



**Comunità Montana
Lario Orientale-Valle San Martino
zona n° 12**



**TORRENTE GALLAVESA LOC. LA FOLLA E SISTEMAZIONE VERSANTE
LOC. SOMASCA - LOTTO 2 - COMUNE DI VERCURAGO**

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO 2: Relazione geologica

Committente: **Comunità Montana Lario Orientale-Valle San Martino (zona n° 12)**

Via P. Vassena 4 - 23851 Sala al Barro, Galbiate (LC)

Progettisti : Ing. Alberto Fioroni (Ordine ing. Sondrio n. 504)

Ing. Stefano Sansi (Ordine ing. Sondrio n. 746)

Geol. Giovanni Songini (Albo geol. Lombardia n. 732)

Rif. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato/Approvato
21_024_PE_R02_Rev0	Nov. 2021	Prima emissione	M.Sceresni	G.Songini/A.Fioroni

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO VIGENTE	4
3. MODELLO GEOLOGICO	6
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	6
4. MODELLO GEOTECNICO	8
5. DESCRIZIONE DELLO STATO DI DISSESTO.....	9
6. INTERVENTI PREVISTI.....	10
6.1. SIMULAZIONE DI CADUTA MASSI.....	10

ALLEGATO 1

SIMULAZIONI DI CADUTA MASSI

1. PREMESSA

Il presente elaborato fa parte integrante del progetto esecutivo inerente i lavori di difesa dalla caduta massi del versante in loc. Somasca, in Comune di Vercurago (LC), sviluppato su incarico della Comunità Montana Lario Orientale-Valle San Martino (LC).

L'area in esame è posta a valle di ripide pareti rocciose, a tratti strapiombanti, dalle quali hanno periodicamente origine distacchi e crolli rocciosi – come testimoniato dalla falda detritica sviluppatesi ai piedi delle scarpate, a ridosso del pendio terrazzato sottostante.

La porzione meridionale del versante oggetto di intervento si sviluppa tra i 300 e i 400 m slm; le opere previste, consistono in interventi sia di tipo attivo (placcaggi parete rocciosa) che di tipo passivo (barriere paramassi), da realizzarsi a monte del Viale delle Cappelle - mulattiera che permette di raggiungere il Santuario di San Girolamo - e delle aree abitate poste a valle della stessa.

Per la definizione delle criticità in essere e l'individuazione degli interventi di mitigazione necessari ci si è basati sui dati raccolti durante alcuni sopralluoghi esperiti in sito in diversi periodi dell'anno, integrati con le informazioni tratte dallo *"Studio geologico-geomeccanico delle pareti rocciose instabili poste in loc. San Girolamo"*, commissionato dal Comune di Vercurago (LC) e redatto nel 2008 dai geoll. A. Chiodelli e E. Mosconi.



Figura 1 – Ubicazione area di intervento

2. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO VIGENTE

Lo studio geologico a supporto dello strumento urbanistico, redatto ai sensi della L.R. 12/05, include l'area di interesse interamente in classe di fattibilità 4 (*fattibilità con gravi limitazioni*); le relative NTA prevedono che in tale classe "deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti".

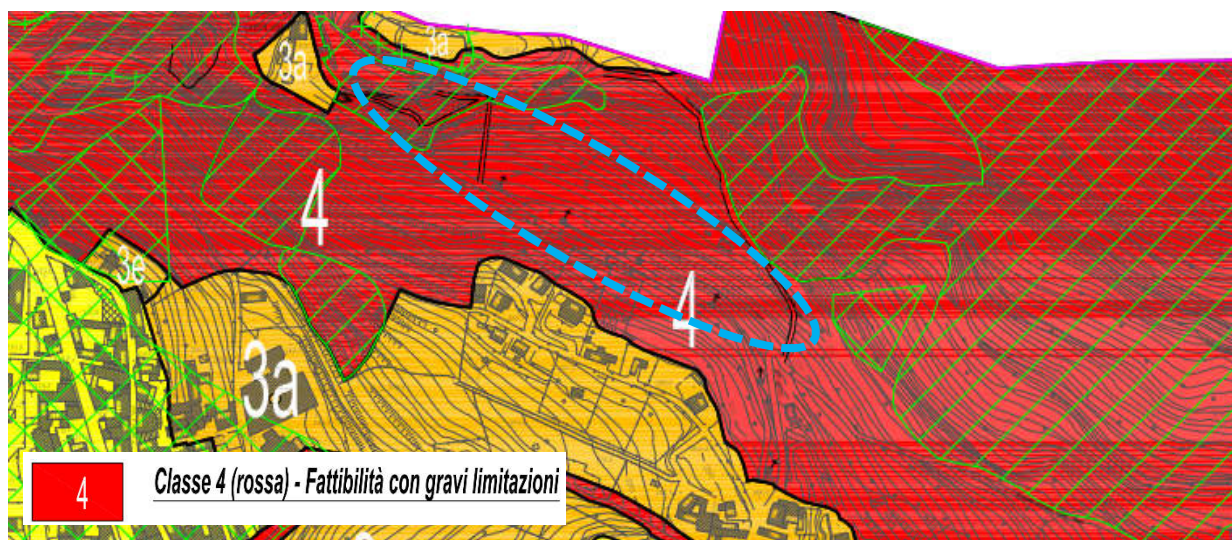


Figura 2 - Stralcio carta di Fattibilità Geologica

L'instabilità delle pareti rocciose oggetto di intervento è confermata dall'esame della Carta dei Dissesti con legenda PAI, che le inserisce in Area di Frana Attiva Fa.



Figura 3 - Stralcio carta la carta del Dissesto con legenda uniformata PAI

Di contro, la Carta della Pericolosità connessa al Reticolo Secondario Collinare e Montano contenuta nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del fiume Po non mostra criticità in corrispondenza dell'area di intervento.

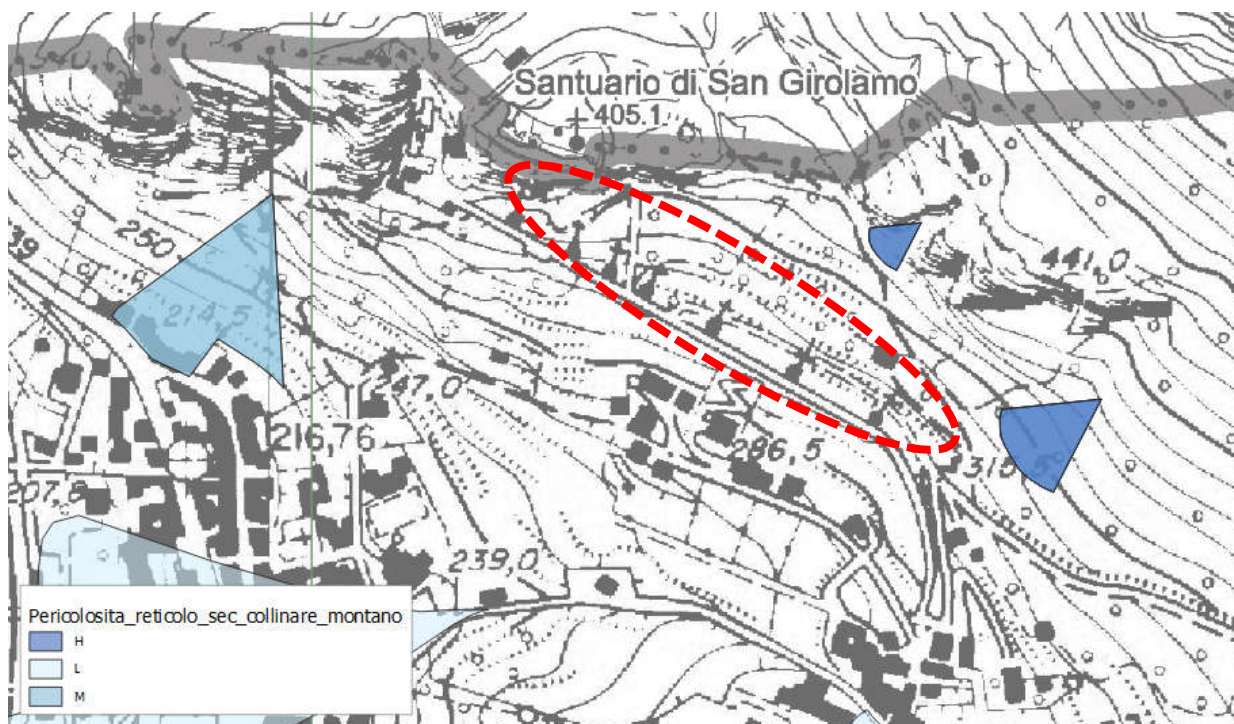


Figura 4 - Stralcio carta della pericolosità RSCM (PGRA)

3. MODELLO GEOLOGICO

3.1. Inquadramento geologico e geomorfologico generale

L'area in esame si sviluppa a monte degli abitati di Vercurago e Somasca, lungo il tratto di versante che porta al Santuario di San Girolamo e alla Rocca dell'Innominato, caratterizzato dalla presenza di scarpate ad alto angolo modellate entro l'ammasso roccioso; questo è localmente rappresentato principalmente dalla Maiolica (Calcilutiti biancastre, grigie in alterazione, con frattura concoide, in strati da centimetrici a decimetrici attraversati da minute sistoliti; noduli e liste di selce localmente abbondanti), a formare pareti subverticali con falde detritiche al piede e secondariamente dalle Marne Rosse della Formazione di Sorisole (Marne da variegata a rosse, con calcareniti torbiditiche interstratificate). Coltri colluviali di limitato spessore, con predominanza di depositi detritici di versante, ammantano il substrato litico al di fuori delle scarpate in affioramento.

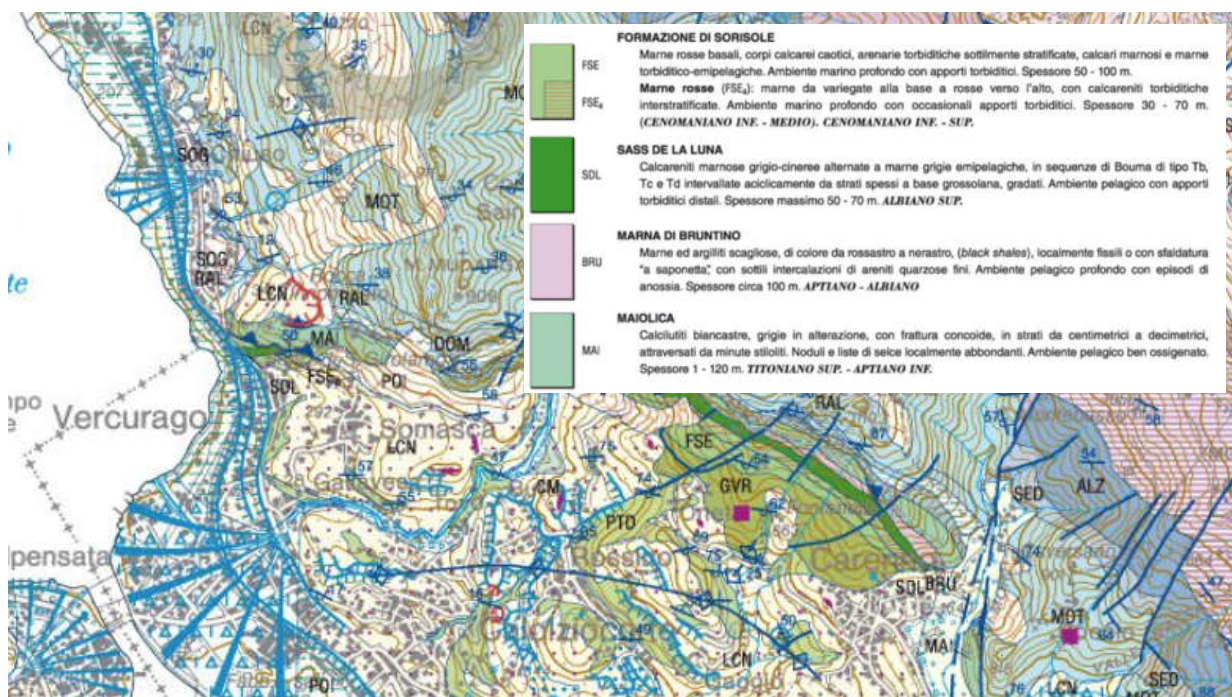


Figura 5 - Carta Geologica d'Italia e relativa legenda - Foglio 76 - Lecco

Nonostante la giacitura favorevole della stratificazione (immergente a reggipoggio con inclinazione media pari a $35^{\circ}\pm 40^{\circ}$), la presenza di diversi ulteriori set discontinuità persistenti immergenti ad alto angolo con apertura localmente pluricentrica – combinata all'azione destabilizzante degli agenti esogeni e dell'apparato radicale di piante ed arbusti - indebolisce l'ammasso roccioso, creando diffuse condizioni di instabilità della scarpata per fenomeni di crollo, ribaltamento e scivolamento, con volumi unitari instabili di ordine da decimetrico a metrico.

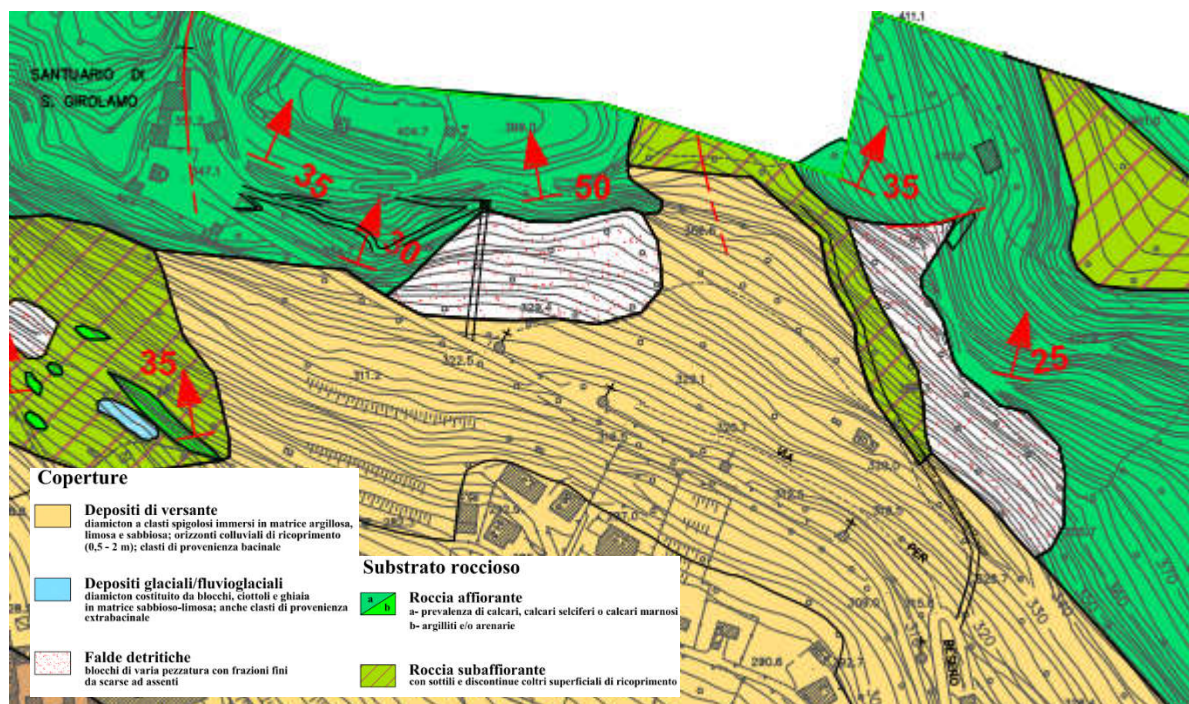


Figura 6 - Stralcio carta geolitologica (PGT Vercurago)

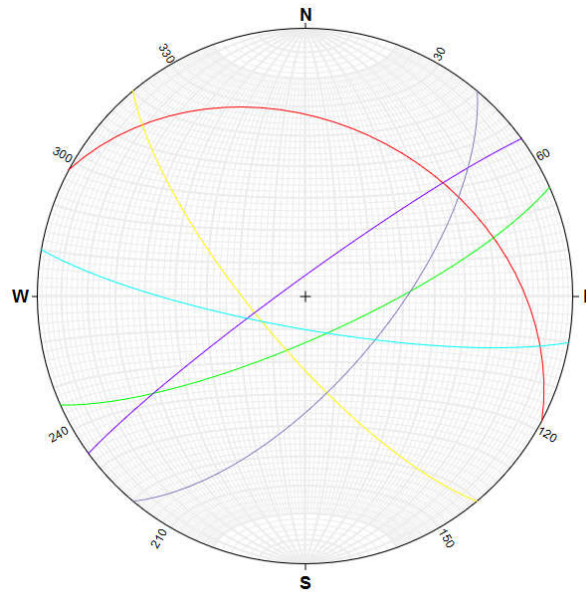


Figura 7 - Stralcio carta geomorfologica (PGT Vercurago)

I rilievi eseguiti in loco hanno inoltre evidenziato come l'assetto giaciturale locale delle discontinuità vari molto rapidamente – anche alla scala del medesimo affioramento – a causa delle deformazioni tettoniche che hanno caratterizzato l'ammasso litico.

4. MODELLO GEOTECNICO

Per una migliore caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso in corrispondenza delle aree di intervento dove si è previsto un intervento di tipo attivo (placcaggi in parete), è stato eseguito un rilievo geomeccanico di dettaglio alla base della parete rocciosa immediatamente a monte del Viale delle Cappelle, nel settore sottostante la "Rocca dell'Innominato".



Applicando la classificazione geomeccanica RMR di Bieniawsky a partire dai dati raccolti sul terreno, l'ammasso roccioso in esame rientra in classe III mediocre, con un valore di RMR pari a 46 (quindi prossimo al passaggio alla classe IV – scadente).

I parametri caratteristici per tale classe di ammasso roccioso previsti dalla classificazione RMR sono i seguenti:

- angolo d'attrito dell'ammasso roccioso: $25 \pm 35^\circ$
- coesione dell'ammasso roccioso: 200 ± 300 KPa

Il peso di volume dell'ammasso roccioso calcareo, stimato sulla base dei dati presenti in bibliografia, risulta essere pari a 25 ± 1 kN/m³.

Sulla base dell'assetto geologico locale, delle evidenze raccolte sul terreno e dei dati derivanti da bibliografia, i parametri geotecnici generali dei depositi detritici di versante in corrispondenza delle zone oggetto di studio possono invece essere così definiti:

- peso dell'unità di volume del terreno in condizioni naturali (γ_n) = 19 ± 3 kN/m³
- angolo d'attrito interno (efficace) (ϕ') = $38^\circ \pm 6$
- coesione (c') = 0 kN/m²

5. DESCRIZIONE DELLO STATO DI DISSESTO

Il versante da cui hanno origine i crolli è caratterizzato dalla presenza di un substrato roccioso carbonatico in gran parte affiorante nelle porzioni sommitali, ricoperto verso valle da falde di detrito e da depositi colluviali.

Gli ammassi litici presentano generalmente una stratificazione a reggipoggio, con presenza di diversi ulteriori set discontinuità persistenti immergenti ad alto angolo con apertura localmente pluricentimetrica; l'intersezione delle diverse famiglie di frattura, combinata all'azione destabilizzante degli agenti esogeni e dell'apparato radicale di piante ed arbusti, favorisce la creazione di diffuse condizioni di instabilità della scarpata per potenziali fenomeni di crollo, ribaltamento e scivolamento, con volumi unitari instabili di ordine da decimetrico a metrico (il blocco di crollo di maggiori dimensioni riconosciuto alla base delle pareti calcaree è risultato pari a 2 m³ circa, addossato ad un tronco, con presenza di alcuni altri elementi da 1 m³). Non si possono escludere fenomeni di ribaltamento di pinnacoli/lastre della parete.

La presenza di detrito in condizioni di precaria stabilità lungo alcune porzioni di versante costituisce un ulteriore fonte di rischio per franamenti e/o proiezioni secondarie.

6. INTERVENTI PREVISTI

In ragione dell'andamento topografico locale e delle caratteristiche delle pareti rocciose esaminate, si reputa ottimale ricorrere a differenti tipologie di intervento:

- di natura passiva (barriere) dove la morfologia del versante ne garantisce l'efficacia rispetto a crolli di settori anche molto distanti dagli elementi da proteggere
- di natura attiva (placcaggi pareti instabili) dove se scarpate rocciose insistano direttamente su un elemento esposto a rischio e non proteggibile ad esempio con barriere.

In particolare, sulla scorta di quanto sopra citato si propone di mitigare il rischio da caduta massi attraverso la realizzazione di:

- Placcaggio con rete metallica armata con fune di rinforzo della parete rocciosa immediatamente a monte del Viale delle Cappelle, nel settore sottostante la "Rocca dell'Innominato"
- Fornitura e posa in opera di barriere paramassi elastoplastiche ad elevato assorbimento di energia a monte della medesima viabilità nel tratto a est del settore oggetto di consolidamento attivo.

A supporto della progettazione delle barriere paramassi in parola sono state sviluppate alcune simulazioni di caduta massi lungo tre direttrici di caduta, descritte nel paragrafo seguente

6.1. Simulazione di caduta massi

A partire dalle informazioni raccolte dall'osservazione delle pareti rocciose e dei blocchi già presenti a valle delle stesse, nonché delle informazioni relative ai distacchi precedentemente avvenuti, si sono sviluppate delle simulazioni di caduta massi lungo tre differenti sezioni, ritenute rappresentative delle condizioni più critiche; la geometria del pendio in esame è stata ricostruita a partire dalle basi topografiche di riferimento (rappresentate dalla CTR 1:10'000 Regione Lombardia, dal DTM maglia 5x5 m di Regione Lombardia e dai rilievi aerofotogrammetrici 1:2'000), poi parzialmente modificata puntualmente sulla base delle osservazioni raccolte sul posto.

Le simulazioni di caduta massi sono state eseguite tramite il codice di calcolo commerciale "Rocfall®", con 500 scendimenti per ogni simulazione. I parametri di ingresso necessari per la simulazione, quali dimensioni del "masso di progetto" e caratteristiche geometriche/geologiche del versante da esso percorso, sono stati fissati sulla base delle informazioni raccolte sul posto (assetto geostrutturale delle pareti e blocchi di crollo arrestatisi a valle delle stesse). Partendo dalle osservazioni raccolte, nelle elaborazioni effettuate si sono introdotti volumi modali dei blocchi in caduta pari a 1 e 2 m³ (dimensioni massime dei blocchi rinvenuti a valle delle pareti nella porzione Est dell'area di intervento) con distacchi a partire dalle porzioni sommitali delle scarpate; solo in corrispondenza della sezione 3 i distacchi sono stati posizionati nella porzione medio-basale della parete rocciosa, corrispondente alla fascia della scarpata ritenuta attiva (scelta peraltro adottata anche nelle verifiche contenute nello "*Studio geologico-geomeccanico delle pareti rocciose instabili poste in loc. San Girolamo*", commissionato dal Comune di Vercurago (LC) e redatto nel 2008 dai geoll. A. Chiodelli e E. Mosconi).

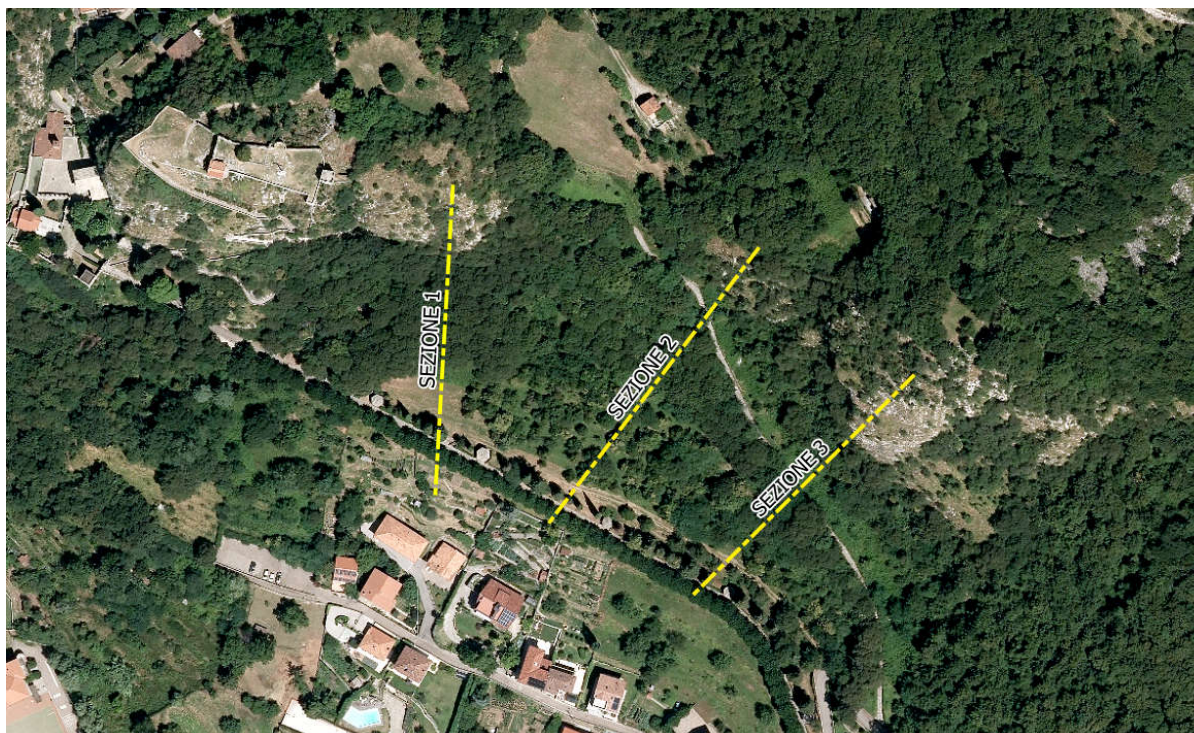


Figura 8 – Ubicazione sezioni di simulazione caduta massi

La densità dei blocchi di progetto, assunta sulla base delle caratteristiche litologiche del substrato roccioso in posto, è stata assunta pari a 2500 kg/m^3 . Al blocco in caduta è stata inoltre attribuita una velocità iniziale orizzontale pari a 0.1 m/s .

Il modello utilizzato considera il corpo in caduta come puntiforme e le traiettorie come posizionate su un piano verticale; non viene presa in considerazione la possibilità di frantumazione esplosiva del blocco roccioso: non vengono pertanto considerate le traiettorie anomale potenzialmente associate a tale fenomeno, come non è possibile prevedere eventuali proiezioni di materiale sciolto presente sul versante in seguito all'impatto dei massi in caduta.

Durante l'esecuzione delle simulazioni si è introdotto un valore di deviazione standard rispetto alla definizione del profilo del pendio (coordinate dei vertici della spezzata); questo ha permesso la ricostruzione di scenari (profili di verifica) parzialmente discordanti rispetto alle sezioni di verifica, così da ottenere risultati estendibili nella loro validità anche alle porzioni di versante adiacenti. Per quanto riguarda i parametri geomeccanici utilizzati dal modello, quali coefficienti di restituzione (RT, RN) e angolo di attrito massa-versante, si è partiti dalle correlazioni riportate in bibliografia, supportate da una back-analysis basata sull'esame dei blocchi arrestatisi alla base delle pareti rocciose.

Sulla base dei rilievi eseguiti in sito, è stata poi inserita la presenza di una barriera paramassi di altezza pari a 4 m e capacità di intercettazione pari a 2000 kJ , posta immediatamente a valle della fascia boscata che caratterizza il pendio al piede delle pareti calcaree. I valori caratteristici di energia di impatto e altezza di rimbalzo in corrispondenza della barriera così introdotta – nonché il numero di massi che arrivano ad oltrepassare la barriera stessa – sono i seguenti:

sezione di verifica	Energia di impatto 95% (kJ)		Altezza di impatto 95% (m)		Blocchi di blocchi che oltrepassano la barriera	
	1 m ³	2 m ³	1 m ³	2 m ³	1 m ³	2 m ³
Sezione 1	514	1028	2.2	2.2	0/500	0/500
Sezione 2	462	923	<1	<1	3/500	3/500
Sezione 3	509	1017	1.9	1.9	1/500	1/500

Come si evince dai risultati soprastanti l'ubicazione e l'altezza di intercettazione delle barriere in progetto sono tali da permettere l'arresto dei massi di progetto.

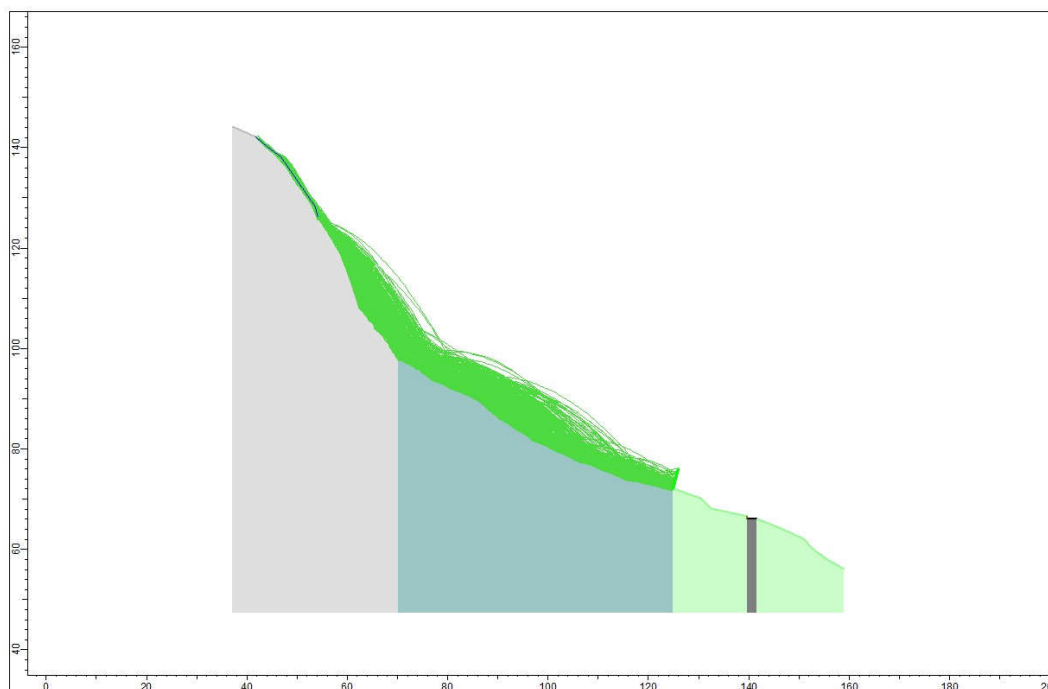
I parametri caratteristici utilizzati nell'analisi numerica, le traiettorie di scendimento, le energie e le altezze di impatto sulla barriera, le distanze d'arresto dei blocchi in caduta sono riportati in Allegato 1.

Dagli output è possibile verificare come le energie massime di impatto calcolate si attestino tra i 1.000 e i 1.500 kj, a conferma della scelta prestazionale progettuale.

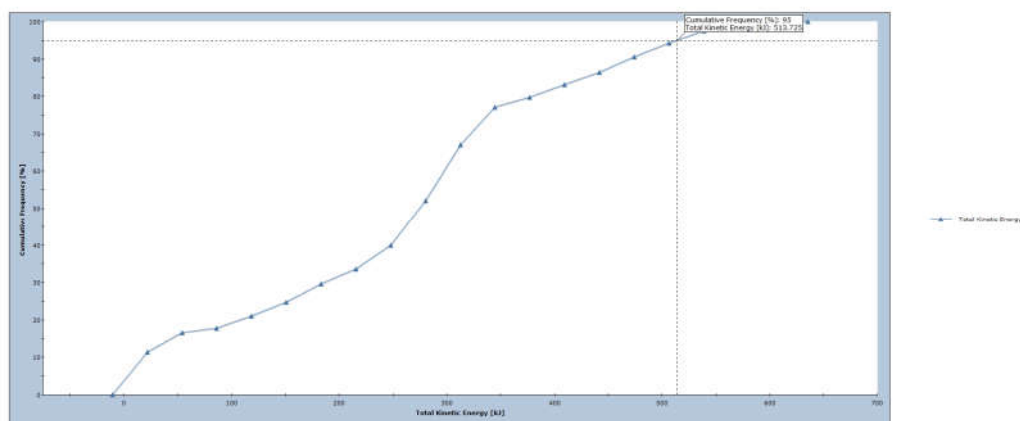
ALLEGATO 1

SIMULAZIONI DI CADUTA MASSI

Sezione 1 – blocco da 1m³

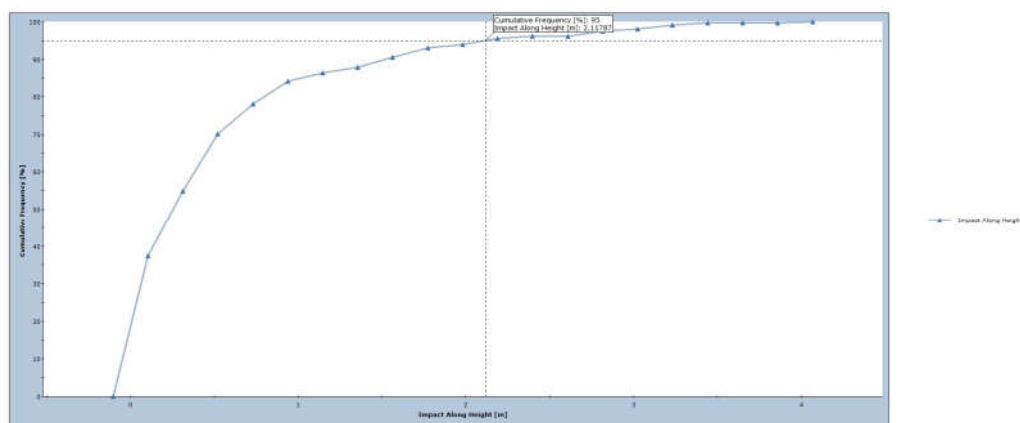


Total Kinetic Energy on Barrier 1



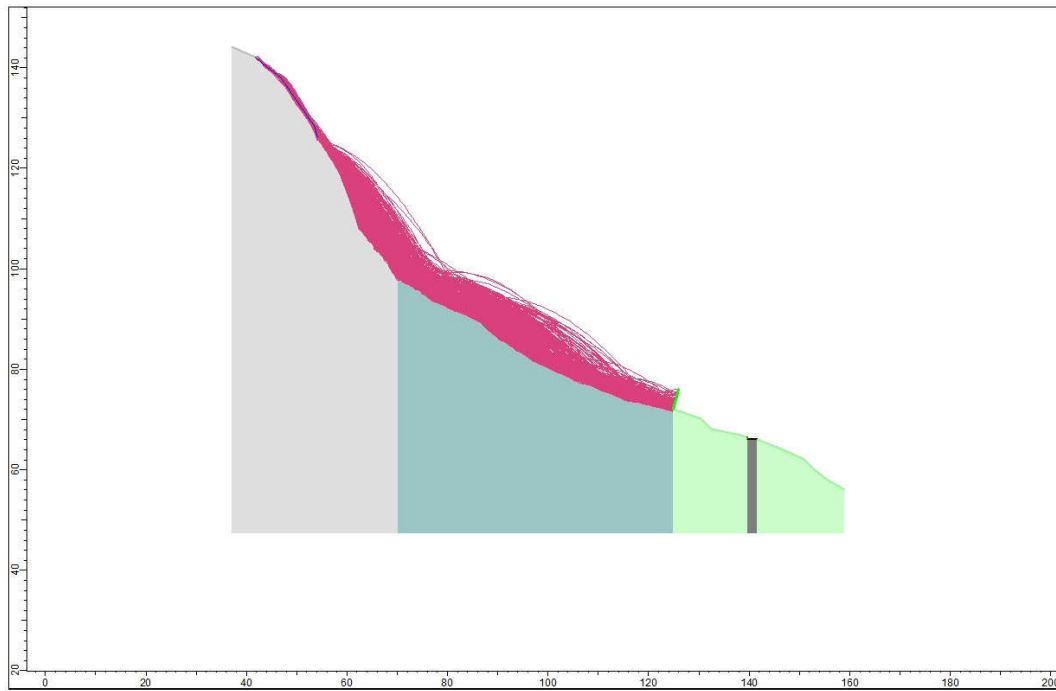
Total number of rocks on Barrier 1: 315
Total Kinetic Energy: min = 5.78565, max = 819.513

Impact Along Height on Barrier 1

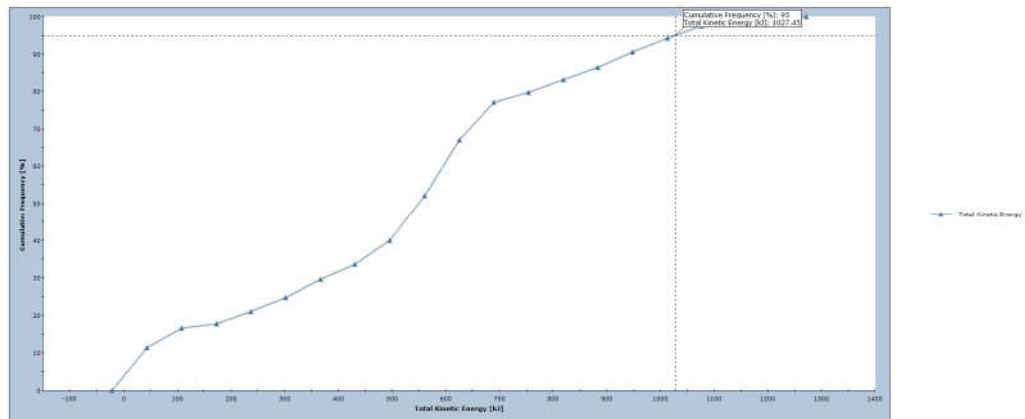


Total number of rocks on Barrier 1: 315
Impact Along Height: min = 4.05713e-05, max = 3.96888

Sezione 1 – blocco da 2m³

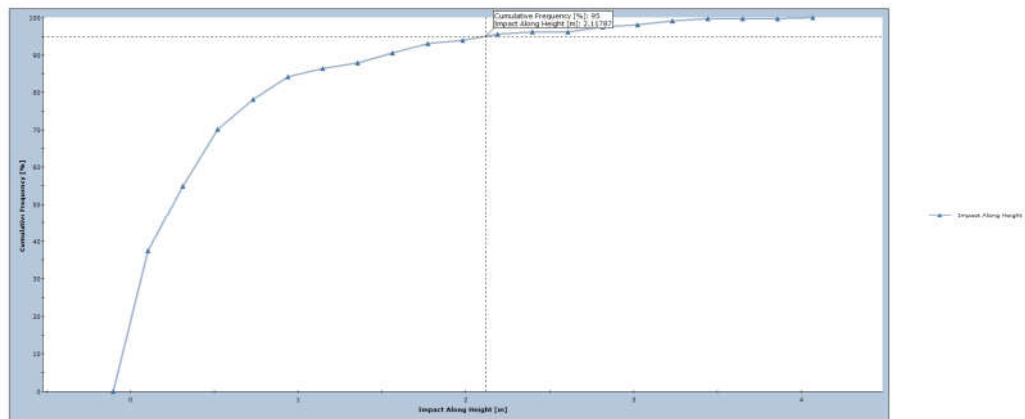


Total Kinetic Energy on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 315
Total Kinetic Energy: min = 11.5713, max = 1229.03

Impact Along Height on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 315
Impact Along Height: min = 0.007336-0%, max = 3.96888

Project Summary

File Name sezione 1_bis.fal8
File Version 8.002
Date Created 05/05/2021, 15:28:37

Project Settings

General Settings:

Engine Lump Mass
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Friction Angle Calculate friction angle from Rt
Consider Angular Velocity Yes
Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 20000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s
Switch Velocity -1e-09m/s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	37.0944	144.11	0.2	0.2
2	41.8465	142.11	0.2	0.2
3	44.2503	140.11	0.2	0.2
4	46.6728	138.11	0.2	0.2
5	50.1509	133.089	0.2	0.2

6	53.5996	128.11	0.2	0.2
7	54.1689	126.11	0.2	0.2
8	55.8537	124.11	0.2	0.2
9	56.9958	122.11	0.2	0.2
10	58.3813	120.11	0.2	0.2
11	60.5671	113.698		
12	62.4723	108.11	0.2	0.2
13	64.2863	106.11	0.2	0.2
14	65.7882	104.11	0.2	0.2
15	67.7273	102.11	0.2	0.2
16	68.586	100.11	0.2	0.2
17	70.0994	98.1099	0.2	0.2
18	73.9383	96.1099	0.2	0.2
19	76.7801	94.1099	0.2	0.2
20	81.154	92.1099	0.2	0.2
21	86.0049	90.1099	0.2	0.2
22	87.9442	88.1099	0.2	0.2
23	90.4693	86.1099	0.2	0.2
24	93.9006	84.1099	0.2	0.2
25	96.9999	82.1099	0.2	0.2
26	101.241	80.1099	0.2	0.2
27	105.398	78.1099	0.2	0.2
28	110.859	76.1099	0.2	0.2
29	115.676	74.1099	0.2	0.2
30	124.823	72.1099	0.2	0.2
31	130.411	70.1099	0.2	0.2
32	132.474	68.1099	0.2	0.2
33	139.654	66.5292	0.2	0.2
34	139.654	66.1099	0.2	0.2
35	141.558	66.1099	0.2	0.2
36	146.41	64.1099	0.2	0.2
37	150.822	62.1099	0.2	0.2
38	152.834	60.1099	0.2	0.2
39	155.403	58.1099	0.2	0.2
40	158.999	56.1099	0.2	0.2

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
clean hard bedrock	1	17
blockfield with bushese and small trees	17	30
soil with vegetation	30	33

Bedrock Outcrops	33	34
asphalt	34	35
soil with vegetation	35	40

Material Properties

Bedrock Outcrops

"Bedrock Outcrops" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.85	Normal	0.04	0.12	0.12
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

clean hard bedrock

"clean hard bedrock" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.53	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.99	Normal	0.02	0.06	0
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

asphalt

"asphalt" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.9	None			
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

soil with vegetation

"soil with vegetation" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max

Normal Restitution	0.3	None
Tangential Restitution	0.8	None
Friction Angle (°)	Calculated from Rt	
Slope Roughness (°)	None	

blockfield with bushese and small trees

"blockfield with bushese and small trees" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.5	Normal	0.06	0.18	0.18
Tangential Restitution	0.69	Normal	0.06	0	0
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

Seeders

Seeder 1

Seeder Properties

Name	Seeder 1
Location	(41.8465, 142.11), (44.2503, 140.11), (46.6728, 138.11), (50.1509, 133.089), (53.5996, 128.11), (54.1689, 126.11)

Rocks to Throw

Number of Rocks	500 Per Rock Type
Rock Types	1÷2m3

Initial Conditions

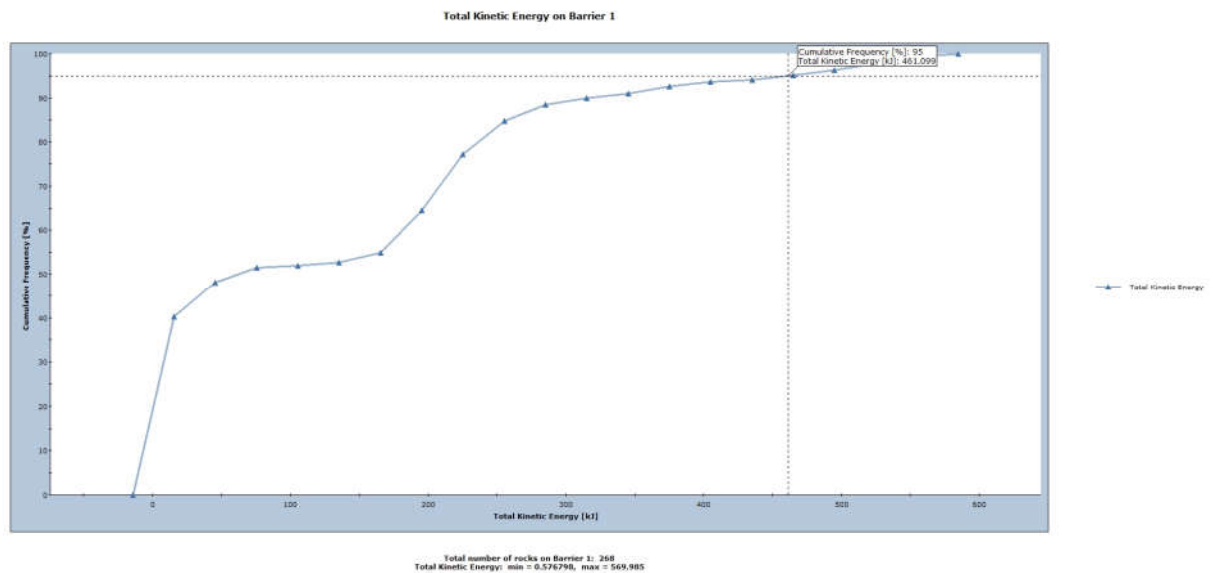
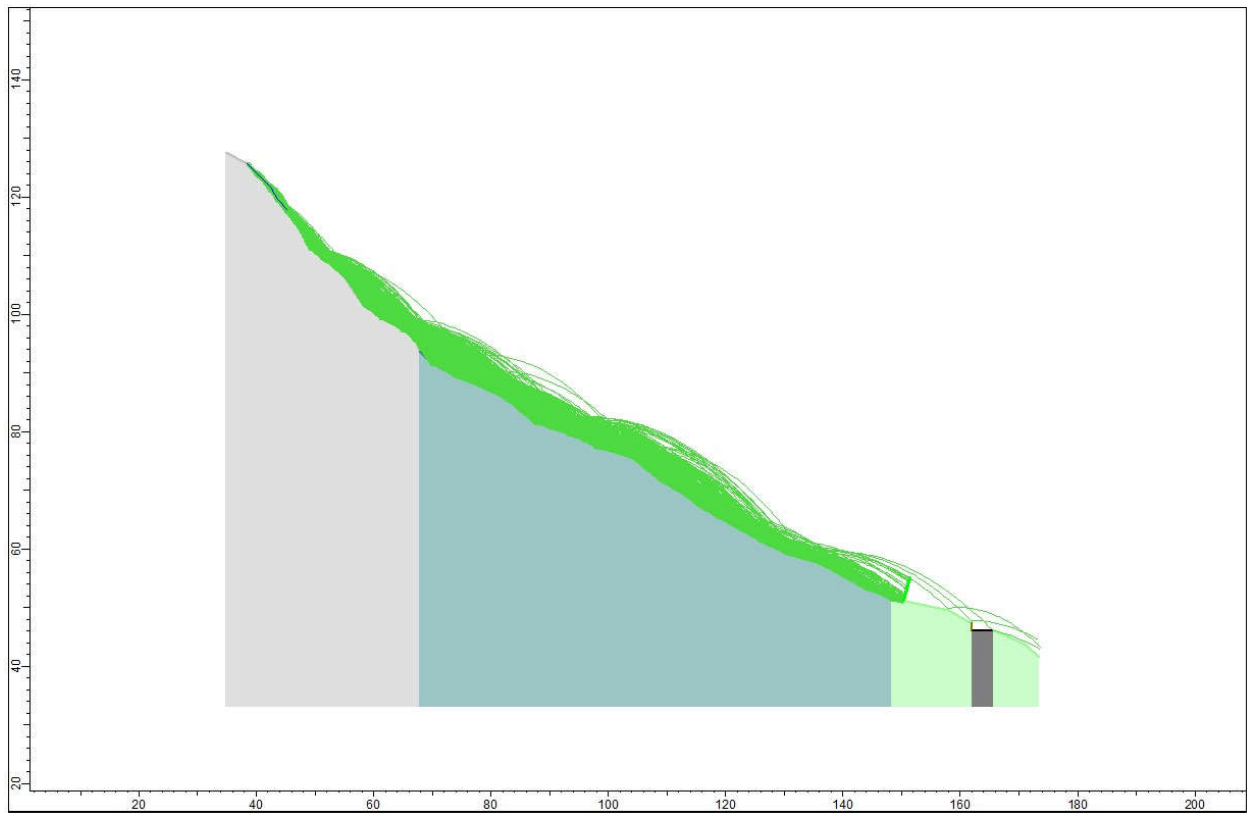
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	0.1	None			
Vertical Velocity (m/s)	0	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

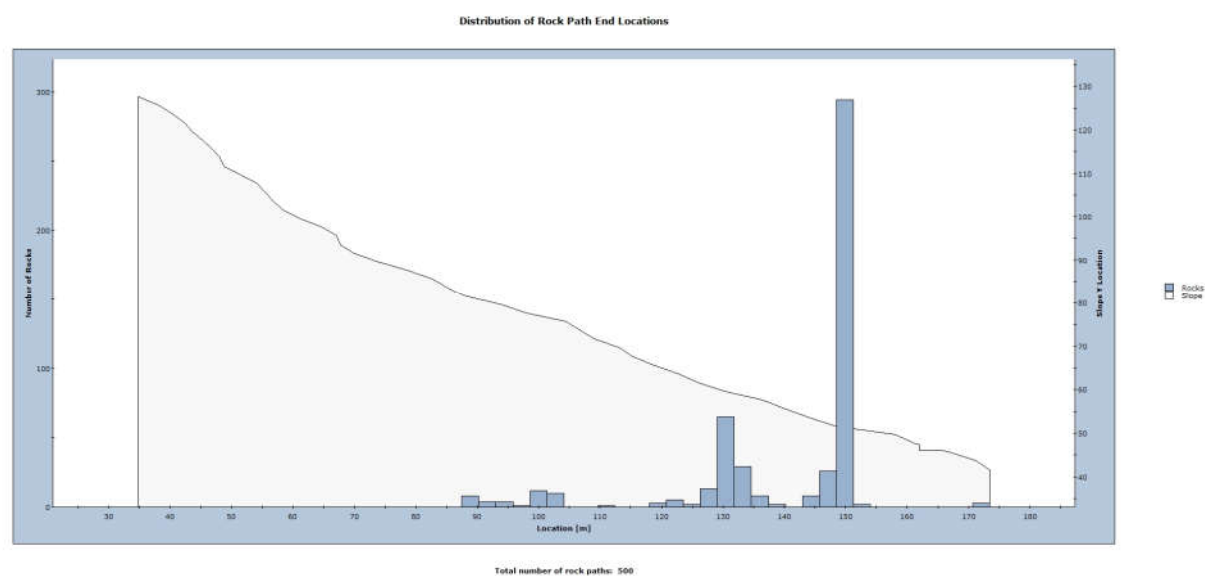
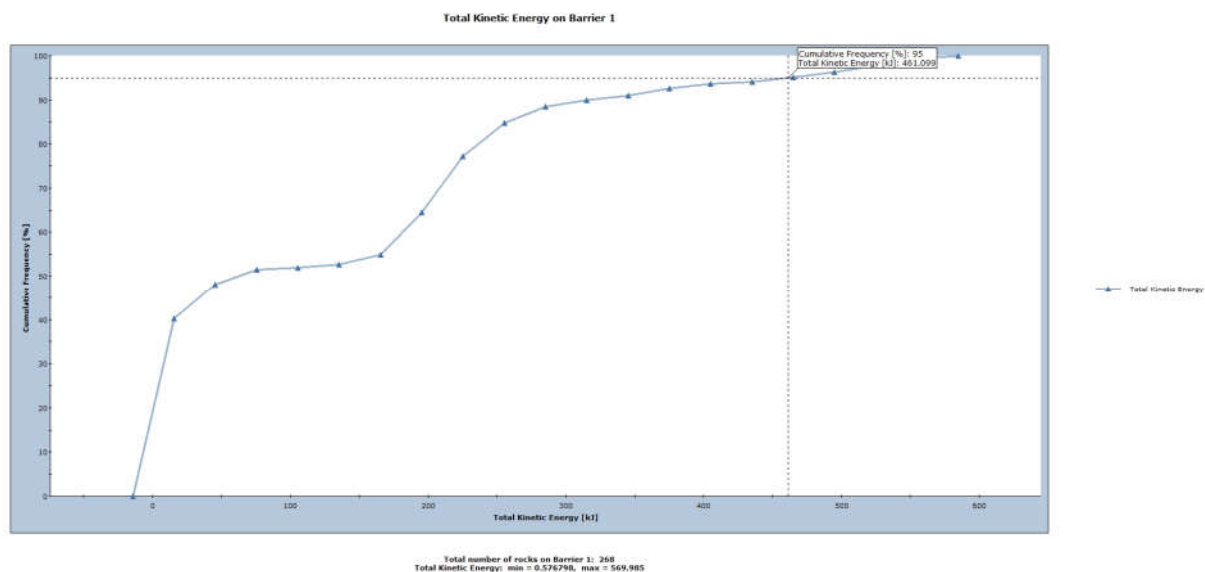
Barriers

Barrier 1

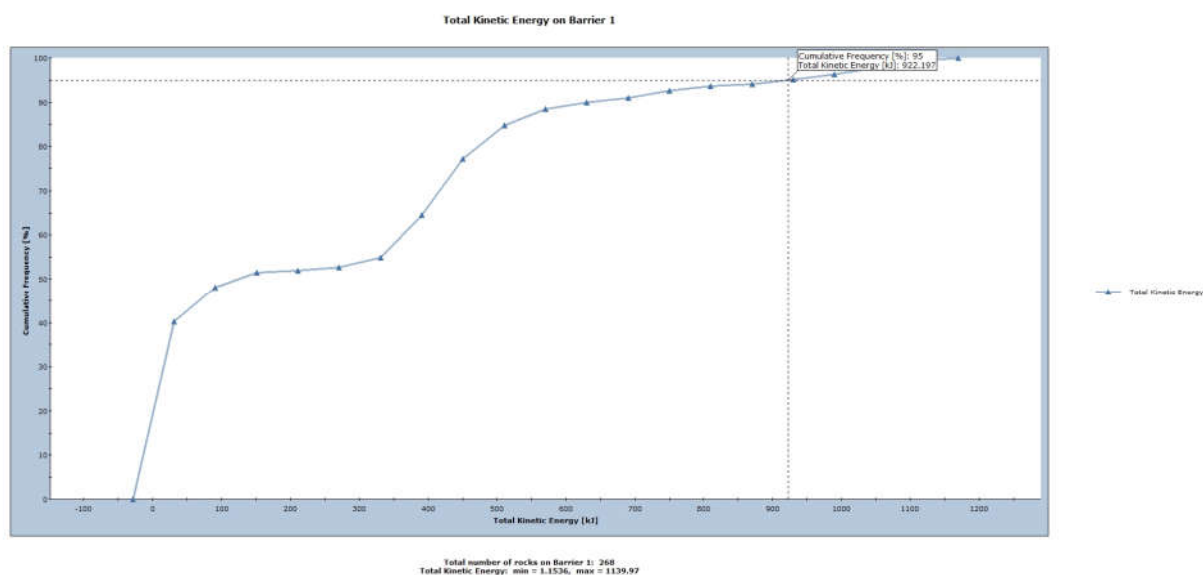
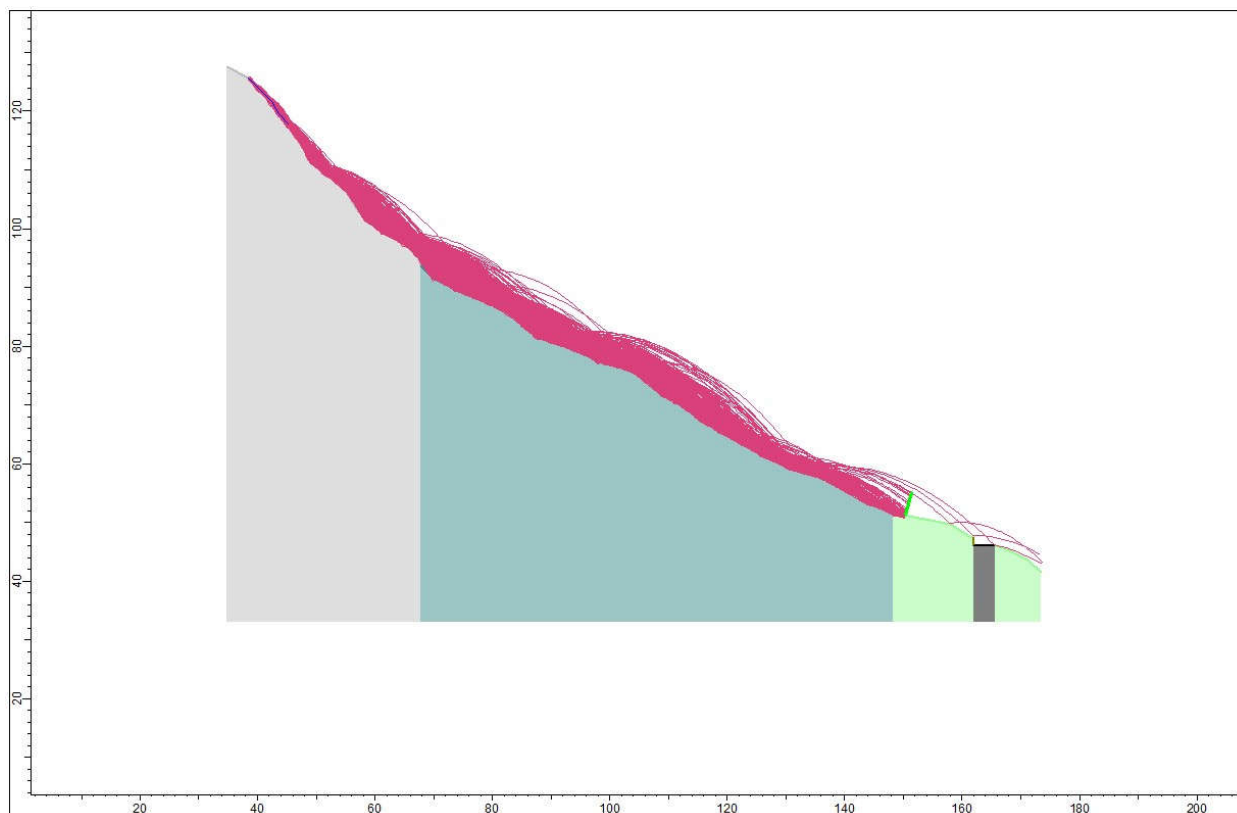
Name	Barrier 1
Type	Fence
Model	Custom
Capacity	2000.00kJ
Location	(124.823, 72.1099) to (125.858, 75.9736)
Length (m)	4
Sensitivity Barrier	False

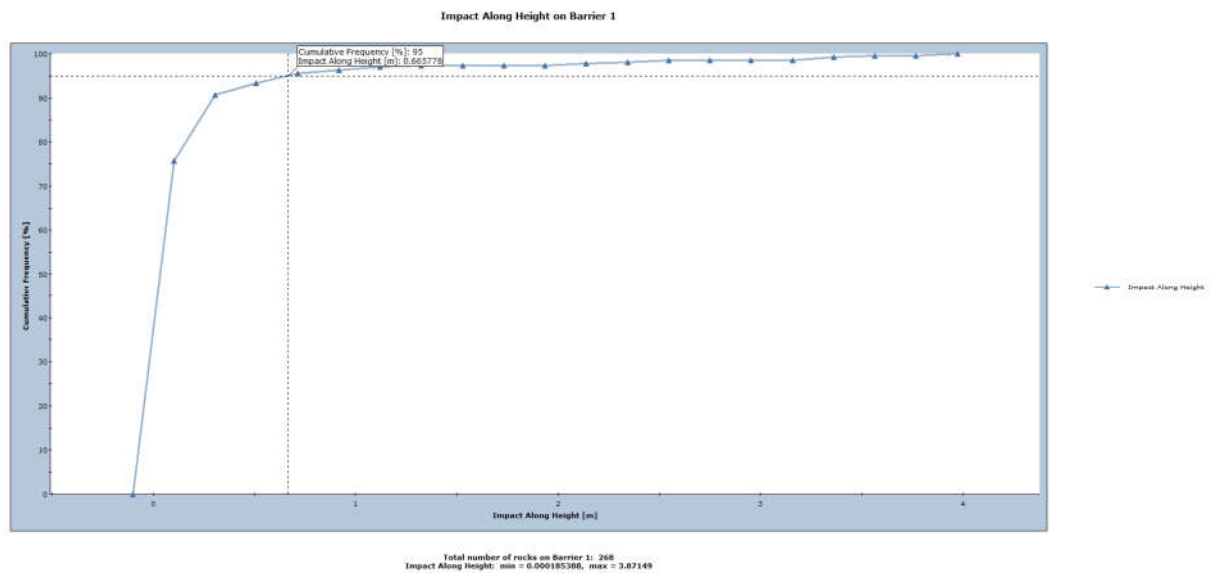
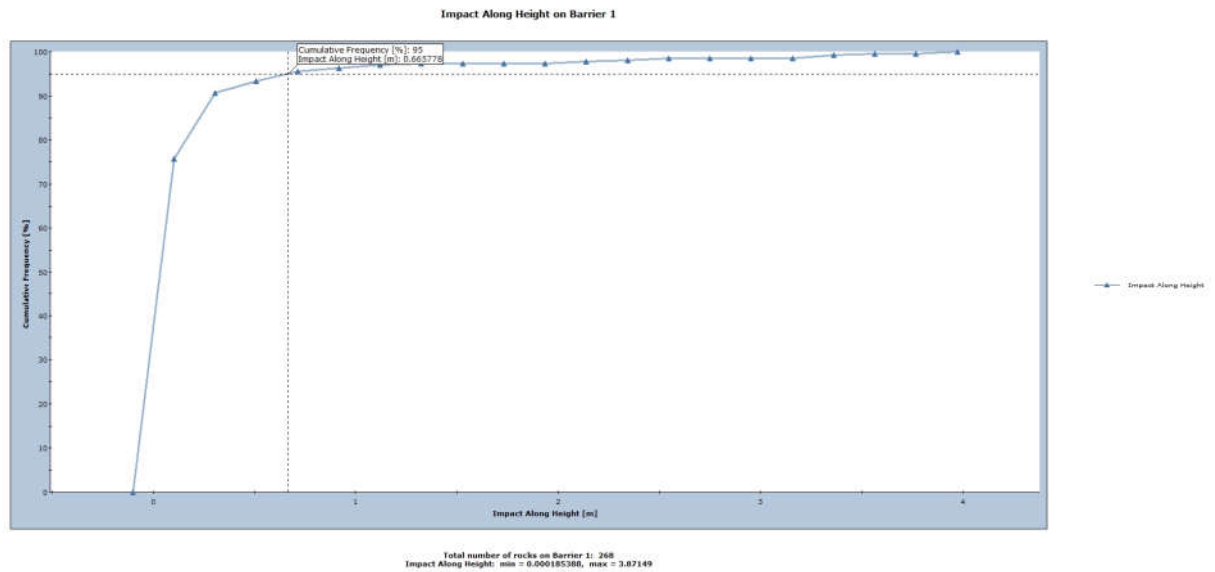
Sezione 2 – blocco da 1m³





Sezione 2 – blocco da 2m³





Project Summary

File Name sezione 2_bis.fal8
File Version 8.002
Date Created 05/05/2021, 15:46:38

Project Settings

General Settings:

Engine Lump Mass
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Friction Angle Calculate friction angle from Rt
Consider Angular Velocity Yes
Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 20000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s
Switch Velocity -1e-09m/s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	34.7774	127.629	0.2	0.2
2	38.3458	125.629	0.2	0.2
3	40.4547	123.629	0.2	0.2
4	42.3248	121.629	0.2	0.2
5	43.5722	119.629	0.2	0.2
6	45.3272	117.629	0.2	0.2

7	46.8249	115.629	0.2	0.2
8	48.0478	113.629	0.2	0.2
9	48.8572	111.629	0.2	0.2
10	51.4559	109.629	0.2	0.2
11	54.1273	107.629	0.2	0.2
12	55.4846	105.629	0.2	0.2
13	56.7673	103.629	0.2	0.2
14	58.279	101.629	0.2	0.2
15	61.0878	99.6287	0.2	0.2
16	64.7854	97.6287	0.2	0.2
17	67.09	95.6287	0.2	0.2
18	67.7456	93.6287	0.2	0.2
19	69.864	91.6287	0.2	0.2
20	73.8168	89.6287	0.2	0.2
21	78.8679	87.6287	0.2	0.2
22	82.8404	85.6287	0.2	0.2
23	85.0991	83.6287	0.2	0.2
24	87.7794	81.6287	0.2	0.2
25	93.9627	79.6287	0.2	0.2
26	98.0103	77.6287	0.2	0.2
27	104.474	75.6287	0.2	0.2
28	109.108	71.6287	0.2	0.2
29	113.098	69.6287	0.2	0.2
30	115.342	67.6287	0.2	0.2
31	118.809	65.6287	0.2	0.2
32	122.647	63.6287	0.2	0.2
33	126.067	61.6287	0.2	0.2
34	130.338	59.6287	0.2	0.2
35	136.442	57.6287	0.2	0.2
36	140.239	55.6287	0.2	0.2
37	144.001	53.6287	0.2	0.2
38	148.303	51.6287	0.2	0.2
39	157.993	49.6287	0.2	0.2
40	161.306	47.6287	0.2	0.2
41	161.973	47.3946	0.2	0.2
42	161.973	46.1338	0.2	0.2
43	165.563	46.1338	0.2	0.2
44	167.001	45.6287	0.2	0.2
45	171.153	43.6287	0.2	0.2
46	173.469	41.6287	0.2	0.2

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
clean hard bedrock	1	18
blockfield with bushese and small trees	18	38
soil with vegetation	38	41
Bedrock Outcrops	41	42
asphalt	42	43
soil with vegetation	43	46

Material Properties

Bedrock Outcrops

"Bedrock Outcrops" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.85	Normal	0.04	0.12	0.12
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

clean hard bedrock

"clean hard bedrock" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.53	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.99	Normal	0.02	0.06	0
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

asphalt

"asphalt" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.9	None			
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				

Slope Roughness (°) None

soil with vegetation

"soil with vegetation" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.8	None			
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

blockfield with bushese and small trees

"blockfield with bushese and small trees" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.5	Normal	0.06	0.18	0.18
Tangential Restitution	0.69	Normal	0.06	0	0
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

Seeders

Seeder 1

Seeder Properties

Name	Seeder 1
Location	(38.3458, 125.629), (40.4547, 123.629), (42.3248, 121.629), (43.5722, 119.629), (45.3272, 117.629)

Rocks to Throw

Number of Rocks	500 Per Rock Type
Rock Types	1÷2m3

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	0.1	None			
Vertical Velocity (m/s)	0	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			

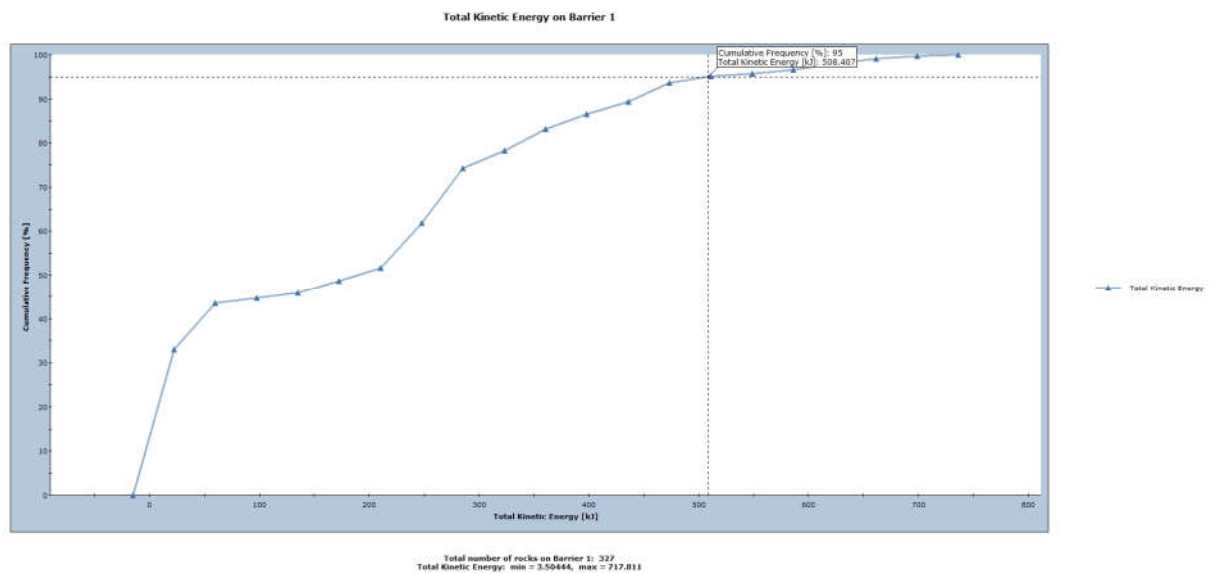
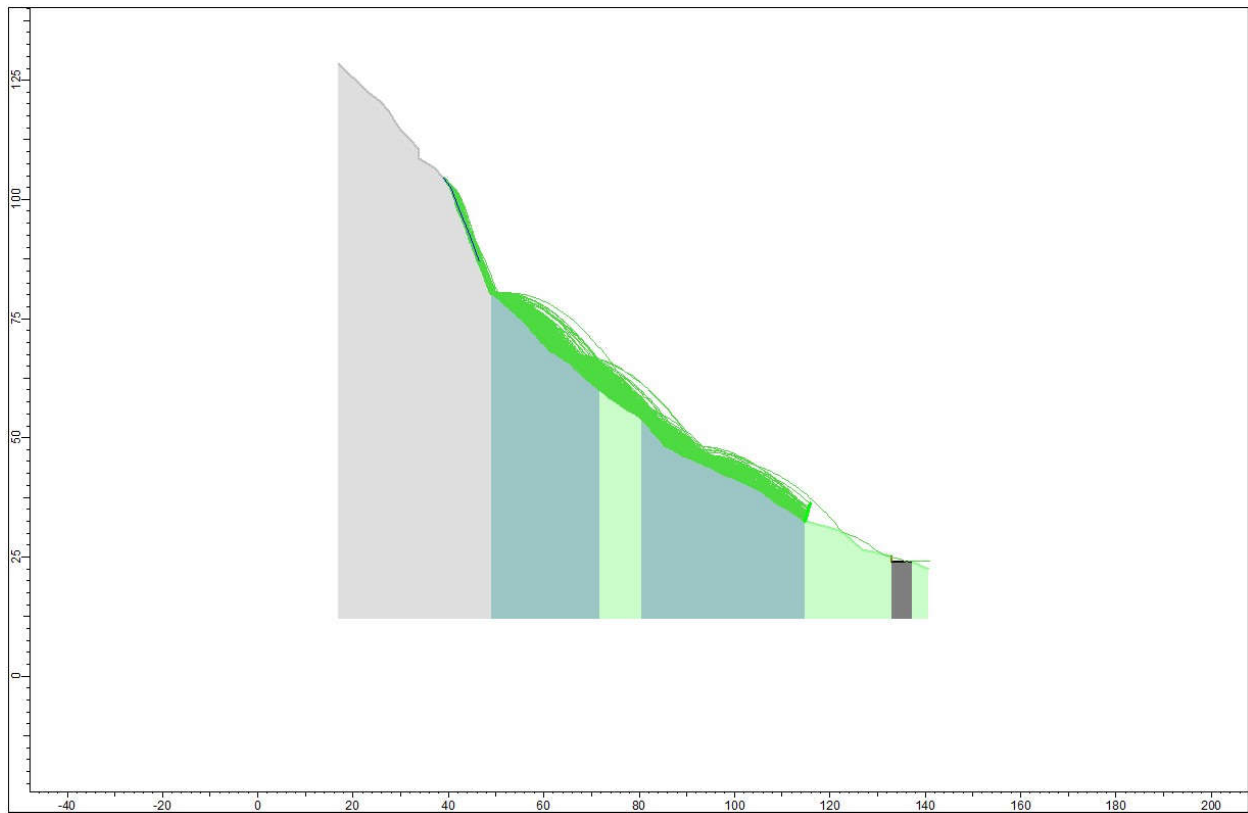
Initial Rotation (°/s) 0 Uniform 0 360

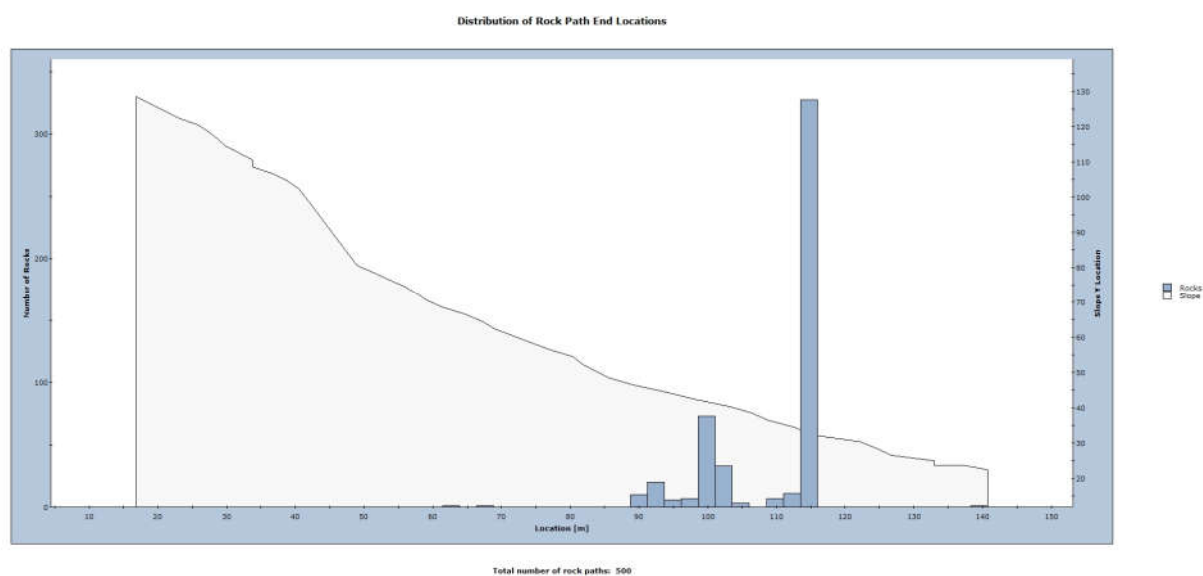
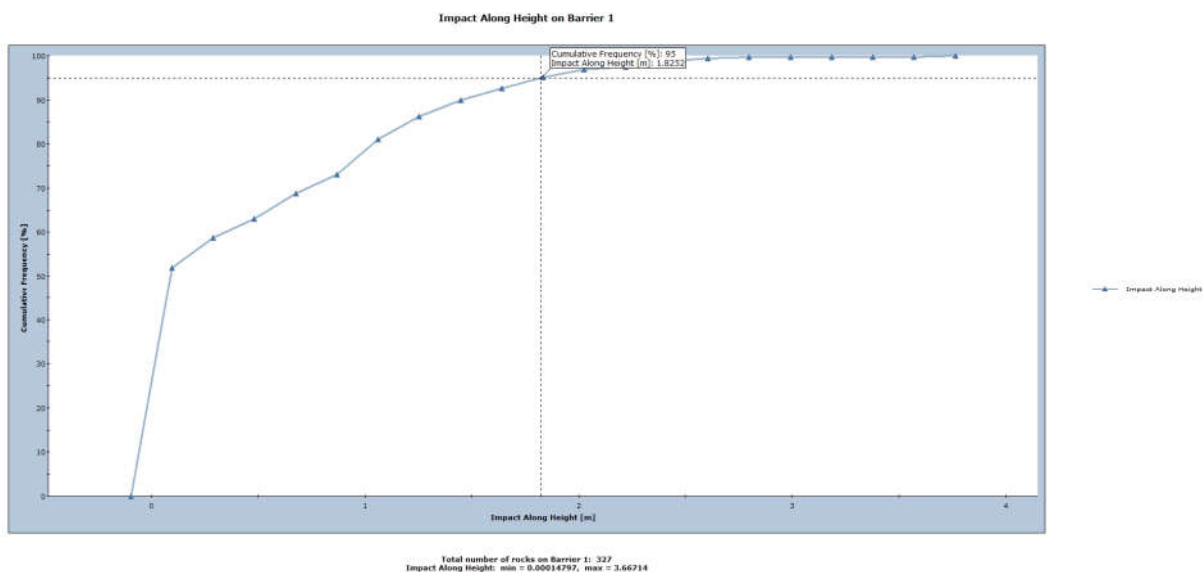
Barriers

Barrier 1

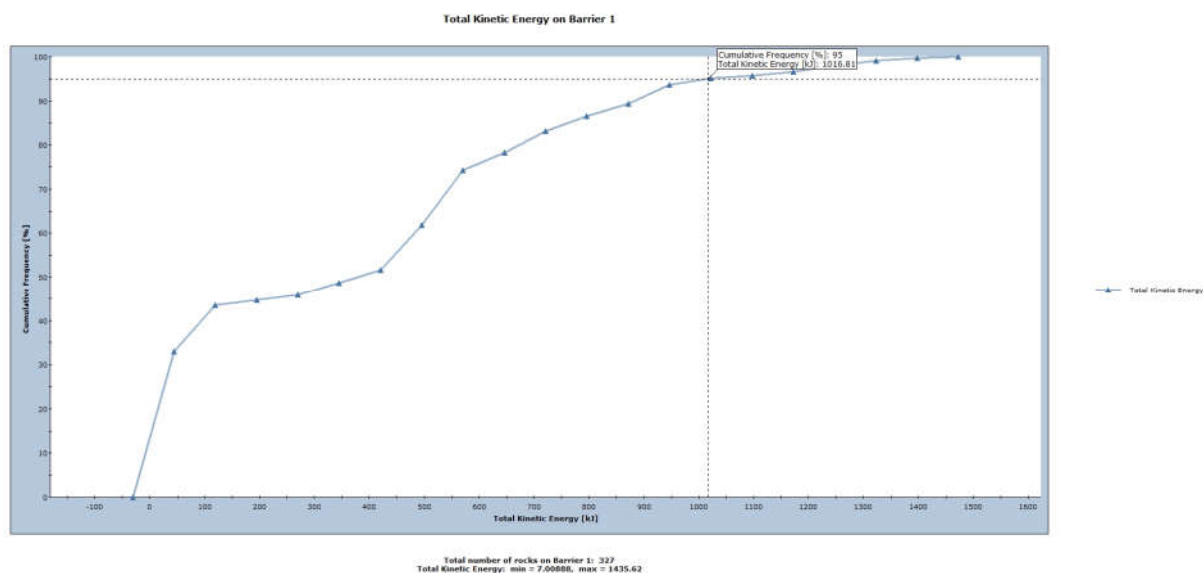
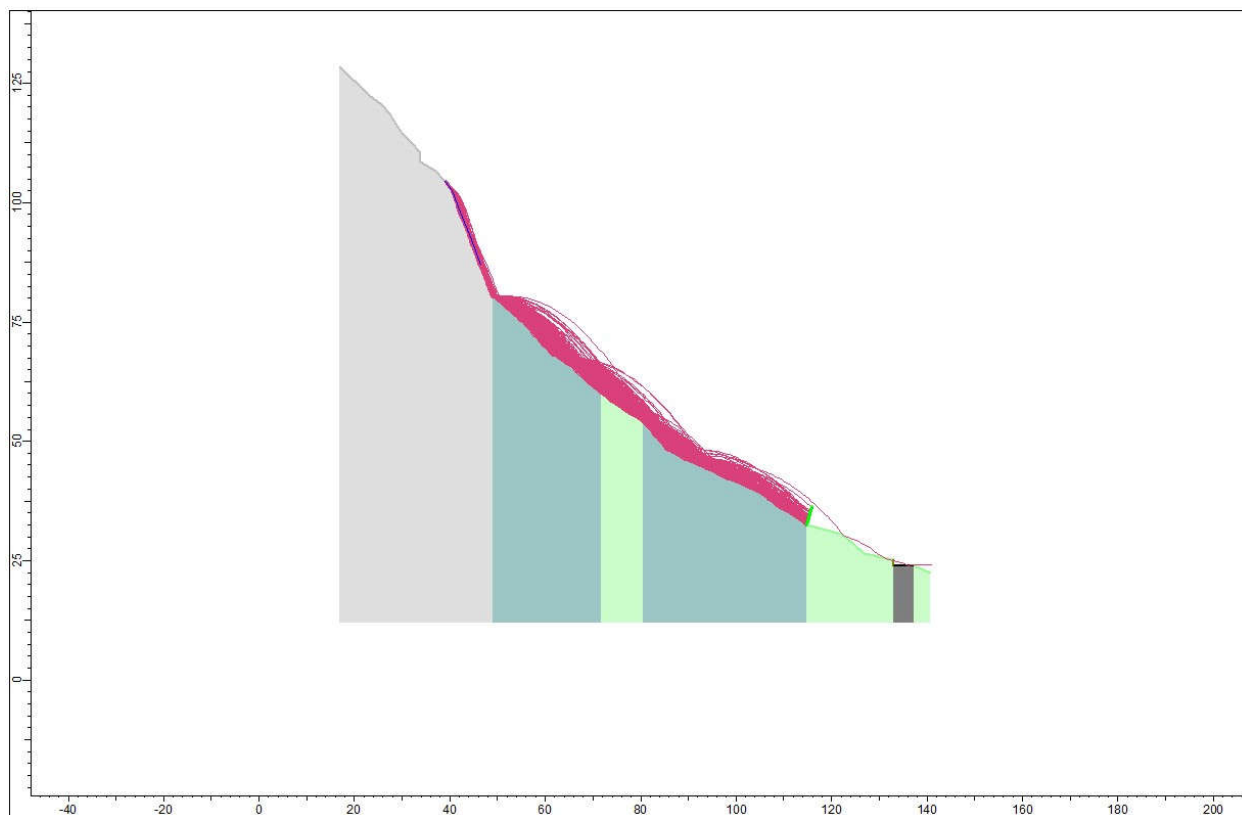
Name	Barrier 1
Type	Fence
Model	Custom
Capacity	2000.00kJ
Location	(150.393, 51.1973) to (151.428, 55.061)
Length (m)	4
Sensitivity Barrier	False

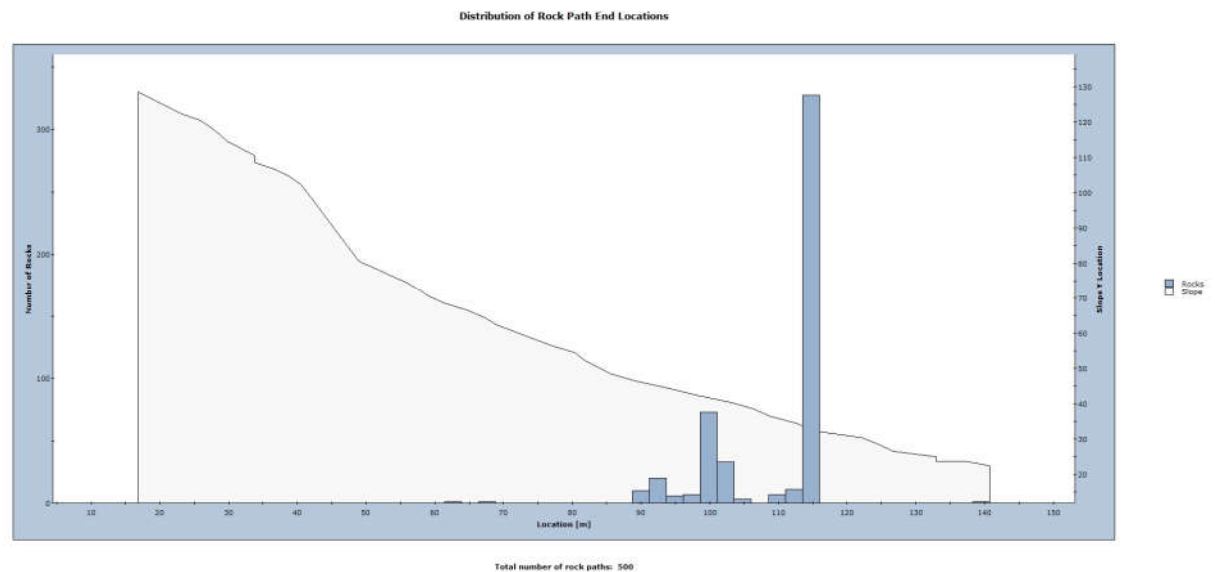
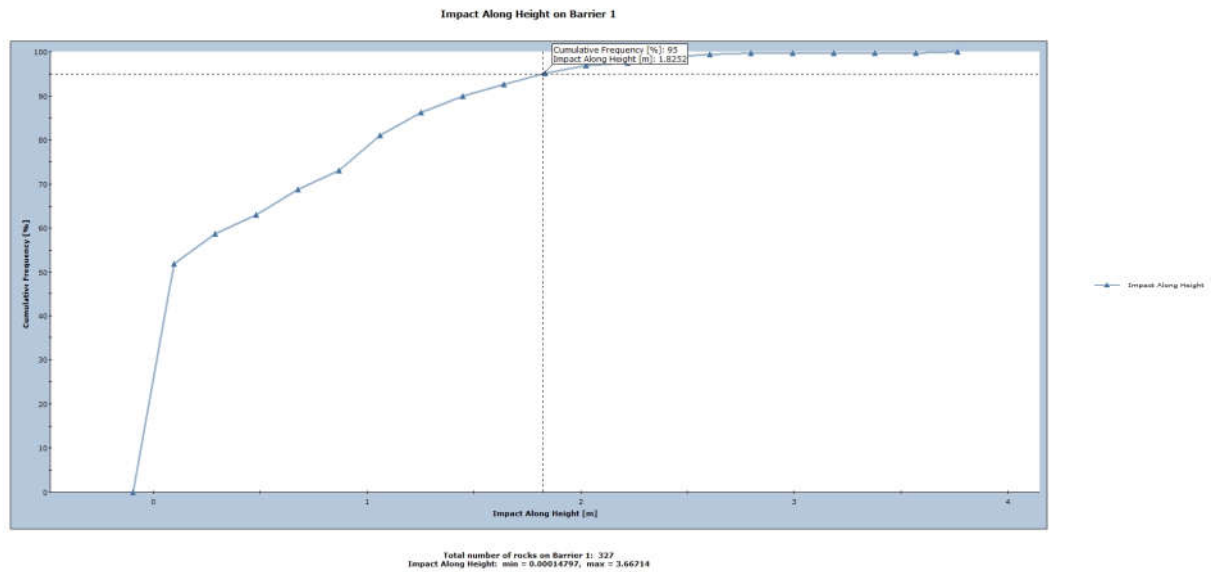
Sezione 3 – blocco da 1m³





Sezione 3 – blocco da 2m³





Project Summary

File Name sezione3_bis.fal8
File Version 8.002
Date Created 06/05/2021, 09:35:58

Project Settings

General Settings:

Engine Lump Mass
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Friction Angle Calculate friction angle from Rt
Consider Angular Velocity Yes
Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 20000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s
Switch Velocity -1e-09m/s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	16.8208	128.514	0.2	0.2
2	18.8895	126.514	0.2	0.2
3	21.025	124.514	0.2	0.2
4	22.9962	122.514	0.2	0.2
5	25.7654	120.514	0.2	0.2
6	27.3602	118.514	0.2	0.2
7	28.6913	116.514	0.2	0.2

8	29.8707	114.514	0.2	0.2
9	31.8939	112.514	0.2	0.2
10	33.747	110.514	0.2	0.2
11	33.7995	108.514	0.2	0.2
12	36.9764	106.514	0.2	0.2
13	38.9366	104.514	0.2	0.2
14	40.4936	102.514	0.2	0.2
15	42.2291	98.0528	0.2	0.2
16	44.4936	92.2322	0.2	0.2
17	46.5484	86.9506	0.2	0.2
18	49.0528	80.5135	0.2	0.2
19	51.3926	78.5135	0.2	0.2
20	53.6906	76.5135	0.2	0.2
21	55.9987	74.5135	0.2	0.2
22	57.5975	72.5135	0.2	0.2
23	59.2649	70.5135	0.2	0.2
24	61.4593	68.5135	0.2	0.2
25	64.7938	66.5135	0.2	0.2
26	67.2112	64.5135	0.2	0.2
27	68.9734	62.5135	0.2	0.2
28	71.6919	60.5135	0.2	0.2
29	74.1478	58.5135	0.2	0.2
30	76.9879	56.5135	0.2	0.2
31	80.4551	54.5135	0.2	0.2
32	81.7453	52.5135	0.2	0.2
33	83.6258	50.5135	0.2	0.2
34	85.5014	48.5135	0.2	0.2
35	89.1671	46.5135	0.2	0.2
36	93.8858	44.5135	0.2	0.2
37	98.0077	42.5135	0.2	0.2
38	103.057	40.5135	0.2	0.2
39	106.441	38.5135	0.2	0.2
40	108.736	36.5135	0.2	0.2
41	112.639	34.5135	0.2	0.2
42	114.877	32.5135	0.2	0.2
43	122.126	30.5135	0.2	0.2
44	124.501	28.5135	0.2	0.2
45	126.828	26.5135	0.2	0.2
46	132.963	25.1126	0.2	0.2
47	132.963	23.8548	0.2	0.2
48	137.294	23.8548	0.2	0.2
49	140.773	22.5135	0.2	0.2

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
clean hard bedrock	1	18
blockfield with bushese and small trees	18	28
soil with vegetation	28	31
blockfield with bushese and small trees	31	42
soil with vegetation	42	46
Bedrock Outcrops	46	47
asphalt	47	48
soil with vegetation	48	49

Material Properties

Bedrock Outcrops

"Bedrock Outcrops" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.85	Normal	0.04	0.12	0.12
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

clean hard bedrock

"clean hard bedrock" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.53	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.99	Normal	0.02	0.06	0
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

asphalt

"asphalt" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			

Tangential Restitution	0.9	None
Friction Angle (°)	Calculated from Rt	
Slope Roughness (°)	None	

soil with vegetation

"soil with vegetation" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.8	None			
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

blockfield with bushese and small trees

"blockfield with bushese and small trees" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.5	Normal	0.06	0.18	0.18
Tangential Restitution	0.69	Normal	0.06	0	0
Friction Angle (°)	Calculated from Rt				
Slope Roughness (°)	None				

Seeders

Seeder 1

Seeder Properties

Name	Seeder 1
Location	(38.9366, 104.514), (40.4936, 102.514), (42.2291, 98.0528), (44.4936, 92.2322), (46.5484, 86.9506)

Rocks to Throw

Number of Rocks	500 Per Rock Type
Rock Types	1.0÷2.0 m3

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	0.1	None			

Vertical Velocity (m/s)	0	None		
Rotational Velocity (°/s)	0	None		
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform	0	360

Barriers

Barrier 1

Name	Barrier 1
Type	Fence
Model	Custom
Capacity	2000.00kJ
Location	(114.877, 32.5135) to (115.912, 36.3772)
Length (m)	4
Sensitivity Barrier	False