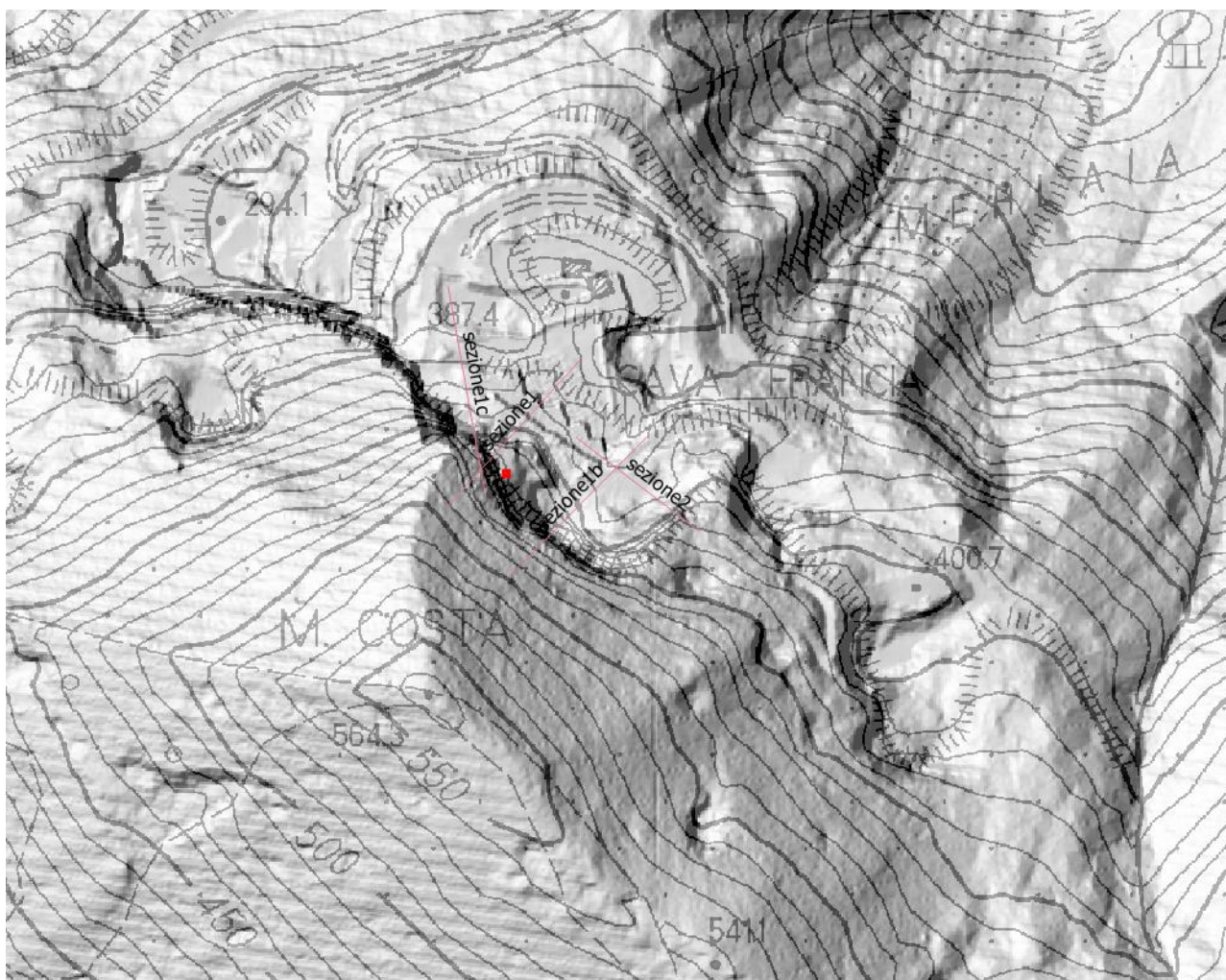


Fig. 1 Stralcio planimetrico della sezione di studio con base grafica DTM Regione TOCANA (Geoscopia) e tracce delle sezioni di simulazione caduta massi. Scala 1:2500

Per calcolare l'interazione tra massi e superficie del versante, devono essere determinate le seguenti caratteristiche del versante stesso:

**angolo di attrito ( $\Phi$ )**, espresso in gradi – governa l'attrito tra massa e superficie in caso di scivolamento; è ammissibile un range tra  $0^\circ$  e  $89^\circ$ .

**Coefficiente di assorbimento (restituzione) normale ( $R_n$ )** – governa l'assorbimento della velocità nella sua componente normale alla superficie del versante durante gli impatti; è ammissibile un range da 0 (impatto totalmente plastico) a 1 (impatto totalmente elastico).

**Coefficiente di assorbimento (restituzione) tangenziale ( $R_t$ )** – governa l'assorbimento della velocità nella sua componente parallela alla superficie del versante durante gli impatti; è ammissibile un range da 0 (impatto totalmente plastico) a 1 (impatto totalmente elastico).

Per quanto riguarda questa tipologia di dati, sono stati inseriti ed utilizzati i seguenti valori :

- *angolo di attrito ( $\Phi$ ): 35 °, come da bibliografia secondo lo studio geologico geotecnico*
- *Coefficiente di assorbimento (restituzione) normale ( $R_n$ ): 0.40, corrispondente a roccia in posto (fonte Tabella Database Terreni Geostru)*
- *Coefficiente di assorbimento (restituzione) tangenziale ( $R_t$ ): 0.87, corrispondente al valore di roccia in posto (Gestru)*

Valori indicativi dei coefficienti di restituzione normale ( $R_n$ ) e tangenziale ( $R_t$ ) per le varie categorie morfologiche

| MORFOLOGIA                         | $R_t$ |
|------------------------------------|-------|
| Roccia in posto                    | 0.87  |
| Affioramenti di roccia con detrito | 0.85  |
| Detrito grossolano non vegetato    | 0.85  |
| Detrito medio fino non vegetato    | 0.83  |
| Detrito vegetato ad arbusti        | 0.70  |
| Detrito vegetato a bosco           | 0.60  |
| Terreno nudo o prato               | 0.55  |
| Superfici pavimentate              | 0.90  |

| MORFOLOGIA                         | $R_n$ |
|------------------------------------|-------|
| Roccia in posto                    | 0.40  |
| Affioramenti di roccia con detrito | 0.38  |
| Detrito grossolano non vegetato    | 0.35  |
| Detrito medio fino non vegetato    | 0.31  |
| Detrito vegetato ad arbusti        | 0.30  |
| Detrito vegetato a bosco           | 0.28  |
| Terreno nudo o prato               | 0.25  |
| Superfici pavimentate              | 0.40  |

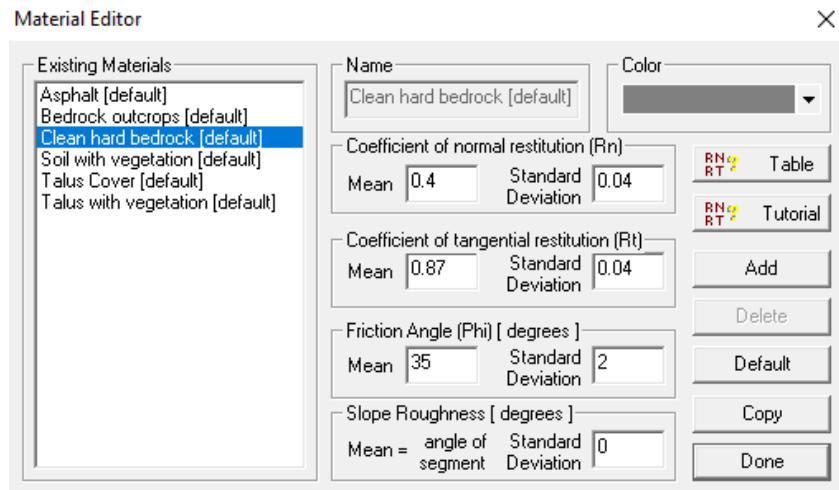
## ALLEGATI GRAFICI E COMMENTO DEI DATI + RISULTATI

### PARAMETRI PRESI IN CONSIDERAZIONE

#### Caratteristiche della scarpata dal punto di vista della restituzione nell'analisi di rotolamento

Sulla base di quanto evinto dalla relazione geologica, si ipotizza che la scarpata su cui il masso andrà a rotolare sia formata da materiale roccioso per tutta la lunghezza dei versanti presi in esame.

Si è quindi scelto di caratterizzare la scarpata su cui il masso rotolerà da un punto di vista di quella che è l'analisi di rotolamento coi seguenti parametri.



La scelta di questi valori, viene riportata nel paragrafo precedente, e, inoltre, sono stati presi in base a dati di letteratura, come indicato da Hoek (*rapporto non pubblicato per il Dipartimento dei Trasporti negli USA, 1987*).

### Zona di partenza dei massi

La zona di distacco dei massi, è stata ipotizzata ad una quota di circa 430 m s.l.m per le sezioni 1, 1b e 1c; mentre per la sezione 2 la quota era leggermente più bassa: 390-400 m s.l.m. Si è voluta considerare una 'zona' di partenza dei massi in un luogo di un unico punto di distacco in modo da valutare una casistica maggiore di possibilità, essendo in presenza di uno studio probabilistico. Sono stati impostati 500 lanci distribuiti lungo tale zona, mettendo come primo elaborato l'immagine ed i risultati senza la barriera paramassi, e come seconda immagine, quella con la barriera.

### Masso di prova: calcolo della massa media e massima.

Nella sezione1, a differenza delle altre, è stato necessario effettuare due tipologie di calcoli per quanto riguarda le masse in gioco; questo perché, in base ad analisi di rilevamento, è stato osservato un potenziale blocco instabile di modeste dimensioni rispetto a quelli presenti nelle altre zone dei fronti di escavazione. Premesso questo, i calcoli seguenti saranno divisi per quanto riguarda le situazioni medie e quelle in cui si considera anche quelle massime.

### Velocità di prova

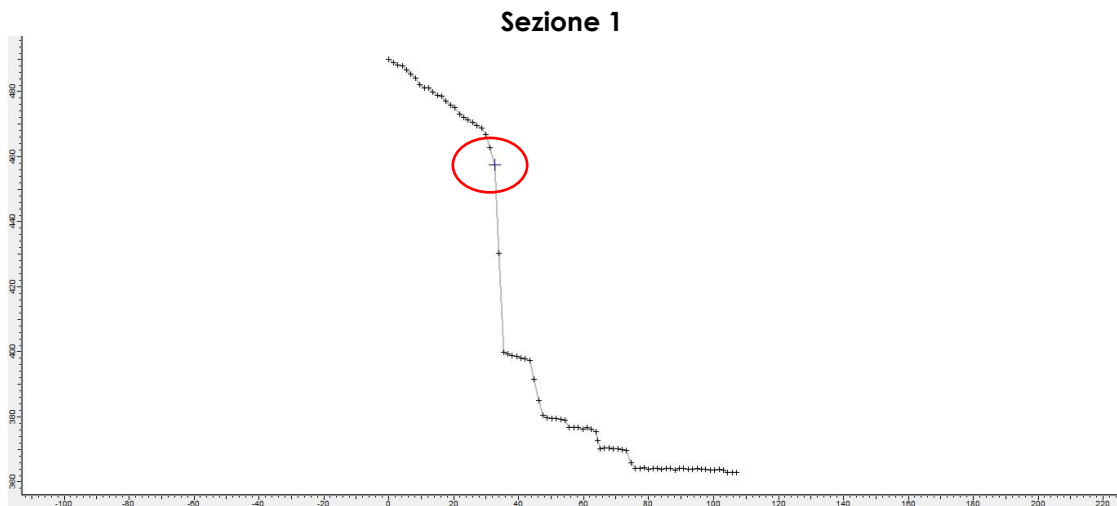
Oltre alla massa, fondamentale era il calcolo delle velocità in gioco, in quanto necessari per parametrizzare l'energia di impatto dei vari massi in caduta libera al di sopra dei piazzali. Si è tenuto in considerazione la velocità un istante prima dell'impatto con il suolo.

### Energia di impatto

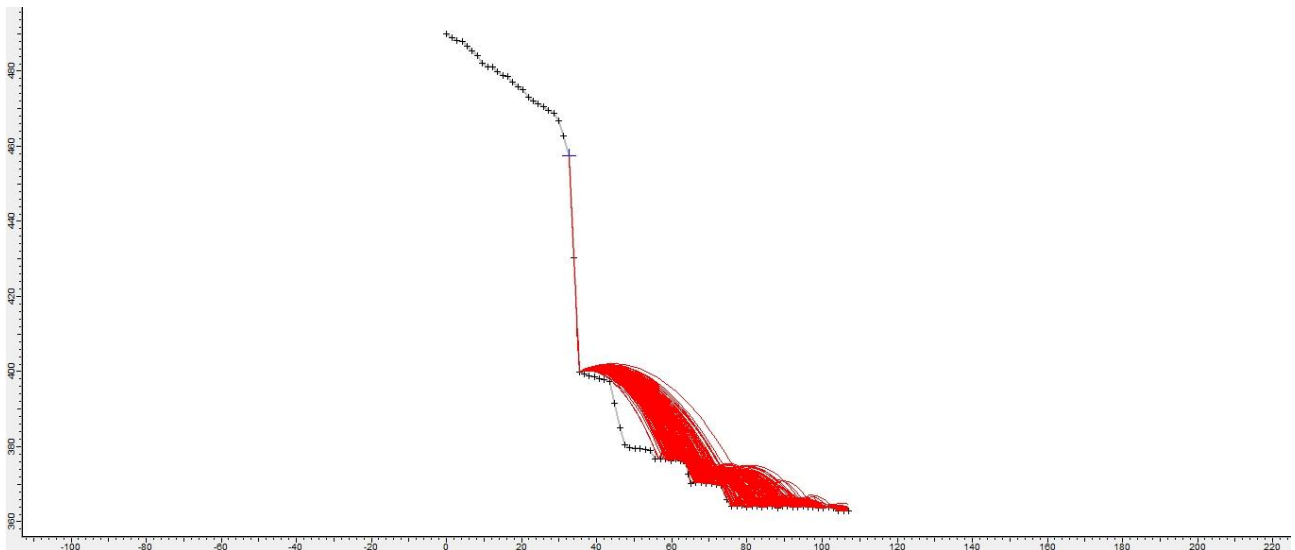
Infine si è calcolato quello che è il parametro fondamentale per riuscire a creare una barriera paramassi in grado di assorbire l'impatto generato dallo sgaggio dei materiali in parete: l'energia cinetica di impatto.

**I dati necessari per arrivare a questo risultato, sono stati presi a partire dalla norma UNI 11211-4, redatta in ambito di messa in sicurezza di versanti rocciosi al di sopra di strade e vie di comunicazione.**

Nelle sezioni che seguiranno, sono stati inseriti gli estratti grafici realizzati con il programma ROCFALL: nello specifico c'è un grafico cartesiano con indicata la zona e quota di distacco del materiale (asse y) e distanza raggiunta dai blocchi che si generano dal disaggio della parete (asse x).

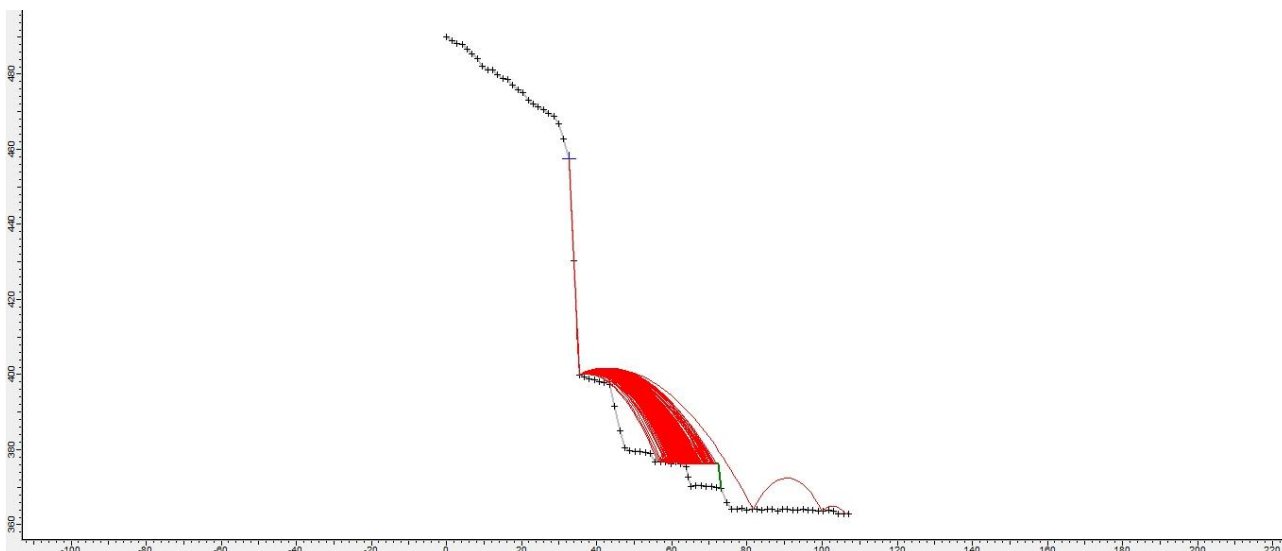


*Sezione1 allo stato 0, ovvero dove si indica la zona di distacco e dove è possibile osservare la morfologia di versante.*



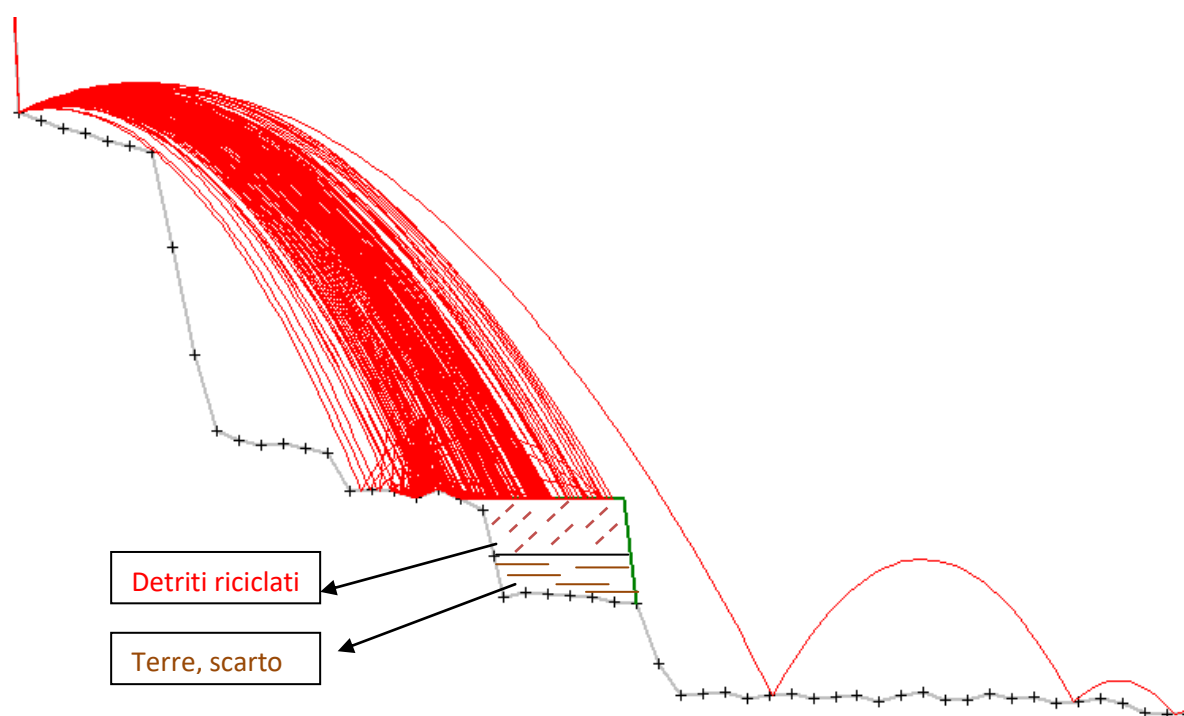
*Sezione1 allo stato 1, ovvero dove si indica la zona di distacco e le relative direzioni dei vari 'proiettili' generati dal disgaggio di parte del versante da mettere in sicurezza.*

*In questo caso non abbiamo la presenza della barriera paramassi. Si osserva come il 100% del materiale che si distacca dalla parete, continui il proprio movimento verso valle, potendo creare delle situazioni di estremo pericolo.*



Sezione 1 allo stato 2, ovvero dove si indica la zona di distacco e le relative direzioni dei vari 'proiettili' generati dal disgiungimento di parte del versante da mettere in sicurezza.

In questo caso abbiamo la presenza della barriera paramassi, e si può notare le differenze rispetto allo stato 1.



Zoom di dettaglio sulle caratteristiche della barriera paramassi.

Nella stima e negli input dei dati si è voluto considerare **una barriera completamente anelastica (composta da materiale misto inerti e detriti di versante)**, nel quale l'energia dei blocchi in caduta

viene assorbita nel impatto, senza una restituzione in termini di energia elastica (non si ha quindi un rimbalzo del materiale con direzione opposta rispetto a quella di scivolamento).

In base a dati conoscitivi ed ipotetici, **la barriera è stata immessa nel software con un' altezza max di 8.15 metri**, in modo di garantire l'assorbimento della maggior parte dei massi in movimento.

### **Masse e velocità in gioco per la sezione1**

Il masso tipo è stato ipotizzato avere volume medio che varia dai 300 ai 600 m3 (con un massimo di 2800 m3 presso questa sezione1), con peso specifico pari a 2700 kg/m3.

Tale valore si è evinto dalla caratterizzazione geologica del sito. Con questi dati è possibile calcolare la massa, ipotetica, che potrà muoversi lungo i versanti oggetto di studio.

Tenendo conto del coefficiente  $\gamma_m$  suggerito dalla norma UNI 11211-4 (corrispondente ad un valore di 1.1), si ha la massa  $m_d$  con cui effettuare la progettazione:

$$m_d = Vol_d \cdot \gamma \cdot \gamma_m =$$

**Con  $m_d$  medio= 1'188'000 kg.**

*Con  $m_d$  max= 3'816'000 kg. Relativo alla sezione1 del fronte di scavo1*

Oltre alla massa relativa, è necessario calcolare anche quelle che sono le velocità in gioco.

A supporto di queste stime , viene il raccoglitore di dati del Software ROCFALL, grazie al quale è possibile osservare e calcolare le velocità medie di impatto ( $V_t$ ) sia nella situazione senza che con barriera paramassi.

#### Statistics of Raw Data

Number of data points: 200

Minimum: 15,10707

Maximum: 19,99047

Mean: 16,84855

Standard deviation: 0,811

**Percentile 95% della velocità media = 16,00612**

**Velocità di impatto sulla barriera: frattile del 95% delle possibili traiettorie  $v_t$  = 16,006 m/s.**

Velocità del blocco di progetto al momento dell'impatto  $v_d$ :

$$V_d = V_t \times \gamma_F$$

**Con  $V_d = 16.006 \times 1.1 = 17.6066$  m/s**

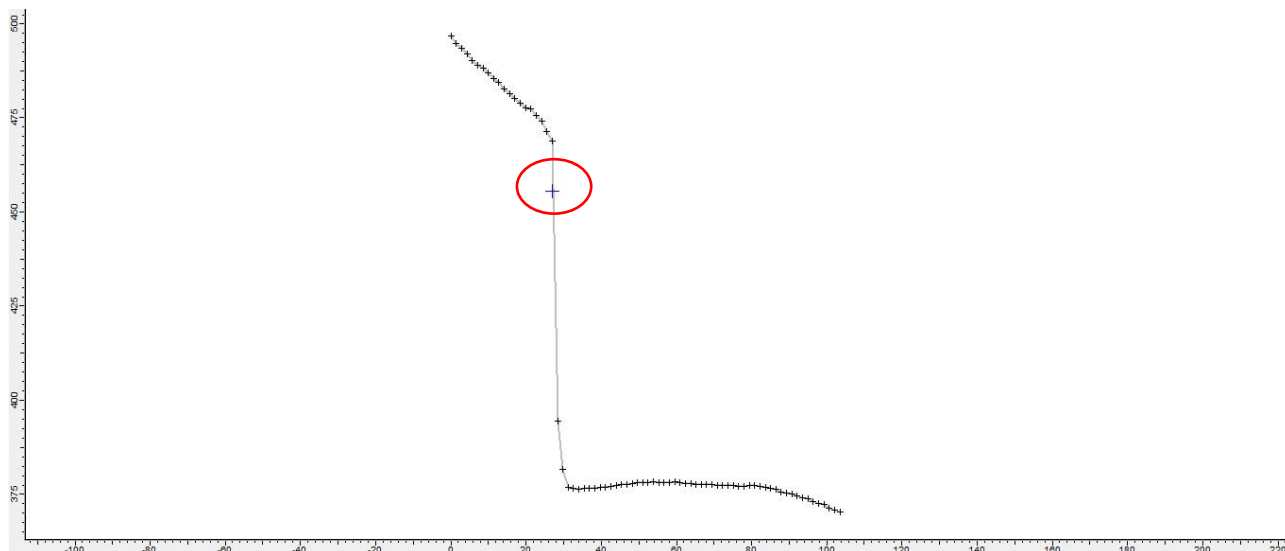
### **ENERGIA DI IMPATTO per la sezione1**

L'energia cinetica sollecitante di progetto  $E_d$  è pari a:

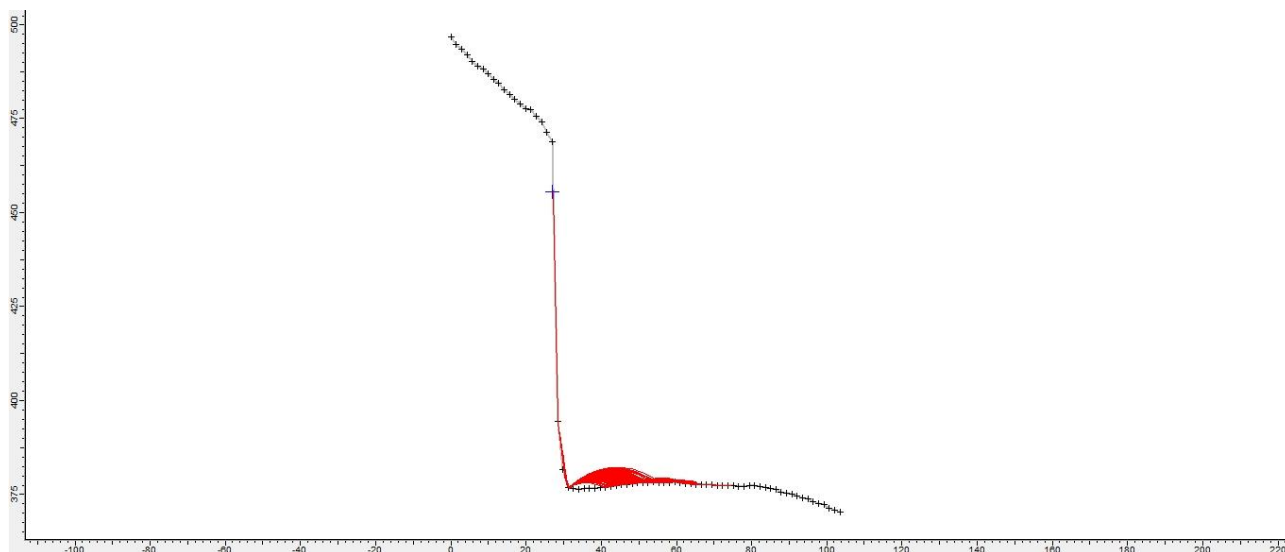
$$E_d = 0,5 \times m_d \times v_d^2$$

$E_d = 184'135,46 \text{ kJ}$

### Sezione 1b

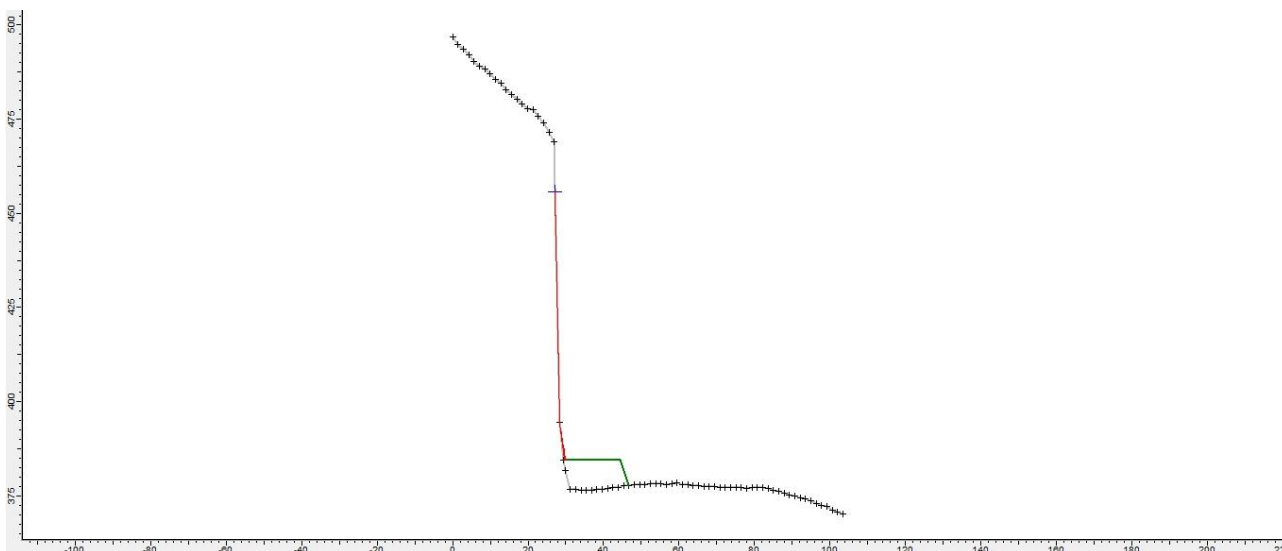


*Sezione 1b relativa allo stato 0, ovvero dove si indica la zona di distacco e dove è possibile osservare la morfologia di versante.*



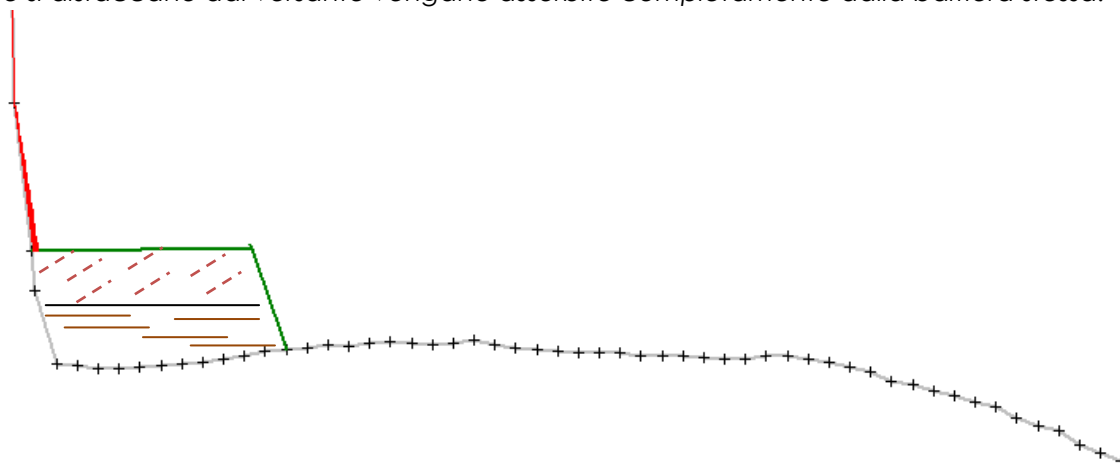
*Sezione 1b allo stato 1, ovvero dove si indica la zona di distacco e le relative direzioni dei vari 'proiettili' generati dallo sgaggio di parte del versante da mettere in sicurezza.*

*In questo caso non abbiamo la presenza della barriera paramassi. Si osserva come il 100% del materiale che si distacca dalla parete, continui il proprio movimento verso valle, potendo creare delle situazioni di pericolo per i piazzali di cava sottostanti.*



Sezione 1b allo stato 2, ovvero dove si indica la zona di distacco e le relative direzioni dei vari 'proiettili' generati dallo sgaggio di parte del versante da mettere in sicurezza.

In questo caso abbiamo la presenza della barriera paramassi, e si può notare come il 100% delle masse che si distaccano dal versante vengano assorbite completamente dalla barriera stessa.



Zoom di dettaglio sulle caratteristiche della barriera paramassi.

Si è voluto considerare **una barriera completamente anelastica**, nel quale l'energia dei blocchi in caduta viene assorbita nel impatto, senza una restituzione in termini di energia elastica (non si ha quindi un rimbalzo del materiale con direzione opposta rispetto a quella di scivolamento).

In base a dati conoscitivi ed ipotetici, **la barriera è stata immessa nel software con un' altezza max di 8.15 metri**, in modo di garantire l'assorbimento della maggior parte dei massi in movimento.

### Masse e velocità in gioco per la sezione 1b

Il masso tipo è stato ipotizzato avere volume medio che varia dai 300 ai 600 m<sup>3</sup> (con un massimo di 2800 m<sup>3</sup> presso questa sezione), con peso specifico pari a 2700 kg/m<sup>3</sup>.

Tale valore si è evinto dalla caratterizzazione geologica del sito.

Con questi dati è possibile calcolare la massa, ipotetica, che potrà muoversi lungo i versanti oggetto di studio.

Tenendo conto del coefficiente  $\gamma_m$  suggerito dalla norma UNI 11211-4 (corrispondente ad un valore di 1.1), si ha la massa  $m_d$  con cui effettuare la progettazione:

$$m_d = Vol_d \cdot \gamma \cdot \gamma_m =$$

**Con  $m_d$  medio= 1'188'000 kg.**

Oltre alla massa relativa, è necessario calcolare anche quelle che sono le **velocità in gioco**.

In aiuto a questa parte, viene il raccoglitore di dati del Software ROCFALL, grazie al quale è possibile osservare e calcolare le velocità medie di impatto ( $V_t$ ) sia nella situazione senza che con barriera paramassi.

#### Statistics of Raw Data

Number of data points: 227

Minimum: 25,7813

Maximum: 30,91023

Mean: 28,29087

Standard deviation: 0,7765

**Percentile 95% della velocità media = 26,8755**

**Velocità di impatto sulla barriera: frattile del 95% delle possibili traiettorie  $v_t$  = 26,8755 m/s.**

Velocità del blocco di progetto al momento dell'impatto  $v_d$ :

$$V_d = V_t \times \gamma_F$$

**Con  $V_d$  = 26,8755 \* 1.1 = 29,56305 m/s**

#### **ENERGIA DI IMPATTO per la sezione 1b**

L'energia cinetica sollecitante di progetto  $E_d$  è pari a:

$$E_d = 0,5 \times m_d \times v_d^2$$

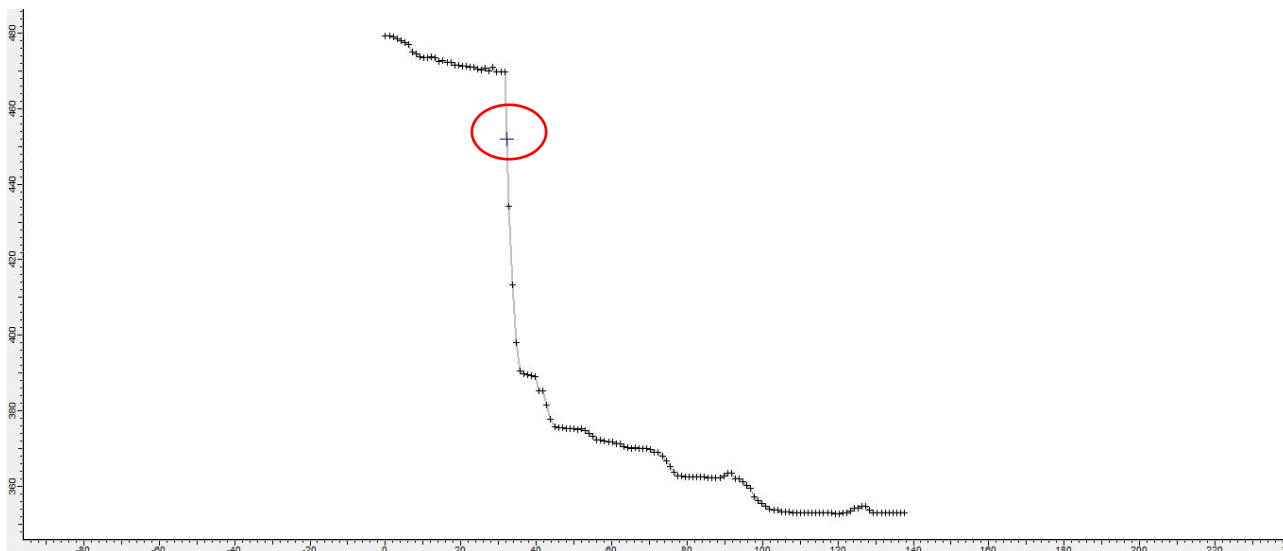
$$E_d = 519'140,51 \text{ kJ}$$

#### **Sezione 1c (area di confine con cave limitrofe)**

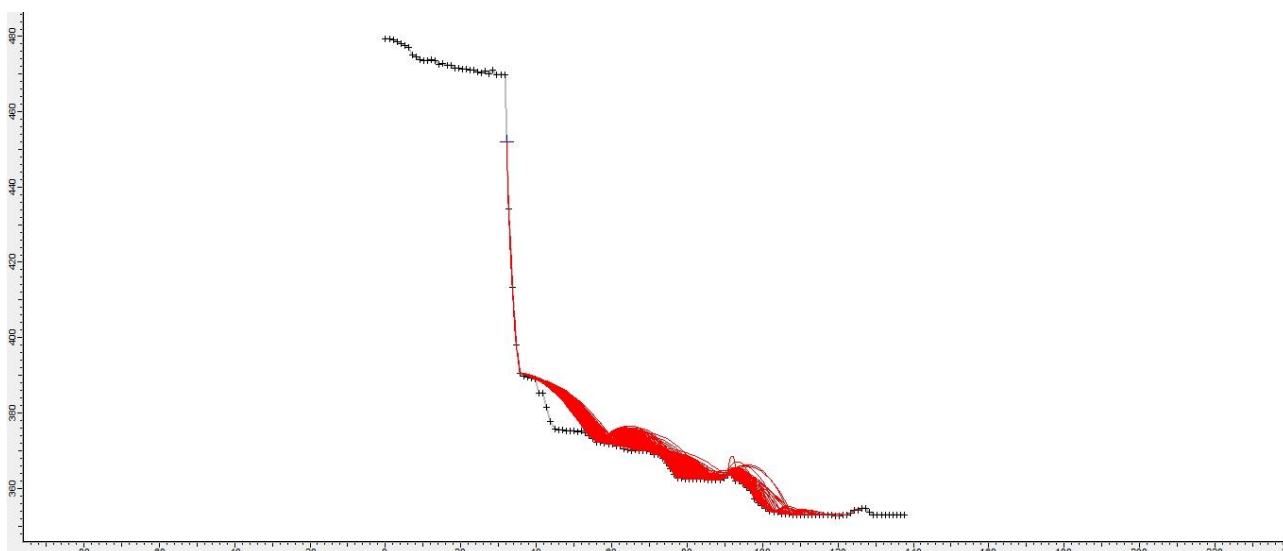
Vista la vicinanza della CAVA FRANZIA (società La Cava Srl) con una cava limitrofa alla zona di intervento e attualmente autorizzata, si è considerato necessario considerare quello che potrebbe essere il distacco di materiale roccioso su un versante che si affaccia sulla proprietà adiacente a quella dove sono stati effettuati i calcoli e raccolti i dati.

Il versante preso in considerazione è rivolto in direzione NORD e si erge al di sopra di un'altra proprietà, attualmente sede di una Autorizzazione valida fino al 2024 nella Cava "Sbasso Confine" nel comune di Seravezza.

Tale proprietà è situata al di sotto rispetto al versante dove si potrebbe avere un distacco di blocchi (di dimensioni simili e minori rispetto a quelli considerati precedentemente) che potrebbe influire sulla sicurezza generale della zona. Nella carta ad inizio relazione, si può osservare quella che è la zona di interesse.



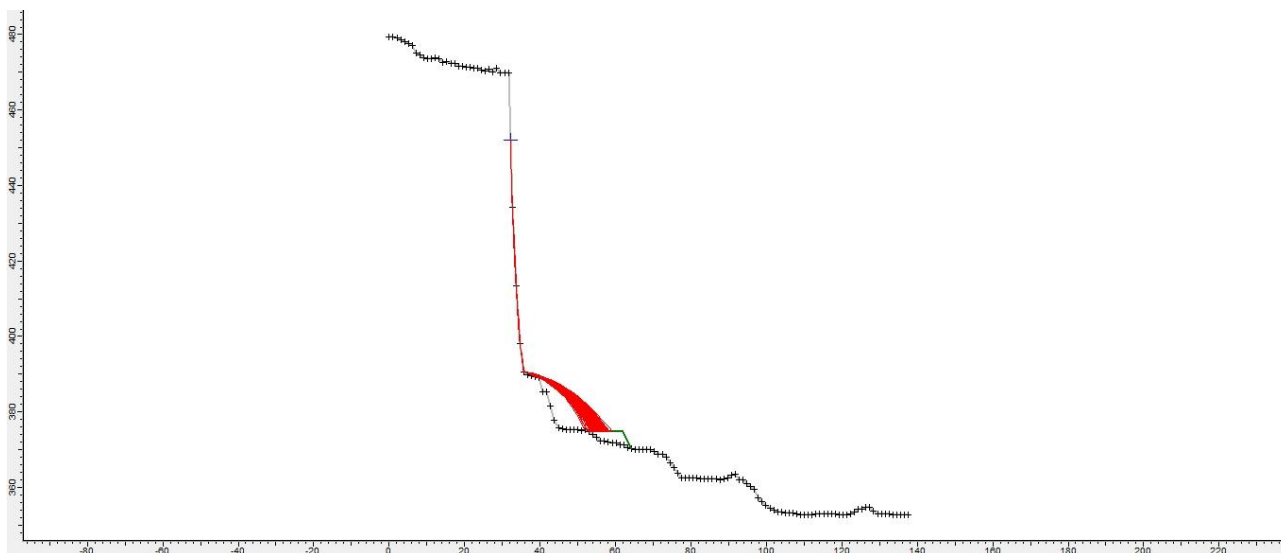
*Sezione 1c relativa allo stato 0, ovvero dove si indica la zona di distacco e dove è possibile osservare la morfologia di versante.*



*Sezione 1c allo stato 1, ovvero dove si ha la zona in cui potrebbe distaccarsi dei massi in seguito alle esplosioni derivanti dalla messa in sicurezza dei fronti 1 e 2.*

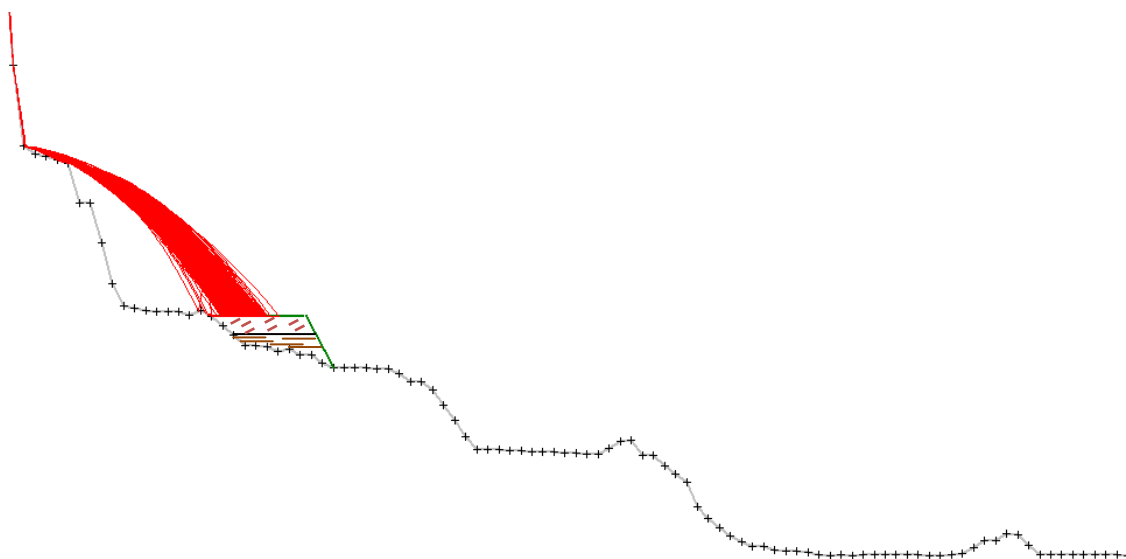
*In questo caso non abbiamo la presenza della barriera paramassi.*

Si osserva come il 100% del materiale che si distacca dalla parete, continui il proprio movimento verso valle, potendo creare delle situazioni di pericolo per altre proprietà non connesse con la ditta La Cava Srl



Sezione 1c allo stato 2, ovvero dove si indica la zona di distacco e le relative direzioni dei vari 'proiettili' generati dallo sgaggio di parte del versante da mettere in sicurezza.

In questo caso abbiamo la presenza della barriera paramassi, e si può notare come il 100% delle masse che si distaccano dal versante vengano assorbite completamente dalla barriera stessa.



Zoom di dettaglio sulle caratteristiche della barriera paramassi in relazione a sezione 5 (2007)

Si è voluto considerare **una barriera completamente anelastica**, nel quale l'energia dei blocchi in caduta viene assorbita nel impatto, senza una restituzione in termini di energia elastica (non si ha quindi un rimbalzo del materiale con direzione opposta rispetto a quella di scivolamento).

In base a dati conoscitivi ed ipotetici, **la barriera è stata immessa nel software con un' altezza max di 4 metri**, in modo di garantire l'assorbimento della maggior parte dei massi in movimento.

Da queste conclusioni si evince ulteriore necessità e conferma di provvedere alla Messa in Sicurezza dei fronti superiori della Cava Francia , in quest'area, considerando necessario l'abbattimento delle masse colonnari dello spigolo Cava Francia determinate dallo studio SIAG e dai rilievi con Drone di cui alla Relazione Tecnica.

### **Masse e velocità in gioco per la sezione1c**

Il masso tipo è stato ipotizzato avere volume medio che varia dai 300 ai 600 m3 (con un massimo di 2800 m3 presso questa sezione1), con peso specifico pari a 2700 kg/m3. Tale valore si è evinto dalla caratterizzazione geologica del sito.

Con questi dati è possibile calcolare la massa, ipotetica, che potrà muoversi lungo i versanti oggetto di studio.

Tenendo conto del coefficiente  $\gamma_m$  suggerito dalla norma UNI 11211-4 (corrispondente ad un valore di 1.1), si ha la massa  $m_d$  con cui effettuare la progettazione:

$$m_d = Vol_d \cdot \gamma \cdot \gamma_m =$$

**Con  $m_d$  medio= 297'000 m<sup>3</sup>**

Oltre alla massa relativa, è necessario calcolare anche quelle che sono le **velocità in gioco**. In aiuto a questa parte, viene il raccoglitore di dati del Software ROCFALL, grazie al quale è possibile osservare e calcolare le velocità medie di impatto ( $V_t$ ) sia nella situazione senza che con barriera paramassi.

#### Statistics of Raw Data

Number of data points: 227

Minimum: 4,3357

Maximum: 23,0907

Mean: 21,15213

Standard deviation: 0,0.90256

**Percentile 95% della velocità media = 20,0944**

**Velocità di impatto sulla barriera: frattile del 95% delle possibili traiettorie  $v_t$  = 20,0944 m/s.**

Velocità del blocco di progetto al momento dell'impatto  $v_d$ :

$$V_d = V_t \times \gamma_F$$

**Con  $V_d$  = 20,0944 \* 1.1 = 22,10384 m/s**

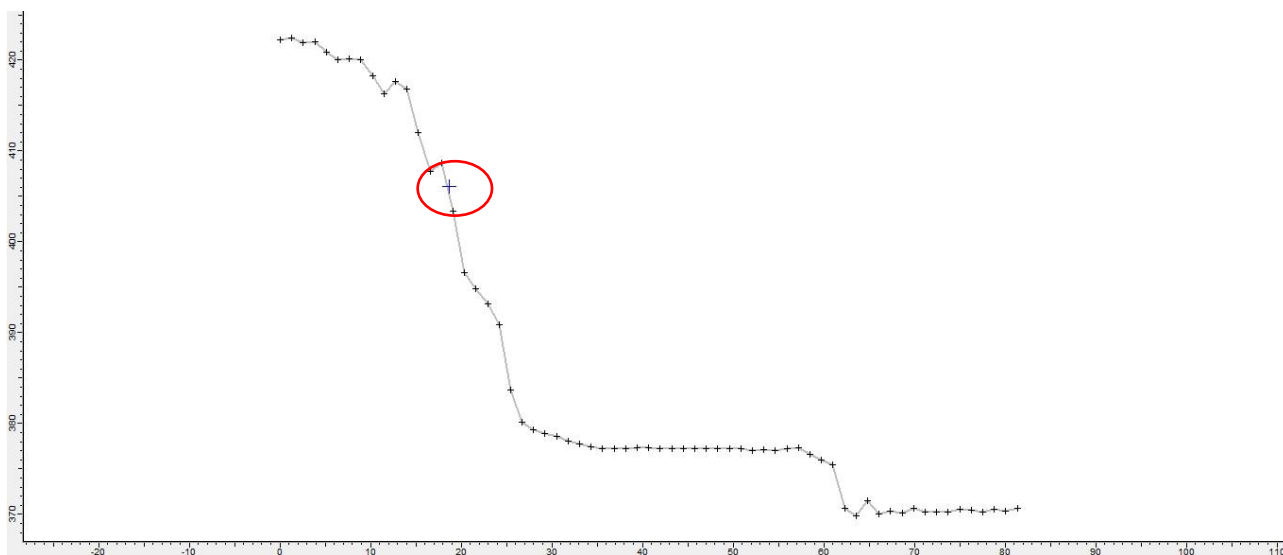
### **ENERGIA DI IMPATTO per la sezione1c**

L'energia cinetica sollecitante di progetto  $E_d$  è pari a:

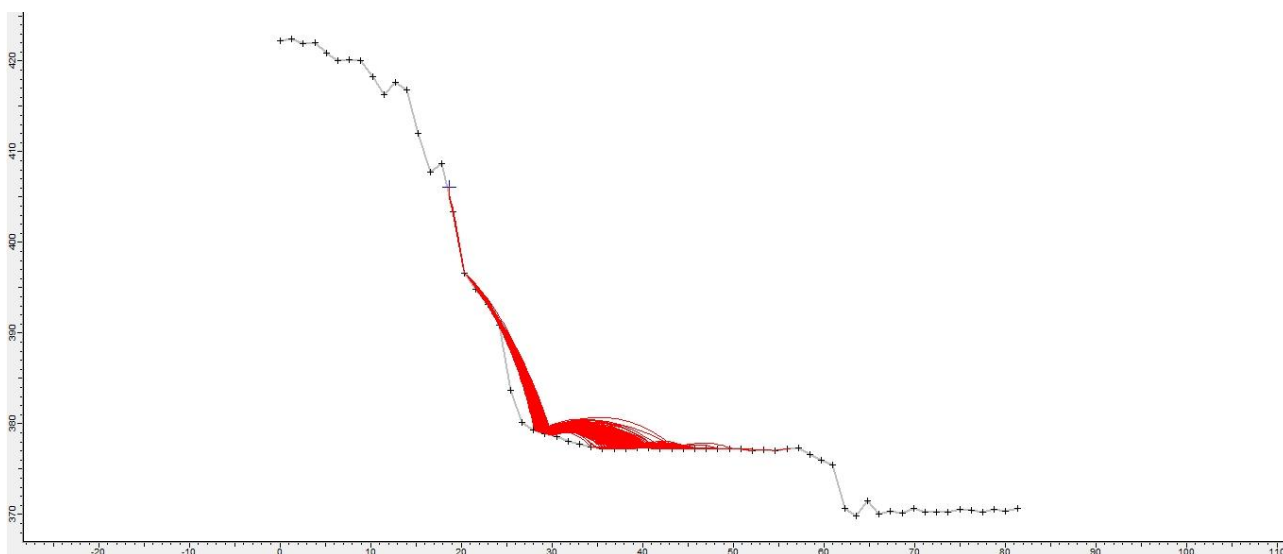
$$E_d = 0,5 \times m_d \times v_d^2$$

$$E_d = 72'554,0918 \text{ kJ}$$

## Sezione 2

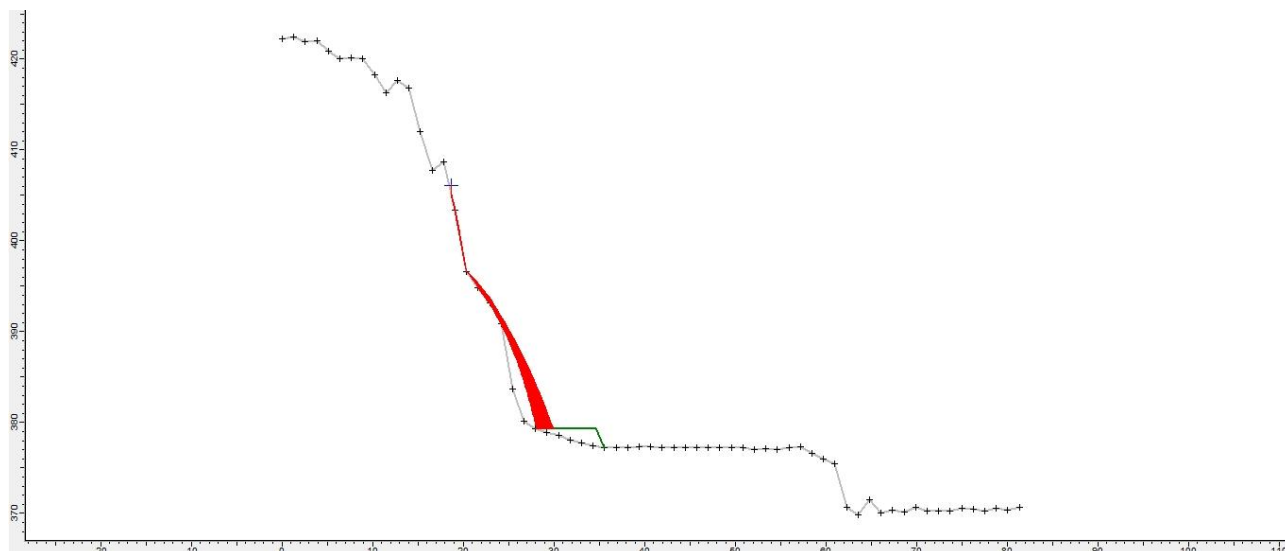


*Sezione2 relativa allo stato 0, ovvero dove si indica la zona di distacco e dove è possibile osservare la morfologia di versante.*



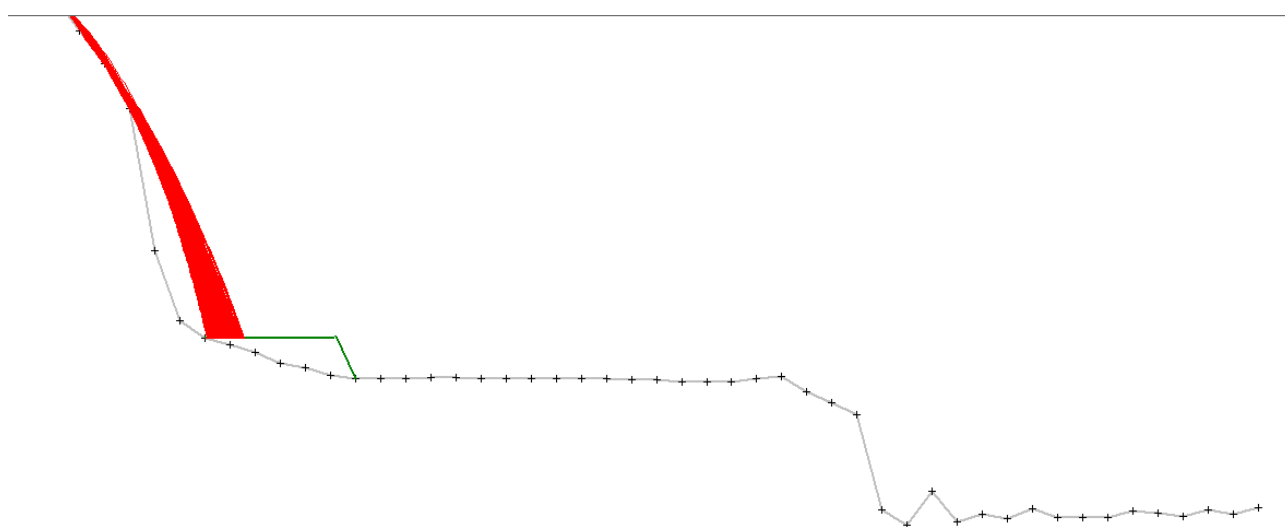
*Sezione2 allo stato 1, ovvero dove si ha la zona in cui potrebbe distaccarsi dei massi in seguito alle esplosioni derivanti dalla messa in sicurezza del fronte.*

In questo caso non abbiamo la presenza della barriera paramassi. Si osserva come il 100% del materiale che si distacca dalla parete, continui il proprio movimento verso valle, potendo creare delle situazioni di pericolo.



Sezione2 allo stato 2, ovvero dove si indica la zona di distacco e le relative direzioni dei vari 'proiettili' generati dal disgaggio di parte del versante da mettere in sicurezza.

In questo caso abbiamo la presenza della barriera paramassi, e si può notare come il 100% delle masse che si distaccano dal versante vengano assorbite completamente dalla barriera stessa.



Zoom di dettaglio sulle caratteristiche della barriera paramassi.

Si è voluto considerare **una barriera completamente anelastica**, nel quale l'energia dei blocchi in caduta viene assorbita nel impatto, senza una restituzione in termini di energia elastica (non si ha quindi un rimbalzo del materiale con direzione opposta rispetto a quella di scivolamento).

In base a dati conoscitivi ed ipotetici, **la barriera è stata immessa nel software con un' altezza max di 4 metri**, in modo di garantire l'assorbimento della maggior parte dei massi in movimento.

### **Masse e velocità in gioco per la sezione2**

Il masso tipo è stato ipotizzato avere volume medio che varia dai 300 ai 600 m3 (con un massimo di 2800 m3 presso questa sezione1), con peso specifico pari a 2700 kg/m3. Tale valore si è evinto dalla caratterizzazione geologica del sito.

Con questi dati è possibile calcolare la massa, ipotetica, che potrà muoversi lungo i versanti oggetto di studio.

Tenendo conto del coefficiente  $\gamma_m$  suggerito dalla norma UNI 11211-4 (corrispondente ad un valore di 1.1), si ha la massa  $m_d$  con cui effettuare la progettazione:

$$m_d = Vol_d \cdot \gamma \cdot \gamma_m =$$

**Con  $m_d$  medio= 900'000 m<sup>3</sup>**

Oltre alla massa relativa, è necessario calcolare anche quelle che sono le **velocità in gioco**. In aiuto a questa parte, viene il raccoglitore di dati del Software ROCFALL, grazie al quale è possibile osservare e calcolare le velocità medie di impatto ( $V_t$ ) sia nella situazione senza che con barriera paramassi.

#### Statistics of Raw Data

Number of data points: 200  
Minimum: 17,1753  
Maximum: 20,640823

Mean: 19,14716  
Standard deviation: 0.877

**Percentile 95% della velocità media = 18,1896**

**Velocità di impatto sulla barriera: frattile del 95% delle possibili traiettorie  $v_t$  = 18,1896 m/s.**

Velocità del blocco di progetto al momento dell'impatto  $v_d$ :

$$V_d = V_t \times \gamma_F$$

**Con  $V_d$  = 18,1896 \* 1.1 = 20,0086 m/s**

### **ENERGIA DI IMPATTO per la sezione2**

L'energia cinetica sollecitante di progetto  $E_d$  è pari a:

$$E_d = 0,5 \times m_d \times v_d^2$$

$$E_d = 180'155,10 \text{ Kj}$$

## CONCLUSIONI

Le velocità e le masse in gioco, in base ai dati assunti, sono abbastanza differenti in base ai fronti osservati e anche in base alle sezioni elaborate. In media sono stati considerati volumi dai 300 ai 600 m<sup>3</sup>, con un massimo per la sezione 1 di 2800 m<sup>3</sup> (identificabile in un grande blocco instabile presente lungo la parete e identificato dagli studi preliminari effettuati con Drone). Le velocità medie, calcolate un istante prima dell'impatto, si aggirano attorno ai 20-22 m/s.

Nel complesso, in caso di intervento di messa in sicurezza della parete con esplosivo, oltre a considerare la caduta massi lungo i versanti osservati, ulteriori mobilitazioni si potrebbero avere anche nelle zone limitrofe, come osservate nella sezione 1c relativa al fronte che si affaccia in direzione WNW e che porterebbe quindi al movimento di materiale verso la cava adiacente a quella in esame. La progettazione dell'abbattimento delle masse colonnari dovrebbe ovviamente essere associato a specifici provvedimenti di Messa in sicurezza in base al 674 del DPR 128/1959 in coordinazione tra i due siti di cava (cava Francia in attuale regime di inattività, Cava Sbasso Confine in attuale regime autorizzato ma con lavori sospesi dall'inizio del 2020) in un momento complessivo che risulterebbe favorevole ad interventi risolutivi della situazione di instabilità complessiva del versante che in caso quadro di perdurare dell'inattività attuale delle cave porterebbe ad un graduale peggioramento del quadro complessivo di sicurezza e di frequentazione.

Rilevanti valori riguardano quelle che sono **le energie cinetiche** di impatto del materiale sul terreno sottostante: difatti si va da valori elevati, come **519'140,51 kJ nel caso della sezione 1b fino a valori più bassi, come 180'155,10 Kj**. Riguardo le energie in gioco, oltre alla massa ed alla velocità, bisogna tenere in considerazione anche la morfologia di versante, che in alcuni casi corrisponde ad una parete inclinata di quasi 90° con assenza di ulteriori inclinazioni in grado di arrestare o attenuare la caduta della massa che si distacca.

Sempre riguardo a questo ultimo fattore di energia, è stato cercato di stimare quella che sarà l'altezza effettiva della berma paramassi, in modo che essa possa contenere al massimo quelli che sono i vari detriti che si formeranno durante la caduta sia lungo la parete che sul fondo del versante.

In media si è considerato una berma con altezza massima di 8 metri (sezione 1), ed in altre zone, visto la morfologia dei versanti differenti, si è potuto ipotizzare altezze differenti (dai 3 ai 4 metri).

Di fondamentale importanza è il coefficiente di restituzione energetica delle berme, in quanto in tutti i casi si tenuto conto di considerare un urto totalmente anelastico con ripartizione di energia elastica quasi uguale a zero. Bisogna però dire che, in realtà, una piccola parte dell'energia assorbita dalla berma durante l'impatto, verrà tradotta in energia elastica, con rimbalzi che potrebbero portare al rotolamento di una porzione di blocchi molto piccola rispetto ai volumi iniziali e presi in considerazione.

**Geol. Sergio Mancini – Via del Campo 28/E 55047 Seravezza (LU) – Maggio 2023**

**Tel. 345 – 1646179 – [manser@pec.buffetti.it](mailto:manser@pec.buffetti.it) - [mancinisergio50@gmail.com](mailto:mancinisergio50@gmail.com)**

