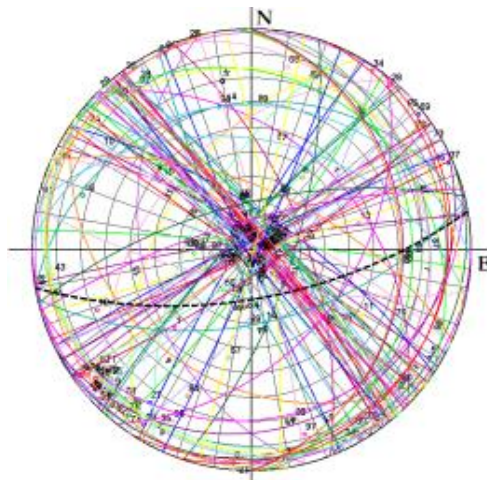




**CDM DOLMEN srl**  
SOFTWARE STRUTTURALE E GEOTECNICO - RESISTENZA AL FUOCO

# IS GeoRocce



**MANUALE UTENTE**

## Indice

<b>1</b>	<b>Teoria .....</b>	<b>2</b>
1.1	Tipologie di Classificazione .....	2
1.1.1	Classificazione di Bieniawski (1976) - "RMR" (Rock Mass Rating).....	2
1.1.2	Classificazione di Barton (Qsystem 1979) - "Q" (Quality) .....	3
1.1.3	Metodo GSI (Geological Strength Index).....	3
1.1.4	Classificazione di Deere (1964) - "RQD" (Rock Quality Designation) .....	4
1.1.5	Classificazione di Wickham (1972) - "RSR" (Rock Structure Rating).....	4
1.1.6	Classificazione di Romana (1985) - "SMR" (Slope Mass Rating).....	4
1.1.7	Classificazione di Jasarevic & Kovacevic - "RMRC" .....	4
1.1.8	Classificazione di Robertson - "SRMR" .....	4
1.2	Rappresentazione grafica delle discontinuità .....	4
1.2.1	Giacitura .....	4
1.2.2	Proiezione emisferica equivalente .....	5
1.2.3	Trattamento statistico dei dati di giacitura .....	6
1.2.4	Test di Markland .....	7
1.2.5	Scivolamento piano .....	7
1.2.6	Cinematismo tridimensionale .....	8
1.3	Caduta Massi .....	9
1.3.1	Metodo Lumped Mass.....	9
<b>2</b>	<b>Esempio di utilizzo del programma .....</b>	<b>10</b>
2.1	Dati generali .....	11
2.2	Sisma .....	11
2.3	Scelta classificazione.....	11
2.4	Risultati classificazioni .....	13
2.5	Giaciture .....	13
2.6	Stereogrammi .....	16
2.7	Scivolamento planare .....	17
2.8	Stabilità Blocco .....	18
2.9	Caduta Massi .....	19

Con il software IS GeoRocce è possibile eseguire la classificazione di fronti rocciosi secondo le metodologie usate maggiormente in campo geo-meccanico, ricavandone per gli ammassi stessi il corrispondente indice di qualità; è altresì possibile la visualizzazione su stereogramma polare della giacitura delle discontinuità rilevate sul fronte con relativa rappresentazione della percentuale di densità dei poli.

IS GeoRocce effettua il calcolo della stabilità planare e tridimensionale del cuneo in roccia e l'analisi bidimensionale di caduta massi lungo un versante.

## 1 Teoria

Verranno ora brevemente descritte le tipologie di classificazione degli ammassi rocciosi e i metodi di rappresentazione grafica di un fronte roccioso utilizzati nel software IS GeoRocce.

### 1.1 Tipologie di Classificazione

In generale i metodi di indagine contribuiscono alla descrizione in termini qualitativi e quantitativi dell'ammasso roccioso e delle discontinuità. Per la classificazione di un ammasso roccioso sono disponibili numerosi metodi che si basano su dati di laboratorio raccolti esaminando campioni di roccia estratti dall'ammasso in esame, su misure raccolte direttamente in sito dall'operatore e da informazioni sul sito deducibili dalla storia del luogo.

Si utilizzano tali dati e tali descrizioni mediante la definizione di parametri caratteristici che portano a classificare l'ammasso roccioso suddividendolo in "classi di qualità".

#### 1.1.1 Classificazione di Bieniawski (1976) - "RMR" (Rock Mass Rating)

La definizione dell'Indice RMR comporta la valutazione di:

- Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta  $C_0$  (anche attraverso la determinazione dell'indice di resistenza con la prova di punzonamento – prova Franklin)
- Qualità della massa rocciosa, mediante l'indice di recupero percentuale modificato RQD (Rock Quality Designation)
- Spaziatura delle discontinuità
- Condizioni delle discontinuità (natura delle pareti a contatto, grado di separazione, riempimenti)
- Venute d'acqua
- Giacitura delle discontinuità in rapporto alla direzione di scavo

Ad ogni valore o stima su ognuno dei parametri definiti corrisponde un coefficiente numerico, un parametro (rating) che contribuisce alla definizione per somme dell'indice RMR:

$$RMR = \sum_{i=1}^5 P_i - P_6$$

e viene così attribuita la relativa classe di appartenenza, precisamente cinque classi di roccia: I, II, III, IV, V definibili rispettivamente come ottima, buona, discreta, scadente e molto scadente:

RMR	Classe	Qualità
≤ 20	V	Molto Scadente
21 – 40	IV	Scadente
41 – 60	III	Discreta

61 – 80	II	Buona
81 - 100	I	Ottima

### 1.1.2 Classificazione di Barton (Qsystem 1979) - “Q” (Quality)

La classificazione proposta da Barton è basata sui seguenti parametri:

- Indice RQD (Rock Quality Designation)
- Numero di sistemi di discontinuità ( $J_n$  - Joint Set Number)
- Scabrezza delle discontinuità ( $J_r$  - Joint Roughnes Number)
- Grado di alterazione delle superfici dei giunti ed eventuale presenza di materiale di riempimento ( $J_a$  - Joint Alteration Number)
- Condizioni idrauliche ( $J_w$  - Joint Water Reduction Factor)
- Fattore di riduzione per le condizioni di carico litostatico, condizioni di sollecitazione (SRF - Stress Reduction Factor )

Si determina quindi la qualità dell'ammasso inserendo questi parametri nell'espressione:

$$Q = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) \left( \frac{J_r}{J_a} \right) \left( \frac{J_w}{SRF} \right)$$

L'RQD, se non è noto, può essere stimato ricorrendo alla correlazione con il numero di giunti per unità di volume; il numero di giunti relativi a ciascun sistema (per metro lineare) è sommato:

$$RQD = 115 - 3.3 J_v \quad (\text{in assenza di argilla})$$

dove  $J_v$  è il numero di giunti per  $m^3$  (in generale  $RQD = 100$  per  $J_v < 4.5$ ).

In base al valore Q determinato si perviene alla qualità dell'ammasso roccioso secondo questa classificazione:

Q	Qualità
< 0.01	Eccezionalmente Scadente
0.01 – 0.10	Estremamente Scadente
0.10 – 1.00	Molto Scadente
1 – 4	Scadente
4 – 10	Discreta
10 – 40	Buona
40 – 100	Molto Buona
100 – 400	Estremamente Buona
400 - 1000	Eccezionalmente Buona

### 1.1.3 Metodo GSI (Geological Strength Index)

La definizione dell'Indice GSI comporta la valutazione degli stessi parametri necessari per la determinazione dell'Indice RMR con la differenza che il parametro “Venute d'acqua” viene tenuto fisso a 15 e con la differente formula risolutiva che comunque richiama in se l'Indice RMR prima determinato:

$$GSI = RMR_{89} - 15$$

Anche in questo caso viene eseguita la classificazione del fronte in base alle classi e alle rispettive qualità prima citate.

#### **1.1.4 Classificazione di Deere (1964) - “RQD” (Rock Quality Designation)**

Si basa sulla stima del parametro R.Q.D.(Rock Quality Designation), definito come la percentuale di recupero di carotaggio in roccia di spezzoni con lunghezza superiore ai 10 cm rispetto alla lunghezza perforata.

#### **1.1.5 Classificazione di Wickham (1972) - “RSR” (Rock Structure Rating)**

Costituisce il primo sistema di classificazione completo apparso in letteratura. Si basa sulla stima dell'indice R.S.R. (Rock Structure Rating) definito da quattro parametri :

- A(valutazione delle caratteristiche generali della roccia)
- B(caratteristiche fisiche delle discontinuità, orientamento della galleria)
- C(caratteristiche fisiche delle discontinuità in funzione delle condizioni idrauliche)
- relazione con l'indice "RMR" o con l'indice "Q"

#### **1.1.6 Classificazione di Romana (1985) - “SMR” (Slope Mass Rating)**

Rappresenta una variante della classificazione di Bieniawsky del 1979. Viene utilizzata per la valutazione di massima delle condizioni di stabilità delle pareti rocciose. L'indice S.M.R.(Slope Mass Rating) è definito da 9 parametri, i primi 5 dei quali derivano dalla classificazione di Bieniawski

#### **1.1.7 Classificazione di Jasarevic & Kovacevic - “RMRC”**

Il metodo è stato sviluppato sulle formazioni carbonatiche della Croazia ed ha una evidente derivazione dal sistema RMR. Il sistema di classificazione è semplice e si sviluppa attribuendo almeno tre coefficienti numerici relativi a proprietà geomeccaniche dell'ammasso roccioso e di almeno altrettanti relativi a proprietà geologico - ingegneristiche. Attivando poi la correlazione con l'indice R.M.R.c il metodo restituisce anche la Coesione, l'Angolo di Attrito e il Modulo Elastico.

#### **1.1.8 Classificazione di Robertson - “SRMR”**

Il metodo, applicabile solo alla stabilità di versanti in roccia, è derivato da RMR ed è stato sviluppato dallo Studio di Consulenza Steffen Robertson & Kirsten, i quali partono dalla constatazione che il sistema RMR, quando applicato in scavi di cava in ammassi teneri con valori di RMR inferiori a 40, porta ad una stima non corretta dei parametri di resistenza.

### **1.2 Rappresentazione grafica delle discontinuità**

#### **1.2.1 Giacitura**

La posizione nello spazio di una generica discontinuità presente in un ammasso roccioso (giacitura) può essere individuata assimilando geometricamente tale discontinuità ad un piano e considerando i due angoli così definiti (Fig. 1):

- $\psi$  - *angolo di inclinazione (dip)*: angolo, misurato sul piano verticale, che la retta di massima pendenza della discontinuità forma con il piano orizzontale;
- $\alpha$  - *angolo della direzione di immersione (dip direction)*: l'angolo, misurato sul piano orizzontale, che la proiezione su tale piano della retta di massima pendenza della discontinuità forma con il nord geografico.

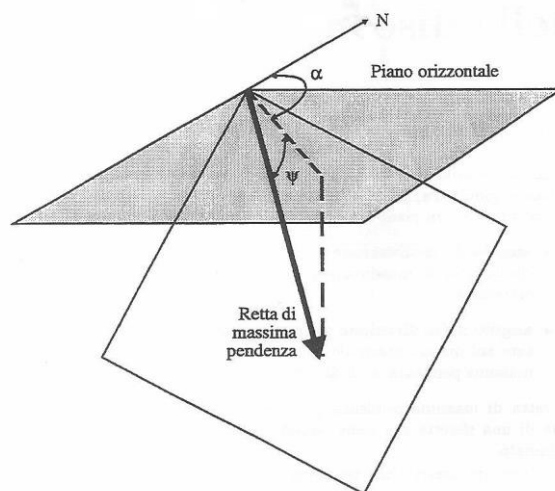


Figura 1 - definizione dei parametri di giacitura

### 1.2.2 Proiezione emisferica equivalente

Una discontinuità in roccia viene rappresentata graficamente mediante la proiezione, sul piano orizzontale, della sua intersezione con una sfera di riferimento avente il centro giacente sulla discontinuità (meridiano) (Fig. 2).

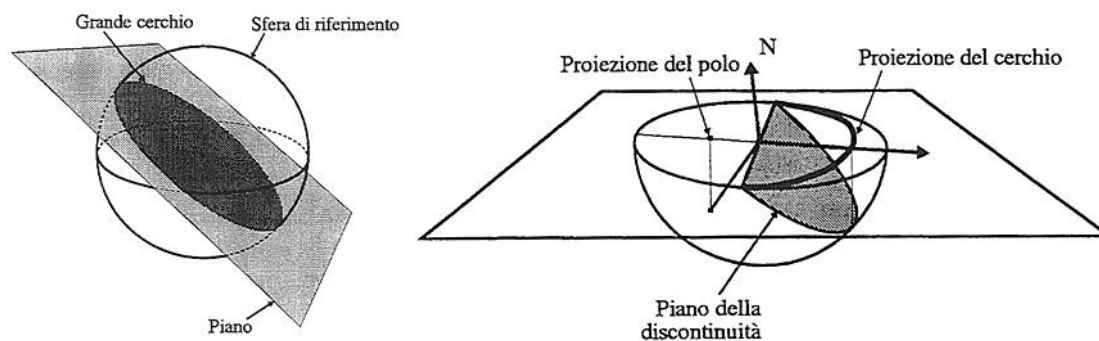


Figura 2 – proiezione emisferica equivalente

La proiezione consiste nello sviluppo dell'emisfero inferiore sul piano orizzontale in modo tale che le aree di regioni appartenenti alla superficie sferica si mantengano invariate sul piano (proiezione equivalente di Lambert).

Viene altresì rappresentata, con lo stesso metodo, la discontinuità mediante la proiezione su piano orizzontale del punto di intersezione tra la normale al piano contenente la discontinuità e l'emisfero di riferimento (polo). I due procedimenti sono detti: rappresentazione *equatoriale* e rappresentazione *polare*. Nel software IS-GeoRocce è implementata la *rappresentazione polare* (Fig. 3):

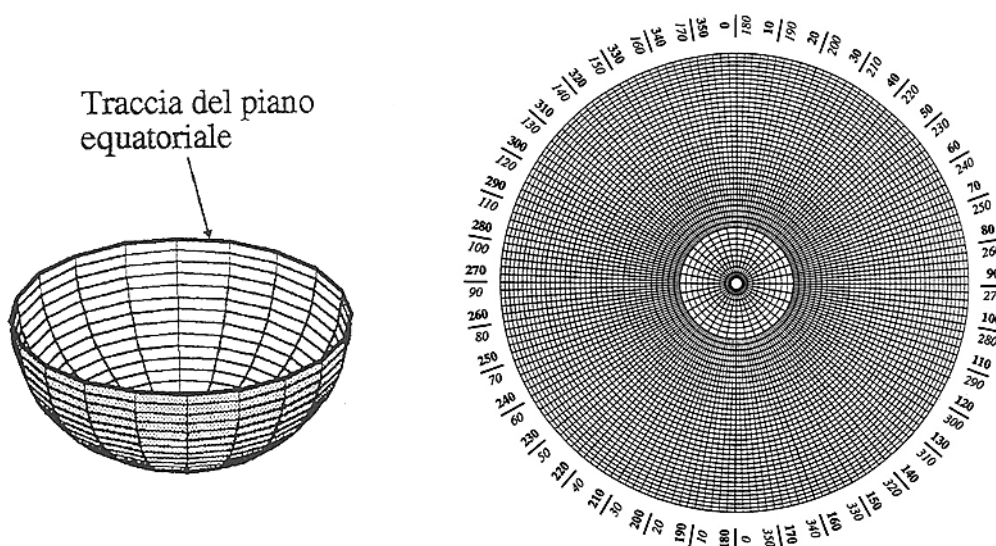


Figura 3 – emisfero di riferimento e reticolo polare (proiezione equivalente)

In tale rappresentazione si suppone di rivestire l'emisfero di riferimento con un reticolo di meridiani e paralleli posto in modo tale che il piano dell'equatore sia disposto orizzontalmente. La proiezione di tale reticolo sul piano orizzontale costituisce il reticolo polare. Sul contorno di tale reticolo sono riportate le direzioni misurate in senso orario. Le tracce dei paralleli rappresentano rette inclinate ad  $0^\circ$  (contorno del reticolo) a  $90^\circ$  (centro del reticolo). La giacitura di una retta è dunque individuabile sul reticolo leggendo la direzione di immersione a partire dal nord e l'inclinazione a partire dal bordo del reticolo verso il centro. È possibile anche rappresentare il polo di un piano riportando direttamente sul reticolo i valori di giacitura di tale piano leggendo però la direzione di immersione a partire dal Sud e l'inclinazione a partire dal centro verso il bordo del reticolo.

### 1.2.3 Trattamento statistico dei dati di giacitura

Un rilievo geologico delle giaciture delle discontinuità viene eseguito misurando la giacitura di tutte le discontinuità che intersecano l'asse di un foro di sondaggio, o la linea di uno stendimento nel caso in cui il rilievo venga eseguito su di una parete. Usualmente i dati ottenuti in entrambi i casi sono molto numerosi e vengono rappresentati graficamente in modo visivamente efficace sul reticolo stereografico polare. Allo scopo di identificare le principali famiglie di discontinuità che interessano l'ammasso roccioso esaminato e le loro giaciture, si esegue un trattamento statistico dei dati di rilevati.

#### 1.2.3.1 Correzione dell'errore di rilevamento

I dati ottenuti da un rilevamento lungo stendimento sono influenzati da due tipi di errori:

1. la linea di stendimento tende ad intersecare le discontinuità più persistenti
2. la linea di stendimento interseca preferenzialmente le discontinuità poste in direzione perpendicolare alla linea stessa.

Il primo errore porta ad enfatizzare i sistemi di discontinuità strutturalmente più importanti; il secondo invece può influenzare in modo notevole i dati di giacitura misurati sottovalutando l'importanza di famiglie di discontinuità la cui traccia sulla parete tenda ad essere parallela alla linea dello stendimento.

I dati delle giaciture devono quindi essere corretti tenendo conto dei problemi sopra elencati e si associa un "peso" ad ogni coppia di coordinate:

$$\omega = \frac{1}{\cos \delta}$$

dove  $\delta$  è l'angolo acuto compreso tra la linea di stendimento e il polo della famiglia di discontinuità.

Quindi per poter utilizzare la correzione è necessario essere a conoscenza dell'orientamento della linea di stendimento del rilievo.

### 1.2.4 Test di Markland

Il procedimento fornisce un'indicazione qualitativa della stabilità del cuneo in funzione del suo orientamento nello spazio e della stima della resistenza al taglio mobilitabile lungo i piani di possibile scorrimento. Quest'ultima grandezza viene quantificata attraverso il parametro angolo di attrito medio delle discontinuità meccaniche; il test prevede 4 situazioni possibili: \*

- cuneo potenzialmente instabile
- cuneo stabile
- cuneo con stabilità incerta
- cuneo potenzialmente instabile per ribaltamento

(\* : vedere pag. 16 e 17 per esempi pratici )

### 1.2.5 Scivolamento piano

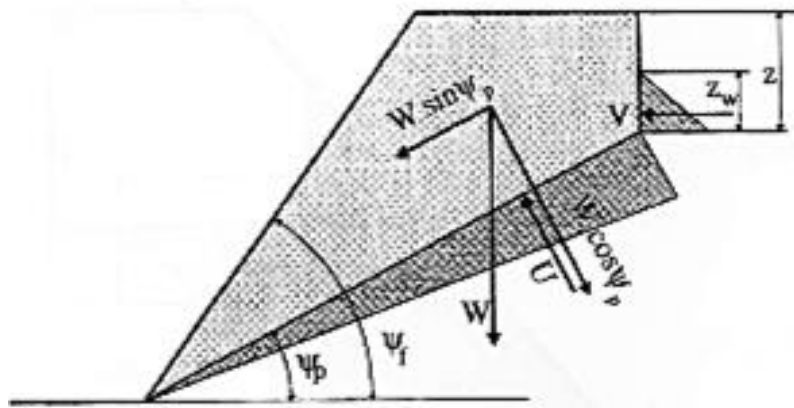
L'analisi della rappresentazione stereografica delle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso in relazione alla posizione del "fronte", cioè della superficie libera del versante, porta alla definizione dei possibili cinematismi. Le condizioni geometriche che consentono lo sviluppo di un cinematismo piano, sono le seguenti:

- la direzione di immersione del fronte è quasi uguale a quella del piano di scivolamento

$$\alpha_f \sim \alpha_p$$

- l'inclinazione del fronte è maggiore dell'inclinazione del piano di scivolamento

$$\psi_f > \psi_p$$





## 1.2.6 Cinematismo tridimensionale

Qualora il solido potenzialmente instabile formato dall'intersezione dei piani di discontinuità e dal fronte del pendio non ricada nelle ipotesi di cinematismo piano, si deve considerare la possibilità di scivolamento lungo la linea di intersezione alla base del cuneo.

Il problema può essere trattato in via approssimativa sotto alcune ipotesi semplificatrici, per giungere ad una espressione compatta del fattore di sicurezza.

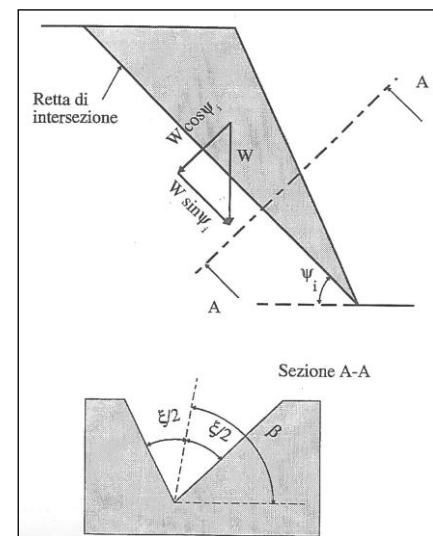
Questo metodo semplificato di analisi ha il pregio della semplicità e permette di interpretare facilmente l'effetto della geometria sulle condizioni di stabilità. Se si vuole trattare un caso più generale, si può adottare il metodo completo.

### 1.2.6.1 Metodo Semplificato

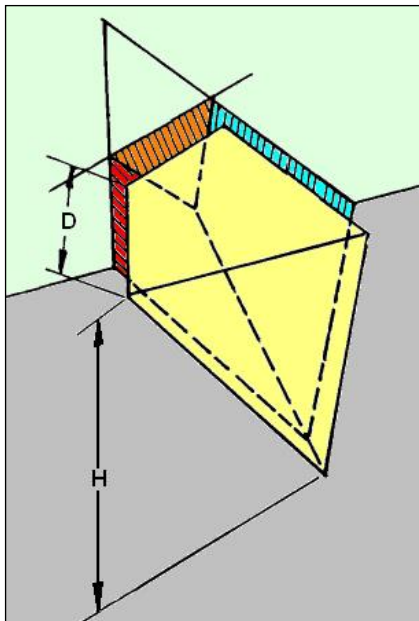
Ragionando sulla sezione verticale del solido che contiene la retta di intersezione dei piani di base: si definiscono gli angoli  $\psi_i$ ,  $\xi$  e  $\beta$  e si fa l'ipotesi semplificativa che siano assenti azioni diverse dalla gravità.

Con semplici considerazioni di equilibrio limite, ipotizzando un unico valore dell'angolo di attrito  $\phi$  su entrambi i piani di base, si perviene all'espressione del fattore di sicurezza:

$$F = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\xi}{2}} \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i}$$



### 1.2.6.2 Metodo Completo



Il metodo completo tiene conto dei fattori che per semplicità non vengono considerati nel metodo semplificato, quali le sottospinte idrauliche sui piani di base e sul giunto di trazione, l'azione stabilizzante di tiranti, l'effetto di forze esterne.

Si possono analizzare anche geometrie complesse, adottare parametri di resistenza diversi per i due piani di base e tener conto dell'eventuale presenza, su di essi, di una coesione.

### 1.3 Caduta Massi

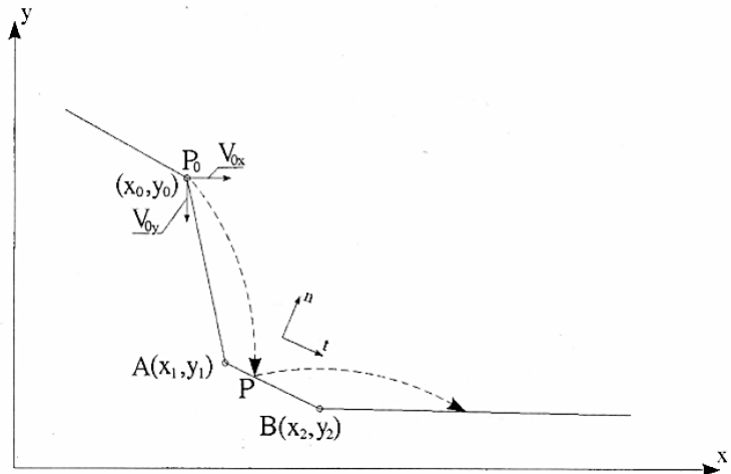
#### 1.3.1 Metodo Lumped Mass

IS GeoRocce esegue l'analisi di Caduta Massi utilizzando il metodo "Lumped Mass".

Le ipotesi del modello sono:

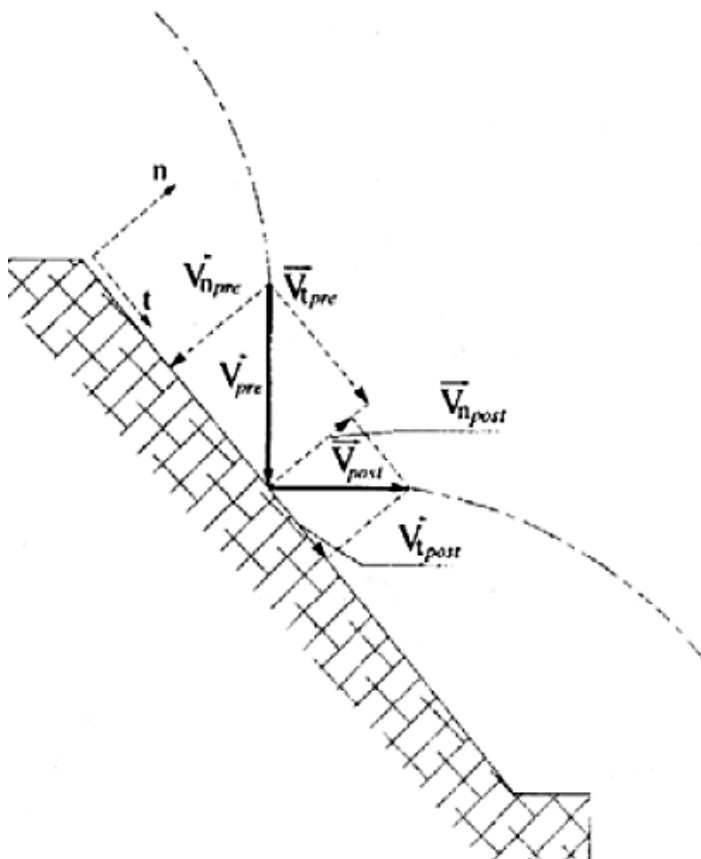
1. schema piano, profilo del pendio assimilabile ad una spezzata costituita da segmenti rettilinei;
2. blocco puntiforme e resistenza dell'aria trascurabile.

In tal caso la traiettoria del blocco può essere determinata utilizzando le equazioni del moto di un grave.



La traiettoria del moto risulta composta da una serie di parabole tracciate fra il punto in cui avviene il distacco ed il punto in cui il blocco urta sul pendio per la prima volta, nella fase iniziale del moto, e fra due successivi punti di impatto sul pendio, o al piede, in seguito, fino al punto finale di arresto.

In pratica si procede dal punto in cui avviene il distacco del blocco e si risolve il sistema di equazioni delle rette che contengono i successivi segmenti della spezzata fino a trovare le coordinate di un punto, punto di impatto, che appartiene alla parabola che rappresenta la traiettoria e ricade all'interno di uno dei segmenti della spezzata ed è pertanto anche un punto del pendio.



La perdita di energia cinetica per effetto degli attriti e degli urti può essere modellata riducendo la velocità del blocco in caduta ogni qualvolta questo urta sul pendio.

$$\begin{cases} v_{Npost} = k_{tang} \cdot v_{Npre} \\ v_{Tpre} = k_{norm} \cdot v_{Tpre} \end{cases}$$

Rn e Rt (coefficienti di restituzione normali e tangenziali della velocità prima e dopo l'urto; tali valori, compresi nell'intervallo 0-1, devono essere definiti per tutti i tratti che entrano in contatto con la traiettoria.

## 2 Esempio di utilizzo del programma

Prima di iniziare con la descrizione di un breve esempio sull'utilizzo della nuova applicazione della Omnia IS vengono rapidamente descritte le icone presenti nella finestra principale (Fig. 4):

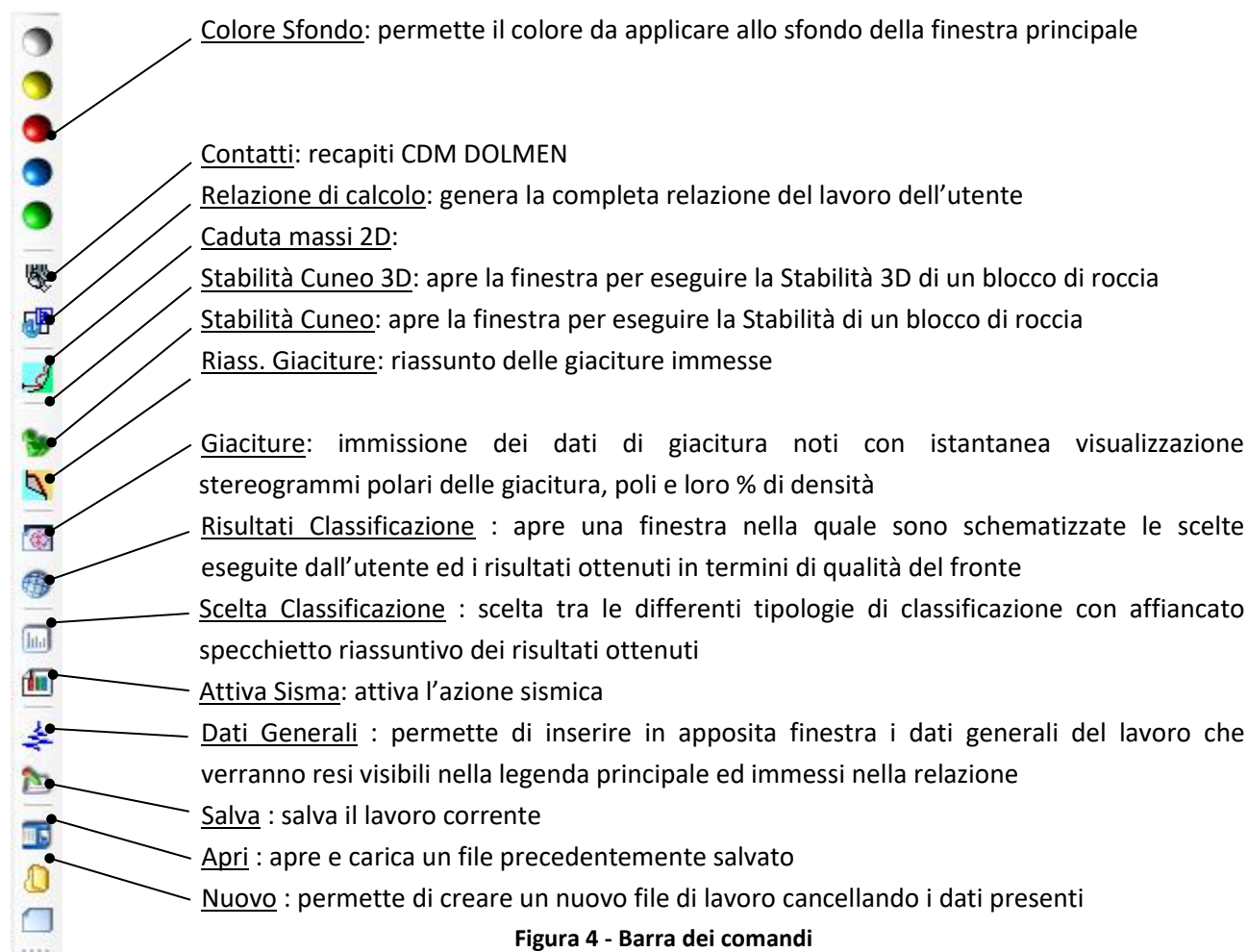


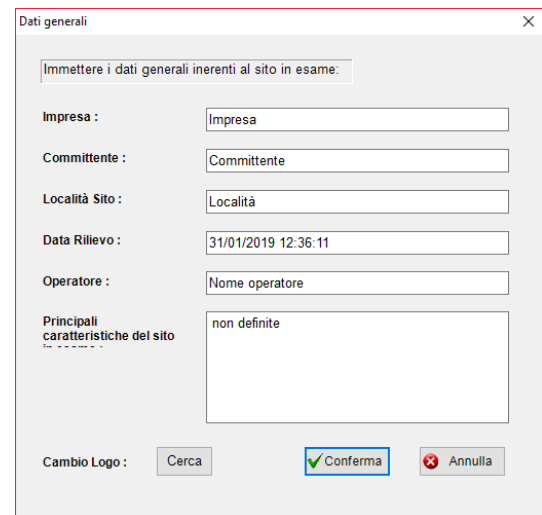
Figura 4 - Barra dei comandi

Verrà di seguito brevemente descritto un esempio di utilizzazione del software IS GeoRocce e verranno spiegate le principali schermate.

## 2.1 Dati generali

In questa finestra vengono immessi i dati generali inerenti lo studio del fronte in esame:

- ✓ Impresa: nome dell'impresa eseguente lo studio del fronte
- ✓ Committente: richiedente di tale studio
- ✓ Località sito: luogo del sito in esame
- ✓ Data rilievo: data in cui è stato eseguito il rilievo
- ✓ Operatore: nome dell'operatore che in tal data ha eseguito il rilievo
- ✓ Principali caratteristiche del sito in esame: qui è possibile immettere tutte le informazioni aggiuntive sulla natura e sullo stato del fronte.
- ✓ Cambia logo: con questo tasto si rende possibile cambiare il logo dell'impresa



**Figura 5 – finestra dell'immissione dati generali**

Tali informazioni saranno tutte visualizzate nella compilazione della relazione completa sul lavoro svolto con IS GeoRocce come parte introduttiva.

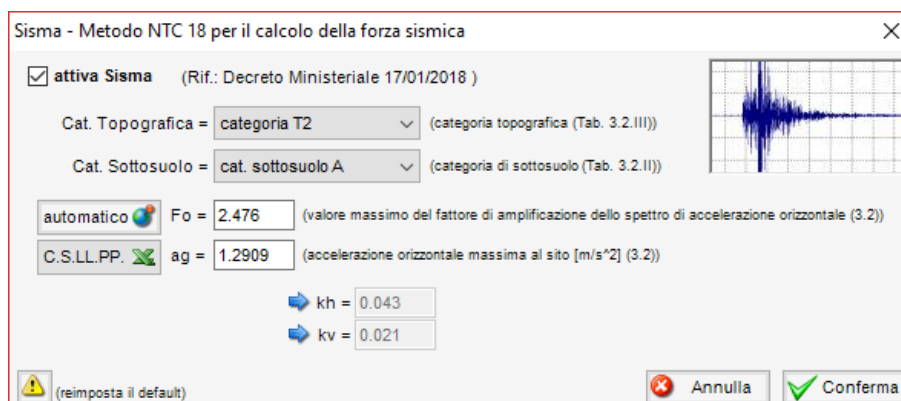
## 2.2 Sisma

Per quanto riguarda l'azione sismica secondo NTC 2018 bisogna indicare il valore di  $F_0$ , l'accelerazione orizzontale  $a_g$ , scegliere la categoria topografica e la categoria di sottosuolo.

In alternativa si può utilizzare il tasto con il simbolo del mondo, che apre il programma per la definizione dei dati sismici in base alla località in cui si trova il pendio oggetto di studio.

In base alle scelte effettuate vengono calcolati in automatico il valore di  $k_h$  e di  $k_v$ .

Attivando il sisma il programma darà per le diverse analisi di stabilità due ulteriori fattori di sicurezza; uno relativo alla componente verticale rivolta verso il basso ( $k_v^-$ ) e una per la componente verticale rivolta verso l'altro ( $k_v^+$ ).



## 2.3 Scelta classificazione

Tramite questo semplice pannello è possibile scegliere che tipo di classificazione da eseguire sull'ammasso roccioso in base ai dati in possesso.

Accanto alle possibili scelte è presente un piccolo riquadro nel quale appaiono, in forma di breve schema riassuntivo, i risultati ottenuti con le diverse tipologie di classificazione del sito in esame.

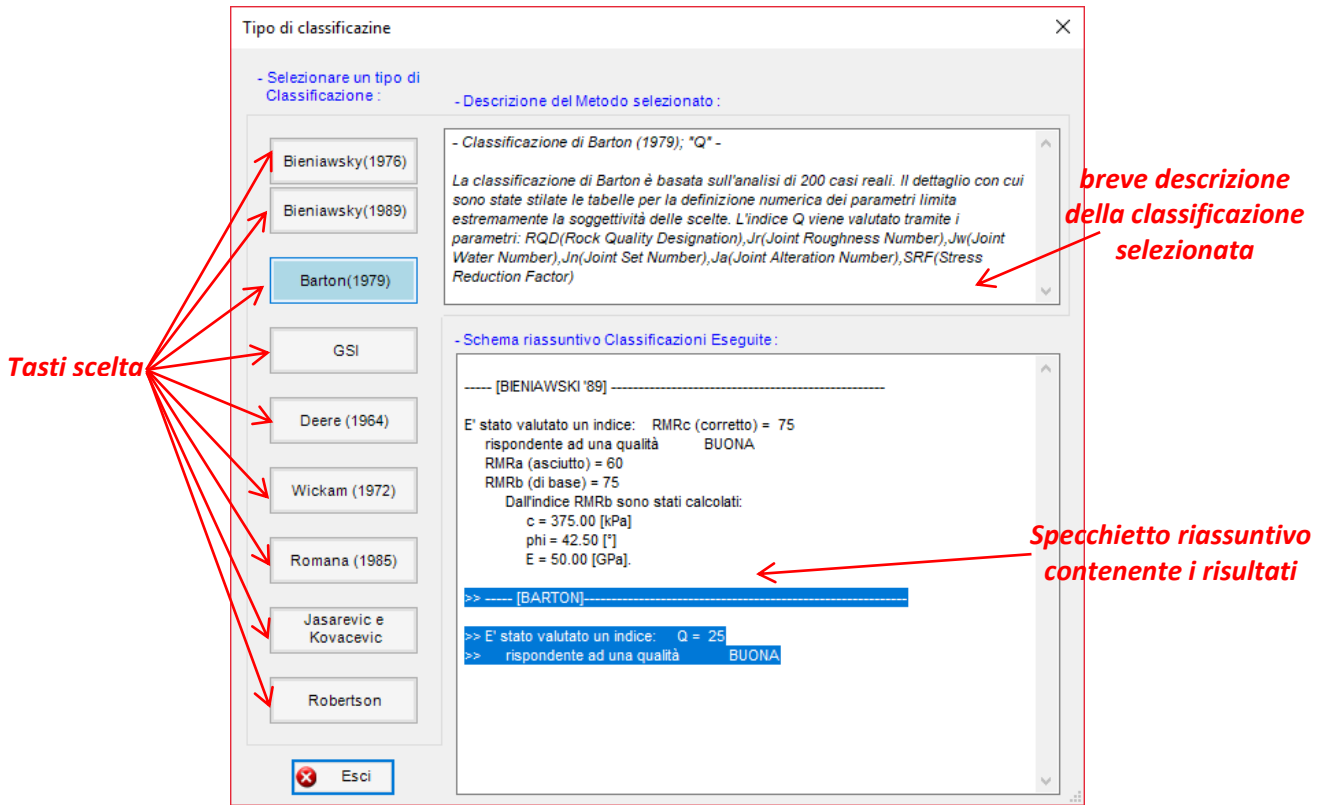


Figura 6 – pannello della scelta della classificazione con specchietto riassuntivo

Ciascun tasto-scelta comporta l’apertura della relativa finestra nella quale sarà possibile scegliere ogni singolo parametro.

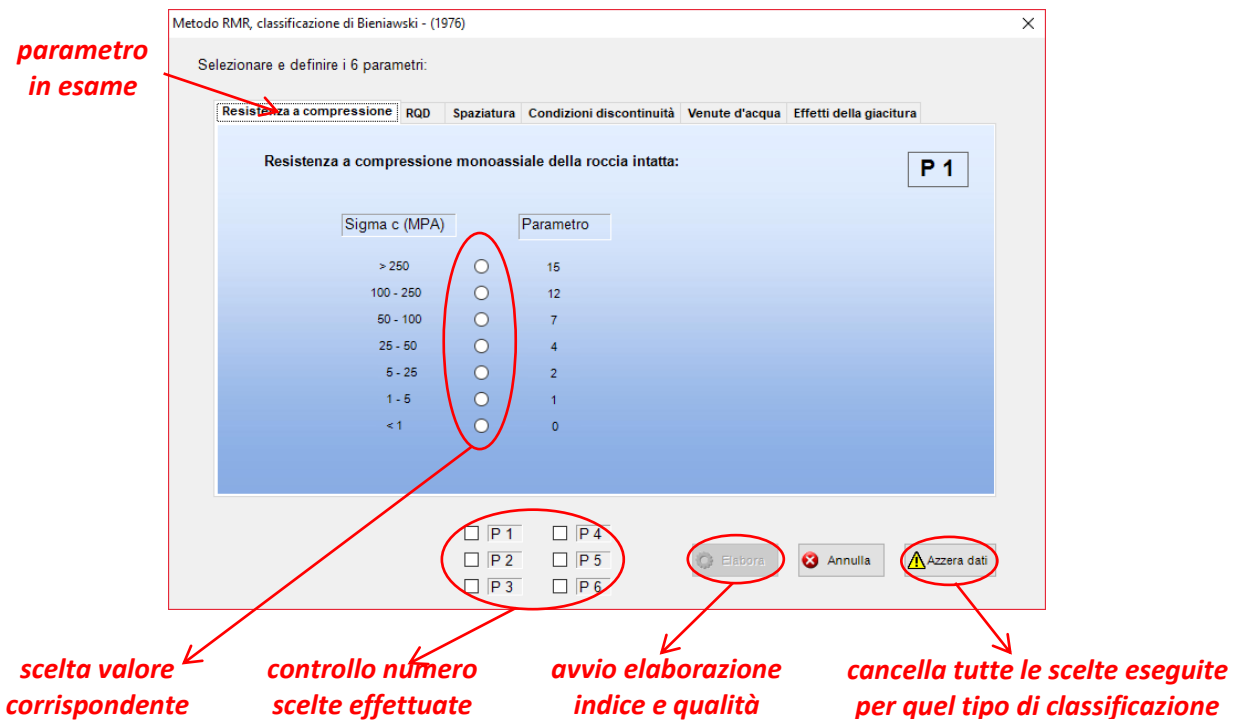


Figura 7 – i sei pannelli per la scelta dei parametri per le sei diverse tipologie di classificazione

Dopo aver eseguito tutte le scelte in base ai dati disponibili, premendo il tasto “Elabora” verrà calcolato l’indice rispondente ai parametri immessi e viene in automatico aggiornato lo specchietto riassuntivo della finestra “Tipo di classificazioni”.

## 2.4 Risultati classificazioni

Premendo quest’icona viene visualizzata una finestra nella quale sono elencate le scelte effettuate dall’utente ed i rispettivi risultati ottenuti. Premendo il tasto “Azzerà dati e risultati” si esegue la cancellazione della presente finestra, delle scelte eseguite e dello specchietto riassuntivo.

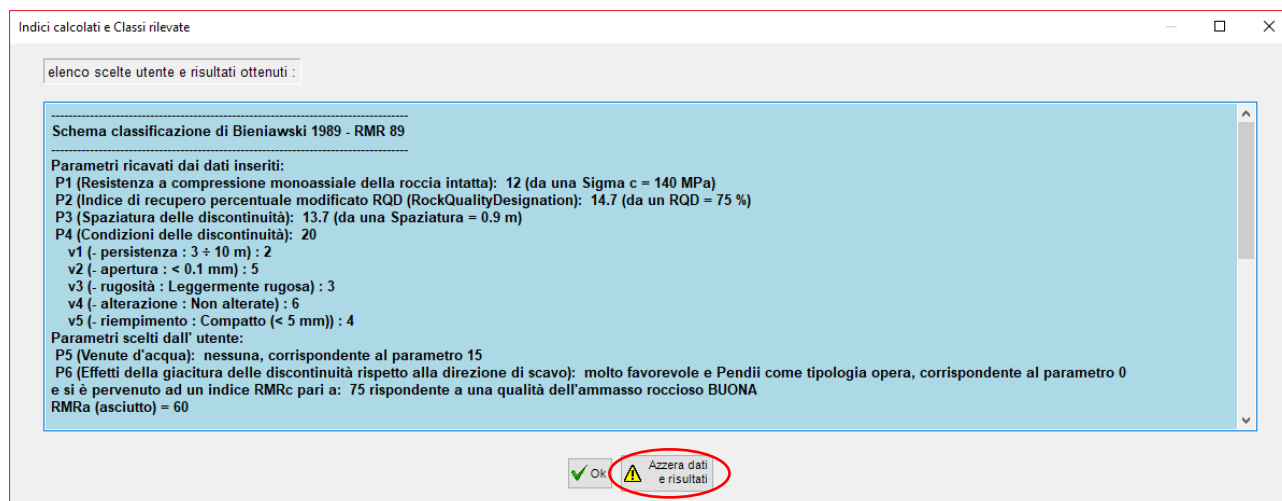


Figura 8 - finestra con schema riassuntivo delle classificazione eseguite e risultati ottenuti

## 2.5 Giaciture

In questa finestra è possibile inserire e visualizzare le giaciture delle discontinuità, i rispettivi poli ed è effettuabile la visualizzazione dei poli espressa in percentuale di densità, tutti su stereogramma polare.

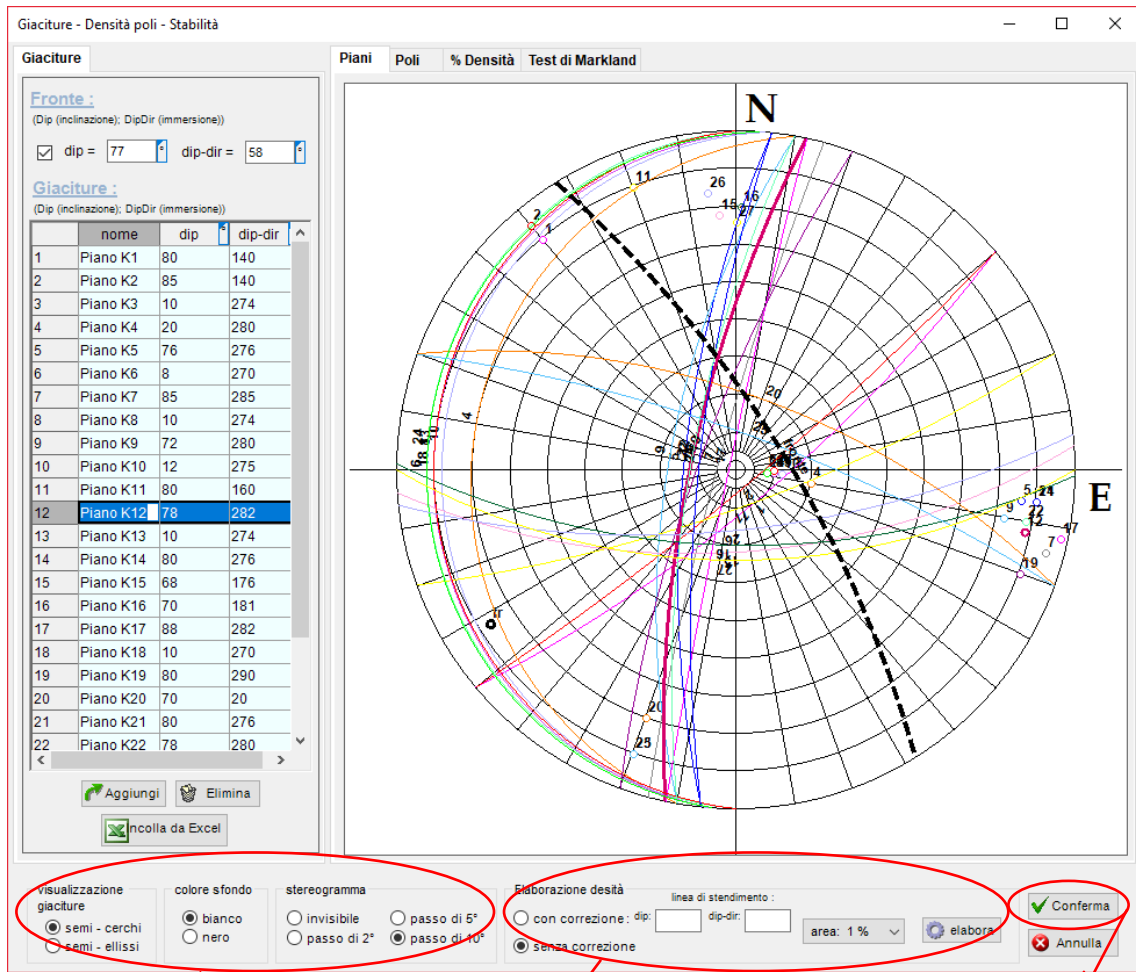
L’inserimento delle giaciture può avvenire singolarmente tramite il tasto “Aggiungi” o mediante il tasto “Incolla da Excel®” presente in fondo alla tabella delle giaciture; in qualsiasi momento si potrà eliminare o modificare qualsiasi dei dati immessi.

Al fine di rendere più comprensiva l’analisi grafica è possibile cambiare il colore di sfondo dello stereogramma e selezionare diverse tipologie di reticolo polare, precisamente: con passo a 10° (default) , a 5°, a 2° o assenza dello stereogramma polare.

Premendo il tasto “elabora” viene calcolata e visualizzata la % di densità dei poli in base alla percentuale di area da analizzare scelta dall’utente. È, inoltre, possibile applicare la Correzione immettendo la giacitura della linea di stendimento.

Le visualizzazioni disponibili in questa finestra sono:

- Piani
- Poli
- % Densità
- Test di Markland



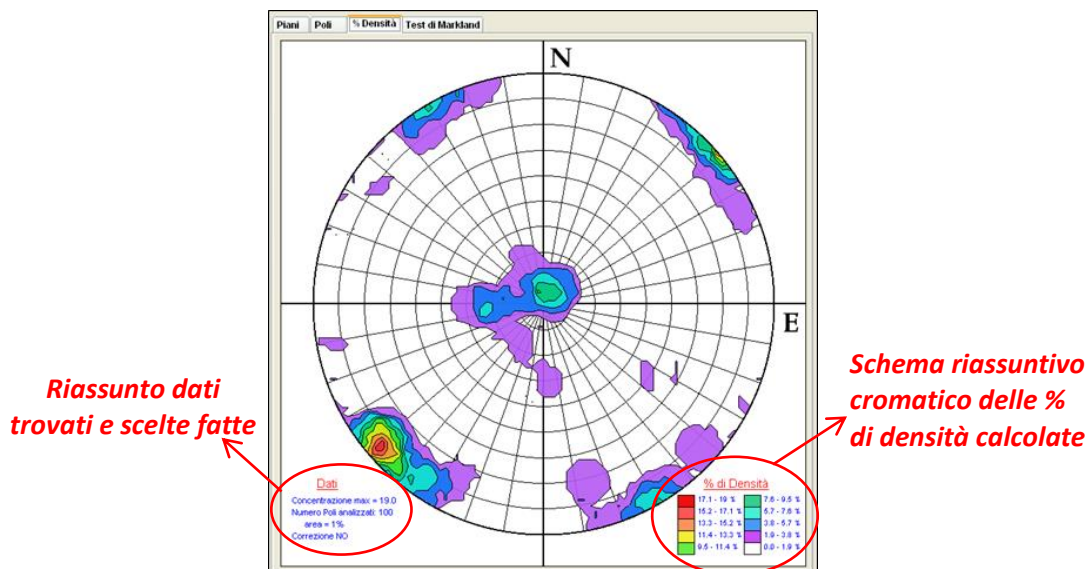
*opzioni di visualizzazione*

*elabora la % di densità dei poli e la rende visibile nell'apposito pannello*

*chiude e salva i dati e gli stereogrammi*

**Figura 9 - finestra principale per l'immissione delle giaciture, per il calcolo della % di densità dei poli e loro visualizzazione**

In tempo reale è presente sull'icona del mouse, quando lo si passa all'interno dello stereogramma, un rettangolo con all'interno il valore in coordinate dip e dip-direction del punto indicato in quel momento.



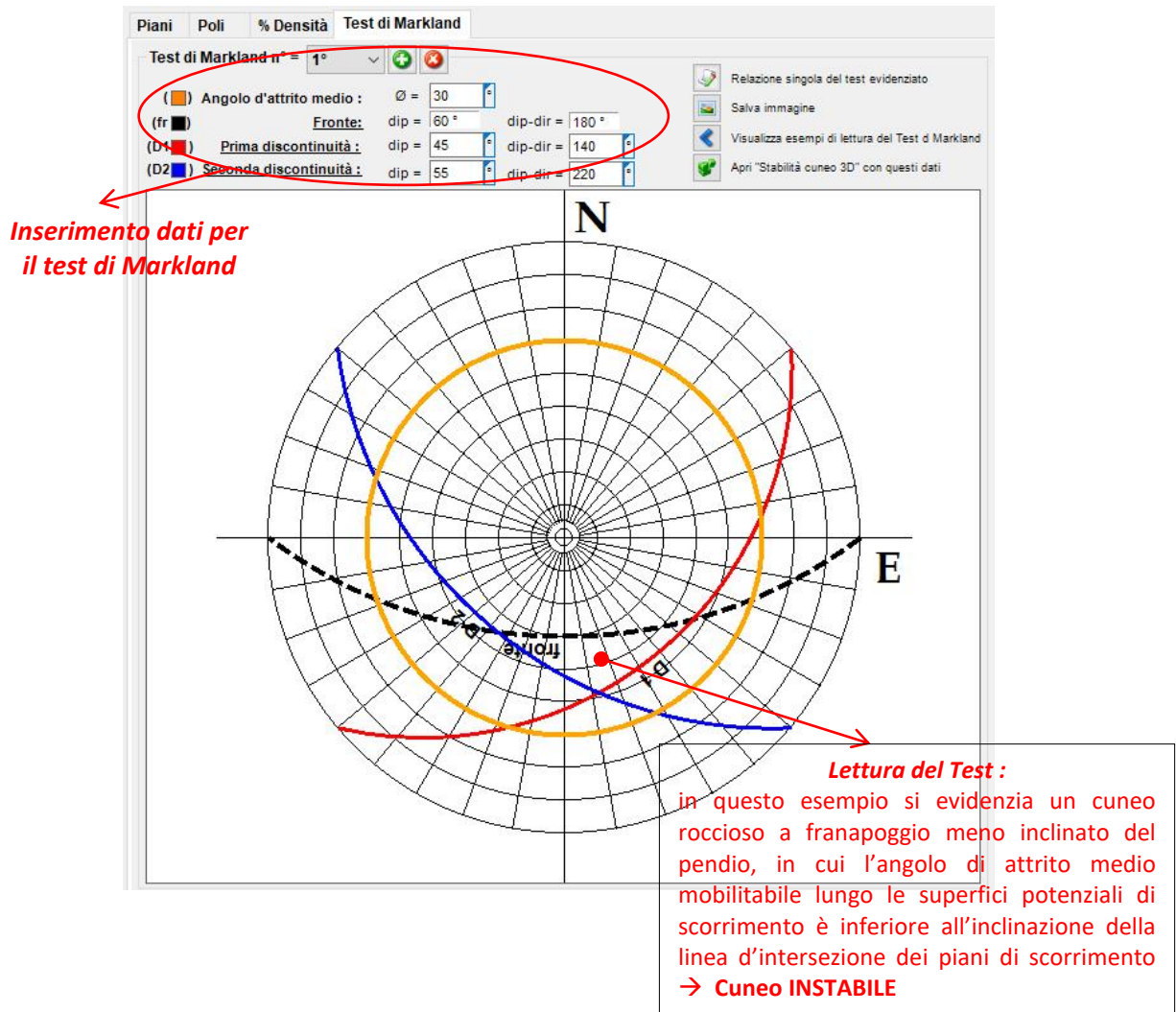
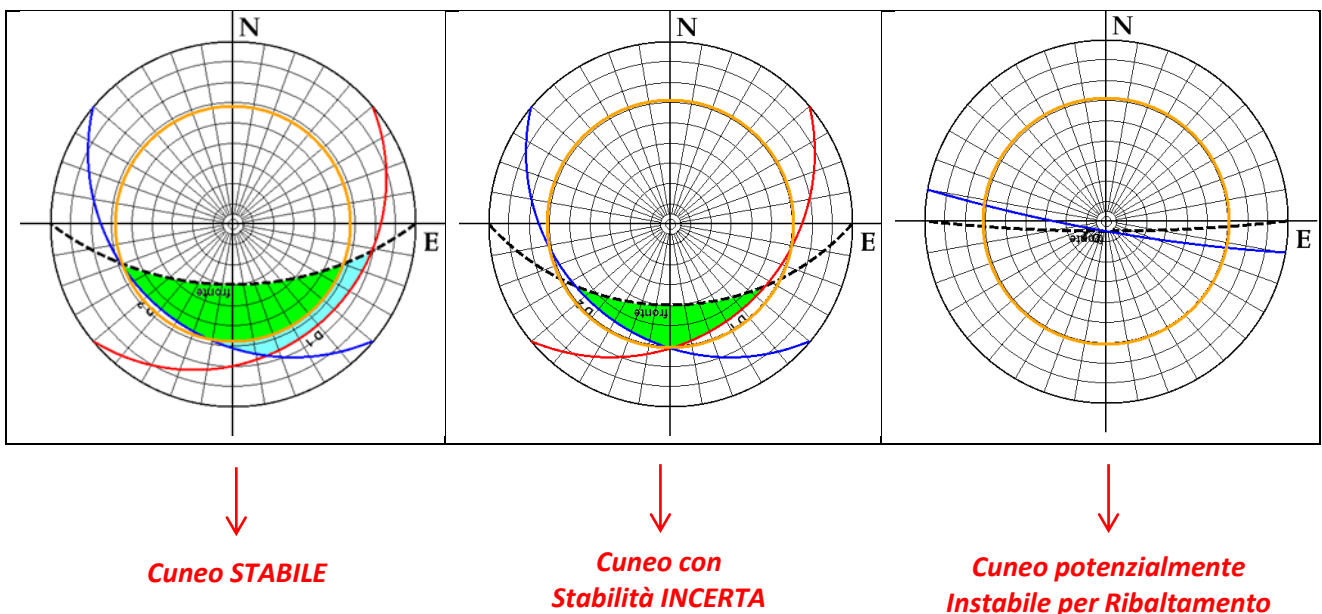


Figura 10 – raffigurazione dei poli espressi in % di densità e Test di Markland

Esempi di lettura del test di Markland:





## 2.6 Stereogrammi

Selezionando questa scelta si apre una finestra statica il cui scopo è di permettere all'utente di comparare e confrontare lo stereogramma delle giaciture con poli con lo stereogramma dei poli espressi in % di densità.

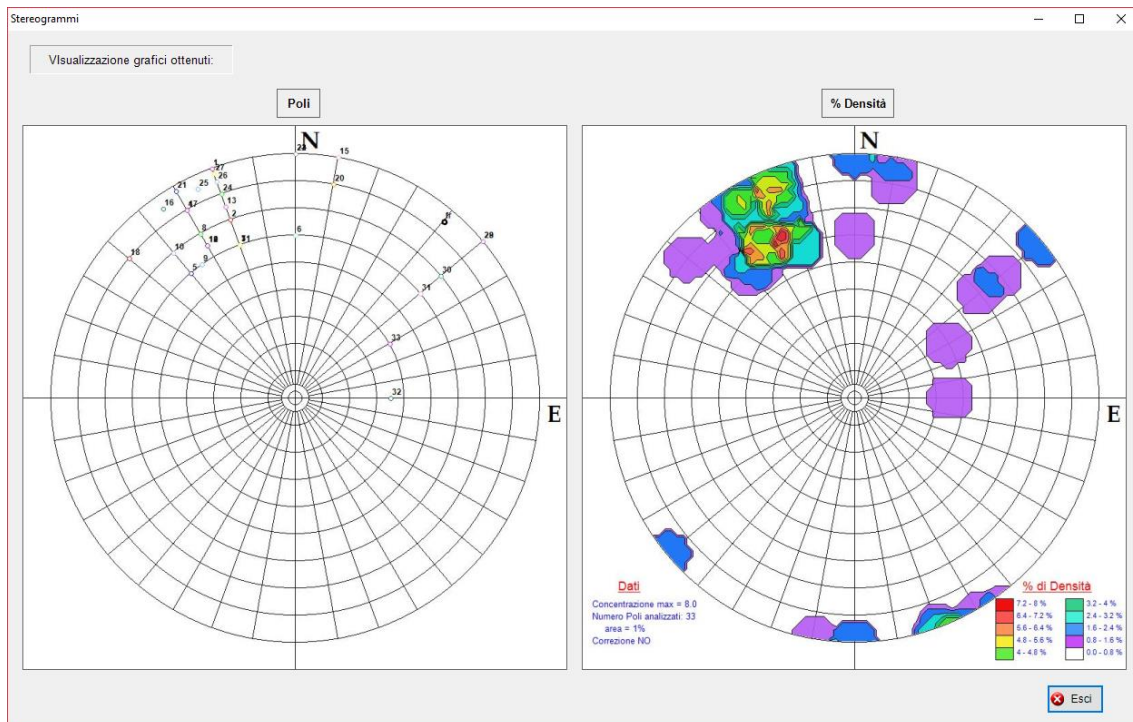


Figura 11 – pannello per il confronto visivo dei risultati ottenuti

Dopo aver eseguito le classificazioni ed aver immesso e valutato le giaciture ed i rispettivi poli, è possibile stilare la relazione finale nella quale saranno immessi tutti i parametri, le scelte ed i risultati ottenuti dall'utente.

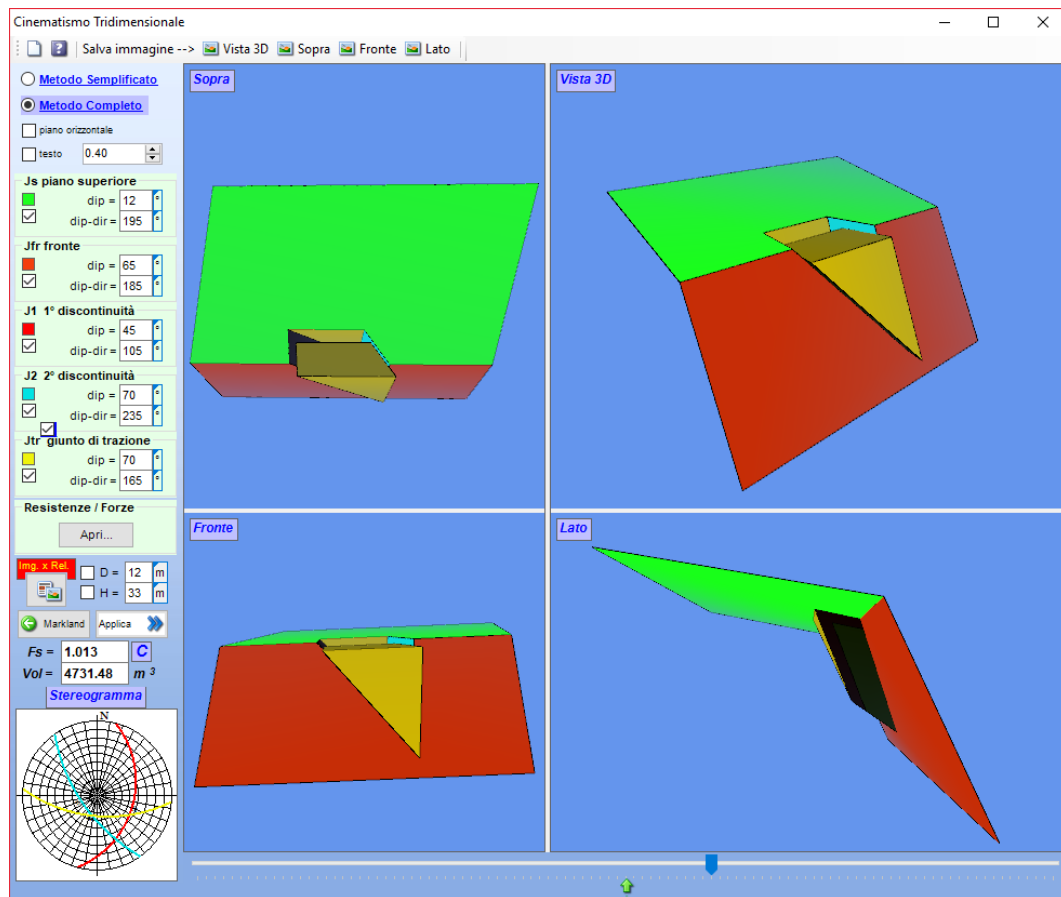


## 2.8 Stabilità Blocco

A seconda del metodo selezionato occorre inserire i valori richiesti per poter eseguire l'analisi di stabilità del blocco di roccia.

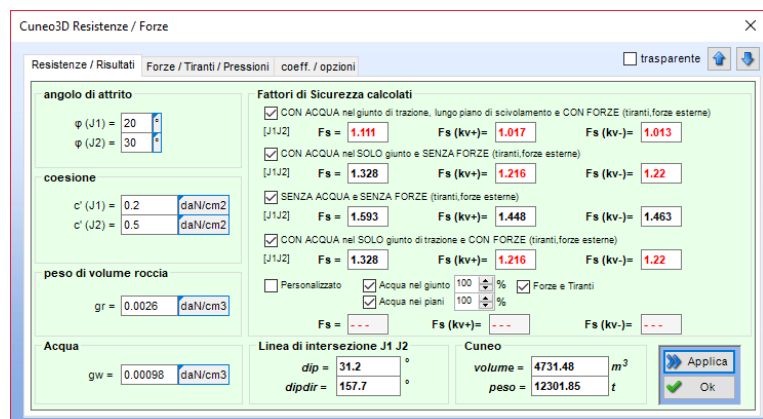
Il metodo Semplificato richiede la geometria delle discontinuità e l'angolo di attrito medio.

Nel Metodo Completo oltre ai dati geometrici occorre definire le caratteristiche delle singole discontinuità, specificare la presenza di forze esterne e tiranti.



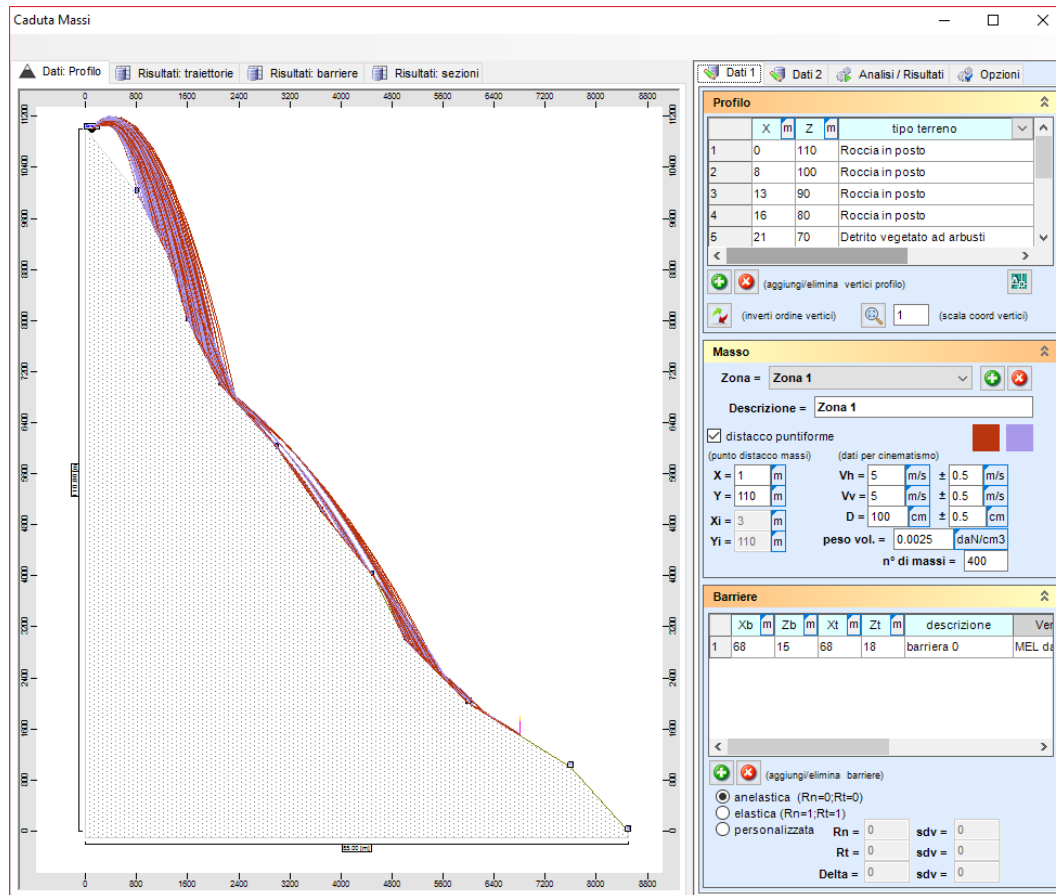
Il programma, premendo il Tasto "applica", calcola il fattore di sicurezza del blocco in esame e, se è stato selezionato il metodo completo, restituisce il fattore di sicurezza in 4 scenari ben distinti:

- CON ACQUA nel giunto di trazione, lungo piano di scivolamento e FORZE (tiranti, forze esterne)
- CON ACQUA nel SOLO giunto e SENZA FORZE (tiranti, forze esterne)
- SENZA ACQUA nel giunto SENZA FORZE (tiranti, forze esterne)
- CON ACQUA nel giunto di trazione e CON FORZE (tiranti, forze esterne)



## 2.9 Caduta Massi

Utilizzando il modello “Lumped Mass” IS GeoRocce esegue l’analisi di Caduta Massi.



Una volta definiti i tipi di terreno possibili, aver creato il profilo ed assegnato ad ogni tratto il tipo di terreno di cui questo è composto, definito le caratteristiche geometrico-cinetiche del masso ed aver posizionato le barriere si esegue l’analisi completa.

A questo punto graficamente saranno visibili le possibili traiettorie dei massi e si potrà evidenziare la traiettoria, le velocità e l’energia di impatto della traiettoria media.

Per maggiori dettagli invitiamo a leggere il manuale di IS GeoMassi.

## Bibliografia

- *Meccanica delle rocce - appunti del corso del prof. Giovanni Barla* ; prof. Giovanni Barla (a.a.: 2001-2002), Politeko,Torino
- *Esercitazioni di Meccanica delle rocce* ; ing. Monica Barbero, ing. Mauro Borri Brunetto (a.a.: 2001-2002), Politeko,Torino
- *Hemispherical projection methods in rock mechanics*; (1985), S.D.Priest
- *Caduta Massi*; (1997) Gian Paolo Giani, Hevelius Edizioni
- *Meccanica delle rocce – nella pratica geologica ed ingegneristica*; (2004) Alberto Bruschi, Dario Flaccovio Editore