



# Comune di FANO ADRIANO

C.so Vittorio Emanuele III, n. 2 - C.A.P. 6404a Fano Adriano (TE)

P.IVA 00205660673 C.F. 92001400677 - Tel. 0861 95124

Posta certificata: protocollo@cert.comune.fanoadriano.te.it

Provincia di Teramo <b>Comune di FANO ADRIANO</b>	<b>4</b>
Designazione dell'opera: <b>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA MASSI ZONA RAPPRESENTAZIONE PRESEPE VIVENTE I N F R A Z I O N E C E R Q U E T O</b>	
<b>PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO</b>	
Oggetto: <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	

Committente:	data 11/2021
<i>Amm.ne Comunale di Fano Adriano</i>	

Il Progettista:

STUDIO DI INGEGNERIA CIVILE ED AMBIENTALE

 **Ing. MASSIMO MARINI**  
C.so DE MICHETTI, 57 64100 TERAMO  
Tel.0861/242306 e-mail : studiomarini.te@libero.it



<b>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b> Area Tecnica del Comune di Fano Adriano
Supporto al R.U.P.: Ing. Berardino Ciampagna

--

## A) MASSO DI FORMA SFERICA $D = 4\text{ m}$ ;

### *Traiettorie di blocchi in caduta lungo una scarpata*

Il moto di caduta di un blocco lungo una scarpata rocciosa dipende da numerosi fattori che non è facile esprimere numericamente; le traiettorie dei blocchi dipendono dalla geometria della scarpata, dalla forma del blocco in caduta e dalla sua velocità iniziale al momento del distacco dal pendio, ed inoltre dall'entità dell'energia dissipata per effetto degli urti durante la caduta.

I blocchi in caduta possono, infatti, scivolare, rotolare o rimbalzare a valle a seconda della loro forma, appiattita o arrotondata, e della inclinazione del pendio.

L'energia dissipata per effetto degli urti è in genere diversa al variare delle caratteristiche del moto e dipende dalle caratteristiche meccaniche del blocco e dai materiali presenti lungo la scarpata (*roccia, terreno, vegetazione*) che si oppongono in misura differente al moto dei blocchi.

Nella realtà, tuttavia, è praticamente impossibile determinare puntualmente il profilo di un pendio ed individuare la forma dei diversi blocchi che potrebbero distaccarsi.

Inoltre la geometria del pendio e la natura dei materiali affioranti subiscono nel tempo modifiche, anche sensibili, per effetto, dell'alterazione della roccia, per l'accumulo di detriti nelle zone meno acclivi e per lo sviluppo della vegetazione.

Infine, diviene praticamente impossibile modellare il moto di caduta dei blocchi nei casi in cui questi si frantumano per effetto degli urti, né è possibile individuare le zone dei pendii in cui si verifica la frantumazione.

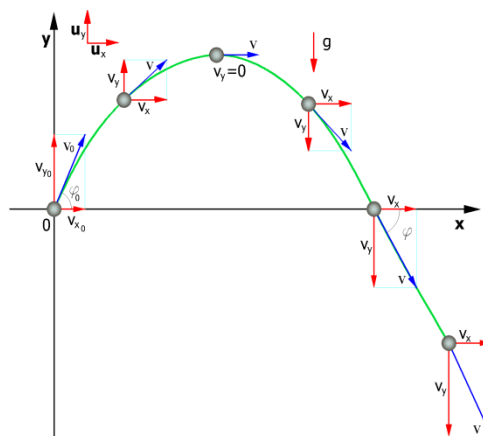
Per l'analisi delle traiettorie di caduta è necessario fare riferimento a modelli molto semplificati: la progettazione geotecnica degli interventi di protezione deve essere, perciò, sviluppata sulla base di un'ampia sperimentazione numerica, che consenta di indagare sui diversi aspetti del fenomeno e riconoscere i fattori principali che influenzano il moto di caduta nella particolare situazione in esame.

### *Metodo di calcolo Lumped mass*

Le ipotesi del modello *Lumped mass* 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;



Rappresentazione della traiettoria

con riferimento ad un sistema di assi cartesiani ortogonali tali equazioni sono:

$$x = v_x \cdot t + x_0$$

$$y = y_0 + v_y \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (1)$$

dove:

$v_x$  = componente orizzontale della velocità del blocco;

$v_y$  = componente verticale della velocità del blocco;

$t$  = tempo;

$g$  = accelerazione di gravità

$x_0$  = ascissa del punto in cui blocco si distacca dal pendio o urta nel moto di caduta;

$y_0$  = ordinata del punto in cui blocco si distacca dal pendio o urta nel moto di caduta;

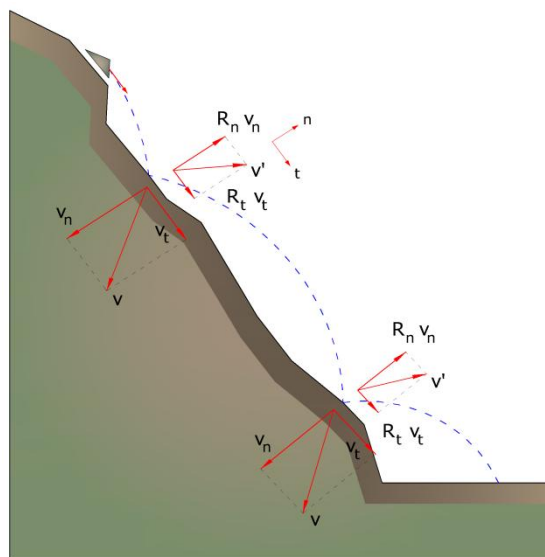
Lungo l'asse x il moto è uniforme, lungo l'asse y il moto è uniformemente accelerato.

In tal modo 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.

Le coordinate dei punti d'impatto e le componenti della velocità si determinano risolvendo il sistema fra le equazione (1) e l'equazione delle rette che rappresentano il profilo del pendio.

In pratica si procede dal punto in cui avviene il distacco del blocco e si risolve tale sistema di equazioni considerando di volta in volta le diverse 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.

Tale punto rappresenta il primo punto di impatto del blocco sul pendio. Il procedimento viene ripetuto a partire da tale punto per determinare il successivo arco della traiettoria ed un nuovo punto d'impatto.



Rappresentazione dei punti di impatto, delle traiettorie del massa e del vettore delle velocità di arrivo e di partenza ad ogni rimbalzo

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.

In particolare, indicando con  $v_n$  e  $v_t$  le componenti (*normali e tangenziali*) della velocità prima dell'urto, dopo l'urto  $v'_n$ ,  $v'_t$  possono calcolarsi mediante le relazioni:

$$\begin{aligned} V'_n &= V_n \cdot R_n \\ V'_t &= V_t \cdot R_t \end{aligned}$$

in cui  $R_n$  ed  $R_t$  sono detti coefficienti di restituzione variabili nell'intervallo 0-1.

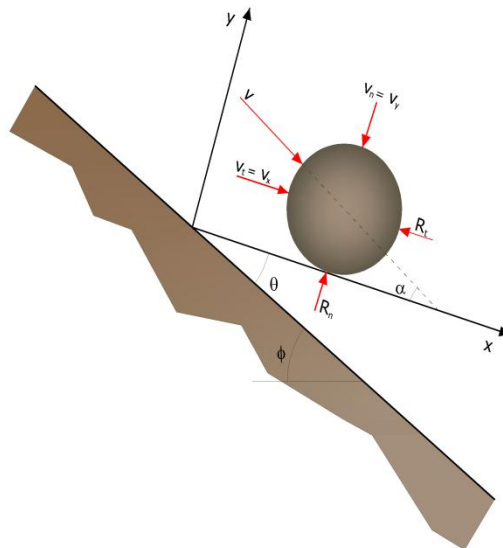
### Metodo di calcolo CRSP

Il modello detto *CRSP* (*Colorado Rockfall Simulation Program*) è stato messo a punto da *Pfeiffer e Bowen* (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, con sezione circolare nel piano verticale del movimento; per descrivere il movimento dei blocchi il modello *CRSP* applica l'equazione del moto parabolico di un corpo in caduta libera ed il principio di conservazione dell'energia totale.

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

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

La descrizione del moto di caduta libera inizia da un punto nel quale, è nota la velocità iniziale scomposta nelle sue componenti orizzontali e verticali. Il blocco è soggetto al movimento di caduta libera fino a quando non collide con la superficie del pendio; dall'intersezione vengono ricavate le coordinate del punto di impatto. Il vettore della velocità di pre-impatto  $V$ , forma un angolo  $\alpha$  con il pendio.

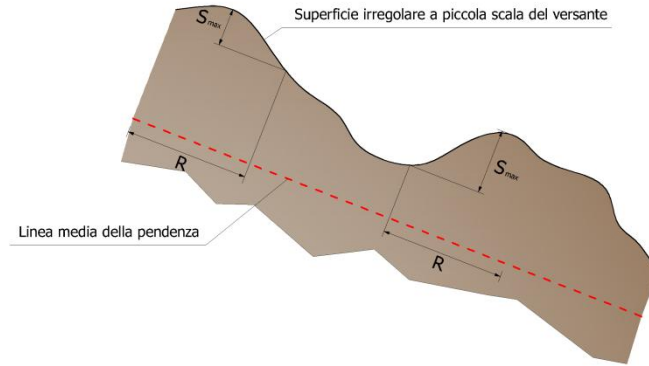


Rappresentazione della fase di impatto: α) l'angolo di impatto è definito come funzione della traiettoria del blocco; φ) inclinazione del pendio; F) variazione del pendio in funzione della rugosità locale del pendio

Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio  $f$  è fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 e  $\theta_{\max}$ . il valore di  $\theta_{\max}$  dipende dalla rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco e viene determinato da misure in sito. Detto  $R$  il raggio del blocco in esame si ha:

$$\tan\theta_{\max} = \frac{S_{\max}}{R}$$

Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio viene fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 ed un valore funzione della rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco.



*Influenza della rugosità del pendio sul percorso del blocco :rapporto tra l'altezza delle asperità ed il raggio del blocco*

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

$$\left(\frac{1}{2}J\bar{\omega}_1^2 + \frac{1}{2}M_{t1}^2\right) \cdot f(F) \cdot SF = \frac{1}{2}J\bar{\omega}_2^2 + \frac{1}{2}M_{t2}^2 \quad (1)$$

dove:

$M$  = Massa del blocco;

$J$  = Momento d'inerzia del blocco;

$\omega_1$  e  $\omega_2$  = Velocità angolare prima e dopo l'impatto;

$V_{t1}$  e  $V_{t2}$  = Velocità tangenziale prima e dopo l'impatto;

La funzione  $f(F)$  di attrito così definita:

$$f(F) = SF + \frac{(1 - R_t)}{\left[\left(\frac{V_{t1} - \bar{\omega}_1 \cdot R}{20}\right)^2 + 1.2\right]}$$

Mentre la funzione di scala  $SF$ :

$$SF = \frac{R_t}{\left[\left(\frac{V_{n1}}{250 \cdot R_n}\right)^2 + 1\right]}$$

Dove:

$R_n$  = Coefficienti di restituzione normale;

$R_t$  = Coefficienti di restituzione tangenziale;

$R$  = Raggio del blocco;

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

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

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

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

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

Dalla (1) si ottiene  $V_{t2}$ , mentre la velocità normale post-collisione viene ricavata dalla seguente espressione empirica:

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

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

## CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

### Forma del blocco Sferico

Densità	2345,0 Kg/m <sup>3</sup>
Elasticità	6490000,0 kPa
Velocità iniziale in x	1,0 m/s
Velocità iniziale in y	-1,0 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	4,0 m

## VELOCITÀ DI PROGETTO DEI BLOCCHI

Coefficiente di affidabilità di calcolo delle traiettorie	1,1
Coefficiente qualità discretizzazione topografia pendio	1,1
Coefficiente di sicurezza velocità	1,21

## MASSA DEL BLOCCO DI PROGETTO

Coefficiente valutazione massa	1,1
Coefficiente precisione rilievo	1,1
Coefficiente precisione rilievo	1,21

## ENERGIA SOLLECITANTE DI PROGETTO

Coefficiente amplificativo energia	1,05
------------------------------------	------

## BARRIERE

Coefficiente di sicurezza da applicare ai valori energetici MEL o SEL...1	
Massa	95083,87 Kg
Peso	95083,87 Kgf
Momento d'inerzia	125730,7 Kgxm <sup>2</sup>

## Elenco materiali

N	Descrizione	Coefficiente restituzione normale Rn	Coefficiente restituzione tangenziale Rt	Rugosità (m)	Frequenza (m)	Angolo attrito (°)	
1	Roccia integra	0,9	0,8	0		0	
2	Roccia alterata	0,9	0,4	0,5	0,3	35	
3	Sabbia	0,4	0,6	0		0	
4	Detrito	0,6	0,6	0		0	
5	Detrito fino	0,32	0,82	0		0	
6	Detrito vegetato	0,29	0,8	0	0	0	
7	Detrito con arbusti	0,3	0,7	4	4,5	0	
8	Terreno o prato	0,31	0,79	0		0	
9	Superficie pavimentata	0,4	0,9	0		0	

## DATI PENDIO

N	X (m)	Y (m)	Materiale
1	0,0	186,55	Roccia integra
2	19,83	176,53	Roccia integra
3	31,97	166,55	Roccia integra
4	40,67	161,52	Roccia integra
5	45,49	159,37	Roccia alterata
6	46,45	156,51	Roccia alterata
7	50,08	151,53	Roccia alterata
8	58,41	142,19	Roccia alterata
9	64,65	131,53	Detrito con arbusti
10	94,12	106,53	Detrito con arbusti
11	117,67	91,53	Detrito con arbusti
12	132,7	81,5	Detrito con arbusti
13	172,44	56,53	Detrito con arbusti
14	195,05	36,89	Detrito vegetato
15	209,68	31,53	Detrito con arbusti
16	214,6	26,6	Roccia integra
17	224,7	11,55	Detrito con arbusti
18	229,8	8,94	Detrito con arbusti
19	235,31	6,27	Detrito con arbusti
20	247,25	3,25	Roccia integra
21	248,27	3,25	Roccia integra
22	248,27	1,0	Superficie pavimentata
23	262,5	0,0	Superficie pavimentata

## IMPATTO

Lancio n° 1 Xp=48,15 m Yp=157,73 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	49,04	152,957	6,451	-1,372	0,89	4563,46
2,0	57,026	143,741	8,89	-4,965	1,238	11125,9
3,0	69,261	127,618	11,775	-7,764	1,376	21437,37
4,0	74,604	123,086	12,293	-0,254	0,454	16782,83
5,0	98,836	103,526	12,608	-2,14	1,971	27778,92
6,0	113,977	93,882	4,391	3,525	1,201	19318,55
7,0	119,679	90,189	6,923	-2,831	1,298	5431,167
8,0	122,204	88,504	5,587	2,217	0,365	5087,441
9,0	128,977	83,985	5,489	1,174	1,212	6473,194
10,0	134,318	80,484	5,286	1,232	0,973	5229,221
11,0	139,225	77,4	6,887	-2,646	0,928	4710,537
12,0	141,586	75,916	2,6	3,171	0,343	4810,029
13,0	144,133	74,316	1,854	1,67	0,98	2526,777
14,0	145,204	73,643	0,796	1,346	0,578	994,353
15,0	145,503	73,455	1,645	-0,272	0,376	312,225
16,0	145,759	73,295	1,62	0,481	0,155	321,855
17,0	146,254	72,983	1,204	0,919	0,306	466,801
18,0	146,666	72,725	0,396	0,932	0,342	377,597
19,0	146,761	72,665	0,655	0,308	0,241	112,146
20,0	146,857	72,604	0,618	0,339	0,147	86,963
21,0	146,949	72,547	0,933	-0,209	0,148	83,448
22,0	147,021	72,502	1,083	-0,468	0,077	99,126
23,0	147,068	72,472	1,143	-0,634	0,043	115,397
24,0	147,088	72,46	0,659	0,678	0,017	119,642
25,0	147,234	72,368	0,816	0,358	0,223	140,582
26,0	147,379	72,277	0,111	0,593	0,177	132,233
27,0	147,394	72,267	0,134	0,275	0,135	28,43
28,0	147,404	72,261	0,275	0,023	0,073	10,921
29,0	147,415	72,254	0,202	0,152	0,04	11,093
30,0	147,426	72,247	0,327	-0,075	0,057	10,537
31,0	147,435	72,241	0,339	0,073	0,027	12,109
32,0	147,455	72,229	0,366	0,113	0,058	19,026
33,0	147,481	72,213	0,258	0,228	0,07	24,007
34,0	147,501	72,2	0,408	-0,005	0,079	18,979
35,0	147,522	72,187	0,11	0,269	0,051	22,535
36,0	147,53	72,182	0,072	0,149	0,069	9,221
37,0	147,532	72,18	0,025	0,088	0,04	3,166
38,0	147,533	72,18	0,015	0,044	0,021	0,757



39,0	147,533	72,18	0,039	-0,001	0,011	0,206
40,0	147,533	72,18	0,038	0,015	0,005	0,215
41,0	147,534	72,18	0,022	0,026	0,008	0,271
42,0	147,534	72,179	0,01	0,02	0,008	0,158
43,0	147,534	72,179	0,005	0,012	0,005	0,062

**Lancio n° 2 Xp=50,06 m Yp=154,95 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	50,904	150,606	6,283	-0,806	0,845	4166,574
2,0	59,491	140,344	8,806	-5,413	1,367	11886,51
3,0	69,914	127,064	11,231	-3,684	1,184	18982,63
4,0	83,294	115,714	12,983	-6,452	1,191	19397,42
5,0	94,89	106,04	5,096	3,501	0,893	22291,89
6,0	101,899	101,575	4,926	1,345	1,375	6564,858
7,0	106,401	98,708	5,297	0,778	0,914	4294,767
8,0	110,886	95,851	6,691	-1,399	0,847	4450,42
9,0	114,791	93,364	7,056	0,405	0,584	5254,955
10,0	122,025	88,624	7,317	0,57	1,025	7555,26
11,0	130,159	83,195	5,669	1,94	1,112	8441,457
12,0	136,618	79,038	2,051	2,339	1,139	6120,078
13,0	138,136	78,085	1,659	1,367	0,74	1473,083
14,0	138,951	77,572	2,624	-0,317	0,491	748,813
15,0	139,664	77,124	1,932	1,25	0,272	851,777
16,0	140,634	76,515	2,324	0,62	0,502	891,169
17,0	141,62	75,896	2,813	0,281	0,424	930,711
18,0	142,795	75,157	3,325	0,192	0,418	1183,668
19,0	144,341	74,185	3,709	0,471	0,465	1597,092
20,0	146,46	72,854	1,807	1,919	0,571	2110,668
21,0	147,585	72,147	0,843	1,38	0,623	1073,55
22,0	147,913	71,941	1,124	0,559	0,389	339,014
23,0	148,203	71,759	1,616	-0,178	0,258	262,673
24,0	148,478	71,586	1,73	0,321	0,171	326,227
25,0	148,975	71,274	2,315	-0,503	0,287	483,382
26,0	149,424	70,992	1,27	1,303	0,194	614,846
27,0	149,968	70,65	0,575	1,048	0,428	517,573
28,0	150,134	70,546	0,377	0,601	0,287	176,136
29,0	150,198	70,505	0,272	0,362	0,171	65,274
30,0	150,228	70,487	0,517	-0,115	0,109	28,63
31,0	150,25	70,473	0,61	-0,083	0,043	30,408
32,0	150,287	70,449	0,253	0,388	0,061	45,666
33,0	150,315	70,432	0,349	0,168	0,112	29,103

34,0	150,343	70,414	0,301	0,203	0,079	25,003
35,0	150,367	70,399	0,439	0,009	0,08	21,855
36,0	150,393	70,383	0,359	0,218	0,058	26,859
37,0	150,425	70,363	0,516	0,009	0,09	29,643
38,0	150,46	70,341	0,617	0,024	0,068	37,029
39,0	150,512	70,308	0,528	0,294	0,084	54,042
40,0	150,579	70,266	0,806	-0,287	0,127	61,499
41,0	150,615	70,243	0,414	0,485	0,045	66,941
42,0	150,678	70,204	0,774	-0,234	0,152	61,227
43,0	150,718	70,179	0,284	0,488	0,051	64,04
44,0	150,756	70,155	0,218	0,3	0,136	41,334
45,0	150,776	70,143	0,421	-0,093	0,089	18,996
46,0	150,79	70,133	0,438	0,09	0,035	20,127
47,0	150,823	70,113	0,107	0,306	0,074	31,564
48,0	150,831	70,108	0,233	0,067	0,076	10,64
49,0	150,841	70,101	0,121	0,155	0,043	9,387
50,0	150,847	70,098	0,027	0,123	0,047	5,564
51,0	150,848	70,097	0,08	0,022	0,029	1,309
52,0	150,849	70,096	0,105	-0,004	0,015	1,078
53,0	150,85	70,096	0,124	0,002	0,013	1,45
54,0	150,852	70,094	0,155	-0,01	0,016	2,168
55,0	150,855	70,093	0,172	0,027	0,018	3,118
56,0	150,86	70,09	0,1	0,11	0,028	4,651
57,0	150,863	70,087	0,139	0,043	0,035	3,351
58,0	150,867	70,085	0,074	0,094	0,027	3,435
59,0	150,869	70,084	0,126	0,008	0,029	2,063
60,0	150,871	70,082	0,091	0,071	0,018	2,29
61,0	150,874	70,081	0,084	0,06	0,026	2,176
62,0	150,876	70,08	0,081	0,05	0,023	1,735
63,0	150,877	70,079	0,124	-0,026	0,021	1,507
64,0	150,879	70,078	0,12	0,041	0,011	1,797
65,0	150,881	70,076	0,077	0,079	0,024	2,653
66,0	150,883	70,075	0,128	-0,004	0,026	1,875
67,0	150,885	70,074	0,161	-0,043	0,016	2,182
68,0	150,887	70,072	0,136	0,069	0,012	2,836
69,0	150,892	70,07	0,199	-0,021	0,032	3,958
70,0	150,896	70,067	0,177	0,084	0,021	4,991
71,0	150,903	70,063	0,136	0,114	0,04	6,468
72,0	150,908	70,059	0,136	0,085	0,041	5,057
73,0	150,913	70,056	0,082	0,099	0,035	4,279
74,0	150,916	70,055	0,025	0,078	0,031	2,426
75,0	150,916	70,054	0,015	0,044	0,019	0,633
76,0	150,916	70,054	0,011	0,022	0,011	0,209
77,0	150,916	70,054	0,003	0,014	0,006	0,069

---

---

**Lancio n° 3   Xp=52,39 m   Yp=151,95 m**

---

---

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	53,181	148,054	5,822	0,657	0,795	3745,207
2,0	63,762	133,047	9,162	-6,691	1,817	15929,99
3,0	68,524	128,243	6,595	2,415	0,52	12423,94
4,0	79,292	119,109	2,576	2,132	1,633	11614,65
5,0	81,559	117,185	4,227	-0,236	0,88	2477,897
6,0	84,446	114,737	2,328	1,964	0,683	3395,29
7,0	86,315	113,152	3,113	0,735	0,803	2036,895
8,0	88,457	111,334	3,08	1,167	0,688	2319,495
9,0	90,831	109,32	4,824	-2,32	0,771	2540,145
10,0	92,573	107,842	5,743	-0,271	0,361	3178,401
11,0	97,032	104,675	4,615	1,822	0,776	5026,338
12,0	101,513	101,821	6,329	-1,597	0,971	4190,051
13,0	104,655	99,82	7,163	-0,719	0,496	4540,71
14,0	110,268	96,245	3,885	2,7	0,784	6593,888
15,0	114,366	93,634	2,06	1,962	1,055	3821,747
16,0	115,741	92,759	3,471	-0,755	0,668	1299,626
17,0	116,771	92,103	3,823	0,245	0,297	1398,472
18,0	118,912	90,701	2,269	1,871	0,56	2224,819
19,0	120,479	89,656	2,728	0,83	0,69	1497,282
20,0	121,953	88,672	2,333	1,245	0,54	1412,804
21,0	123,285	87,783	2,462	0,928	0,571	1252,464
22,0	124,576	86,921	0,568	1,539	0,524	1224,244
23,0	124,798	86,773	0,714	0,662	0,391	288,282
24,0	124,964	86,662	0,706	0,465	0,232	156,621
25,0	125,099	86,572	1,124	-0,246	0,191	125,684
26,0	125,215	86,495	0,376	0,717	0,103	154,458
27,0	125,289	86,446	0,859	-0,164	0,197	84,091
28,0	125,36	86,398	0,911	0,19	0,083	91,787
29,0	125,509	86,299	0,16	0,639	0,163	145,989
30,0	125,533	86,283	0,175	0,288	0,152	38,9
31,0	125,548	86,273	0,335	0,013	0,083	15,12
32,0	125,564	86,262	0,369	0,086	0,048	16,904
33,0	125,589	86,246	0,51	-0,072	0,068	24,355
34,0	125,616	86,227	0,238	0,323	0,055	33,829
35,0	125,64	86,212	0,267	0,186	0,098	23,936
36,0	125,66	86,198	0,391	0,025	0,074	18,495
37,0	125,682	86,183	0,313	0,208	0,058	23,605
38,0	125,709	86,165	0,067	0,257	0,085	25,046
39,0	125,713	86,163	0,102	0,102	0,061	6,326

40,0	125,717	86,16	0,009	0,094	0,035	3,334
41,0	125,717	86,16	0,025	0,033	0,02	0,587
42,0	125,717	86,16	0,049	-0,014	0,01	0,25
43,0	125,717	86,16	0,052	0,008	0,004	0,272
44,0	125,718	86,16	0,054	0,02	0,009	0,46
45,0	125,718	86,159	0,044	0,033	0,012	0,597
46,0	125,719	86,159	0,04	0,029	0,013	0,521
47,0	125,719	86,158	0,064	-0,005	0,011	0,437
48,0	125,72	86,158	0,062	0,024	0,008	0,558
49,0	125,721	86,158	0,028	0,045	0,013	0,774
50,0	125,721	86,157	0,04	0,019	0,013	0,378
51,0	125,721	86,157	0,022	0,029	0,009	0,34
52,0	125,722	86,157	0,005	0,023	0,009	0,194

**Lancio n° 4 Xp=55,05 m Yp=148,96 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	55,843	145,068	5,761	0,818	0,795	3745,207
2,0	66,424	130,025	6,458	0,017	1,837	15931,89
3,0	73,66	123,887	6,156	1,125	1,12	8341,732
4,0	81,626	117,129	2,149	2,208	1,294	8752,239
5,0	83,392	115,631	3,863	-0,382	0,822	1971,534
6,0	85,671	113,697	5,022	-3,202	0,59	2737,874
7,0	86,755	112,778	3,088	2,401	0,216	3094,033
8,0	89,916	110,096	4,958	-0,446	1,024	3442,679
9,0	93,717	106,872	5,599	0,476	0,766	4549,537
10,0	98,446	103,774	2,581	2,369	0,845	4859,335
11,0	100,558	102,429	2,73	1,165	0,818	2001,628
12,0	102,175	101,4	0,51	1,668	0,592	1494,513
13,0	102,382	101,268	0,465	0,776	0,406	293,144
14,0	102,484	101,203	0,119	0,542	0,219	105,118
15,0	102,499	101,193	0,439	-0,054	0,126	25,626
16,0	102,519	101,18	0,432	0,14	0,046	23,962
17,0	102,555	101,157	0,2	0,303	0,085	34,373
18,0	102,573	101,146	0,397	-0,05	0,088	17,91
19,0	102,589	101,136	0,23	0,235	0,041	19,604
20,0	102,607	101,124	0,366	0,029	0,078	17,063
21,0	102,627	101,112	0,477	-0,104	0,053	19,899
22,0	102,646	101,099	0,553	-0,008	0,041	26,5
23,0	102,685	101,075	0,57	0,171	0,07	42,147
24,0	102,747	101,035	0,591	0,234	0,109	58,639
25,0	102,821	100,988	0,343	0,404	0,125	68,271

26,0	102,864	100,961	0,587	0,003	0,127	41,938
27,0	102,909	100,932	0,689	0,055	0,077	47,982
28,0	102,979	100,888	0,688	0,256	0,101	70,785
29,0	103,076	100,826	0,989	-0,377	0,141	90,679
30,0	103,127	100,793	1,088	0,051	0,052	100,727
31,0	103,292	100,688	0,794	0,598	0,152	172,176
32,0	103,47	100,574	1,176	0,059	0,225	165,403
33,0	103,664	100,451	0,522	0,747	0,165	200,288
34,0	103,779	100,378	1,048	-0,306	0,22	116,322
35,0	103,856	100,329	0,418	0,653	0,074	120,019
36,0	103,934	100,279	0,852	-0,124	0,187	81,867
37,0	104,007	100,233	0,698	0,394	0,085	89,12
38,0	104,127	100,156	0,238	0,534	0,171	110,072
39,0	104,16	100,135	0,542	-0,014	0,14	38,604
40,0	104,197	100,112	0,279	0,336	0,068	39,769
41,0	104,226	100,093	0,121	0,265	0,105	28,54
42,0	104,234	100,088	0,282	-0,036	0,07	9,595
43,0	104,242	100,083	0,286	0,08	0,029	9,851
44,0	104,258	100,073	0,177	0,187	0,053	14,513
45,0	104,268	100,066	0,147	0,14	0,061	10,251
46,0	104,275	100,062	0,245	-0,026	0,048	6,477
47,0	104,282	100,057	0,062	0,16	0,027	7,615
48,0	104,284	100,056	0,096	0,064	0,041	3,166
49,0	104,287	100,054	0,021	0,076	0,026	2,226
50,0	104,287	100,054	0,017	0,044	0,018	0,558
51,0	104,288	100,054	0,013	0,024	0,011	0,242
52,0	104,288	100,054	0,011	0,013	0,007	0,09

**Lancio n° 5 Xp=57,71 m Yp=145,98 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	58,513	142,014	5,966	-1,976	0,803	3809,938
2,0	66,857	129,658	6,094	0,573	1,398	13843,2
3,0	73,99	123,606	2,802	2,199	1,171	7991,022
4,0	76,604	121,389	2,58	1,405	0,933	2843,797
5,0	78,495	119,785	4,074	-0,492	0,733	2014,026
6,0	80,956	117,697	5,39	-0,887	0,604	2995,368
7,0	85,007	114,261	5,952	0,523	0,751	5074,316
8,0	91,77	108,524	7,74	-1,421	1,136	7581,419
9,0	98,244	103,903	9,224	-3,375	0,837	8199,129
10,0	102,945	100,909	4,525	3,487	0,51	8873,715
11,0	108,82	97,167	6,984	-2,505	1,299	5526,94

12,0	111,588	95,404	7,699	-3,497	0,396	5102,92
13,0	113,796	93,997	8,097	-4,416	0,287	5828,784
14,0	115,02	93,218	4,986	3,41	0,151	6104,907
15,0	121,807	88,769	7,253	-1,638	1,361	6428,609
16,0	126,543	85,609	2,511	2,946	0,653	6417,754
17,0	128,909	84,03	2,159	1,509	0,942	2391,686
18,0	130,208	83,163	3,393	-0,648	0,601	1221,015
19,0	131,326	82,417	4,032	-0,364	0,33	1440,02
20,0	133,204	81,183	1,322	2,111	0,466	2178,168
21,0	133,997	80,685	2,471	0,036	0,6	831,725
22,0	134,798	80,182	2,805	0,289	0,324	844,354
23,0	135,971	79,445	0,759	1,642	0,418	1182,276
24,0	136,299	79,239	1,458	0,315	0,432	379,856
25,0	136,665	79,008	1,587	0,422	0,251	348,705
26,0	137,125	78,72	2,162	-0,376	0,289	434,665
27,0	137,558	78,448	2,15	0,595	0,2	554,852
28,0	138,411	77,912	2,966	-0,884	0,397	808,239
29,0	139,003	77,54	1,036	1,727	0,2	948,01
30,0	139,505	77,224	0,425	1,198	0,485	535,33
31,0	139,632	77,144	0,283	0,715	0,299	165,321
32,0	139,683	77,112	0,556	0,182	0,182	63,577
33,0	139,744	77,074	0,365	0,351	0,108	55,655
34,0	139,787	77,047	0,063	0,329	0,118	40,275
35,0	139,792	77,044	0,233	0,018	0,075	8,801
36,0	139,799	77,039	0,203	0,107	0,033	7,813
37,0	139,809	77,033	0,141	0,139	0,048	8,903
38,0	139,816	77,029	0,234	-0,013	0,046	6,121
39,0	139,822	77,025	0,291	-0,067	0,027	7,128
40,0	139,829	77,021	0,202	0,157	0,024	9,644
41,0	139,841	77,013	0,035	0,174	0,058	10,763
42,0	139,842	77,012	0,128	0,005	0,04	2,533
43,0	139,844	77,011	0,05	0,083	0,017	2,302
44,0	139,845	77,01	0,098	0,001	0,023	1,231
45,0	139,847	77,01	0,121	-0,006	0,013	1,323
46,0	139,848	77,008	0,134	0,021	0,014	1,907
47,0	139,851	77,007	0,05	0,092	0,022	2,836
48,0	139,852	77,006	0,107	-0,011	0,025	1,359
49,0	139,854	77,005	0,042	0,068	0,012	1,439
50,0	139,855	77,005	0,044	0,038	0,019	0,849
51,0	139,855	77,004	0,026	0,035	0,013	0,527
52,0	139,855	77,004	0,05	-0,012	0,01	0,26
53,0	139,856	77,004	0,056	-0,026	0,004	0,268
54,0	139,856	77,004	0,06	0,005	0,002	0,292
55,0	139,856	77,004	0,078	-0,02	0,009	0,531

56,0	139,857	77,003	0,059	0,039	0,006	0,687
57,0	139,858	77,003	0,068	0,027	0,016	0,839
58,0	139,859	77,002	0,057	0,039	0,014	0,891
59,0	139,859	77,002	0,013	0,046	0,015	0,791
60,0	139,86	77,001	0,01	0,027	0,011	0,201
61,0	139,86	77,001	0,007	0,018	0,007	0,098

**Lancio n° 6 Xp=60,49 m Yp=142,59 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	61,466	136,969	6,673	-2,272	0,974	5354,914
2,0	69,264	127,616	3,622	1,926	1,169	11647,48
3,0	72,956	124,484	5,681	-1,222	1,019	3961,689
4,0	77,122	120,95	7,337	-2,957	0,733	5408,603
5,0	82,01	116,803	8,712	-4,984	0,666	7807,671
6,0	86,285	113,177	9,45	-6,862	0,491	9742,001
7,0	88,51	111,289	10,293	-6,726	0,236	10382,79
8,0	92,719	107,718	11,016	-0,184	0,409	12888,96
9,0	108,527	97,354	4,274	3,03	1,435	17316,52
10,0	113,54	94,161	4,698	1,021	1,173	4694,601
11,0	117,384	91,712	3,32	1,898	0,818	3717,534
12,0	120,162	89,867	3,823	0,833	0,837	2617,524
13,0	122,799	88,107	4,669	0,112	0,69	2585,531
14,0	125,873	86,056	3,595	1,783	0,658	3272,308
15,0	128,937	84,011	2,92	1,572	0,853	2898,941
16,0	131,033	82,612	4,297	-0,735	0,718	1972,961
17,0	132,886	81,383	3,805	1,408	0,431	2333,345
18,0	135,834	79,531	1,401	1,995	0,775	2746,764
19,0	136,655	79,015	1,378	1,036	0,586	829,465
20,0	137,19	78,679	0,216	1,056	0,388	486,458
21,0	137,242	78,646	0,241	0,463	0,243	93,406
22,0	137,272	78,627	0,496	0,002	0,125	32,481
23,0	137,304	78,607	0,495	0,166	0,064	33,604
24,0	137,352	78,577	0,208	0,349	0,097	44,965
25,0	137,372	78,564	0,219	0,187	0,098	21,236
26,0	137,387	78,555	0,366	-0,129	0,066	13,257
27,0	137,395	78,55	0,38	0,069	0,021	13,87
28,0	137,418	78,535	0,289	0,217	0,063	23,242
29,0	137,442	78,521	0,47	-0,17	0,081	21,502
30,0	137,454	78,513	0,267	0,275	0,026	22,685
31,0	137,478	78,498	0,327	0,15	0,09	22,969
32,0	137,502	78,483	0,253	0,204	0,072	21,597

33,0	137,52	78,471	0,225	0,171	0,074	17,125
34,0	137,534	78,462	0,365	-0,108	0,064	13,004
35,0	137,544	78,457	0,37	0,087	0,025	14,344
36,0	137,568	78,442	0,26	0,226	0,065	23,129
37,0	137,588	78,429	0,425	-0,05	0,079	19,071
38,0	137,607	78,417	0,507	-0,027	0,044	22,436
39,0	137,637	78,398	0,629	-0,237	0,06	33,784
40,0	137,658	78,385	0,696	0,016	0,032	40,333
41,0	137,722	78,345	0,235	0,461	0,092	68,062
42,0	137,751	78,326	0,133	0,278	0,124	32,375
43,0	137,761	78,32	0,048	0,162	0,074	10,852
44,0	137,763	78,319	0,033	0,094	0,039	2,621
45,0	137,763	78,318	0,023	0,051	0,023	1,006
46,0	137,764	78,318	0,055	-0,013	0,013	0,348
47,0	137,764	78,318	0,064	-0,005	0,004	0,342
48,0	137,764	78,318	0,03	0,041	0,007	0,53
49,0	137,765	78,318	0,016	0,03	0,012	0,364
50,0	137,765	78,318	0,005	0,02	0,008	0,133

**Lancio n° 7 Xp=62,51 m Yp=139,14 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	63,487	133,517	6,044	-3,851	0,974	5354,929
2,0	67,113	129,441	4,068	2,093	0,6	6884,806
3,0	71,71	125,541	6,134	-1,086	1,13	4932,41
4,0	76,86	121,172	4,855	1,823	0,839	6502,699
5,0	82,741	116,183	6,52	-0,523	1,211	6325,548
6,0	89,397	110,537	7,247	0,15	1,021	7944,351
7,0	97,723	104,235	9,074	-2,677	1,149	9171,704
8,0	103,463	100,579	6,189	2,855	0,633	9044,727
9,0	112,04	95,116	8,455	-3,401	1,386	8005,717
10,0	115,459	92,938	6,256	2,754	0,404	7259,513
11,0	124,234	87,15	8,556	-3,642	1,403	8324,802
12,0	127,84	84,743	8,673	0,702	0,421	7688,845
13,0	138,977	77,556	7,045	1,777	1,284	11465,84
14,0	147,887	71,957	8,921	-2,861	1,265	8534,399
15,0	152,879	68,821	10,011	-2,654	0,559	8451,432
16,0	160,3	64,158	10,551	-0,462	0,741	11115,88
17,0	174,284	54,928	11,894	-3,094	1,325	15635,57
18,0	191,832	39,685	5,636	2,679	1,475	23743,27
19,0	198,787	35,521	7,48	-1,382	1,234	6330,49
20,0	200,858	34,762	7,682	-2,428	0,277	4342,48



21,0	201,463	34,54	7,65	-2,691	0,079	4311,084
22,0	201,638	34,476	7,55	-2,733	0,023	4219,459
23,0	201,688	34,458	7,431	-2,713	0,007	4095,396
24,0	201,704	34,452	7,309	-2,675	0,002	3964,226
25,0	201,711	34,45	7,188	-2,632	0,001	3834,295
26,0	201,714	34,449	7,068	-2,589	0,0	3707,615
27,0	201,716	34,448	6,95	-2,545	0,0	3584,921

**Lancio n° 8 Xp=64,53 m Yp=135,69 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	65,429	130,87	0,413	1,452	0,894	4604,195
2,0	65,58	130,741	0,221	0,662	0,367	234,846
3,0	65,619	130,708	0,528	0,121	0,173	55,103
4,0	65,68	130,656	0,243	0,395	0,116	65,906
5,0	65,71	130,631	0,118	0,279	0,123	35,521
6,0	65,719	130,623	0,323	-0,126	0,077	12,033
7,0	65,729	130,615	0,344	0,098	0,03	15,151
8,0	65,756	130,592	0,539	-0,083	0,079	29,425
9,0	65,797	130,557	0,507	0,258	0,076	50,957
10,0	65,868	130,497	0,526	0,312	0,14	75,807
11,0	65,949	130,428	0,087	0,453	0,155	86,39
12,0	65,959	130,42	0,385	-0,145	0,107	18,521
13,0	65,973	130,408	0,416	0,11	0,037	21,774
14,0	66,012	130,374	0,586	0,055	0,094	42,465
15,0	66,078	130,318	0,863	-0,122	0,113	73,53
16,0	66,186	130,227	1,108	0,06	0,124	132,158
17,0	66,411	130,036	0,483	0,78	0,204	254,728
18,0	66,528	129,937	1,058	-0,091	0,242	139,852
19,0	66,702	129,789	1,136	0,391	0,164	206,863
20,0	67,016	129,523	1,678	0,038	0,276	336,112
21,0	67,516	129,099	0,925	1,08	0,298	569,327
22,0	67,868	128,8	1,72	0,012	0,38	394,98
23,0	68,384	128,363	0,828	1,12	0,3	589,397
24,0	68,691	128,102	1,767	-0,421	0,371	354,116
25,0	69,079	127,773	1,9	0,535	0,22	511,556
26,0	69,911	127,067	0,591	1,308	0,438	897,395
27,0	70,129	126,882	0,422	0,735	0,369	285,929
28,0	70,223	126,802	0,819	0,139	0,223	112,902
29,0	70,363	126,684	0,96	0,301	0,17	151,742
30,0	70,581	126,499	0,988	0,514	0,227	234,183
31,0	70,853	126,268	1,467	0,147	0,275	288,984

32,0	71,269	125,915	0,62	1,01	0,284	462,509
33,0	71,464	125,75	1,435	-0,703	0,313	232,572
34,0	71,614	125,622	1,81	-0,655	0,105	278,77
35,0	71,939	125,347	1,819	0,641	0,179	490,232
36,0	72,749	124,659	2,527	0,252	0,445	869,337
37,0	73,983	123,613	3,625	-2,04	0,488	1372,842
38,0	74,748	122,964	3,94	0,622	0,211	1694,633
39,0	77,933	120,262	4,464	0,764	0,808	3511,915
40,0	82,075	116,748	6,334	-3,517	0,928	4547,806
41,0	84,471	114,716	7,611	-1,212	0,378	5200,335
42,0	92,608	107,813	9,566	-3,479	1,069	10175,02
43,0	98,687	103,621	10,75	-4,586	0,635	10436,46
44,0	103,643	100,464	11,88	-3,087	0,461	11569,49
45,0	114,494	93,553	6,238	3,455	0,913	15956,52
46,0	124,101	87,238	7,164	0,236	1,54	9083,657
47,0	131,429	82,348	8,782	-3,436	1,023	7782,707
48,0	135,354	79,832	6,424	2,797	0,447	7950,422
49,0	144,304	74,209	1,896	2,477	1,393	8321,031
50,0	145,722	73,318	2,813	0,576	0,748	1420,022
51,0	147,066	72,473	2,967	0,766	0,478	1291,243
52,0	148,657	71,474	3,843	-0,255	0,536	1511,059
53,0	150,349	70,41	2,123	1,929	0,44	1917,48
54,0	151,762	69,523	0,913	1,508	0,665	1325,45
55,0	152,149	69,279	0,946	0,76	0,424	402,583
56,0	152,411	69,115	0,123	0,765	0,276	237,82
57,0	152,432	69,102	0,188	0,384	0,172	44,394
58,0	152,451	69,09	0,121	0,226	0,102	21,817
59,0	152,459	69,085	0,034	0,151	0,062	7,961
60,0	152,46	69,084	0,08	0,045	0,035	2,001
61,0	152,461	69,083	0,013	0,06	0,019	1,383
62,0	152,461	69,083	0,03	0,018	0,014	0,309
63,0	152,462	69,083	0,031	0,015	0,008	0,204
64,0	152,462	69,083	0,03	0,017	0,007	0,207
65,0	152,462	69,083	0,018	0,022	0,007	0,199
66,0	152,462	69,083	0,013	0,015	0,007	0,116
67,0	152,462	69,083	0,022	0,0	0,005	0,059
68,0	152,462	69,083	0,027	0,0	0,003	0,066
69,0	152,462	69,083	0,021	0,013	0,003	0,094
70,0	152,463	69,083	0,03	0,002	0,006	0,109
71,0	152,463	69,082	0,04	-0,01	0,005	0,142
72,0	152,463	69,082	0,047	-0,013	0,003	0,179
73,0	152,463	69,082	0,051	0,007	0,004	0,251
74,0	152,463	69,082	0,067	-0,027	0,008	0,395
75,0	152,464	69,082	0,051	0,033	0,003	0,455

76,0	152,464	69,081	0,008	0,042	0,013	0,617
77,0	152,464	69,081	0,017	0,014	0,01	0,143
78,0	152,464	69,081	0,018	0,01	0,005	0,085
79,0	152,465	69,081	0,004	0,014	0,004	0,068

**Lancio n° 9 Xp=66,21 m Yp=132,83 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	66,93	129,596	3,221	0,269	0,716	3123,709
2,0	68,901	127,924	4,495	-0,649	0,612	2193,211
3,0	71,802	125,463	5,579	-0,22	0,645	3582,825
4,0	76,934	121,109	6,375	0,253	0,92	6009,509
5,0	84,29	114,869	4,105	2,03	1,154	8366,387
6,0	88,904	110,955	6,428	-2,068	1,124	4949,707
7,0	93,34	107,192	8,072	-3,015	0,69	6370,032
8,0	97,381	104,453	3,032	3,288	0,501	7231,67
9,0	100,607	102,398	1,237	1,985	1,064	3153,27
10,0	101,307	101,953	1,815	0,642	0,565	732,814
11,0	101,972	101,529	1,864	0,7	0,367	617,264
12,0	102,689	101,072	0,918	1,195	0,385	667,474
13,0	103,022	100,86	0,224	0,932	0,363	328,394
14,0	103,071	100,829	0,794	-0,155	0,219	79,492
15,0	103,128	100,793	0,266	0,502	0,071	73,873
16,0	103,164	100,769	0,308	0,255	0,137	40,276
17,0	103,193	100,751	0,311	0,187	0,092	25,909
18,0	103,217	100,736	0,446	0,007	0,078	22,212
19,0	103,243	100,719	0,565	-0,077	0,059	27,999
20,0	103,276	100,698	0,69	-0,123	0,058	39,638
21,0	103,32	100,67	0,819	-0,059	0,064	57,239
22,0	103,398	100,621	0,367	0,52	0,094	88,233
23,0	103,454	100,585	0,104	0,402	0,154	57,129
24,0	103,464	100,578	0,116	0,179	0,095	15,305
25,0	103,47	100,575	0,196	0,035	0,051	5,997
26,0	103,476	100,571	0,261	-0,04	0,033	6,182
27,0	103,483	100,566	0,318	-0,084	0,026	8,322
28,0	103,491	100,561	0,257	0,148	0,024	11,36
29,0	103,507	100,551	0,208	0,169	0,064	15,064
30,0	103,52	100,543	0,297	0,042	0,061	11,759
31,0	103,534	100,534	0,172	0,188	0,047	13,855
32,0	103,544	100,527	0,26	0,05	0,061	9,979
33,0	103,556	100,52	0,188	0,152	0,044	11,014
34,0	103,566	100,513	0,258	0,055	0,055	9,659

35,0	103,578	100,506	0,308	0,048	0,045	11,092
36,0	103,593	100,496	0,342	0,085	0,05	15,074
37,0	103,614	100,483	0,306	0,174	0,062	20,181
38,0	103,637	100,468	0,463	-0,07	0,075	21,116
39,0	103,658	100,455	0,432	0,172	0,046	26,185
40,0	103,698	100,43	0,575	0,034	0,091	36,676
41,0	103,745	100,4	0,132	0,386	0,082	48,42
42,0	103,757	100,392	0,332	0,029	0,096	16,777
43,0	103,773	100,381	0,078	0,223	0,049	16,421
44,0	103,778	100,379	0,053	0,118	0,056	5,66
45,0	103,779	100,378	0,019	0,069	0,031	1,858
46,0	103,78	100,377	0,015	0,032	0,017	0,461
47,0	103,78	100,377	0,005	0,019	0,008	0,138

**Lancio n° 10 Xp=69,26 m Yp=130,24 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	69,98	127,008	2,411	0,869	0,716	3123,709
2,0	71,413	125,793	3,357	0,143	0,594	1520,583
3,0	73,459	124,057	1,614	1,791	0,61	2316,437
4,0	74,498	123,175	2,684	0,285	0,644	1163,643
5,0	75,9	121,986	3,942	-1,587	0,522	1554,828
6,0	77,312	120,788	4,398	0,538	0,358	2250,932
7,0	81,14	117,541	6,257	-1,937	0,87	4251,394
8,0	85,441	113,893	6,576	0,709	0,687	6096,074
9,0	93,87	106,742	6,917	0,548	1,282	9407,999
10,0	100,929	102,193	1,975	2,645	1,021	7261,062
11,0	102,501	101,192	3,683	-0,617	0,796	1595,168
12,0	103,799	100,365	4,41	-1,019	0,353	1638,636
13,0	105,409	99,34	2,809	2,053	0,365	2245,244
14,0	107,609	97,939	4,104	-0,169	0,783	2048,809
15,0	109,654	96,636	2,205	2,016	0,498	2264,007
16,0	111,191	95,657	3,643	-0,672	0,697	1452,834
17,0	112,416	94,877	4,191	-0,142	0,336	1582,647
18,0	114,575	93,501	3,279	1,675	0,515	2384,706
19,0	117,09	91,899	1,785	1,781	0,767	2327,956
20,0	118,162	91,202	3,085	-0,679	0,6	1026,47
21,0	119,03	90,623	3,707	-1,303	0,281	1161,892
22,0	119,915	90,032	4,329	-1,37	0,239	1523,912
23,0	121,255	89,137	3,934	1,346	0,31	2134,198
24,0	124,44	87,012	3,441	1,48	0,81	3056,636
25,0	127,089	85,245	1,013	1,899	0,77	2509,025

26,0	127,621	84,89	1,512	0,664	0,525	596,927
27,0	128,136	84,545	2,23	-0,984	0,341	482,457
28,0	128,365	84,393	1,315	1,25	0,103	515,594
29,0	128,936	84,012	0,601	1,075	0,434	555,023
30,0	129,117	83,891	1,337	-0,439	0,301	196,739
31,0	129,24	83,809	0,619	0,815	0,092	200,097
32,0	129,395	83,705	0,707	0,459	0,25	158,486
33,0	129,529	83,616	1,129	-0,455	0,19	124,903
34,0	129,598	83,57	0,577	0,682	0,061	135,629
35,0	129,724	83,486	0,199	0,562	0,218	125,9
36,0	129,752	83,467	0,542	-0,073	0,142	36,784
37,0	129,784	83,446	0,673	-0,205	0,059	38,163
38,0	129,817	83,424	0,8	-0,125	0,05	51,998
39,0	129,884	83,379	0,318	0,515	0,084	82,846
40,0	129,931	83,348	0,116	0,365	0,148	50,65
41,0	129,942	83,341	0,277	0,065	0,09	14,442
42,0	129,956	83,331	0,286	0,111	0,051	13,586
43,0	129,973	83,32	0,36	0,064	0,062	16,656
44,0	129,996	83,305	0,495	-0,117	0,062	22,097
45,0	130,017	83,29	0,315	0,283	0,044	29,598
46,0	130,049	83,269	0,35	0,192	0,101	30,512
47,0	130,079	83,249	0,531	-0,07	0,087	28,391
48,0	130,11	83,228	0,57	0,123	0,058	36,984
49,0	130,169	83,189	0,162	0,404	0,103	57,477
50,0	130,186	83,178	0,397	-0,011	0,104	21,008
51,0	130,206	83,164	0,502	-0,055	0,052	22,481
52,0	130,235	83,145	0,584	0,046	0,057	33,722
53,0	130,287	83,111	0,778	-0,285	0,089	53,602
54,0	130,324	83,086	0,901	-0,342	0,048	66,233
55,0	130,371	83,054	1,056	-0,274	0,053	88,167
56,0	130,464	82,992	1,241	-0,05	0,088	132,644
57,0	130,661	82,861	1,587	-0,587	0,159	219,081
58,0	130,814	82,759	1,034	0,868	0,096	275,272
59,0	131,142	82,54	1,508	0,216	0,318	314,788
60,0	131,518	82,289	0,942	0,902	0,249	375,843
61,0	131,812	82,093	0,542	0,769	0,312	282,999
62,0	131,937	82,009	0,393	0,501	0,231	127,304
63,0	131,998	81,969	0,123	0,377	0,156	60,614
64,0	132,009	81,961	0,223	0,123	0,093	15,419
65,0	132,022	81,953	0,205	0,131	0,055	11,45
66,0	132,033	81,945	0,119	0,155	0,055	10,437
67,0	132,039	81,941	0,228	-0,039	0,048	5,7
68,0	132,044	81,938	0,28	-0,046	0,023	6,584
69,0	132,052	81,932	0,344	-0,131	0,029	10,034

70,0	132,059	81,928	0,395	-0,017	0,02	12,84
71,0	132,079	81,915	0,234	0,243	0,05	22,147
72,0	132,098	81,902	0,046	0,226	0,081	18,537
73,0	132,1	81,9	0,184	-0,035	0,052	4,364
74,0	132,103	81,898	0,225	-0,044	0,018	4,205
75,0	132,108	81,895	0,274	-0,04	0,022	6,308
76,0	132,116	81,89	0,285	0,077	0,029	9,791
77,0	132,132	81,879	0,079	0,206	0,054	15,029
78,0	132,136	81,876	0,073	0,104	0,053	5,296
79,0	132,138	81,875	0,135	0,001	0,031	2,303
80,0	132,141	81,873	0,175	-0,061	0,018	2,662
81,0	132,143	81,872	0,11	0,1	0,011	3,38
82,0	132,147	81,869	0,193	-0,069	0,035	3,74
83,0	132,149	81,868	0,071	0,124	0,012	4,125
84,0	132,152	81,866	0,147	-0,002	0,035	2,744
85,0	132,154	81,864	0,132	0,066	0,02	3,137
86,0	132,159	81,861	0,081	0,095	0,031	3,905
87,0	132,161	81,86	0,146	-0,013	0,03	2,42
88,0	132,164	81,858	0,184	-0,038	0,017	2,888
89,0	132,167	81,856	0,223	-0,085	0,017	4,193
90,0	132,17	81,854	0,118	0,136	0,013	5,43
91,0	132,175	81,85	0,07	0,11	0,044	5,177
92,0	132,177	81,849	0,059	0,067	0,032	2,318
93,0	132,178	81,848	0,014	0,055	0,022	1,246
94,0	132,179	81,848	0,01	0,028	0,013	0,283
95,0	132,179	81,848	0,028	-0,006	0,007	0,093
96,0	132,179	81,848	0,029	0,008	0,003	0,1
97,0	132,179	81,848	0,018	0,019	0,005	0,147
98,0	132,179	81,848	0,004	0,017	0,006	0,11

#### Tipologie definite n°1

Descr.	H (cm)	Spessore (cm)	Inclinazione (°)	E (KJ)
barriera paramassi	500,0	30,0	90,0	3000,0

#### Opere di protezione inserite n°1

Descr.	Tipo	xb (m)	yb (m)	E (KJ)
barriera paramassi	1,0	207,0	32,0	3000,0

Descr.	Xb (m)	Yb(m)	HpMax (m)	Vmax (m/s)	Emax (KJ)
barriera p	207,0	32,0	0,0	0,0	1000,0

Dove **HpMax** rappresenta l'Altezza massima, **Vmax** la Velocità massima,

**Emax** l'Energia massima del masso significativamente prima dell'impatto sulla barriera.

Lo studio delle citate traiettorie permette di determinare come, in alcuni casi, i blocchi si arrestano prima della barriera per l'effetto di trattenuta esercitato dalla coltre arborea presente; quelle che prevedono l'arrivo di frammenti lapidei in corrispondenza dell'opera di difesa risultano di energia estremamente ridotta e molto inferiore alla capacità della stessa.

#### ELABORAZIONI STATISTICHE

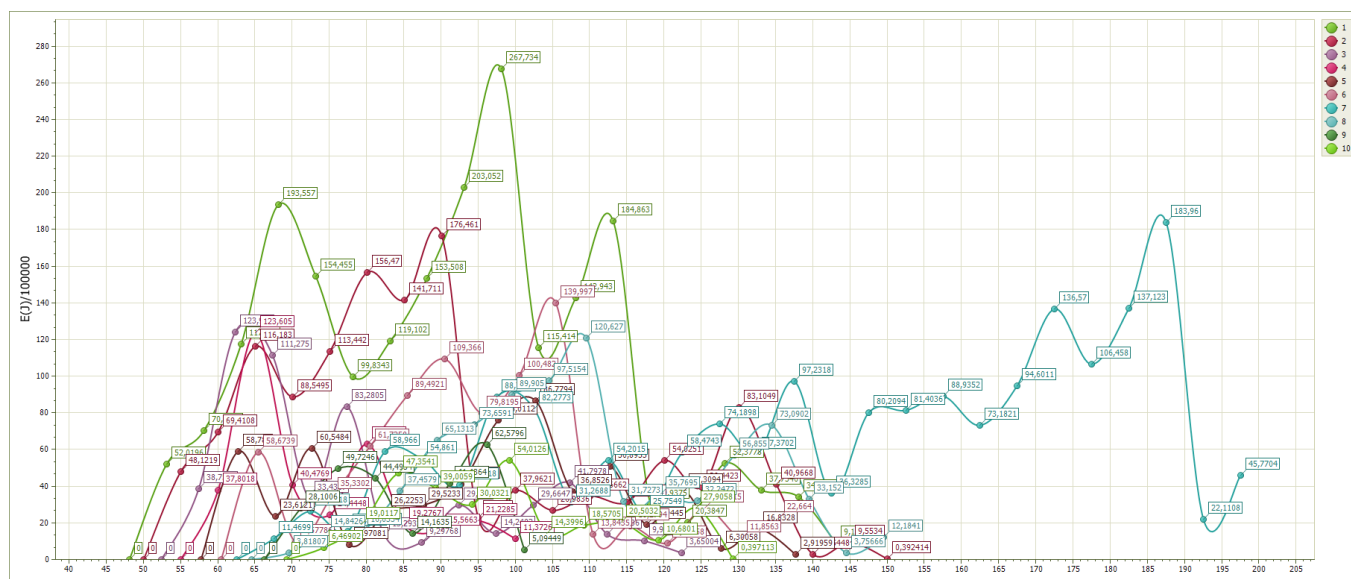
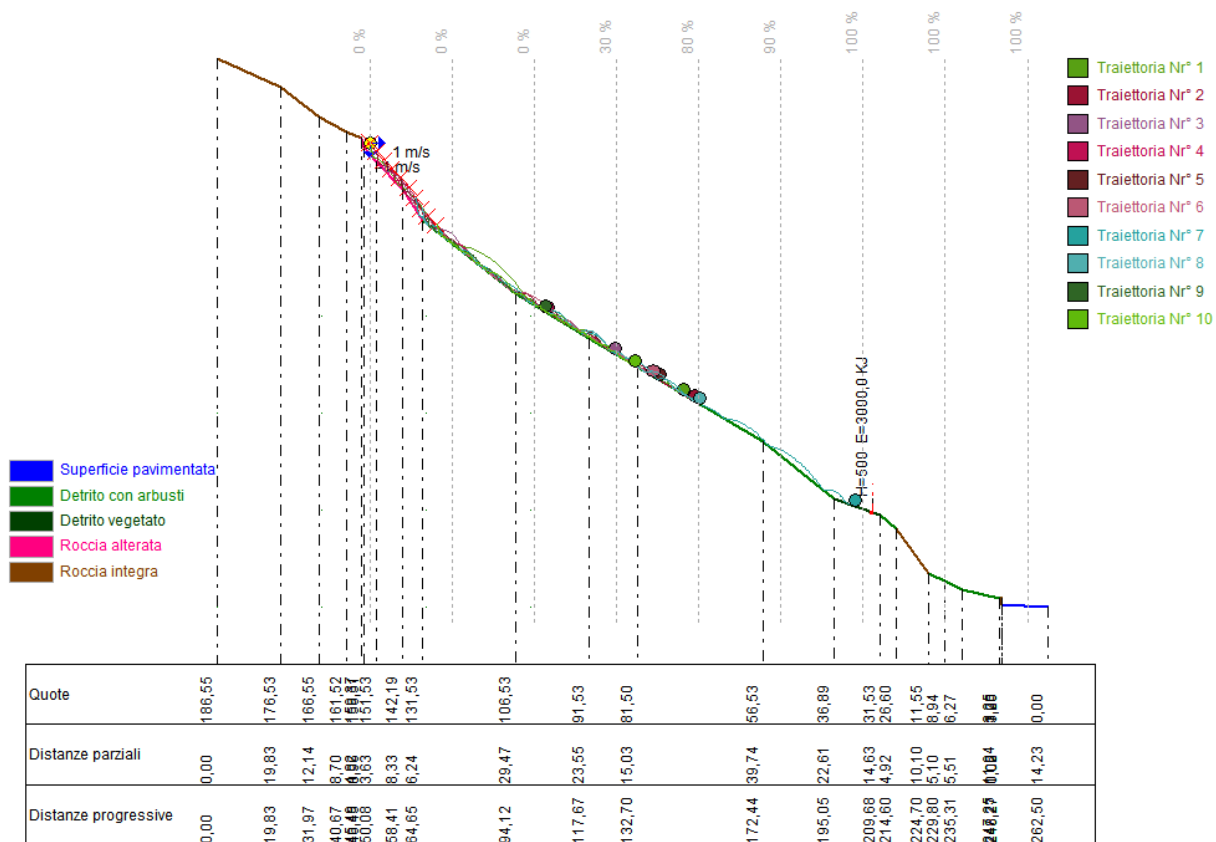
Velocità massima	23,129 m/s
Velocità minima	0,034 m/s
Velocità media	3,701 m/s
Scarto quadratico medio	4,676 m/s
Energia massima al momento iniziale	17.778,918 KJ
Energia massima pre-impatto	1.000,179 KJ
Scarto quadratico energia	2785,639 KJ
Ascissa media di arresto	139,622 m
Ascissa massima raggiunta	201,716 m

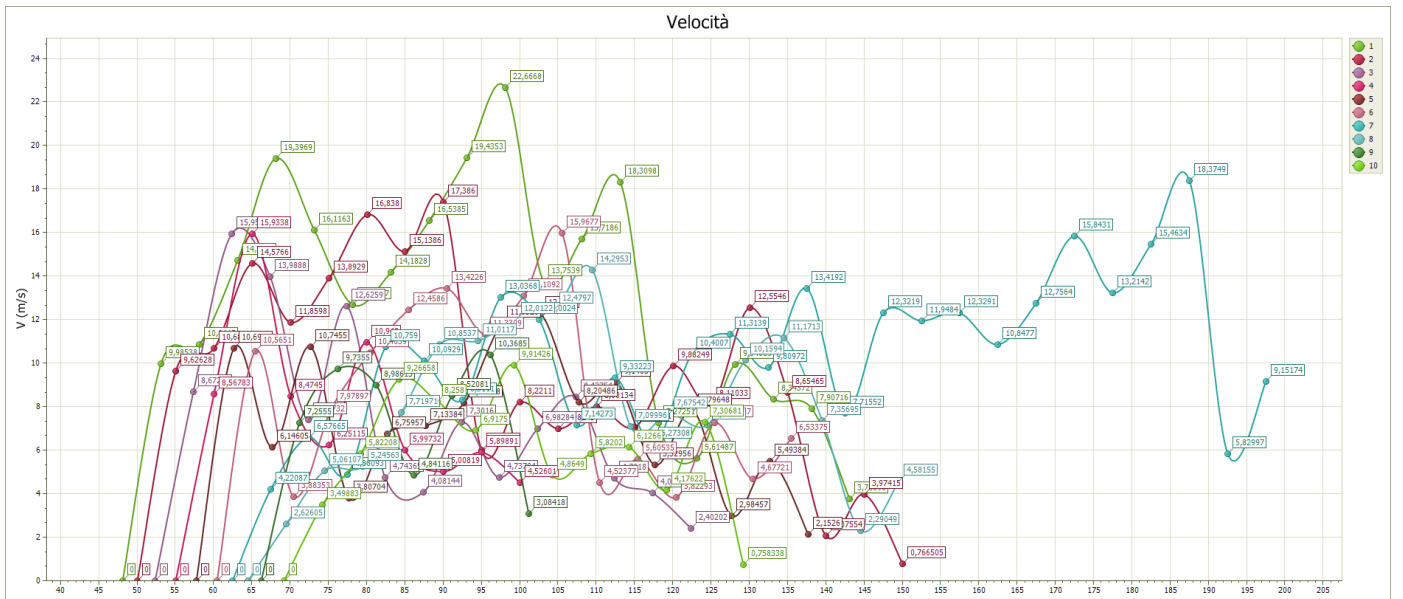
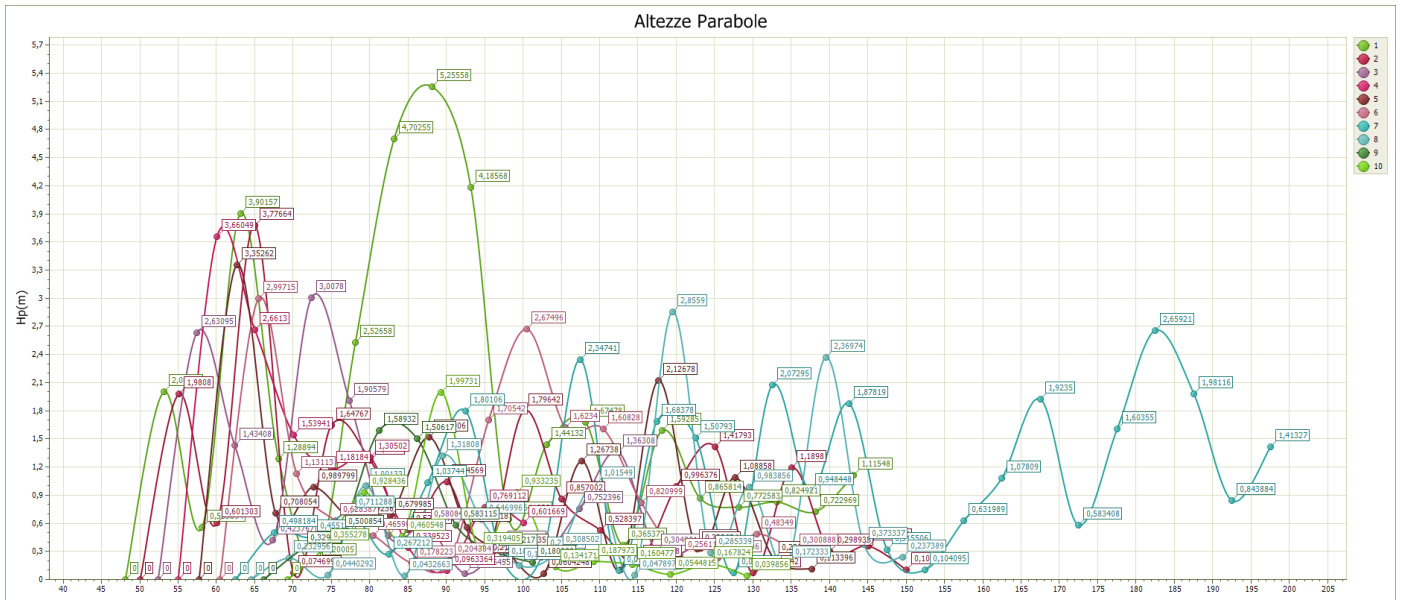
% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
126,15	30
152,15	80
178,15	90
204,15	100
230,15	100
256,15	100









**B) MASSO DI FORMA CILINDRICA  $D = 4\text{ m} - L = 4.5\text{ m}$ ;**

**CARATTERISTICHE DEL BLOCCO**

**Forma del blocco Cilindrico**

Densità	2.345,0 Kg/m <sup>3</sup>
Elasticità	6490000,0 kPa
Velocità iniziale in x	1,0 m/s
Velocità iniziale in y	-1,0 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	4,0 m
Lunghezza cilindro	4,5 m

**VELOCITÀ DI PROGETTO DEI BLOCCHI**

Coefficiente di affidabilità di calcolo delle traiettorie	1,1
Coefficiente qualità discretizzazione topografia pendio	1,1
Coefficiente di sicurezza velocità	1,21

**MASSA DEL BLOCCO DI PROGETTO**

Coefficiente valutazione massa	1,1
Coefficiente precisione rilievo	1,1
Coefficiente precisione rilievo	1,21

**ENERGIA SOLLECITANTE DI PROGETTO**

Coefficiente amplificativo energia	1,05
------------------------------------	------

**BARRIERE**

Coefficiente di sicurezza da applicare ai valori energetici MEL o SEL...1

Massa	160454,0 Kg
Peso	160454,0 Kgf
Momento d'inerzia	356380,3 Kgxm <sup>2</sup>

## Elenco materiali

N	Descrizione	Coefficiente restituzione normale Rn	Coefficiente restituzione tangenziale Rt	Rugosità (m)	Frequenza (m)	Angolo attrito (°)	
1	Roccia integra	0,9	0,8	0		0	
2	Roccia alterata	0,9	0,4	0,5	0,3	35	
3	Sabbia	0,4	0,6	0		0	
4	Detrito	0,6	0,6	0		0	
5	Detrito fino	0,32	0,82	0		0	
6	Detrito vegetato	0,29	0,8	0	0	0	
7	Detrito con arbusti	0,3	0,7	4	4,5	0	
8	Terreno o prato	0,31	0,79	0		0	
9	Superficie pavimentata	0,4	0,9	0		0	

## DATI PENDIO

N	X (m)	Y (m)	Materiale
1	0,0	186,55	Roccia integra
2	19,83	176,53	Roccia integra
3	31,97	166,55	Roccia integra
4	40,67	161,52	Roccia integra
5	45,49	159,37	Roccia alterata
6	46,45	156,51	Roccia alterata
7	50,08	151,53	Roccia alterata
8	58,41	142,19	Roccia alterata
9	64,65	131,53	Detrito con arbusti
10	94,12	106,53	Detrito con arbusti
11	117,67	91,53	Detrito con arbusti
12	132,7	81,5	Detrito con arbusti
13	172,44	56,53	Detrito con arbusti
14	195,05	36,89	Detrito vegetato
15	209,68	31,53	Detrito con arbusti
16	214,6	26,6	Roccia integra
17	224,7	11,55	Detrito con arbusti
18	229,8	8,94	Detrito con arbusti
19	235,31	6,27	Detrito con arbusti
20	247,25	3,25	Roccia integra
21	248,27	3,25	Roccia integra
22	248,27	1,0	Superficie pavimentata
23	262,5	0,0	Superficie pavimentata

## IMPATTO

Lancio n° 1 Xp=48,15 m Yp=157,73 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	49,04	152,957	6,176	-1,126	0,89	7718,866
2,0	56,61	144,209	9,031	-2,07	1,226	18062,18
3,0	72,888	124,542	8,713	-0,33	1,802	40988,86
4,0	85,43	113,902	10,368	-3,818	1,44	26179,32
5,0	95,37	105,734	4,533	3,374	0,959	28004,94
6,0	101,156	102,048	6,431	-0,992	1,277	9724,543
7,0	105,226	99,456	6,818	0,245	0,633	9285,619
8,0	111,602	95,395	8,037	-2,518	0,935	12127,17
9,0	115,865	92,68	5,997	2,691	0,53	13064,17
10,0	123,999	87,307	6,158	0,909	1,356	13765,25
11,0	130,299	83,102	3,688	2,373	1,023	11370,54
12,0	133,897	80,748	3,3	1,538	0,976	6022,583
13,0	136,326	79,221	1,716	1,881	0,736	3976,116
14,0	137,361	78,571	2,682	0,097	0,603	1758,373
15,0	138,336	77,959	1,747	1,438	0,363	1827,936
16,0	139,239	77,391	2,673	-0,242	0,517	1487,141
17,0	140,022	76,899	1,376	1,562	0,293	1647,565
18,0	140,703	76,471	0,933	1,149	0,495	1171,509
19,0	141,033	76,264	0,618	0,822	0,354	562,157
20,0	141,186	76,168	0,841	0,323	0,247	261,537
21,0	141,332	76,076	1,155	-0,296	0,174	237,397
22,0	141,433	76,013	1,133	0,333	0,088	274,494
23,0	141,674	75,861	0,466	0,812	0,213	408,007
24,0	141,78	75,795	0,588	0,392	0,225	198,075
25,0	141,871	75,738	0,81	0,051	0,155	145,078
26,0	141,963	75,68	0,379	0,539	0,114	170,293
27,0	142,023	75,642	0,282	0,375	0,159	107,301
28,0	142,055	75,622	0,095	0,293	0,112	54,335
29,0	142,062	75,618	0,086	0,15	0,072	16,229
30,0	142,065	75,615	0,037	0,1	0,042	6,555
31,0	142,066	75,615	0,026	0,055	0,025	2,05
32,0	142,067	75,615	0,027	0,028	0,014	0,73
33,0	142,067	75,614	0,005	0,026	0,009	0,399

**Lancio n° 2 Xp=50,06 m Yp=154,95 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	50,904	150,606	5,99	-0,245	0,845	7049,119
2,0	59,232	140,787	7,275	-5,912	1,39	19287,64
3,0	66,518	129,946	8,077	0,133	1,002	27745,87
4,0	78,019	120,189	4,864	2,257	1,424	23431,95
5,0	84,35	114,818	7,017	-2,028	1,302	11977,02
6,0	89,964	110,056	7,839	-5,576	0,8	14072,31
7,0	91,679	108,601	5,248	3,271	0,219	13809,16
8,0	99,143	103,331	3,508	2,048	1,422	12982,43
9,0	102,206	101,38	3,814	0,999	0,873	5050,626
10,0	104,871	99,682	4,949	-1,498	0,699	4538,348
11,0	106,54	98,619	4,347	1,616	0,337	4972,409
12,0	110,426	96,144	5,65	-0,86	0,894	6517,817
13,0	113,582	94,134	3,917	2,305	0,558	7177,763
14,0	117,416	91,692	5,466	-0,936	0,979	6341,086
15,0	120,422	89,693	2,65	2,628	0,55	6920,853
16,0	122,798	88,108	1,153	2,006	0,896	4151,121
17,0	123,45	87,673	0,797	1,22	0,566	1277,197
18,0	123,735	87,483	1,27	0,328	0,357	523,082
19,0	124,039	87,28	1,086	0,663	0,24	518,883
20,0	124,347	87,075	1,123	0,561	0,283	508,904
21,0	124,647	86,874	1,237	0,46	0,267	496,225
22,0	124,971	86,658	1,429	0,363	0,262	543,824
23,0	125,354	86,402	1,766	0,14	0,268	660,317
24,0	125,829	86,085	1,221	1,01	0,269	877,35
25,0	126,283	85,782	0,427	1,043	0,372	764,042
26,0	126,399	85,705	0,924	0,141	0,271	251,937
27,0	126,541	85,61	0,869	0,404	0,155	251,29
28,0	126,716	85,493	1,263	-0,373	0,201	290,693
29,0	126,837	85,413	1,38	-0,773	0,096	339,929
30,0	126,879	85,385	1,464	0,215	0,03	355,381
31,0	127,234	85,148	1,559	0,469	0,243	642,474
32,0	127,714	84,827	1,043	0,976	0,308	819,649
33,0	128,069	84,59	1,72	-0,25	0,341	601,719
34,0	128,384	84,38	1,999	-0,034	0,183	696,338
35,0	128,914	84,027	1,948	0,703	0,265	1046,379
36,0	129,709	83,496	2,688	-0,469	0,408	1347,134
37,0	130,436	83,011	3,165	-1,206	0,27	1674,16
38,0	131,02	82,621	2,512	1,445	0,185	2036,894
39,0	132,619	81,554	1,128	1,688	0,636	2688,977
40,0	133,172	81,204	0,545	1,169	0,49	1002,0
41,0	133,34	81,098	1,084	0,165	0,308	339,401

42,0	133,527	80,98	0,511	0,718	0,173	325,209
43,0	133,635	80,912	0,934	-0,05	0,212	191,943
44,0	133,737	80,848	0,929	0,287	0,109	205,595
45,0	133,902	80,745	1,257	-0,362	0,178	276,57
46,0	134,012	80,676	1,254	0,328	0,087	318,922
47,0	134,297	80,497	0,668	0,848	0,227	486,105
48,0	134,47	80,388	0,333	0,658	0,258	299,097
49,0	134,528	80,351	0,171	0,418	0,177	113,922
50,0	134,547	80,34	0,303	0,131	0,107	38,757
51,0	134,567	80,327	0,421	-0,147	0,065	31,812
52,0	134,577	80,321	0,34	0,201	0,024	34,487
53,0	134,606	80,303	0,363	0,17	0,084	46,966
54,0	134,635	80,284	0,152	0,277	0,081	47,692
55,0	134,647	80,277	0,085	0,182	0,076	21,846
56,0	134,651	80,274	0,146	0,054	0,048	8,101
57,0	134,655	80,272	0,037	0,11	0,03	7,041
58,0	134,656	80,271	0,063	0,042	0,027	2,371
59,0	134,657	80,27	0,085	0,01	0,017	1,67
60,0	134,658	80,27	0,031	0,06	0,013	1,945
61,0	134,659	80,269	0,046	0,025	0,016	0,987
62,0	134,659	80,269	0,025	0,034	0,011	0,793
63,0	134,659	80,269	0,042	0,003	0,01	0,427
64,0	134,66	80,269	0,052	-0,021	0,006	0,474
65,0	134,66	80,269	0,056	0,004	0,002	0,515
66,0	134,66	80,268	0,026	0,039	0,008	0,851
67,0	134,66	80,268	0,05	-0,01	0,011	0,516
68,0	134,661	80,268	0,059	-0,013	0,005	0,547
69,0	134,661	80,268	0,068	-0,009	0,005	0,738
70,0	134,661	80,268	0,032	0,045	0,007	1,058
71,0	134,662	80,267	0,026	0,031	0,013	0,768
72,0	134,662	80,267	0,022	0,022	0,01	0,442
73,0	134,662	80,267	0,019	0,016	0,007	0,248
74,0	134,662	80,267	0,029	-0,002	0,006	0,175
75,0	134,663	80,267	0,034	-0,015	0,003	0,199

**Lancio n° 3 Xp=52,39 m Yp=151,95 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	53,181	148,054	5,805	-0,194	0,795	6338,063
2,0	62,4	135,375	8,449	-5,548	1,588	23543,17
3,0	69,282	127,6	7,687	1,296	0,815	24467,13
4,0	81,534	117,207	9,07	-1,627	1,594	23871,11
5,0	92,752	107,69	5,614	2,445	1,237	25493,87

6,0	99,904	102,846	7,54	-3,174	1,274	12240,1
7,0	102,408	101,251	8,343	-1,942	0,332	10794,29
8,0	108,144	97,598	9,072	-0,851	0,687	14867,36
9,0	117,255	91,794	10,037	-1,967	1,004	19419,77
10,0	126,909	85,365	10,709	-1,248	0,962	23093,56
11,0	139,301	77,352	11,691	-3,235	1,157	27033,32
12,0	149,098	71,197	12,593	-3,624	0,838	27967,33
13,0	160,108	64,279	8,998	3,032	0,874	32243,91
14,0	177,135	52,452	3,733	2,703	1,892	29796,7
15,0	181,66	48,521	6,093	-2,081	1,212	8782,697
16,0	185,65	45,055	7,486	-2,234	0,655	10556,31
17,0	192,164	39,397	8,779	-1,501	0,87	16460,49
18,0	198,712	35,548	9,731	-2,345	0,746	15873,25
19,0	201,134	34,661	9,774	-3,233	0,249	13839,79
20,0	201,828	34,407	9,673	-3,443	0,071	13620,57
21,0	202,027	34,334	9,529	-3,462	0,021	13268,46
22,0	202,084	34,313	9,374	-3,426	0,006	12858,14
23,0	202,1	34,307	9,218	-3,375	0,002	12438,3
24,0	202,104	34,306	9,064	-3,32	0,0	12026,25

**Lancio n° 4 Xp=55,05 m Yp=148,96 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	55,843	145,068	5,551	0,878	0,795	6338,063
2,0	65,94	130,436	1,754	1,594	1,819	26293,05
3,0	67,043	129,5	0,718	1,481	0,628	2117,567
4,0	67,348	129,241	0,572	0,874	0,426	688,373
5,0	67,507	129,107	0,267	0,641	0,277	321,526
6,0	67,554	129,067	0,703	-0,219	0,177	109,442
7,0	67,608	129,021	0,789	0,16	0,077	137,831
8,0	67,741	128,908	0,786	0,418	0,169	255,982
9,0	67,915	128,76	1,28	-0,569	0,221	322,662
10,0	68,05	128,646	1,268	0,477	0,105	421,153
11,0	68,451	128,305	1,4	0,603	0,317	754,957
12,0	68,963	127,871	1,536	0,67	0,365	950,825
13,0	69,581	127,347	2,418	-0,705	0,402	1147,943
14,0	70,244	126,784	1,827	1,269	0,274	1662,312
15,0	71,294	125,894	3,099	-0,928	0,575	1978,381
16,0	72,369	124,982	3,745	-2,188	0,347	2714,461
17,0	73,125	124,341	4,503	-1,702	0,202	3345,598
18,0	75,069	122,691	5,426	-0,432	0,432	5474,093
19,0	79,684	118,777	6,248	0,031	0,85	9806,996
20,0	86,475	113,015	7,965	-3,396	1,087	13860,08



21,0	91,933	108,385	9,265	-1,68	0,685	16574,54
22,0	100,818	102,264	10,302	-4,694	0,959	20619,3
23,0	104,74	99,765	10,007	1,207	0,381	19865,38
24,0	120,312	89,767	11,124	-2,769	1,556	28332,68
25,0	130,868	82,723	7,356	3,022	0,949	27399,73
26,0	142,399	75,406	8,063	-0,02	1,568	19338,26
27,0	150,692	70,195	8,868	-0,911	1,029	16232,6
28,0	159,12	64,899	3,804	3,32	0,95	18170,0
29,0	163,549	62,117	2,843	1,91	1,164	7488,075
30,0	165,692	60,77	2,529	1,388	0,754	3499,794
31,0	167,227	59,805	0,833	1,708	0,607	2490,193
32,0	167,606	59,567	1,161	0,702	0,455	762,962
33,0	167,945	59,354	0,277	0,908	0,292	540,286
34,0	168,006	59,316	0,609	0,237	0,221	152,118
35,0	168,083	59,268	0,802	-0,031	0,126	123,914
36,0	168,161	59,219	0,244	0,554	0,096	154,488
37,0	168,196	59,197	0,36	0,241	0,144	74,399
38,0	168,23	59,175	0,115	0,294	0,095	54,497
39,0	168,239	59,17	0,173	0,119	0,075	18,478
40,0	168,247	59,165	0,252	-0,018	0,046	12,697
41,0	168,254	59,16	0,286	0,017	0,029	14,883
42,0	168,265	59,153	0,359	-0,087	0,04	21,436
43,0	168,275	59,147	0,395	0,027	0,028	26,855
44,0	168,298	59,133	0,406	0,13	0,056	41,201
45,0	168,33	59,113	0,267	0,269	0,078	53,182
46,0	168,353	59,098	0,207	0,218	0,089	39,449
47,0	168,368	59,089	0,262	0,103	0,071	24,262
48,0	168,382	59,08	0,36	-0,141	0,055	23,239
49,0	168,389	59,076	0,397	-0,002	0,017	24,584
50,0	168,409	59,063	0,482	-0,19	0,05	39,176
51,0	168,42	59,056	0,542	-0,06	0,023	44,326
52,0	168,451	59,037	0,64	-0,053	0,057	67,535
53,0	168,496	59,008	0,744	0,0	0,071	95,799
54,0	168,567	58,963	0,8	0,17	0,095	137,667
55,0	168,677	58,895	0,512	0,512	0,137	189,183
56,0	168,764	58,84	0,462	0,384	0,17	144,643
57,0	168,827	58,8	0,289	0,368	0,138	102,407
58,0	168,86	58,78	0,367	0,173	0,112	55,274
59,0	168,89	58,761	0,388	0,158	0,082	48,621
60,0	168,922	58,741	0,491	0,048	0,082	51,841
61,0	168,958	58,718	0,189	0,342	0,073	64,592
62,0	168,975	58,707	0,088	0,257	0,094	34,066
63,0	168,981	58,703	0,126	0,118	0,064	13,4
64,0	168,986	58,7	0,039	0,113	0,04	8,177
65,0	168,987	58,7	0,027	0,067	0,028	2,504

66,0	168,988	58,699	0,065	-0,006	0,017	0,986
67,0	168,988	58,699	0,029	0,043	0,007	0,982
68,0	168,988	58,699	0,051	0,004	0,012	0,646
69,0	168,989	58,699	0,064	-0,02	0,007	0,685
70,0	168,989	58,698	0,033	0,041	0,004	0,83
71,0	168,99	58,698	0,017	0,034	0,013	0,728
72,0	168,99	58,698	0,012	0,02	0,009	0,3
73,0	168,99	58,698	0,004	0,014	0,006	0,117

**Lancio n° 5 Xp=57,71 m Yp=145,98 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	58,513	142,014	5,273	-2,766	0,803	6447,297
2,0	64,977	131,253	2,042	1,887	1,226	20968,45
3,0	66,484	129,974	2,434	1,0	0,738	2913,592
4,0	68,005	128,684	3,253	0,281	0,625	2834,164
5,0	70,022	126,973	4,262	-0,248	0,62	3971,983
6,0	72,947	124,492	5,447	-0,746	0,686	6127,39
7,0	77,25	120,841	5,958	0,454	0,79	9456,434
8,0	83,94	115,166	7,126	-0,577	1,123	13308,01
9,0	91,885	108,426	8,28	-1,042	1,115	16902,73
10,0	99,856	102,876	6,221	2,255	0,963	17340,61
11,0	107,741	97,854	4,991	1,841	1,268	13288,88
12,0	112,85	94,6	6,524	-1,685	1,024	8571,948
13,0	116,136	92,507	7,15	-0,4	0,504	8896,587
14,0	122,432	88,352	5,673	2,047	0,88	12879,16
15,0	129,177	83,851	6,194	0,542	1,189	11540,68
16,0	134,963	80,078	5,306	1,676	0,934	10678,65
17,0	140,382	76,673	3,819	2,026	1,021	9138,856
18,0	143,828	74,508	1,405	2,204	0,902	5656,694
19,0	144,712	73,953	0,75	1,478	0,629	1644,811
20,0	145,01	73,766	1,202	0,486	0,397	589,315
21,0	145,314	73,574	0,835	0,754	0,253	492,18
22,0	145,532	73,438	0,362	0,719	0,261	356,405
23,0	145,601	73,394	0,168	0,486	0,193	135,679
24,0	145,622	73,381	0,269	0,197	0,121	47,345
25,0	145,642	73,368	0,049	0,23	0,075	31,801
26,0	145,644	73,367	0,132	0,061	0,053	8,1
27,0	145,648	73,364	0,183	-0,032	0,029	6,125
28,0	145,651	73,362	0,15	0,087	0,017	7,292
29,0	145,657	73,359	0,139	0,09	0,037	9,034
30,0	145,662	73,356	0,075	0,109	0,036	8,114
31,0	145,664	73,354	0,036	0,08	0,032	4,217

32,0	145,665	73,354	0,049	0,035	0,021	1,511
33,0	145,666	73,353	0,017	0,04	0,013	1,036
34,0	145,666	73,353	0,011	0,023	0,01	0,359
35,0	145,666	73,353	0,022	0,002	0,006	0,126
36,0	145,666	73,353	0,015	0,012	0,003	0,116
37,0	145,666	73,353	0,024	-0,008	0,004	0,103

**Lancio n° 6 Xp=60,49 m Yp=142,59 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	61,466	136,969	6,466	-1,338	0,974	9054,443
2,0	69,752	127,202	2,683	2,019	1,281	20148,72
3,0	72,101	125,209	2,25	1,513	0,876	4478,53
4,0	73,671	123,878	3,595	-0,469	0,698	2936,759
5,0	75,563	122,273	4,305	0,145	0,526	4121,224
6,0	78,896	119,445	3,775	1,486	0,774	6710,946
7,0	82,504	116,384	5,572	-1,686	0,956	6791,69
8,0	85,959	113,453	5,378	1,251	0,62	8779,945
9,0	92,333	108,046	7,052	-1,327	1,185	12234,45
10,0	97,608	104,308	6,385	1,514	0,748	12227,66
11,0	104,875	99,68	6,337	0,968	1,138	12574,87
12,0	111,339	95,563	6,049	1,187	1,02	11523,83
13,0	117,553	91,605	2,233	2,682	1,027	10886,93
14,0	119,45	90,342	3,987	-0,908	0,85	3424,29
15,0	120,875	89,391	4,154	0,633	0,357	3538,48
16,0	123,758	87,467	3,338	1,667	0,694	5186,072
17,0	126,409	85,698	3,966	0,59	0,794	4445,608
18,0	129,026	83,952	4,377	0,56	0,66	4689,352
19,0	132,132	81,879	1,695	2,281	0,71	5629,799
20,0	133,299	81,123	2,549	0,564	0,689	2116,657
21,0	134,424	80,417	3,289	-1,047	0,441	1916,318
22,0	135,108	79,987	3,722	-0,984	0,208	2146,244
23,0	136,136	79,341	3,702	0,851	0,276	2855,912
24,0	138,534	77,834	4,092	0,617	0,648	4132,81
25,0	141,193	76,163	1,211	2,274	0,65	4707,556
26,0	141,943	75,693	1,837	0,777	0,619	1490,92
27,0	142,666	75,238	0,724	1,259	0,394	1172,366
28,0	142,919	75,079	1,351	0,112	0,349	475,238
29,0	143,184	74,913	1,684	-0,373	0,196	478,408
30,0	143,419	74,765	1,87	0,077	0,14	598,641
31,0	143,896	74,465	2,21	0,032	0,255	901,539
32,0	144,536	74,063	2,349	0,489	0,29	1229,603
33,0	145,478	73,471	3,039	-1,044	0,401	1626,36

34,0	146,014	73,134	3,398	-0,242	0,177	1806,297
35,0	147,326	72,31	2,955	1,298	0,386	2730,869
36,0	149,226	71,116	3,324	0,73	0,643	3129,914
37,0	151,137	69,916	1,642	1,871	0,575	3280,309
38,0	152,109	69,305	2,742	-0,201	0,592	1666,655
39,0	152,96	68,77	1,458	1,578	0,31	1754,628
40,0	153,701	68,304	1,945	0,59	0,508	1264,366
41,0	154,42	67,853	2,59	-0,749	0,369	1193,738
42,0	154,884	67,561	1,03	1,632	0,179	1354,152
43,0	155,363	67,26	0,691	1,088	0,465	901,958
44,0	155,577	67,126	0,689	0,613	0,31	388,299
45,0	155,724	67,033	0,587	0,487	0,213	236,898
46,0	155,826	66,969	0,386	0,459	0,175	165,266
47,0	155,882	66,934	0,456	0,243	0,143	92,759
48,0	155,931	66,903	0,371	0,287	0,108	78,75
49,0	155,97	66,879	0,256	0,284	0,106	63,382
50,0	155,993	66,864	0,414	0,008	0,091	38,692
51,0	156,016	66,85	0,248	0,257	0,055	42,833
52,0	156,037	66,837	0,382	0,039	0,084	35,019
53,0	156,059	66,823	0,467	-0,019	0,057	38,993
54,0	156,085	66,807	0,19	0,318	0,056	52,542
55,0	156,102	66,796	0,211	0,179	0,089	31,876
56,0	156,115	66,788	0,225	0,12	0,063	21,461
57,0	156,127	66,78	0,048	0,182	0,053	19,278
58,0	156,129	66,779	0,049	0,108	0,043	5,613
59,0	156,13	66,778	0,03	0,077	0,028	2,905
60,0	156,131	66,778	0,051	0,03	0,02	1,313
61,0	156,132	66,777	0,052	0,025	0,012	1,009
62,0	156,132	66,777	0,06	0,019	0,012	1,013
63,0	156,133	66,776	0,017	0,045	0,011	1,136
64,0	156,133	66,776	0,042	-0,002	0,011	0,419
65,0	156,133	66,776	0,05	-0,005	0,005	0,425
66,0	156,134	66,776	0,059	-0,026	0,005	0,59
67,0	156,134	66,776	0,046	0,029	0,002	0,614
68,0	156,134	66,775	0,013	0,041	0,012	0,915
69,0	156,134	66,775	0,032	0,005	0,01	0,307
70,0	156,135	66,775	0,015	0,022	0,005	0,291
71,0	156,135	66,775	0,024	0,006	0,006	0,162
72,0	156,135	66,775	0,012	0,017	0,004	0,177
73,0	156,135	66,775	0,02	0,004	0,005	0,105
74,0	156,135	66,775	0,021	0,005	0,003	0,106
75,0	156,135	66,775	0,024	0,005	0,004	0,129
76,0	156,135	66,775	0,032	-0,012	0,004	0,179

**Lancio n° 7 Xp=62,51 m Yp=139,14 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	63,487	133,517	6,111	-2,853	0,974	9054,468
2,0	68,058	128,639	7,488	-4,538	0,748	12813,23
3,0	70,826	126,29	5,062	2,951	0,37	13213,48
4,0	78,303	119,948	7,572	-3,452	1,477	14183,34
5,0	82,89	116,056	5,921	2,285	0,606	14689,98
6,0	91,712	108,573	3,286	2,113	1,49	16723,39
7,0	94,884	106,044	2,878	1,524	0,965	5813,347
8,0	96,854	104,789	4,083	-1,636	0,684	3217,801
9,0	97,657	104,277	3,639	1,412	0,197	3192,361
10,0	100,424	102,515	1,167	2,161	0,76	4630,157
11,0	101,115	102,075	1,332	1,04	0,592	1367,861
12,0	101,628	101,748	1,978	-0,086	0,385	829,361
13,0	102,101	101,446	1,277	1,115	0,239	947,905
14,0	102,603	101,127	0,594	1,062	0,393	835,106
15,0	102,778	101,016	0,421	0,65	0,294	330,206
16,0	102,857	100,965	0,816	-0,142	0,187	140,276
17,0	102,919	100,925	0,815	0,229	0,077	145,748
18,0	103,044	100,846	0,617	0,492	0,152	210,848
19,0	103,155	100,775	0,913	0,024	0,18	181,998
20,0	103,267	100,704	0,628	0,528	0,123	212,889
21,0	103,386	100,628	0,894	0,125	0,189	196,217
22,0	103,513	100,547	0,907	0,314	0,142	223,368
23,0	103,678	100,442	1,22	-0,125	0,182	274,805
24,0	103,84	100,339	0,795	0,707	0,133	345,996
25,0	104,037	100,214	0,604	0,621	0,247	328,038
26,0	104,161	100,135	0,973	-0,03	0,205	205,289
27,0	104,278	100,06	0,278	0,669	0,12	231,165
28,0	104,326	100,03	0,21	0,41	0,172	104,605
29,0	104,349	100,015	0,399	0,068	0,111	45,579
30,0	104,375	99,998	0,104	0,287	0,066	45,365
31,0	104,383	99,993	0,256	0,015	0,072	17,216
32,0	104,392	99,987	0,313	-0,136	0,036	17,02
33,0	104,396	99,985	0,307	0,09	0,013	18,527
34,0	104,414	99,973	0,142	0,225	0,058	30,457
35,0	104,423	99,968	0,113	0,146	0,064	16,728
36,0	104,428	99,964	0,107	0,093	0,044	8,579
37,0	104,432	99,962	0,149	0,026	0,033	5,71
38,0	104,435	99,96	0,102	0,091	0,025	6,375
39,0	104,439	99,958	0,037	0,093	0,032	5,397
40,0	104,44	99,957	0,023	0,057	0,024	1,91
41,0	104,44	99,957	0,019	0,032	0,015	0,728

42,0	104,44	99,957	0,03	0,009	0,009	0,309
43,0	104,44	99,957	0,034	0,008	0,006	0,282
44,0	104,44	99,957	0,007	0,026	0,006	0,36

**Lancio n° 8 Xp=64,53 m Yp=135,69 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	65,429	130,87	0,493	1,474	0,894	7787,605
2,0	65,619	130,708	1,036	0,362	0,386	471,863
3,0	65,881	130,486	1,048	0,549	0,253	484,117
4,0	66,188	130,225	1,695	-0,753	0,293	569,286
5,0	66,425	130,024	0,814	1,134	0,14	739,415
6,0	66,728	129,767	0,503	0,88	0,372	624,214
7,0	66,862	129,654	1,022	0,073	0,266	283,438
8,0	67,058	129,487	1,388	-0,823	0,192	384,725
9,0	67,158	129,402	1,592	-0,901	0,072	456,629
10,0	67,304	129,279	0,951	1,031	0,092	611,32
11,0	67,66	128,976	1,846	-0,765	0,375	703,153
12,0	67,961	128,721	1,274	1,073	0,163	891,025
13,0	68,521	128,246	1,361	0,832	0,439	1068,111
14,0	69,072	127,779	1,148	0,926	0,405	1021,144
15,0	69,517	127,401	1,955	-0,222	0,387	832,739
16,0	70,089	126,916	2,363	0,239	0,293	1230,568
17,0	71,171	125,998	2,183	1,087	0,458	2124,204
18,0	72,479	124,889	3,185	-0,021	0,599	2439,142
19,0	74,219	123,413	4,26	-0,768	0,546	3545,993
20,0	76,691	121,315	4,082	1,246	0,58	5599,027
21,0	80,61	117,991	4,031	1,216	0,96	7431,043
22,0	84,42	114,759	5,67	-1,198	0,945	7217,304
23,0	88,595	111,217	6,232	0,346	0,736	9699,514
24,0	95,432	105,695	6,503	0,596	1,097	13473,4
25,0	101,713	101,693	7,564	-1,041	0,966	11536,09
26,0	107,538	97,984	5,258	2,574	0,77	13038,65
27,0	113,887	93,94	6,343	-0,024	1,208	10558,36
28,0	119,149	90,543	5,363	1,765	0,83	10284,58
29,0	124,992	86,644	2,203	2,453	1,089	10031,18
30,0	126,754	85,468	3,672	-0,308	0,8	3124,393
31,0	128,357	84,398	3,065	1,448	0,437	3330,041
32,0	130,541	82,941	2,343	1,568	0,712	3668,699
33,0	132,036	81,943	3,556	-0,92	0,638	2493,082
34,0	133,054	81,277	2,033	1,936	0,286	2700,718
35,0	134,386	80,441	2,653	0,658	0,655	2244,469
36,0	135,644	79,65	1,668	1,489	0,474	2128,91

37,0	136,507	79,108	2,575	-0,157	0,517	1424,705
38,0	137,273	78,626	3,033	-1,229	0,298	1563,13
39,0	137,692	78,363	2,907	0,88	0,138	1742,894
40,0	139,297	77,355	0,915	1,851	0,552	2713,287
41,0	139,749	77,071	1,387	0,681	0,495	915,367
42,0	140,188	76,795	1,095	0,824	0,317	703,963
43,0	140,525	76,583	1,588	0,016	0,308	545,489
44,0	140,854	76,377	1,938	-0,346	0,207	627,596
45,0	141,198	76,161	2,213	-0,066	0,178	817,779
46,0	141,796	75,785	1,479	1,221	0,27	1193,775
47,0	142,444	75,377	2,362	-0,809	0,438	1068,588
48,0	142,769	75,173	2,112	0,875	0,138	1086,163
49,0	143,718	74,577	0,769	1,465	0,449	1570,152
50,0	144,023	74,385	0,806	0,767	0,397	597,108
51,0	144,232	74,254	0,479	0,66	0,26	339,759
52,0	144,326	74,195	0,143	0,528	0,196	162,397
53,0	144,344	74,184	0,153	0,277	0,126	48,361
54,0	144,356	74,176	0,324	-0,076	0,076	21,92
55,0	144,364	74,171	0,368	-0,136	0,026	21,749
56,0	144,371	74,167	0,204	0,233	0,019	26,213
57,0	144,386	74,157	0,364	-0,078	0,074	26,017
58,0	144,397	74,15	0,363	0,1	0,031	27,94
59,0	144,422	74,135	0,475	-0,037	0,067	41,158
60,0	144,447	74,119	0,539	0,036	0,053	52,838
61,0	144,488	74,093	0,546	0,184	0,076	76,285
62,0	144,547	74,056	0,732	-0,082	0,107	97,458
63,0	144,603	74,021	0,564	0,377	0,077	121,954
64,0	144,688	73,968	0,454	0,392	0,149	137,158
65,0	144,75	73,928	0,733	-0,224	0,138	101,885
66,0	144,786	73,906	0,63	0,312	0,048	106,881
67,0	144,877	73,849	0,85	0,032	0,144	149,281
68,0	144,975	73,787	1,003	0,02	0,115	184,058
69,0	145,108	73,704	0,568	0,635	0,133	254,391
70,0	145,223	73,632	0,89	0,099	0,202	195,18
71,0	145,342	73,557	0,246	0,624	0,134	212,929
72,0	145,381	73,532	0,27	0,324	0,159	86,393
73,0	145,408	73,515	0,119	0,258	0,101	45,359
74,0	145,416	73,51	0,157	0,115	0,068	16,032
75,0	145,423	73,506	0,033	0,133	0,043	10,762
76,0	145,424	73,505	0,106	-0,002	0,031	2,872
77,0	145,425	73,504	0,115	0,019	0,013	2,692
78,0	145,427	73,503	0,065	0,077	0,019	3,744
79,0	145,429	73,502	0,117	-0,035	0,024	2,685
80,0	145,43	73,501	0,132	-0,01	0,008	2,73
81,0	145,432	73,5	0,08	0,082	0,015	4,135

82,0	145,434	73,499	0,132	-0,008	0,027	3,618
83,0	145,436	73,497	0,147	0,015	0,015	4,083
84,0	145,439	73,495	0,067	0,102	0,022	5,847
85,0	145,441	73,494	0,052	0,069	0,029	3,57
86,0	145,442	73,494	0,096	-0,024	0,021	1,827
87,0	145,443	73,493	0,109	-0,014	0,007	1,851
88,0	145,444	73,492	0,043	0,074	0,011	2,692
89,0	145,445	73,492	0,063	0,031	0,021	1,685
90,0	145,446	73,491	0,014	0,05	0,014	1,468
91,0	145,446	73,491	0,035	0,01	0,012	0,439
92,0	145,446	73,491	0,017	0,024	0,007	0,377
93,0	145,447	73,491	0,03	0,002	0,007	0,214
94,0	145,447	73,491	0,012	0,02	0,004	0,224
95,0	145,447	73,491	0,007	0,014	0,006	0,119

**Lancio n° 9 Xp=66,21 m Yp=132,83 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	66,93	129,596	1,786	1,132	0,716	5289,286
2,0	67,893	128,779	0,463	1,357	0,54	1762,47
3,0	68,059	128,639	1,202	0,101	0,357	424,195
4,0	68,333	128,406	0,516	0,863	0,228	535,67
5,0	68,47	128,29	1,06	0,031	0,265	288,685
6,0	68,671	128,119	0,857	0,621	0,19	400,893
7,0	68,907	127,919	1,488	-0,435	0,275	441,106
8,0	69,157	127,706	1,721	0,247	0,169	627,921
9,0	69,756	127,198	2,166	0,312	0,348	1164,539
10,0	70,706	126,393	1,331	1,348	0,438	1839,891
11,0	71,378	125,823	2,056	0,364	0,505	1294,647
12,0	72,261	125,074	2,972	-0,798	0,43	1690,821
13,0	73,305	124,188	3,576	-2,244	0,351	2554,558
14,0	73,88	123,7	4,195	-1,95	0,161	2983,708
15,0	75,255	122,533	5,151	-0,987	0,328	4497,886
16,0	78,808	119,52	2,377	2,419	0,69	8140,062
17,0	80,957	117,697	3,053	0,939	0,904	4220,901
18,0	83,153	115,834	4,087	-0,003	0,719	4132,899
19,0	86,039	113,386	3,112	1,714	0,706	5878,0
20,0	88,801	111,042	2,753	1,45	0,888	5184,157
21,0	90,927	109,239	2,126	1,507	0,772	3967,621
22,0	92,362	108,021	3,537	-0,803	0,675	2690,748
23,0	93,946	106,678	4,453	-0,569	0,448	3718,032
24,0	96,075	105,285	1,567	2,427	0,478	4666,476
25,0	97,169	104,588	0,982	1,542	0,698	2061,085



26,0	97,603	104,312	1,959	-0,509	0,442	797,036
27,0	97,898	104,124	1,53	0,932	0,151	793,759
28,0	98,493	103,745	1,083	1,035	0,389	977,895
29,0	98,874	103,502	0,359	0,961	0,352	630,868
30,0	98,961	103,447	0,277	0,532	0,242	194,561
31,0	99,001	103,421	0,127	0,352	0,144	76,833
32,0	99,012	103,414	0,086	0,224	0,088	25,361
33,0	99,017	103,411	0,146	0,087	0,057	11,083
34,0	99,022	103,408	0,032	0,119	0,037	8,545
35,0	99,023	103,407	0,08	0,027	0,028	2,441
36,0	99,024	103,406	0,09	0,023	0,016	2,072
37,0	99,026	103,405	0,104	0,021	0,016	2,5
38,0	99,028	103,404	0,041	0,075	0,018	3,202
39,0	99,029	103,404	0,041	0,043	0,021	1,643
40,0	99,029	103,403	0,038	0,031	0,014	0,965
41,0	99,03	103,403	0,06	-0,013	0,011	0,682
42,0	99,03	103,403	0,062	0,013	0,005	0,77
43,0	99,031	103,402	0,019	0,046	0,011	1,152
44,0	99,031	103,402	0,03	0,019	0,012	0,491
45,0	99,031	103,402	0,009	0,024	0,008	0,364
46,0	99,031	103,402	0,006	0,015	0,006	0,127

**Lancio n° 10 Xp=69,26 m Yp=130,24 m**

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	69,98	127,008	0,369	1,426	0,716	5289,286
2,0	70,111	126,897	0,599	0,52	0,354	362,895
3,0	70,236	126,791	0,94	0,1	0,21	231,281
4,0	70,408	126,645	1,286	-0,037	0,183	334,488
5,0	70,685	126,411	1,683	-0,002	0,215	569,392
6,0	71,174	125,995	1,063	1,073	0,291	996,618
7,0	71,602	125,632	1,36	0,613	0,403	824,397
8,0	72,092	125,217	2,153	-0,784	0,36	906,722
9,0	72,55	124,828	2,711	-0,435	0,213	1255,361
10,0	73,581	123,954	3,424	-0,131	0,38	2304,416
11,0	75,517	122,311	1,345	1,961	0,566	4017,532
12,0	76,369	121,589	1,48	1,081	0,633	1767,284
13,0	77,074	120,991	2,368	-0,08	0,476	1311,322
14,0	78,005	120,201	1,33	1,441	0,393	1917,473
15,0	78,701	119,61	2,233	0,172	0,524	1358,54
16,0	79,643	118,812	3,035	-0,287	0,421	1851,34
17,0	81,058	117,61	3,995	-0,675	0,466	3022,208
18,0	83,269	115,735	5,092	-0,844	0,553	4965,572

19,0	86,877	112,675	6,415	-2,889	0,709	8091,685
20,0	90,216	109,842	3,537	2,808	0,521	10591,15
21,0	94,372	106,369	2,219	1,9	1,175	7927,834
22,0	95,871	105,415	3,462	-0,564	0,675	2483,883
23,0	97,029	104,677	3,102	1,2	0,334	2660,075
24,0	99,038	103,398	4,226	-1,069	0,648	3348,602
25,0	100,436	102,507	4,835	-1,322	0,331	3738,22
26,0	102,168	101,404	4,961	0,739	0,358	4853,495
27,0	106,111	98,892	1,831	2,478	0,795	7038,891
28,0	107,471	98,026	3,045	0,183	0,743	2464,93
29,0	108,789	97,187	3,759	-1,0	0,433	2435,515
30,0	109,858	96,506	3,565	1,078	0,284	2939,618
31,0	112,291	94,956	1,135	2,105	0,683	4126,845
32,0	112,945	94,539	1,217	1,058	0,576	1293,598
33,0	113,401	94,249	1,909	-0,238	0,374	741,239
34,0	113,781	94,007	1,556	0,878	0,199	829,987
35,0	114,374	93,629	1,593	0,742	0,381	972,291
36,0	114,945	93,266	0,602	1,146	0,358	930,671
37,0	115,132	93,146	1,292	-0,196	0,312	365,257
38,0	115,297	93,041	0,512	0,845	0,128	371,061
39,0	115,42	92,963	0,648	0,423	0,239	231,756
40,0	115,53	92,893	0,71	0,302	0,17	177,067
41,0	115,639	92,823	0,383	0,508	0,154	178,17
42,0	115,698	92,786	0,155	0,399	0,153	102,335
43,0	115,714	92,776	0,339	0,057	0,102	34,29
44,0	115,733	92,764	0,111	0,24	0,056	32,64
45,0	115,74	92,759	0,1	0,137	0,063	14,439
46,0	115,744	92,757	0,085	0,089	0,041	7,035
47,0	115,746	92,755	0,041	0,077	0,029	4,099
48,0	115,747	92,755	0,06	0,03	0,021	1,632
49,0	115,748	92,754	0,081	-0,001	0,014	1,325
50,0	115,749	92,754	0,038	0,054	0,01	1,652
51,0	115,75	92,753	0,044	0,031	0,016	1,103
52,0	115,75	92,753	0,014	0,037	0,012	0,845
53,0	115,75	92,753	0,009	0,024	0,009	0,3
54,0	115,75	92,753	0,007	0,013	0,006	0,114

### Tipologie definite n°1

Descr.	H (cm)	Spessore (cm)	Inclinazione (°)	E (KJ)
barriera paramassi	500,0	30,0	90,0	3000,0

### Opere di protezione inserite n°1

Descr.	Tipo	xb (m)	yb (m)	E (KJ)
barriera paramassi	1,0	207,0	32,0	3000,0

(HpMax) Altezza massima, (Vmax) Velocità massima, (Emax) Energia massima del masso sulla barriera.

Emax l'Energia massima del masso significativamente prima dell'impatto sulla barriera.

Lo studio delle citate traiettorie permette di determinare come, in alcuni casi, i blocchi si arrestano prima della barriera per l'effetto di trattenuta esercitato dalla coltre arborea presente; quelle che prevedono l'arrivo di frammenti lapidei in corrispondenza dell'opera di difesa risultano di energia estremamente ridotta e molto inferiore alla capacità della stessa.

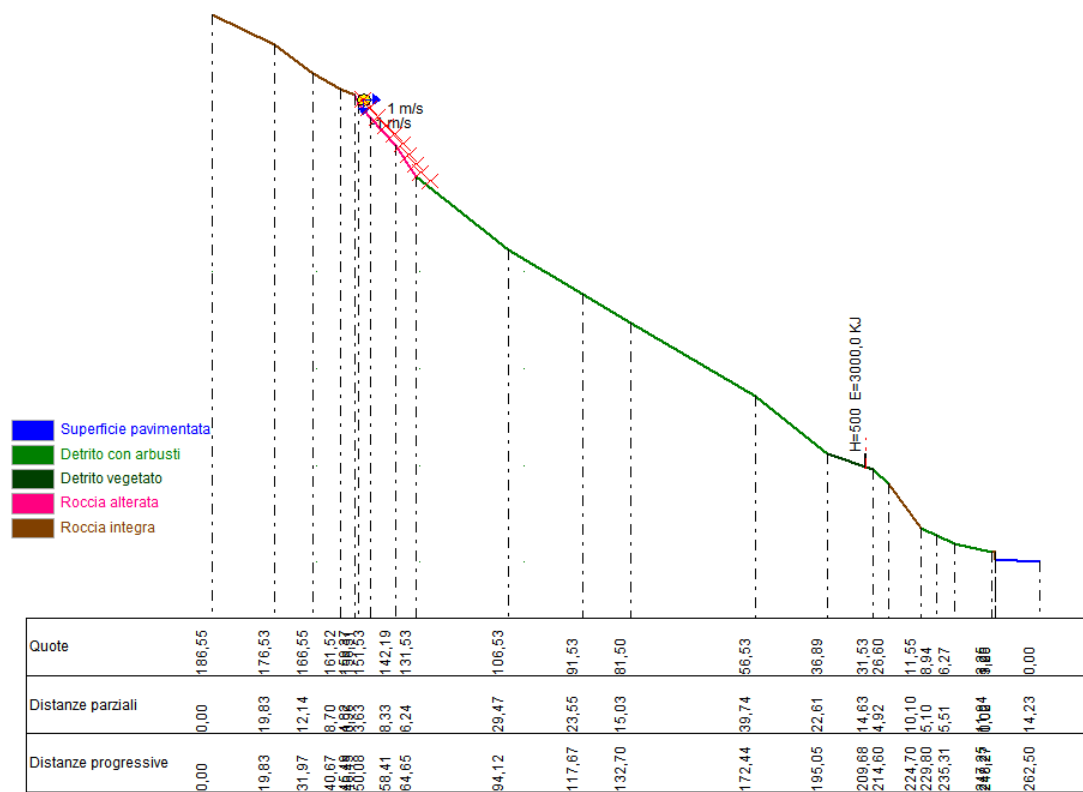
Descr.	Xb (m)	Yb(m)	HpMax (m)	Vmax (m/s)	Emax (KJ)
Barriera paramassi	207,0	32,0	0,0	0,0	800,00

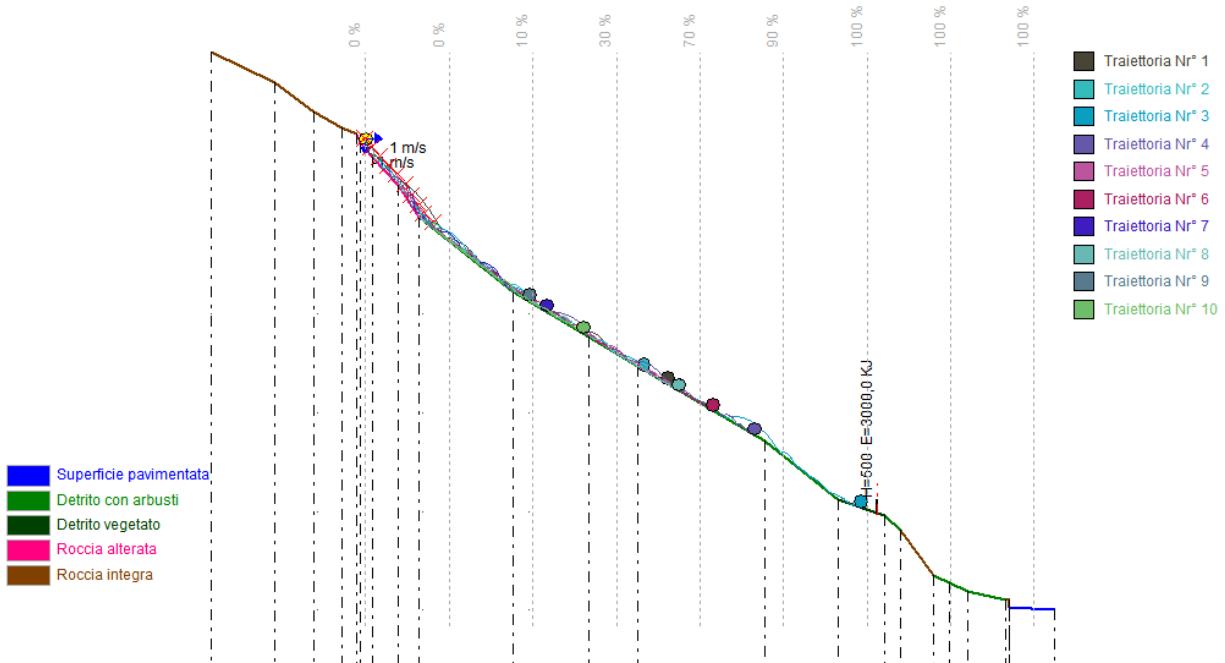
### ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	21,719 m/s
Velocità minima	0,034 m/s
Velocità media	4,085 m/s
Scarto quadratico medio	4,465 m/s
Energia massima al momento iniziale:	20.988,856 KJ
Energia massima pre-impatto	800,673 KJ
Scarto quadratico energia	2898,482 KJ
Ascissa media di arresto	141,429 m
Ascissa massima raggiunta	202,104 m

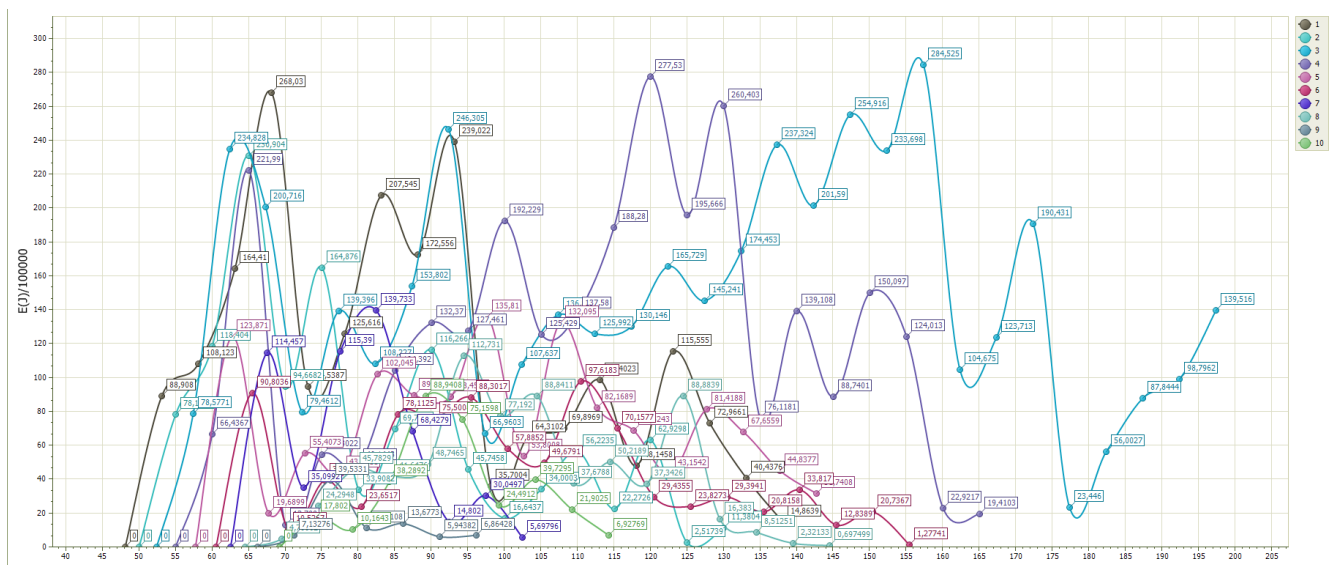
% Massi fermati

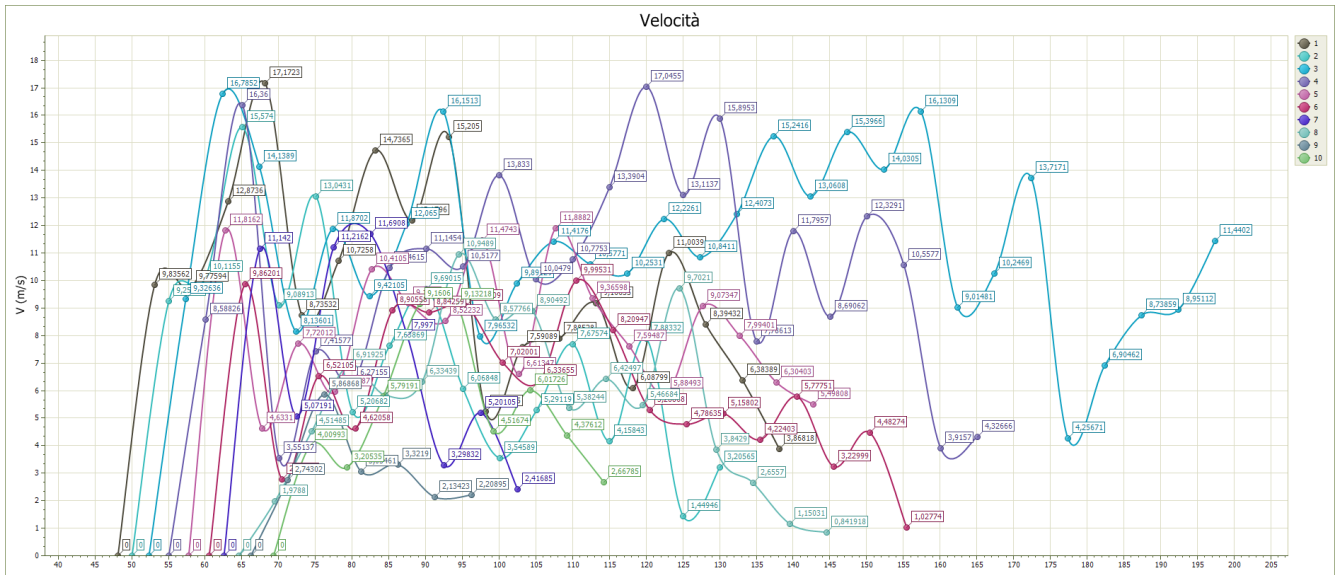
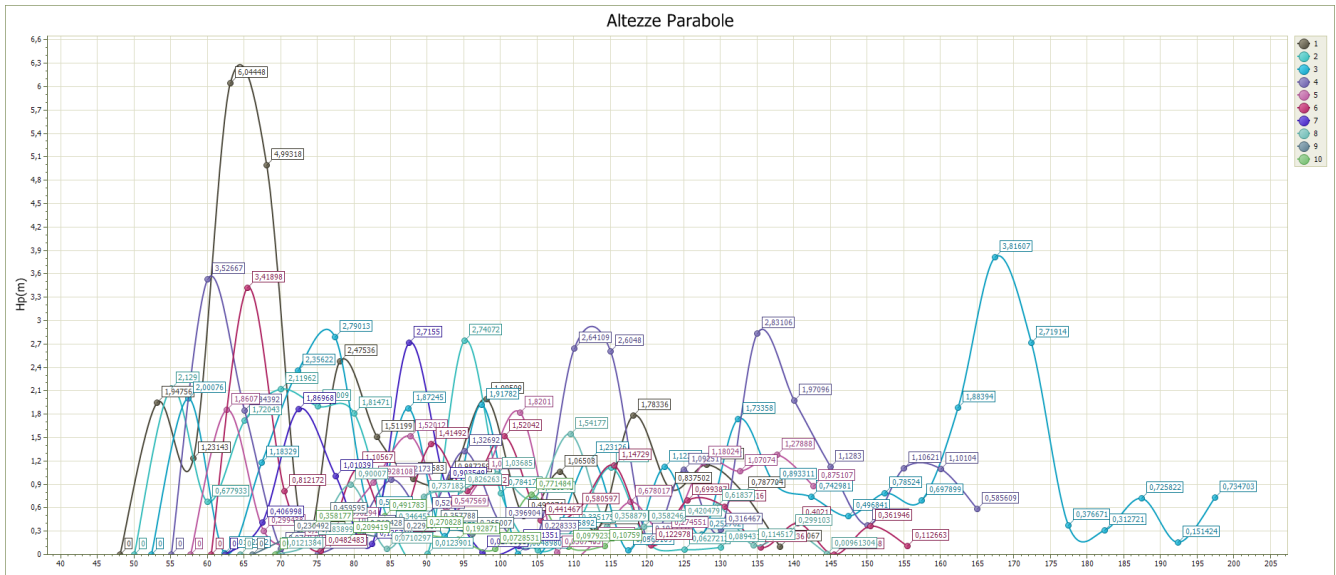
X (m)	% Massi fermati
100,15	10
126,15	30
152,15	70
178,15	90
204,15	100
230,15	100
256,15	100





Quote	186.55	176.53	166.55	161.52	158.87	151.53	142.19	131.53	106.53	91.53	81.50	56.53	36.89	31.53	26.60	11.55	8.94	6.27	3.86	0.00
Distanze parziali	0.00	19.83	12.14	8.70	8.88	8.88	8.33	6.24	29.47	23.55	15.03	39.74	22.61	14.63	4.92	10.10	5.10	5.51	6.084	14.23
Distanze progressive	0.00	19.83	31.97	40.67	49.55	58.43	66.76	73.00	102.47	126.02	141.05	180.79	203.40	218.03	222.95	233.05	238.15	243.66	257.89	272.12





## **VERIFICHE ELEMENTI STRUTTURALI:**

### **1 INTRODUZIONE:**

Nei paragrafi che seguono ci si propone di stabilire e definire le caratteristiche delle fondazioni e degli ancoraggi di fondazione delle barriere paramassi sopra indicate, le quali hanno energia di assorbimento pari a circa 3000 kJ, altezza 5 m ed interasse dei montanti pari a 10 m.

### **2 RIFERIMENTI NORMATIVI**

- D.M. 11/03/88 Norme tecniche riguardanti indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, criteri generali e le prescrizioni per progettazione, esecuzione e collaudo di opere di sostegno delle terre e opere di fondazione;
- D.M. 14/02/92 Norme tecniche per il calcolo, esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- D.M. 16/01/96 Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;
- Raccomandazioni AICAP "Ancoraggi nei terreni e rocce";
- D.M. 17.01.2018 – "Nuove norme tecniche sulle costruzioni";
- ETAG 027 (Guida per il benessere tecnico Europeo di sistemi di protezione paramassi).

Le barriere paramassi di classe 3000 KJ sono generalmente costituite da:

- montanti di sostegno in profilati di acciaio del tipo HEA 160, zincati a caldo con predisposizione di trasversi per salita di altezza per pannello di 5.00 m, posati ad interasse di m 10.00, con piastra di base zincata a caldo per l'adattamento alle locali condizioni del suolo con punti di rottura prestabiliti a salvaguardia della fondazione incernierata all'estremità inferiore ed ancorata al terreno mediante barre d'ancoraggio (n. 4) del tipo Swiss – Gewi (per roccia) con lunghezza come da calcolo;
- Pannelli ad anelli galvanizzati con zincatura pesante (DIN 2078) con anelli Ø 350 mm concatenati singolarmente con almeno altri 4 anelli; gli anelli sono costituiti da fili d'acciaio armonico con Ø 3 mm. I pannelli vengono montati a valle rispetto ai montanti in modo da assicurare il massimo assorbimento di energia;
- Ancoraggi dei controventi di monte e dei tiranti laterali costituiti da tiranti di fune spiroidale di acciaio con zincatura pesante (DIN 2078), dotati di doppia protezione meccanica ed idraulica costituita da due tubi di acciaio zincati a fuoco (DIN 2394), di lunghezza come da progetto e di Ø non inferiore a 120 mm (a monte) e Ø 24,00 mm (laterali), posati alla distanza come da calcolo;
- Freni Dissipatori di energia costituiti da un'asola preformata in tubo di acciaio zincato DIN 237-240 con manicotto di alluminio pressato e disposti sulle funi di supporto superiori ed inferiori, e sulle funi di controvento in numero e tipologia, in accordo alle specifiche del produttore.

Le funi di supporto e controventatura sono distinte come segue:

Doppie funi ad anima metallica di supporto superiori e inferiori (DIN3064) in acciaio zincato DIN 2078-DIN50018-DIN50021) disposte nel piano della barriera paramassi;

Funi ad anima metallica di controvento di monte (DIN3064) in acciaio zincato (DIN 2078-DIN50018-DIN50021) disposte a V rispetto ad ogni montante per il collegamento della struttura con gli ancoraggi di monte;

Doppie funi ad anima metallica di controvento laterale superiore e inferiore (DIN3064) in acciaio zincato (DIN 2078-DIN50018-DIN50021) per il collegamento della struttura con gli ancoraggi laterali.

Come elementi di serraggio saranno adottati morsetti in quantità e dimensioni come da specifiche del produttore in accordo alla norma DIN 1142, grilli ad alta resistenza zincati e nel rispetto delle caratteristiche minime di resistenza che devono garantire.

Le reti metalliche rinforzate con funi d'acciaio saranno essenzialmente costituite da:

- Rete metallica in acciaio ricotto (resistenza 39.0/51.0 kg/mm<sup>2</sup>) zincato (270g/m<sup>2</sup> zincatura pesante) a doppia torsione con maglia esagonale 8x10 in filo Ø 3 mm (UNI 8018).
- Fune di sommità Ø 16 mm per il sostegno della rete e fune di base Ø 12 mm per il bloccaggio della rete; la fune da utilizzare è di tipo a trefoli con resistenza unitaria del filo elementare di 1770 N/mm<sup>2</sup> (UNI ISO 2408) zincata secondo la ISO 2232.
- Ancoraggi di sommità e di base in barra d'acciaio Ø 20 mm filettati ad un'estremità (+ golfaro femmina secondo DIN 582); le barre saranno in acciaio del tipo FeB44k.
- Bloccaggio delle funi ai golfari realizzato morsetti tipo DIN741 Ø 12.0-16.0 mm in quantità di 4 per ogni asola;
- Bloccaggio dei teli di rete con maglie aperte di giunzione zincate Ø 6.0 mm disposte in quantità di una maglia ogni 30 cm;
- Funi del reticolo di contenimento Ø 12 mm; la fune da utilizzare è di tipo a trefoli con resistenza unitaria del filo elementare di 1770N/mm<sup>2</sup> (UNI ISO 2408) zincata secondo la ISO 2232.

Le fasciature in fune saranno essenzialmente costituite da:

- due chiodi corrispondenti alla descrizione della voce "chiodatura di ancoraggio" di lunghezza adeguata agli sforzi che li sollecitano da definirsi a seconda del terreno di ancoraggio (non inferiore a 3,0 m).
- da una fune di fasciatura con diametro 20 mm. La fune deve essere di tipo a trefoli a filo elementare zincato (secondo la classe AB, UNI 7304 – 74 oppure DIN 2078).

Le fasi di assorbimento della barriera possono essere così schematizzate:

1. se l'energia da dissipare è limitata, la deformabilità del pannello di rete è sufficiente ad assorbirla, (in tale senso sono sempre preferibili barriere paramassi deformabili, le quali mantengono in campo elastico le deformazioni subite in caso di eventi di energie anche elevate benché non ai limiti della loro capacità).



2. se l'energia da dissipare è elevata il pannello di rete, dopo essersi deformato per quanto possibile, "richiede" la collaborazione degli altri elementi della struttura, facendo entrare, in ultima fase, in azione gli elementi dissipatori montati sulle funi, siano esse di supporto o di controvento.

### **3 CARICHI AGENTI SULLE FONDAZIONI DELLA BARRIERA PARAMASSI:**

Per il calcolo delle fondazioni si fa riferimento alle forze che sono state misurate durante i crash test realizzati in vera grandezza sulla stessa barriera paramassi da 3000kJ del progetto in esame.

Le barriere paramassi vengono testate seguendo i requisiti di prova richiesti dall'ETAG 027 (Guida per il Benestare Tecnico Europeo di sistemi di protezione paramassi ai fini della Marcatura CE dei prodotti da costruzione secondo la Direttiva 89/106/CEE, recepita in Italia dal DPR 246/1993 e ss.mm.) per un Livello Massimo di Energia (MEL) di 3000kJ (classe 5), e un'altezza nominale  $h_N$  pari a 5.0 m, prodotta in regime di qualità ISO EN 9001/2000.

In particolare la barriera:

- Ha superato n. 1 (una) prova di impatto con energia non inferiore a MEL (Maximum Energy Level) della classe nominale di resistenza, con le condizioni previste nella ETAG027 al punto 2.4.2.2;
- Ha superato n. 2 (due) prove SEL (Service Energy Level) di impatto eseguite in successione, senza effettuare riparazioni, con energia non inferiore ad 1/3 MEL, con le condizioni previste nella ETAG027 al punto 2.4.1.2 ed in particolare senza riparazioni eccetto la rimozione del blocco involuppato nella rete;
- possiede un'altezza residua in categoria A (>50%) relativamente a quanto previsto al punto 2.4.2.2 della ETAG027;
- è in possesso di certificato, rilasciato da organismo notificato ai sensi dell'art. 18 della Direttiva 89/106/CEE, contenente le descrizioni dettagliate delle specifiche tecniche della barriera paramassi oggetto delle prove in modo da consentire la verifica di conformità del sistema nel suo complesso e dei singoli componenti costituenti il kit;
- è in possesso di certificato, rilasciato da organismo notificato ai sensi dell'art. 18 della Direttiva 89/106/CEE, attestante l'avvenuto test in vera grandezza (crash-test) nel rispetto della ETAG 027 "Falling rock protection kits - 2008";
- è in possesso di certificato, rilasciato dallo stesso organismo notificato che ha realizzato i test sulla barriera paramassi, ai sensi dell'art. 18 della Direttiva 89/106/CEE, attestante l'avvenuta esecuzione delle prove di identificazione dei componenti del sistema, quali: funi (2 campioni per ogni diametro), dispositivi di dissipazione, elementi della rete e montanti nel caso questi ultimi non fossero conformi a EN 10025;

- è in possesso di certificato, rilasciato dallo stesso organismo notificato che ha realizzato i test sulla barriera paramassi, ai sensi dell'art. 18 della Direttiva 89/106/CEE, attestante la misura delle forze agenti (grafici forza-tempo) durante l'impatto su almeno 6 distinti elementi di connessione della barriera paramassi con le fondazioni;
- è stata testata (crash-test) in data successiva all'entrata in vigore della linea guida stessa (1° febbraio 2008); le attività di certificazione, ispezione e prova dei singoli componenti e del sistema nel suo complesso, dovranno essere eseguite dai soggetti previsti nei relativi sistemi di attestazione della conformità.
- IN TALI PROVE DI CARICO, L'ENTE CERTIFICATORE BTU DI CUI I DATI SOTTO:

**ENTE CERTIFICATORE : BTU**

Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Lehrstuhl für Bodenmechanik  
und Grundbau / Geotechnik

**Cottbus (D)**

ha attestato i valori di tiro sulle fondazioni relative allo schema sotto riportato.

---

#### 4 SOLLECITAZIONI AGENTI

Il progetto e la verifica delle fondazioni e degli ancoraggi della struttura paramassi mod. RAV\_5/A con altezza di intercettazione pari a 5.0 m, è condotta analizzando le sollecitazioni massime agenti al livello energetico MEL (Maximin Energy Level).

##### Montante

Sollecitazione di compressione  $\perp$  al piano della piastra di fondazione  $N = 250$  kN

Sollecitazione di taglio  $//$  al piano della piastra di fondazione  $T = 149$  kN

##### Ancoraggio di Monte

Sollecitazione di trazione in asse all'ancoraggio  $F = 187.7$  kN

##### Ancoraggio Laterale inferiore

Sollecitazione di trazione in asse all'ancoraggio  $F = 265$  kN

##### Ancoraggio Laterale superiore

Sollecitazione di trazione in asse all'ancoraggio  $F = 257$  kN

I valori sopra riportati relativi alle azioni devono essere moltiplicati per opportuni coefficienti parziali come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

**Tabella 2.6.I: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Gi}$	0,9 1,1	1,0 1,3	1,0 1,0
Carichi permanenti non strutturali (1)	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3
Carichi variabili	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3
(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

---

## 5 DIMENSIONAMENTO DELLE FONDAZIONI

### Caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni di fondazione

Le caratteristiche geotecniche dei terreni riguardanti le aree in cui dovranno essere posate le barriere paramassi in fase di studio sono descritte nella relazione geologica a corredo del progetto e riportate nel seguito.

Per il dimensionamento delle fondazioni sono state utilizzate le seguenti caratteristiche geotecniche:

Profondità (m)	Litologia	Angolo d'attrito (°)	Peso dell'unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Coesione (Kg/cm <sup>2</sup> )
0 – 0.5	Terra vegetale	24	1.8	0.15
Oltre 0,5 m	Arenarie e marne	35	2.0-2.3	>20 t/m <sup>2</sup>

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio  $R_{ak}$ , nell'interfaccia boiaccia-terreno, viene determinato sulla base del paragrafo 6.6 del DM. 17.01.2018 dedicato ai tiranti di ancoraggio, dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova. In particolare il valore della resistenza caratteristica  $R_{ak}$  è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione  $\xi_{a1}$  e  $\xi_{a2}$  rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze  $R_{a,m}$  misurate nel corso delle prove:

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{\text{medio}}}{\xi_{a1}}, \frac{(R_{a,m})_{\text{min}}}{\xi_{a2}} \right\}$$

ove:

$(R_{a,m})_{\text{medio}}$  = valore medio dei valori di sfilamento.

$(R_{a,m})_{\text{min}}$  = valore minimo dei valori di sfilamento.

$\xi_{a1}$  = fattore di correlazione al valore medio di resistenza.

$\xi_{a2}$  = fattore di correlazione al valore minimo di resistenza.

Tali fattori di correlazione sono determinati dalla tabella 6.6.II della NTC2018.

**Tabella 6.6.II: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica da prove di progetto, in funzione del numero degli ancoraggi di prova.**

numero degli ancoraggi di prova	1	2	> 2
$\xi_{a1}$	1,5	1,4	1,3
$\xi_{a2}$	1,5	1,3	1,2

Il valore di  $R_{ak}$  assunto nel calcolo, fornito come dato di input, è pari a:

$$T_{ak\_arenarie} = 0.4 \text{ MPa}$$

Tale valore di tensione di sfilamento deve essere diviso per un coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi permanenti  $\gamma_{ra,p}$  pari a 1,2 come riportato in Tabella 6.6.I. che può essere applicato o in questo momento alla tensione  $\tau_{ak}$  o direttamente alla resistenza degli ancoraggi in fase di calcolo finale. Si seguirà quest'ultima via.

**Tabella 6.6.I: Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi.**

	SIMBOLO $\gamma_R$	COEFFICIENTE PARZIALE
Temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1,1
Permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1,2

Per quanto concerne la fondazione dei montanti, la resistenza a sfilamento boiaccia terreno viene valutata sulla base del paragrafo 6.4 del DM. 17.01.2018 dedicato alla fondazione su pali, dai risultati di carico statico di progetto su pali pilota. In particolare il valore caratteristico della resistenza a compressione  $R_{c,k}$  è il minore dei valori ottenuti applicando i fattori di correlazione  $\xi_1$  e  $\xi_2$  rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze ottenute elaborando i risultati di una o più prove di carico di progetto:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,m})_{media}}{\xi_1}, \frac{(R_{c,m})_{min}}{\xi_2} \right\}$$

Ove:

$(R_{c,m})_{media}$  = valore medio dei valori di sfilamento.

$(R_{c,m})_{min}$  = valore minimo dei valori di sfilamento.

$\xi_1$  = fattore di correlazione al valore medio di resistenza.

$\xi_2$  = fattore di correlazione al valore minimo di resistenza.

Tali fattori di correlazione sono determinati dalla tabella 6.4.III della NTC2018.

**Tabella 6.4.III: Fattori di correlazione  $\xi$ , per la determinazione della resistenza caratteristica a partire dai risultati di prove di carico statico su pali pilota.**

Numero di prove di carico	1	2	3	4	$\geq 5$
$\xi_1$	1,40	1,30	1,20	1,10	1,0
$\xi_2$	1,40	1,20	1,05	1,00	1,0

Il valore di  $R_{ck}$  assunto nel calcolo, fornito come dato di input, è pari a:

$$\tau_{ak\_arenarie} = 0.4 \text{ MPa.}$$

Tale valore di tensione di sfilamento deve essere diviso per un coefficiente parziale per la resistenza dei pali trivellati  $\gamma_R$  pari a 1,15 per le barre (resistenza laterale in compressione) come riportato in Tab. 6.4.II. che può essere applicato o in questo momento alla tensione  $\tau_{ak}$  o direttamente alla resistenza degli ancoraggi in fase di calcolo finale. Si seguirà quest'ultima via.

**Tabella 6.4.II: Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche**

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
	$\gamma_R$	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

## 6 ANCORAGGIO DI MONTE A V

### CARATTERISTICHE FONDAZIONE:

forza di trazione  $F = 187.7 \text{ kN}$ , ancoraggio in doppia fune spiroidale fune EN12385-10/classe 1770

carico a rottura dell'ancoraggio: 426 kN

diametro  $\varnothing 16 \text{ mm}$ ; lunghezza totale 5,0 m

perforazione  $\varnothing 90 \text{ mm}$ , lunghezza  $L = 5,0 \text{ m}$ ;

boiacca di iniezione con resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

tipologia substrato: roccia

numero 2 prove preliminari di estrazione

aderenza ammissibile media malta – detrito di versante  $q_s = 0,40 \text{ MPa}$

---

### VERIFICA A TRAZIONE ANCORAGGIO

Sollecitazione di trazione  $F = 187.7$  kN

$$N_{Ed} = N \cdot \gamma_{Q1} = 281.55 \text{ kN}$$

configurazione A1  $\rightarrow \gamma_{Q1} = 1,5$

$$N_{t,Rd} \text{ ancoraggio} = \frac{C_R^{anc}}{\gamma_M} = 340,0 \text{ kN}$$

$$C_{Ranc} = 426 \text{ kN}$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,82 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

### VERIFICA ADERENZA FUNI-BOIACCA:

Sollecitazione di trazione  $N_{Ed} = 281$  kN

$$R_{ad} = A_L \cdot f_{bd} = 764 \text{ kN}$$

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c \cdot 1,5} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{area laterale funi } A_L = n \cdot \phi \cdot \pi \cdot L \cdot \alpha = 0,427 \text{ m}^2$$

$\phi$  = diametro funi = 16 mm; L = lunghezza di ancoraggio delle funi = 5,0 m

n = numero funi = 2

$\alpha$  = coefficiente di riduzione per la presenza di più funi = 0,85;  $\gamma_c = 1,5$

$$f_{bk} = 4,03 \text{ N/mm}^2, \eta = f_{bk} = 2,25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} \text{ 1,0 per diametri } \leq 32 \text{ mm}$$

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{ad}} = 0,36 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

### VERIFICA ADERENZA BOIACCA-SUBSTRATO:

Sollecitazione di trazione  $N_{Ed} = 281,0$  kN

per ancoraggi permanenti  $\rightarrow \gamma_{Ra,p} = 1,2$

---


$$R_{ak} = \frac{A_{lat}^{foro} \cdot q_s}{\xi} = 344 \text{ kN}$$

$\varnothing$  = diametro di perforazione = 90 mm

$L_{tot}$  = lunghezza totale fondazione = 5,0 m

$L = L_{tot} - s = 5.0$  m, dove  $s$  = strato superficiale trascurato nel calcolo = 0 m

$\alpha_{strato}$  = coefficiente maggiorativo del diametro di perforazione = 1

$q_s^{strato} = 0,40$  MPa

area laterale foro  $A_{lat}^{foro, strato} = \alpha \cdot \pi \cdot \Phi \cdot L = 1,412 \text{ m}^2$

$\xi = 1,20$  a seguito dell'esecuzione di un numero di prove  $N = 2$

$$\frac{P_d}{R_{ad}} = 0,81 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

## 7 ANCORAGGIO LATERALE SUPERIORE:

### CARATTERISTICHE FONDAZIONE

forza di trazione **F = 257,0 kN**, ancoraggio in doppia fune spiroidale fune EN12385-10/classe 1770

carico a rottura dell'ancoraggio 516 kN

diametro  $\varnothing 18$  mm, lunghezza totale 6,0 m

perforazione  $\varnothing 90$  mm, lunghezza  $L = 6,0$  m;

boiacca di iniezione con resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

tipologia substrato: roccia

numero 2 prove preliminari di estrazione

aderenza ammissibile media malta – detrito di versante  $q_s = 0,40$  MPa

### VERIFICA A TRAZIONE ANCORAGGIO:

Sollecitazione di trazione  $F = 257 \text{ kN}$

$$N_{Ed} = N \cdot \gamma_{Q1} = 385 \text{ kN}$$

configurazione A1  $\rightarrow \gamma_{Q1} = 1,5$

$$N_{t,Rd} \text{ ancoraggio} = \frac{C_R^{anc}}{\gamma_M} = 412 \text{ kN}$$

$$C_{Ranc} = 516 \text{ kN}$$

$$\gamma_M = 1,25$$


---



---


$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,93 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

#### VERIFICA ADERENZA FUNI-BOIACCA:

Sollecitazione di trazione  $N_{Ed} = 385 \text{ kN}$

$$R_{ad} = A_L \cdot f_{bd} = 1032 \text{ kN}$$

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c \cdot 1,5} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{area laterale funi } A_L = n \cdot \phi \cdot \pi \cdot L \cdot \alpha = 0,577 \text{ m}^2$$

$\phi$  = diametro funi = 18 mm

L = lunghezza di ancoraggio delle funi = 6,0 m, n = numero funi = 2

$\alpha$  = coefficiente di riduzione per la presenza di più funi = 0,85

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{bk} = 2,25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} = 4,03 \text{ N/mm}^2$$

$\eta = 1,0$  per diametri  $\leq 32 \text{ mm}$

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{ad}} = 0,37 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

#### VERIFICA ADERENZA BOIACCA-SUBSTRATO:

Sollecitazione di trazione  $N_{Ed} = 385 \text{ kN}$

per ancoraggi permanenti  $\rightarrow \gamma_{Ra,p} = 1,2$

$$R_{ak} = \frac{A_{lat}^{foro} \cdot q_s}{\xi} = 565 \text{ kN}$$

$\phi$  = diametro di perforazione = 90 mm

$L_{tot}$  = lunghezza totale fondazione = 6,0 m

$L = L_{tot} - s = 6,0 \text{ m}$ , dove s = strato superficiale trascurato nel calcolo = 0 m

$\alpha_{strato}$  = coefficiente maggiorativo del diametro di perforazione = 1

$$q_s^{strato} = 0,4 \text{ MPa}$$

---

area laterale foro  $A_{\text{foro-strada}} = \alpha \cdot \pi \cdot \Phi \cdot L = 1.69 \text{ m}^2$

$\xi = 1,20$  a seguito dell'esecuzione di un numero di prove  $N = 2$

$$\frac{P_d}{R_{ad}} = 0,81 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

## 8 ANCORAGGIO LATERALE INFERIORE:

### CARATTERISTICHE FONDAZIONE

forza di trazione **F = 265,0 kN**, ancoraggio in doppia fune spiroidale fune EN12385-10/classe 1770

carico a rottura dell'ancoraggio 516 kN

diametro  $\varnothing 18 \text{ mm}$ , lunghezza totale 6,0 m

perforazione  $\varnothing 90 \text{ mm}$ , lunghezza  $L = 6,0 \text{ m}$ ;

boiacca di iniezione con resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

tipologia substrato: roccia

numero 2 prove preliminari di estrazione

aderenza ammissibile media malta – detrito di versante  $q_s = 0,40 \text{ MPa}$

### VERIFICA A TRAZIONE ANCORAGGIO:

Sollecitazione di trazione **F = 265 kN**

$$N_{Ed} = N \cdot \gamma_{Q1} = 397 \text{ kN}$$

configurazione A1  $\rightarrow \gamma_{Q1} = 1,5$

$$N_{t,Rd} \text{ ancoraggio} = \frac{C_R^{anc}}{\gamma_M} = 412 \text{ kN}$$

$$C_{Ranc} = 516 \text{ kN}$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,96 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

### VERIFICA ADERENZA FUNI-BOIACCA:

Sollecitazione di trazione **N<sub>Ed</sub> = 397 kN**

$$R_{ad} = A_L \cdot f_{bd} = 1032 \text{ kN}$$

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c \cdot 1,5} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{area laterale funi } A_L = n \cdot \phi \cdot \pi \cdot L \cdot \alpha = 0,577 \text{ m}^2$$

$\varnothing$  = diametro funi = 18 mm, L = lunghezza di ancoraggio delle funi = 6,0 m

---

$n$  = numero funi = 2,  $\alpha$  = coefficiente di riduzione per la presenza di più funi = 0,85

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{bk} = 2,25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} = 4,03 \text{ N/mm}^2$$

$\eta = 1,0$  per diametri  $\leq 32 \text{ mm}$

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{ad}} = 0,38 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

#### VERIFICA ADERENZA BOIACCA-SUBSTRATO:

Sollecitazione di trazione  $N_{Ed} = 385 \text{ kN}$

per ancoraggi permanenti  $\rightarrow \gamma_{Ra,p} = 1,2$

$$R_{ak} = \frac{A_{lat}^{foro} \cdot q_s}{\xi} = 565 \text{ kN}$$

$\varnothing$  = diametro di perforazione = 90 mm

$L_{tot}$  = lunghezza totale fondazione = 6,0 m

$L = L_{tot} - s = 6,0 \text{ m}$ , dove  $s$  = strato superficiale trascurato nel calcolo = 0 m

$\alpha_{strato}$  = coefficiente maggiorativo del diametro di perforazione = 1

$$q_s^{strato} = 0,4 \text{ MPa}$$

$$\text{area laterale foro } A_{lat}^{foro-strato} = \alpha \cdot \pi \cdot \Phi \cdot L = 1,69 \text{ m}^2$$

$\xi = 1,20$  a seguito dell'esecuzione di un numero di prove  $N = 2$

$$\frac{P_d}{R_{ad}} = 0,84 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

#### 9 FONDAZIONE MONTANTE INTERMEDIO/ESTREMO:

##### CARATTERISTICHE FONDAZIONE DIRETTA:

forza di compressione  $N = 250,0 \text{ kN}$

forza di taglio  $V = 150,0 \text{ kN}$

barra in acciaio tipo BSt500

diametro  $\varnothing 32 \text{ mm}$

resistenza a snervamento  $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$

---

---

lunghezza totale 3000 mm; perforazione  $\varnothing 51$  mm;

boiaccia di iniezione con resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck} = 30$  N/mm<sup>2</sup>

tipologia substrato roccia; numero 2 prove preliminari di estrazione

aderenza ammissibile media malta – detrito di versante  $q_s = 0,40$  MPa

## 10 VERIFICA BARRE:

$$A = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = 804 \text{ mm}^2 \text{ ove il diametro della barra è pari a } \varnothing 32 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 ; \quad \gamma_{M0} = 1,05$$

$$N_{Ed} = N \cdot \gamma_{Q1} / 4 = 93.7 \text{ kN, dove } N = 250,0 \text{ kN, } \gamma_{Q1} = 1,5 \text{ (configurazione A1)}$$

$$T_{Ed} = T \cdot \gamma_{Q1} / 4 = 56.2 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{f_{yk} \cdot A}{\gamma_{M0}} = 382 \text{ kN}$$

$$\sigma_{composta} = \sqrt{(\sigma_x + 3T_y)} = 326 \text{ MPa}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,250 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

## VERIFICA DELL'ADERENZA BARRA-BOIACCA:

Sollecitazione di compressione  $N_{Ed} = 93.7$  kN

$$R_{ad} = A_L \cdot f_{bd} = 539 \text{ kN}$$

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c \cdot 1,5} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{area laterale barra } A_L = \phi \cdot \pi \cdot L = 0,30 \text{ m}^2$$

$$\varnothing = \text{diametro barra} = 32 \text{ mm}$$

$$L = \text{lunghezza di ancoraggio della barra} = 3,0 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{bk} = 2,25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} = 4,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta = 1,0 \text{ per diametri } \leq 32 \text{ mm}$$

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{ad}} = 0,174 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

## VERIFICA DELL'ADERENZA BOIACCA-SUBTRATO

Sollecitazione totale di compressione agente sul chiodo  $N_{Ed} = 93.7 \text{ kN}$

$$N_{ed} = N \cdot \gamma_{Q1} / 4 = 93.7 \text{ kN}$$

configurazione A1  $\rightarrow \gamma_{Q1} = 1,5$

$$R_{ak} = \frac{A_{lat}^{foro} \cdot q_s}{\xi} = 160 \text{ kN}$$

$\varnothing$  = diametro di perforazione = 51 mm

$L_{tot}$  = lunghezza totale fondazione = 3,0 m

$L = L_{tot} - s = 3,0 \text{ m}$ , dove  $s$  = strato superficiale trascurato nel calcolo = 0 m

$\alpha_{strato}$  = coefficiente maggiorativo del diametro di perforazione = 1

$q_s^{strato} = 0,40 \text{ MPa}$

area laterale foro  $A_{lat}^{foro, strato} = \alpha \cdot \pi \cdot \Phi \cdot L = 0.48 \text{ m}^2$

$\xi_{a1} = 1,20$  a seguito dell'esecuzione di un numero di prove  $N = 2$

$$\frac{N_{ed}}{R_{ak}} = 0,70 < 1,000, \text{ verifica soddisfatta}$$

## 11 RIEPILOGO LUNGHEZZE

Funi ancoraggio:

	Diametro ancoraggio	Lunghezza [mm]	Classe fune 1770 [MPa]	Costruzione EN12385-10	Diametro perforazione [mm]
ANCORAGGIO MONTE	D.16	5000	1770	1x19	90
ANCORAGGIO LAT. INFERIORE	D.18	6000	1770	1x37	90
ANCORAGGIO LAT. SUPERIORE	D.18	6000	1770	1x37	90

Barre di fondazione montante:

	Diametro barra	Lunghezza [mm]	Tipo acciaio [MPa]	Snervamento minimo [MPa]	Diametro perforazione [mm]
MONTANTE INT/EST	32	3000	500/550	500	51