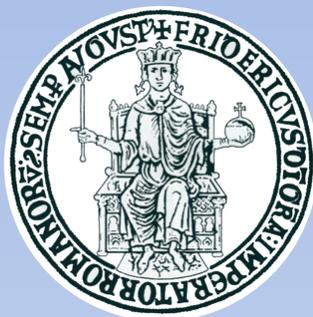


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**

**Scuola Politecnica e delle Scienze di Base**

*Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale*



Corso di Laurea Triennale in:

**INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO**

TESI DI LAUREA:

**“ANALISI DEL MOTO DI CADUTA MASSI ED APPLICAZIONE  
AD UN CASO PRATICO”**

**Relatore**

Ch.mo Prof. Geol.  
Paolo Budetta

**Candidato**

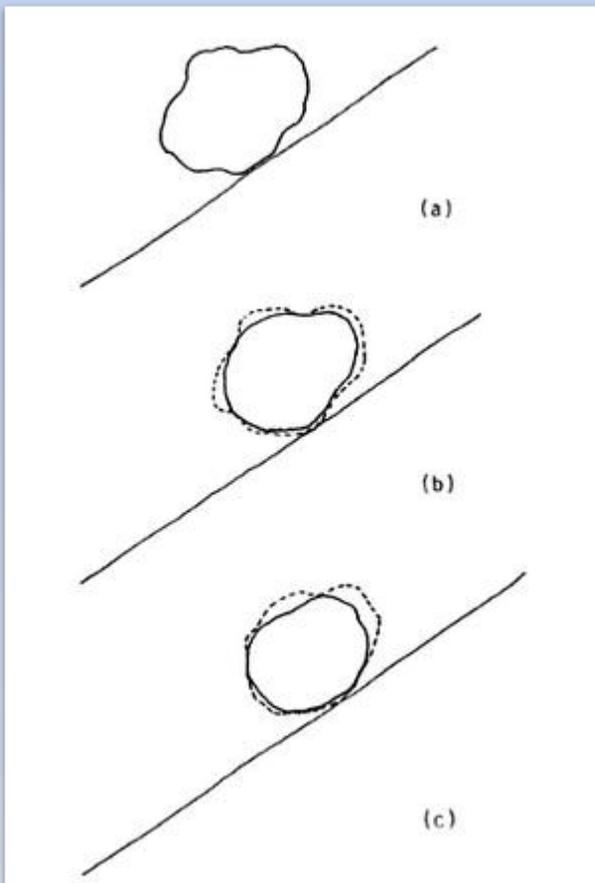
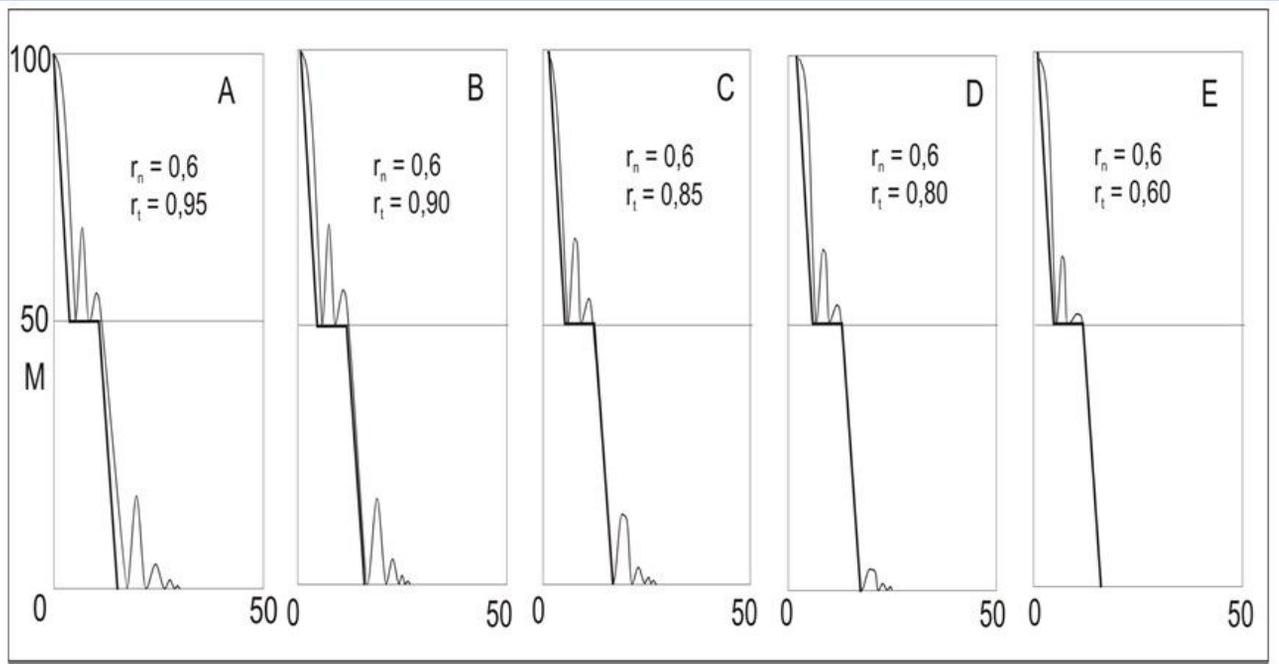
Amedeo Zito  
M. N49000084

Anno Accademico 2013 – 2014

# Obiettivi:

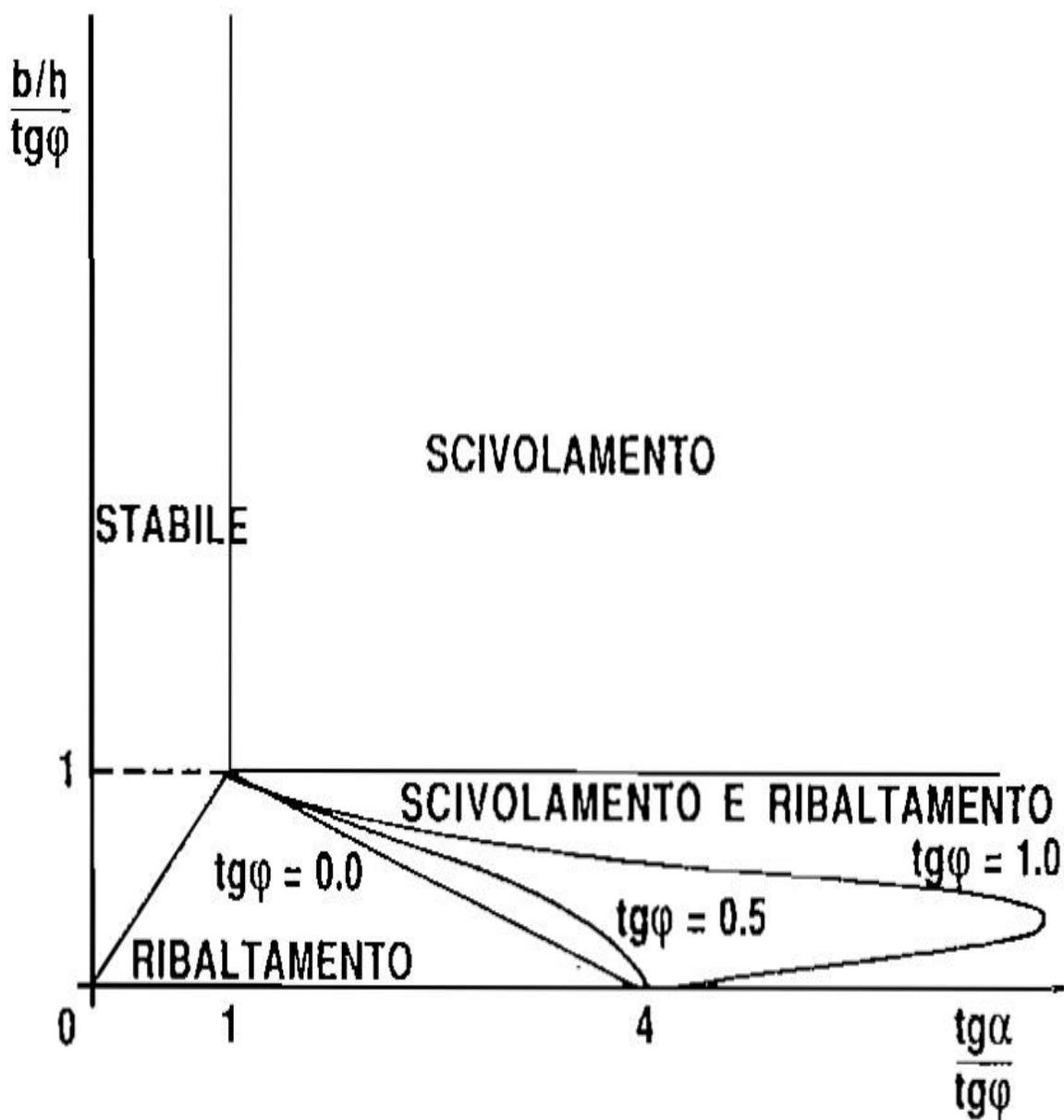
- Analisi del fenomeno fisico di caduta massi
- Studio dei relativi modelli analitici
- Applicazione d'un metodo *lumped mass* tramite il codice di calcolo ROCFALL (Rocscience, inc.)

# Variazione delle altezze e dei punti di arresto delle traiettorie al variare del coefficiente di restituzione tangenziale



Influenza dell'angolo d'attrito al rotolamento ed effetti dovuti all'arrotondamento degli spigoli dei massi in rocce tenere

Condizioni cinematiche al variare della geometria del blocco e dell'angolo di scorrimento iniziale, in funzione dell'angolo d'attrito volvente



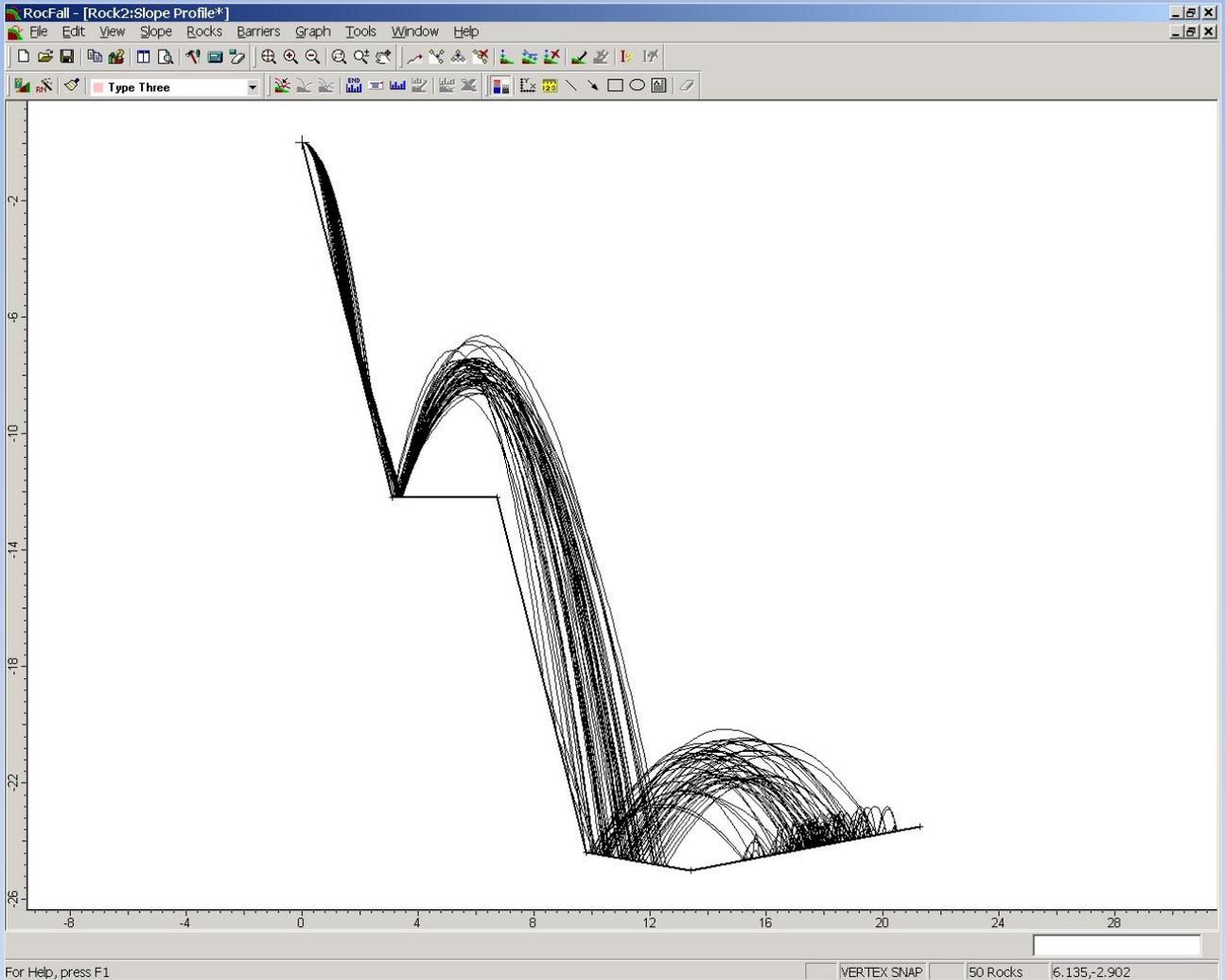
Per far sì che le simulazioni delle traiettorie siano realistiche, è necessario calibrare i coefficienti cinematici in base alla *back-analysis*



Consiste nella calibrazione dei più opportuni coefficienti di restituzione all'urto e degli altri parametri da adottare nelle verifiche, al fine di simulare in maniera realistica le effettive traiettorie di caduta riconosciute in sito.

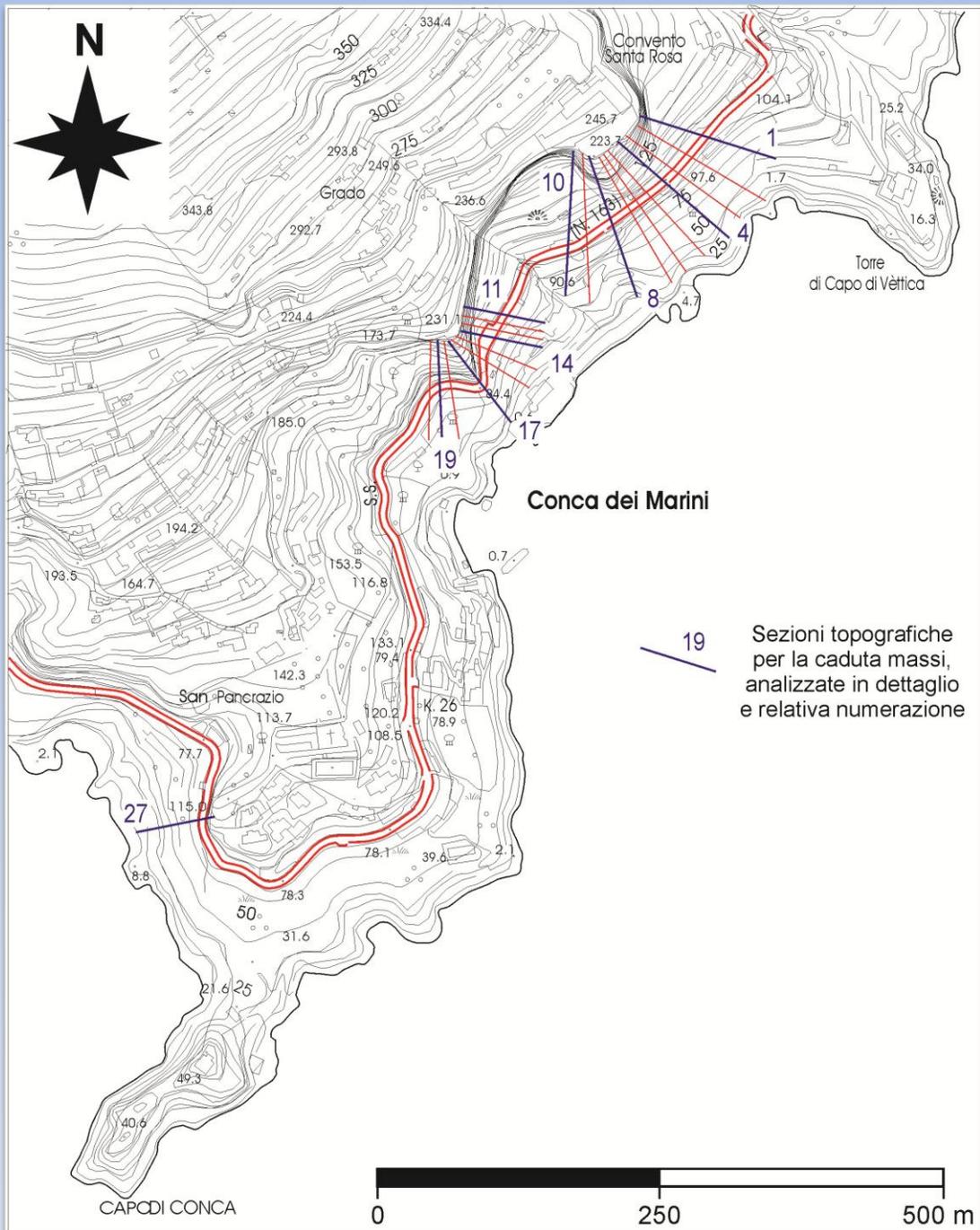
A tale scopo, è importante rilevare le **impronte da impatto** lungo i pendii e gli effettivi **punti di arresto** dei massi

# Il codice di calcolo adoperato è ROCFALL (Rocscience, inc)

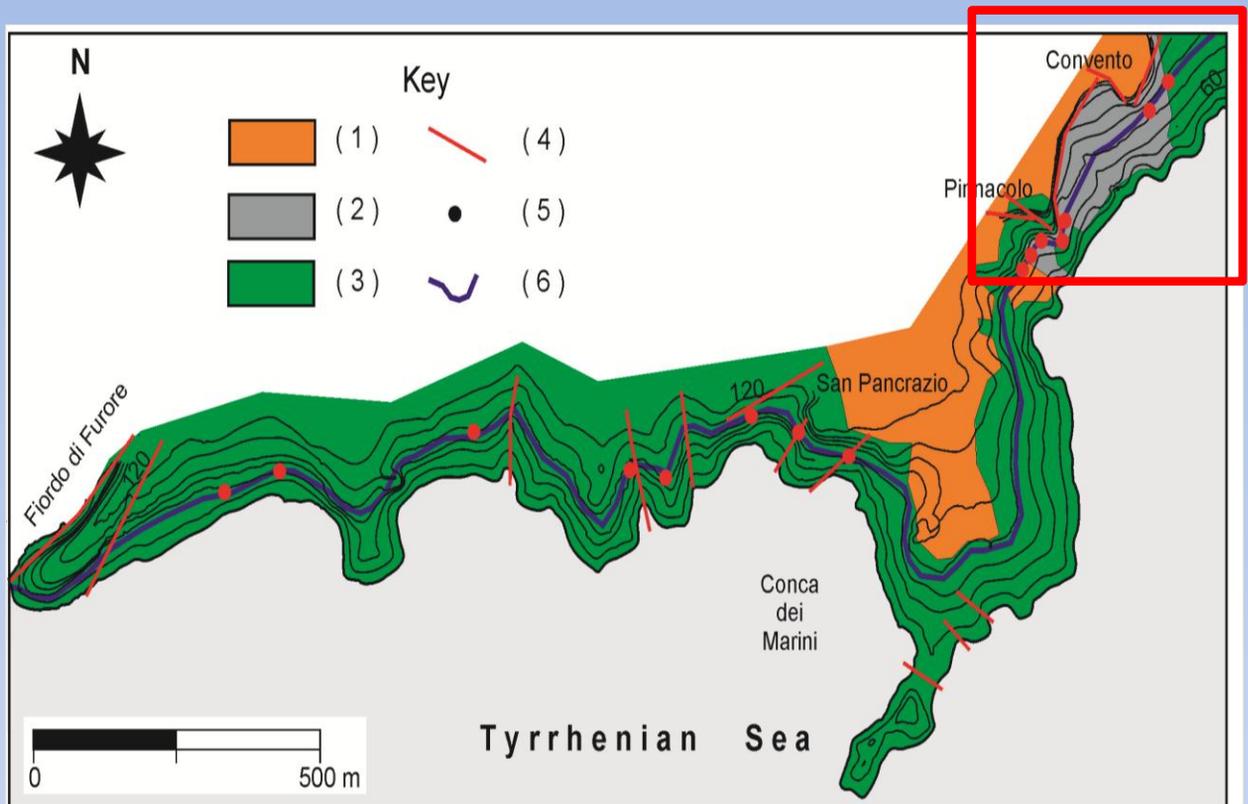


E' un software di analisi statistica della caduta di massi lungo un versante che è in grado di fornire. gli involuipi delle energie cinetiche, della velocità e delle altezze di rimbalzo, oltre che le coordinate dei punti di arresto dei massi.

# L'applicazione ha riguardato un tratto stradale della SS Amalfitana ricadente nel territorio comunale di Conca dei Marini (SA)



# CARTA GEOLOGICA DELL'AREA INTERESSATA



1. Piroclastiti sciolte frammiste a sabbie ghiaiose – Olocene
2. Breccie cementate formate da clasti grossolani di rocce carbonatiche – Pleistocene
3. Calcari e calcari dolomitici ben stratificati o massicci – Mesozoico
4. Faglia
5. Evento di crollo
6. Tracciato stradale

# E' stato necessario definire, preliminarmente:

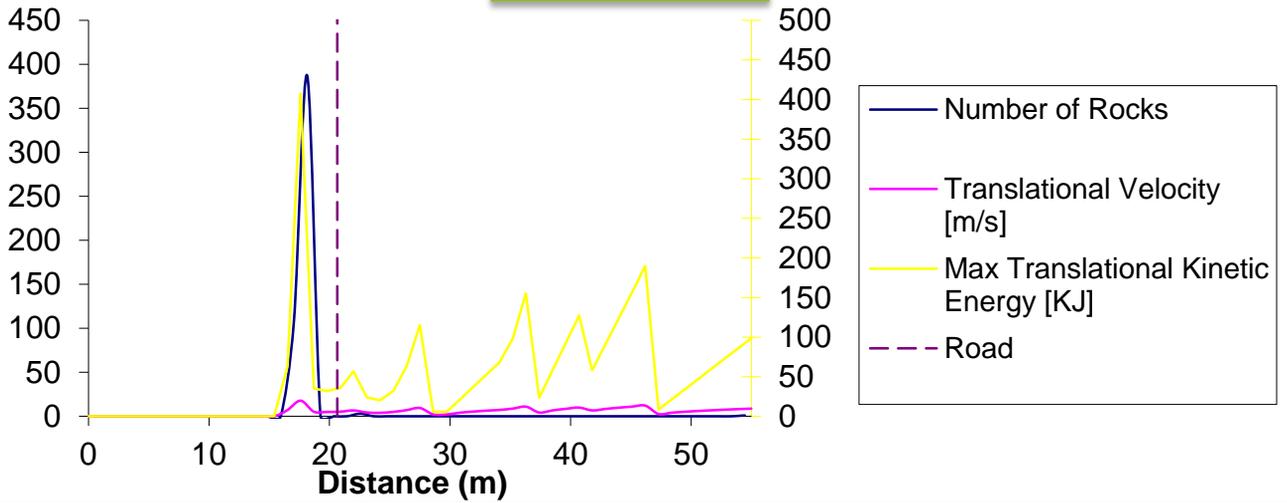
1. La geometria dei pendii
2. La natura geologica dei materiali (rocce e terreni sciolti) dei pendii
3. Assegnare, ad ogni segmento del pendio, i più realistici coefficienti cinematici
4. Individuare i punti di partenza dei massi e stimare le velocità iniziali di caduta
5. L'analisi viene eseguita in maniera random mediante il Metodo Montecarlo

## Gli output sono :

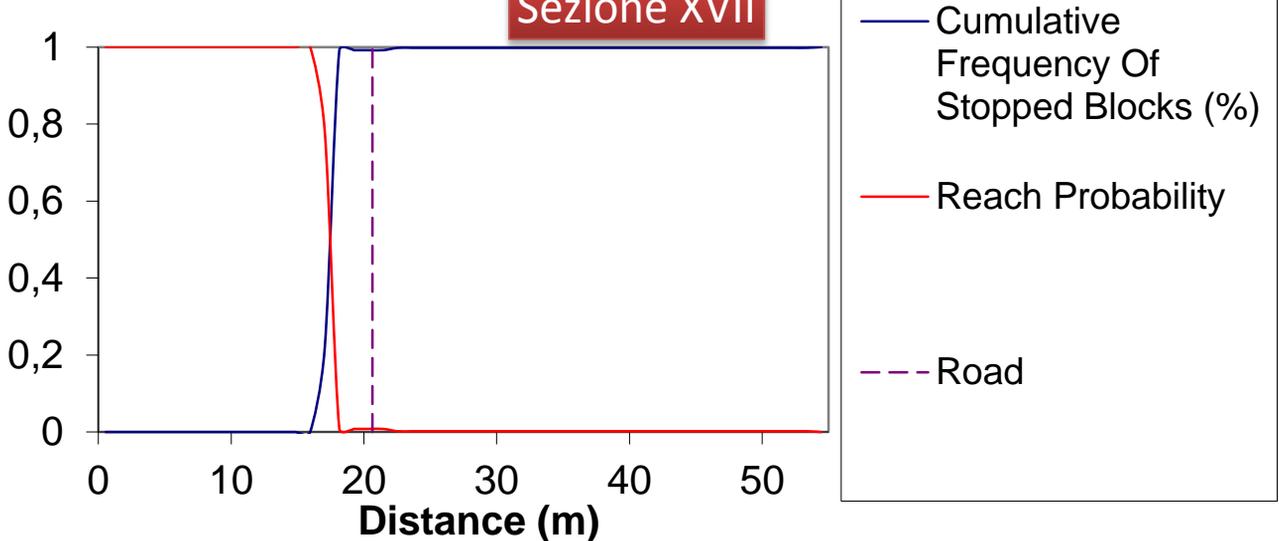
1. Le traiettorie di caduta ed i punti di arresto dei massi;
2. Gli involuipi alle massime altezze di rimbalzo, delle energie cinetiche e delle velocità

Operando in tal modo, è stato possibile stimare la probabilità di attraversamento della sede stradale (*Reach probability*) da parte dei massi in caduta

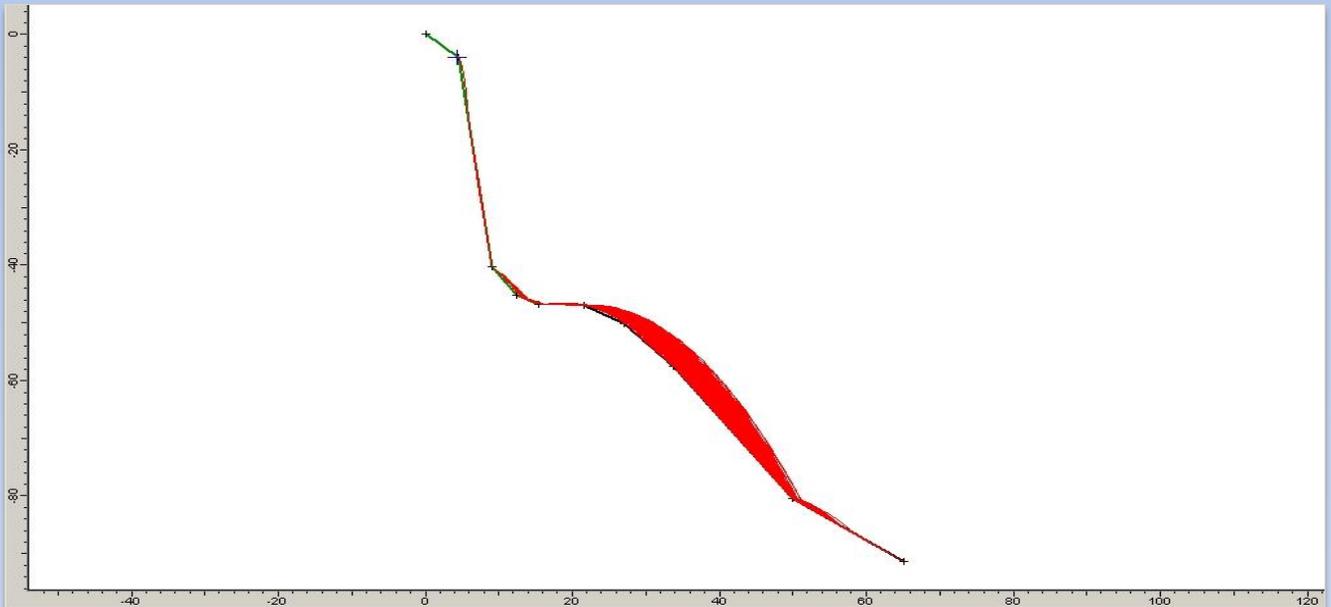
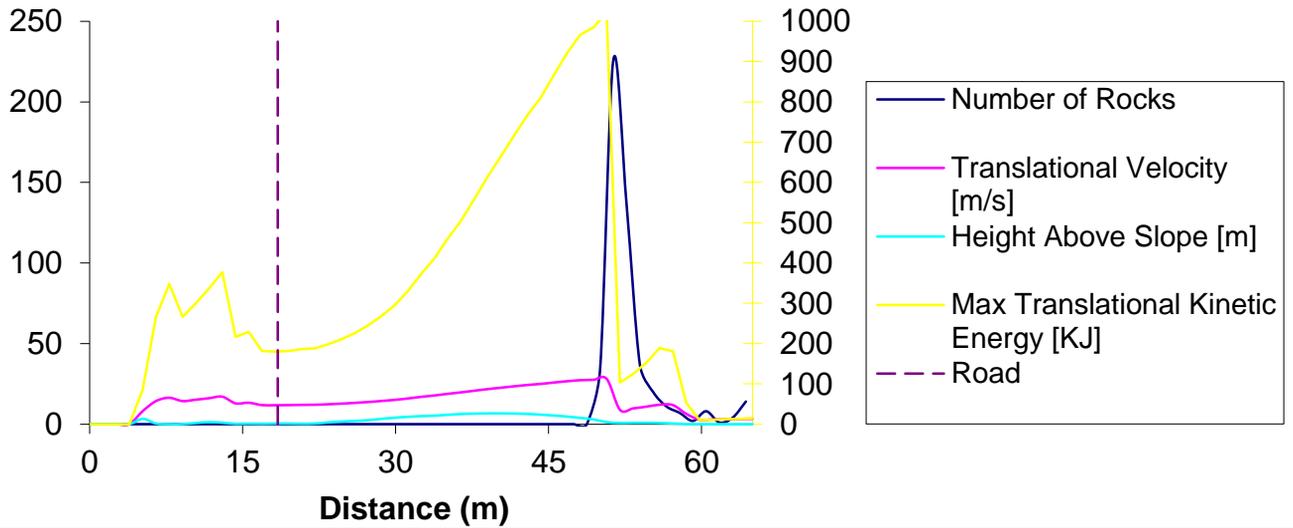
### Sezione XVII



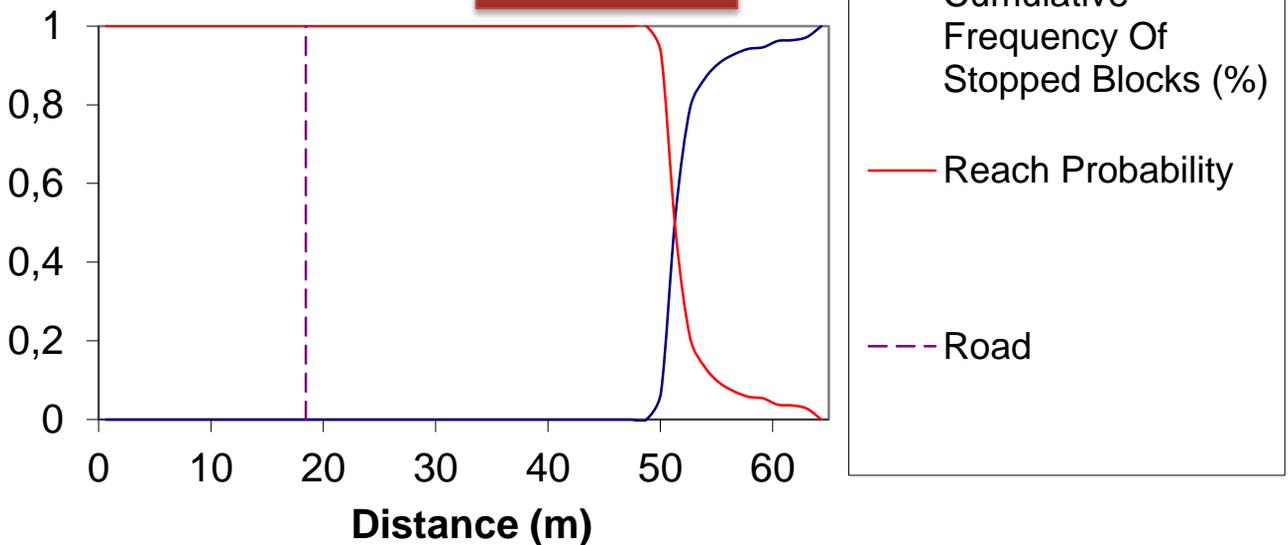
### Sezione XVII



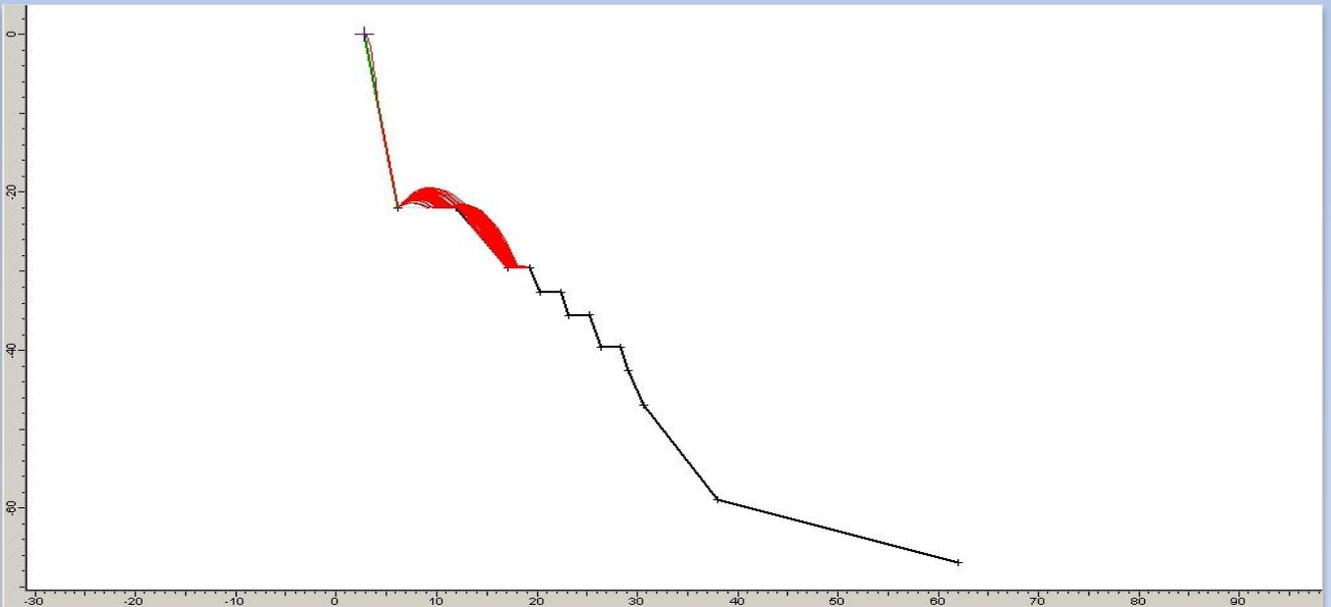
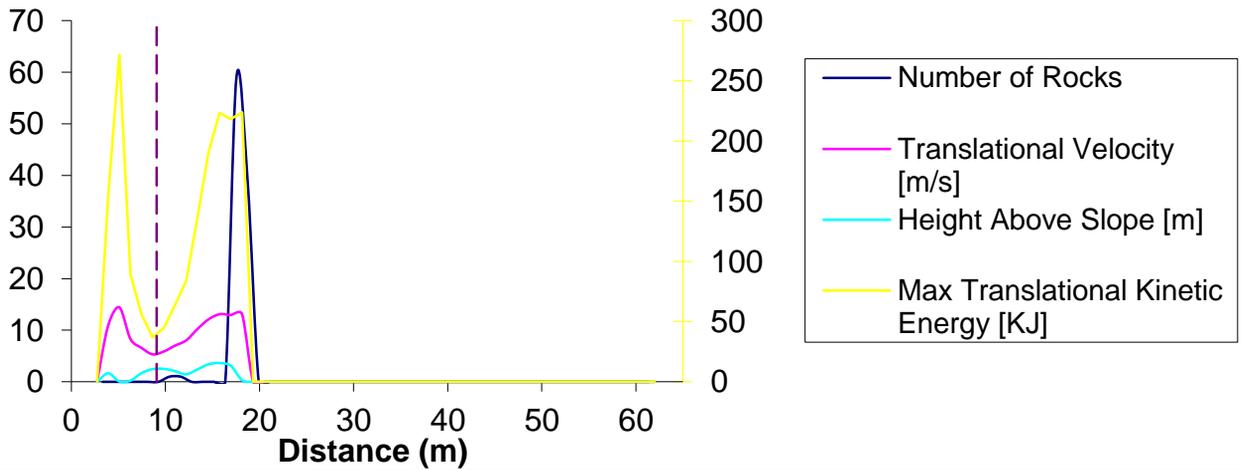
### Sezione XIX



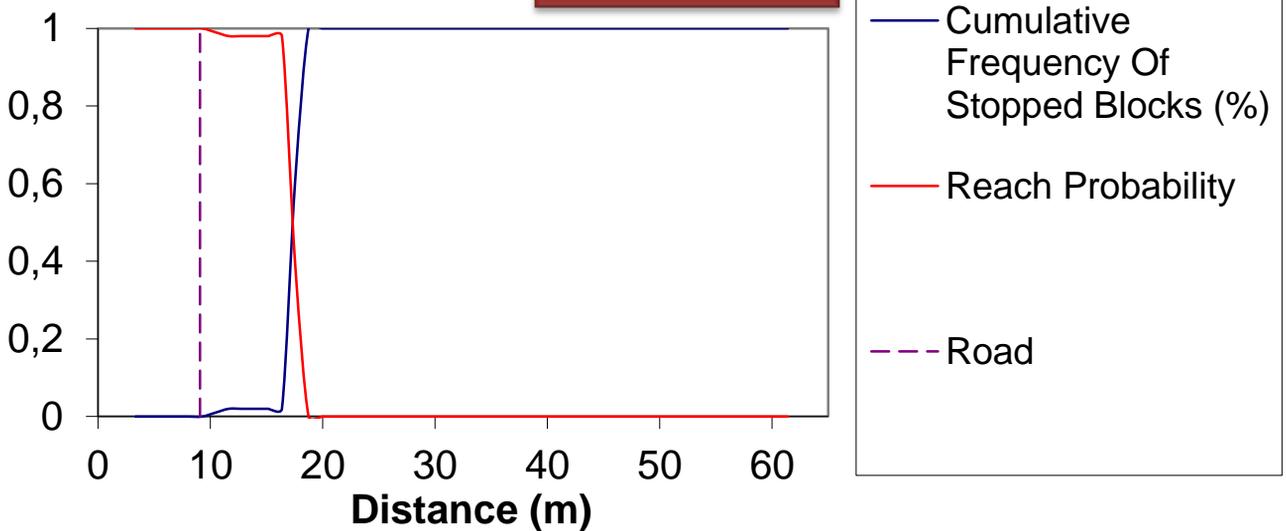
### Sezione XIX

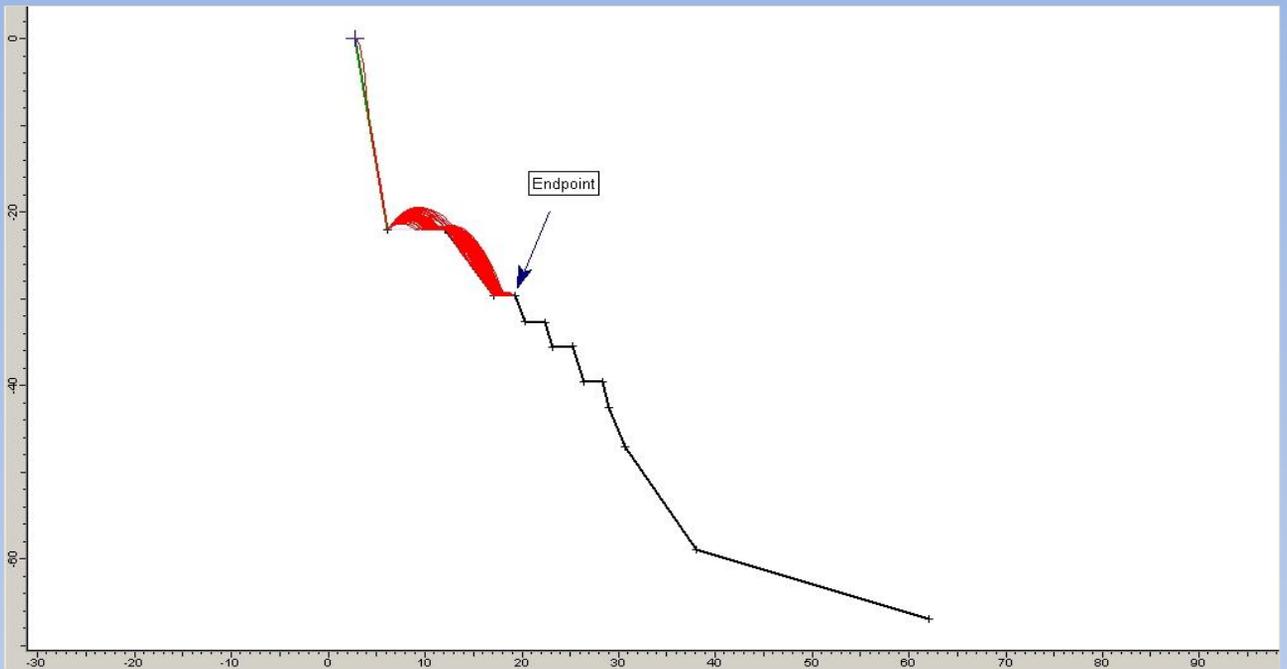


## Sezione XXVII

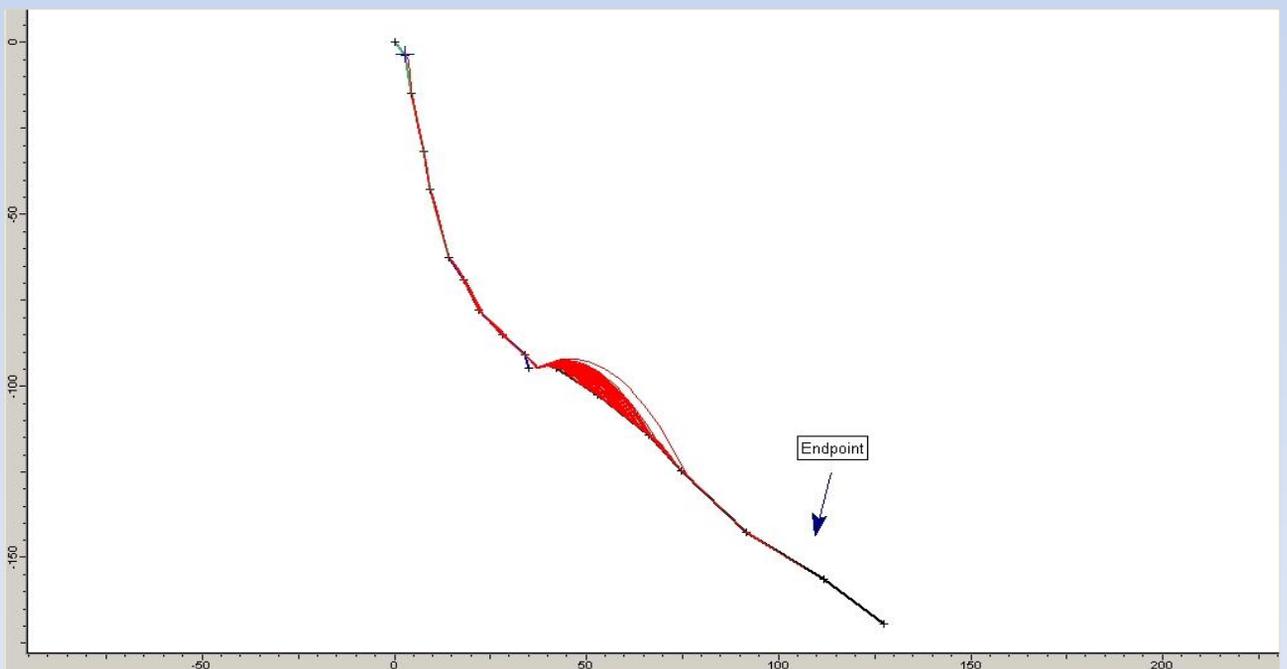


## Sezione XXVII

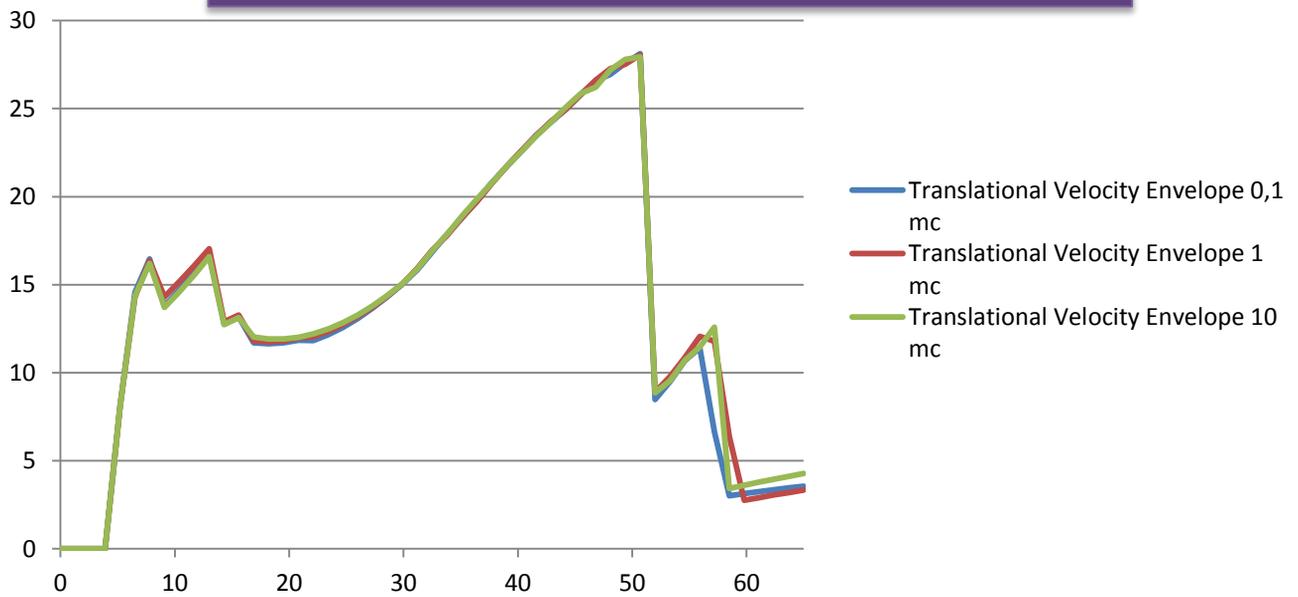




Differenze riscontrate, nella posizione dei punti d'arresto dei massi, in funzione della geometria dei pendii (A pendio gradonato con muri a secco; B pendio naturale )

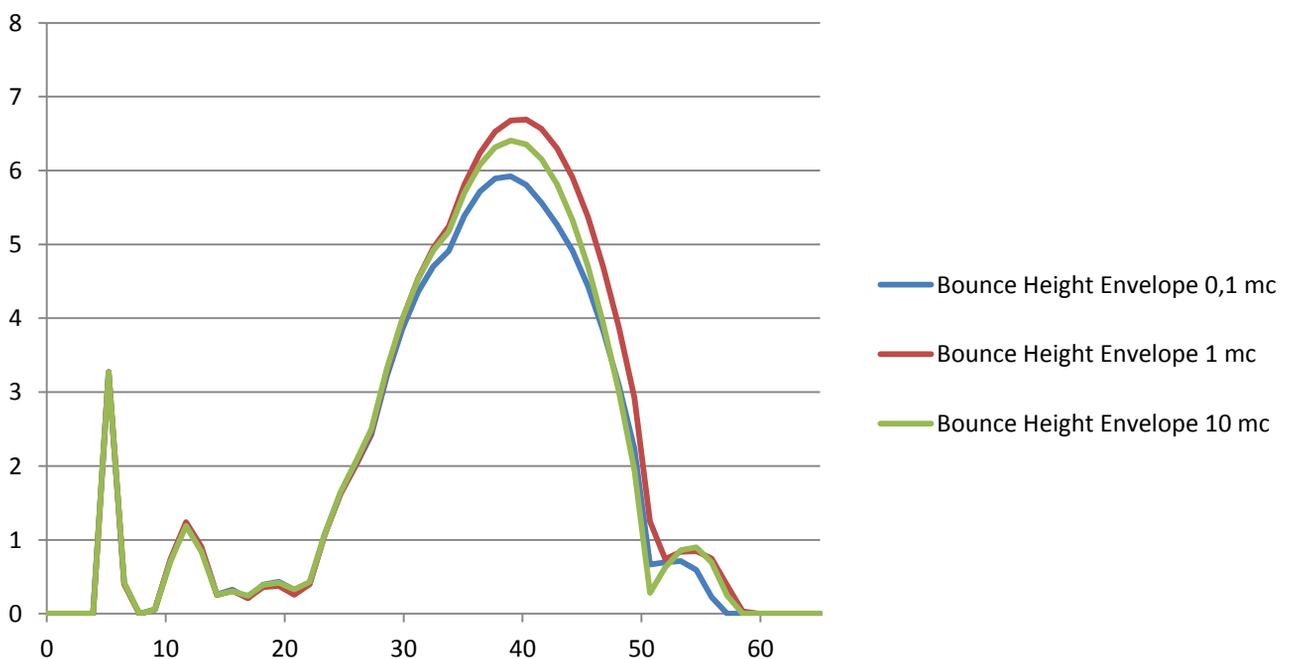


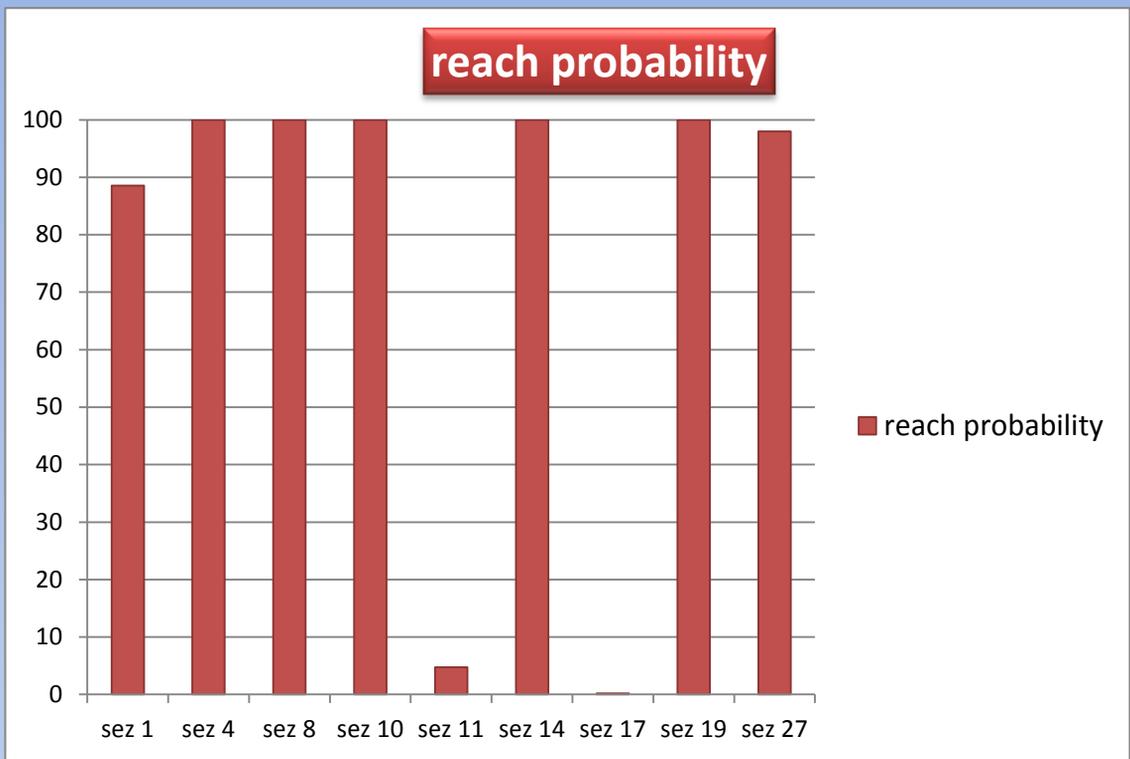
## Inviluppi delle velocità traslazionali per la sezione XIX



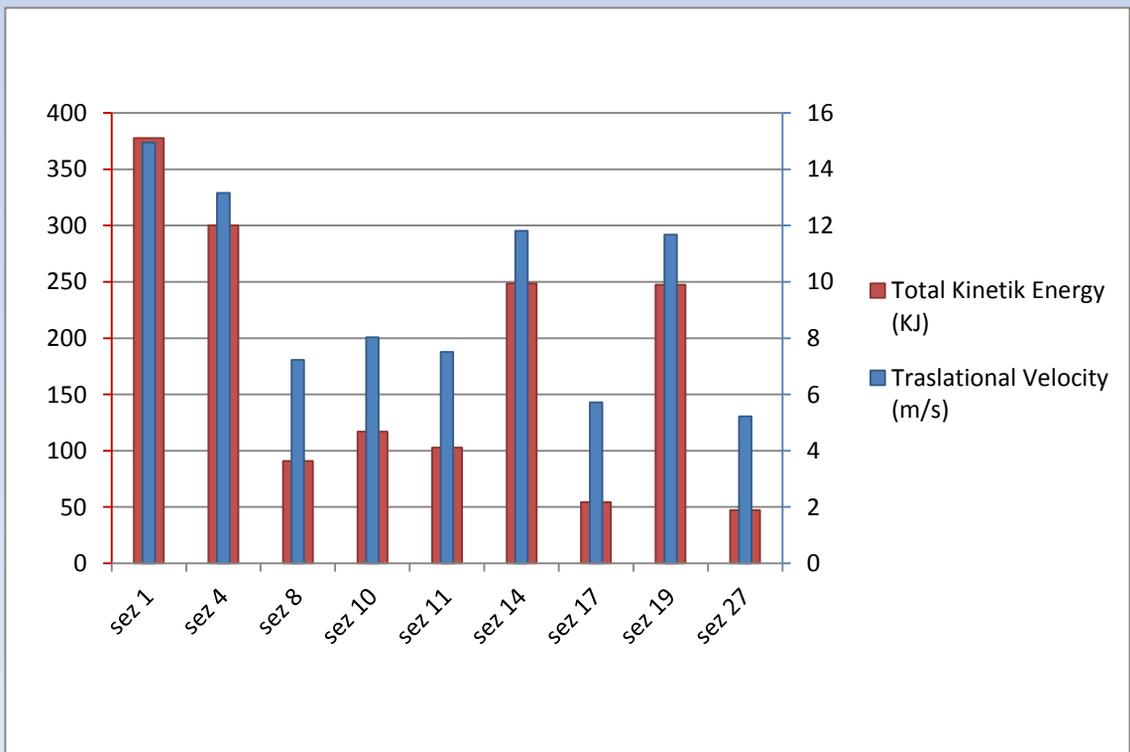
Andamenti dei grafici in funzione della massa dei blocchi

## Inviluppi altezze di rimbalzo sezione XIX





Valori di alcuni parametri caratteristici delle traiettorie in corrispondenza della mezzeria della carreggiata stradale



# Conclusioni

- Mediante ROCFALL sono stati analizzati 10 profili rappresentativi delle reali condizioni topografiche e geomorfologiche locali.
- Le simulazioni sono state effettuate sulla base di dati in input (coefficienti di restituzione, angoli d'attrito al rotolamento, velocità iniziali di caduta , etc.) scaturiti da analisi a ritroso di crolli reali verificatisi in passato.
- E' stato posto in evidenza il ruolo svolto dai terrazzamenti presenti lungo i pendii nel modificare le altezze delle traiettorie ed i punti di arresto dei massi.
- La probabilità che essi intersechino la sede stradale, durante il loro moto di caduta e per diverse volumetrie di progetto, è sempre molto alta.
- Si rendono tuttavia necessarie altre analisi di dettaglio, anche modificando opportunamente i dati in input.
- Anche in considerazione degli elevati valori di velocità ed energie cinetiche con i quali i massi potrebbero intersecare la strada, è apparsa evidente la necessità di realizzare opere passive a protezione delle carreggiate (barriere paramassi e reti d'acciaio con funi ancorate mediante chiodature)