

Convegno tecnico

CALAMITÀ NATURALI. PREVENIRE PER RIDURRE IL DISAGIO DELL'EMERGENZA

Dall'alluvione al sisma: esperienze a confronto e proposte operative



Relatore:

Alberto Grimod

*Responsabile Dipartimento Rischi
Naturali France Maccaferri*

MACCAFERRI

COGNE (AO), venerdì 23 giugno 2017 - dalle 10.30 alle 17.00

RILEVATI PARAMASSI: ASSORBIRE IMPATTI AD ALTA ENERGIA! Ricerca, progettazione, installazione e manutenzione. Il caso studio di Cogne



Dipartimento per l'assetto idrogeologico dei bacini montani

MACCAFERRI

1. Inquadramento geografico
2. La problematica
3. La strategia d'intervento
4. Le misure temporanee di messa in sicurezza
5. Le opere di protezione definitiva contro la caduta massi:
 - A. *La scelta progettuale*
 - B. *Dimensionamento*
 - C. *Installazione*
 - D. *Impatti e Manutenzione*
6. Conclusione

Inquadramento Geografico



Comune di Cogne (Aosta, Ita) - Strada Regionale 47 – km 15+800



5 giugno 2007:

Caduta di grossi blocchi
sulla SR 47 (km 15+800);

Chiusura della SR 47 per
alcune settimane;

Blocchi più grossi: circa
80-100 m³

La nicchia di distacco



Il corridio principale di scorrimento



La zona di arresto (sulla SR)



La zona di arresto (sulla SR)



La zona di arresto (a monte della SR)



1. Intervento in somma urgenza al fine di riaprire la SR 47 (unica via di comunicazione stradale verso Cogne);
2. Concepire delle misure di protezione definitive contro la caduta massi, che fossero in grado di resistere ad impatti multipli ad alta energia, potessero essere installate in modo rapido (al fine di esporre il meno possibile gli operatori), si integrassero nell'ambiente circostante e fossero affidabili;
3. Le strutture di protezione dovevano garantire una durata di vita superiore a 50 anni;
4. Il design e l'installazione dovevano esser fatti nel più breve tempo possibile al fine di riaprire la SR 47.

Studio preliminare per definire il rischio potenziale:

1. **COMPRENDERE IL PROBLEMA:** tramite un'analisi visiva effettuata mediante con elicottero;
2. **DEFINIRE ALTRI BLOCCHI POTENZIALMENTE INSTABILI:** mediante la ricognizione con elicottero e il posizionamento di telecamere sul versante opposto;
3. **DEFINIRE LA DIMENSIONE DEI BLOCCHI, LA LORO POSIZIONE E QUINDI LA LORO ENERGIA:** rilievo topografico con laser-scanner ed utilizzo di corografie;
4. **DEFINIRE ALTRI POSSIBILI MOVIMENTI:** installazione di un sistema di monitoraggio (estensimetri collegati a delle sirene).

1. La SR 47 è stata completamente chiusa per 3 giorni consecutivi (24h/24h) e per altri 10 giorni solo durante la notte (dalle 21 alle 6);
2. Monitoraggio visivo da parte di un operatore fisso (24h/7);
3. Demolizione dei blocchi più critici mediante esplosivo.



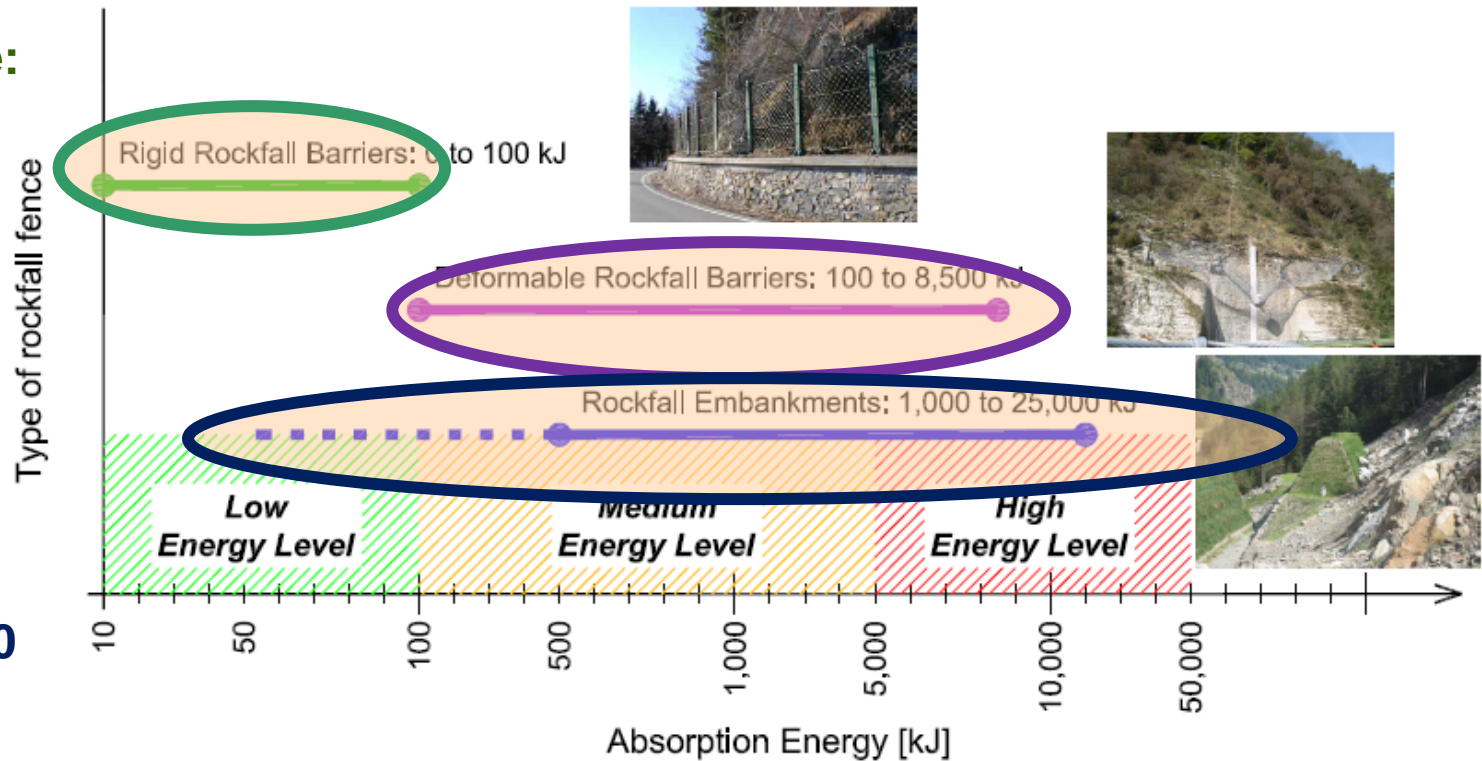
Le opere di protezione definitiva: LA SCELTA PROGETTUALE

Opere di protezione da caduta massi di tipo passivo

Barriere rigide:
0-100 kJ

Barriere dinamiche:
100 - 8,600 kJ

Rilevati paramassi:
1,000 - >25,000 kJ



Le opere di protezione definitiva: LA SCELTA PROGETTUALE

Tanto per capir meglio i kJ...

Considerando una sfera di calcestruzzo armato (2,500 kg/m³)

Kilo-Joules	Peso	Velocità	Diametro	Analogia
100 kJ	~ 259 kg	100 km/h	0.58 m	
500 kJ	~ 1,330 kg	100 km/h	1.00 m	
1,000 kJ	~ 2,600 kg	100 km/h	1.26 m	
3,000 kJ	~ 7,800 kg	100 km/h	1.81 m	
8,500 kJ	~ 22,000 kg	100 km/h	2.56 m	
25,000 kJ	~ 64,800 kg	100 km/h	3.67 m	

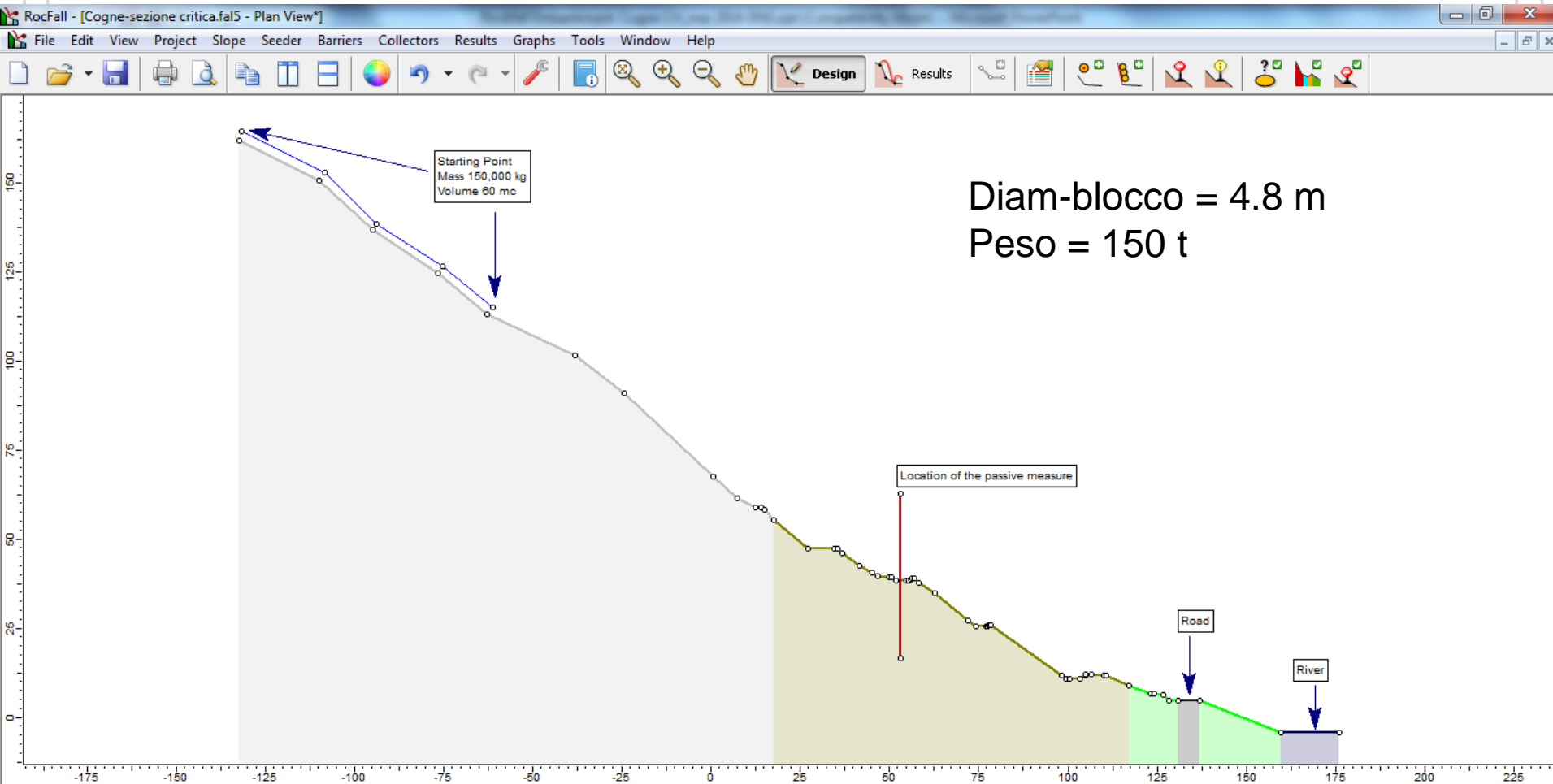
Le opere di protezione definitiva: LA SCELTA PROGETTUALE

...l'effetto di un blocco di c.a. 1m³ in caduta libera da 6m (100-150 kJ)...



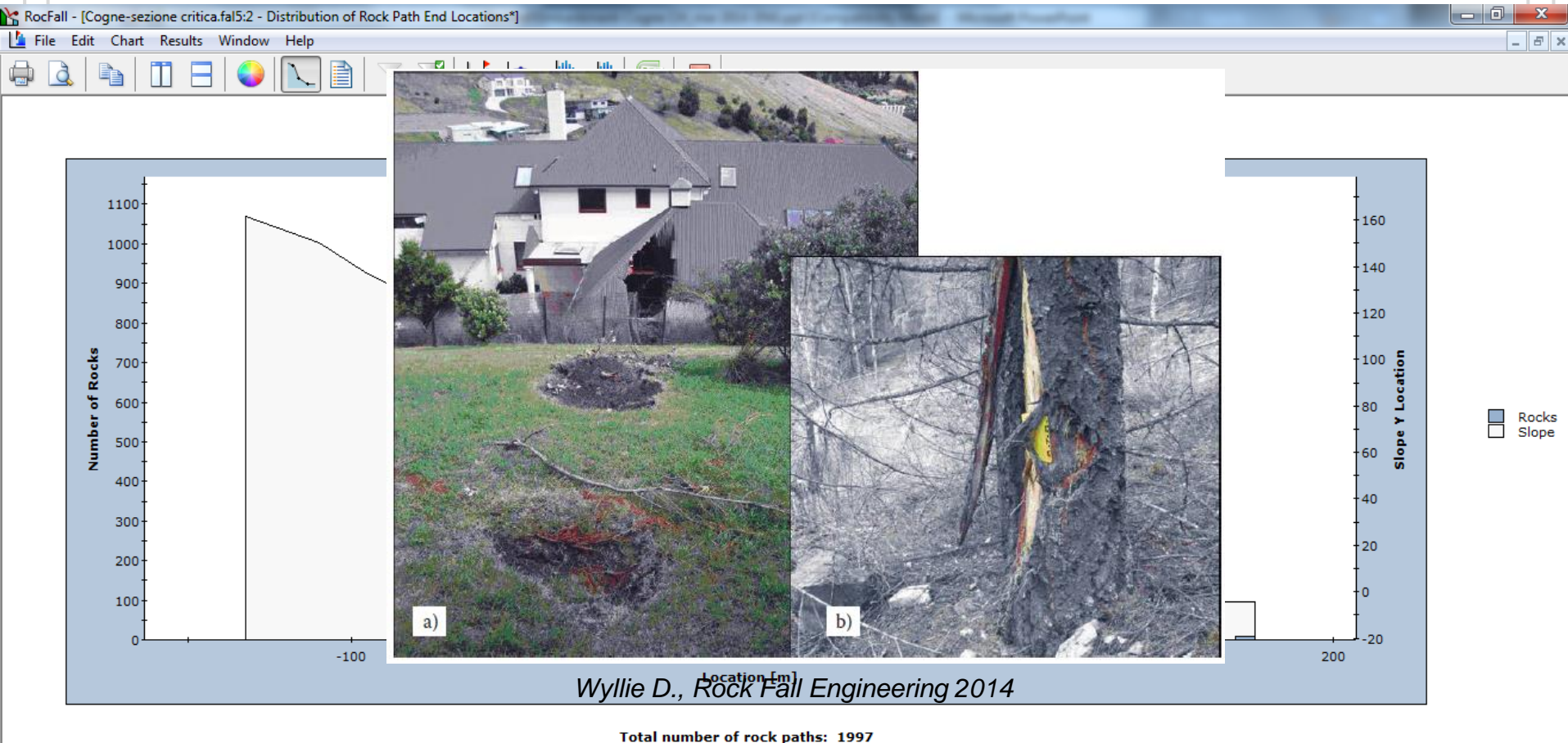
Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

1° FASE : studio delle traiettorie → definizione del modello



Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

1° FASE : studio delle traiettorie → calibrazione del modello



Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

1° FASE : studio delle traiettorie → coefficienti di restituzione

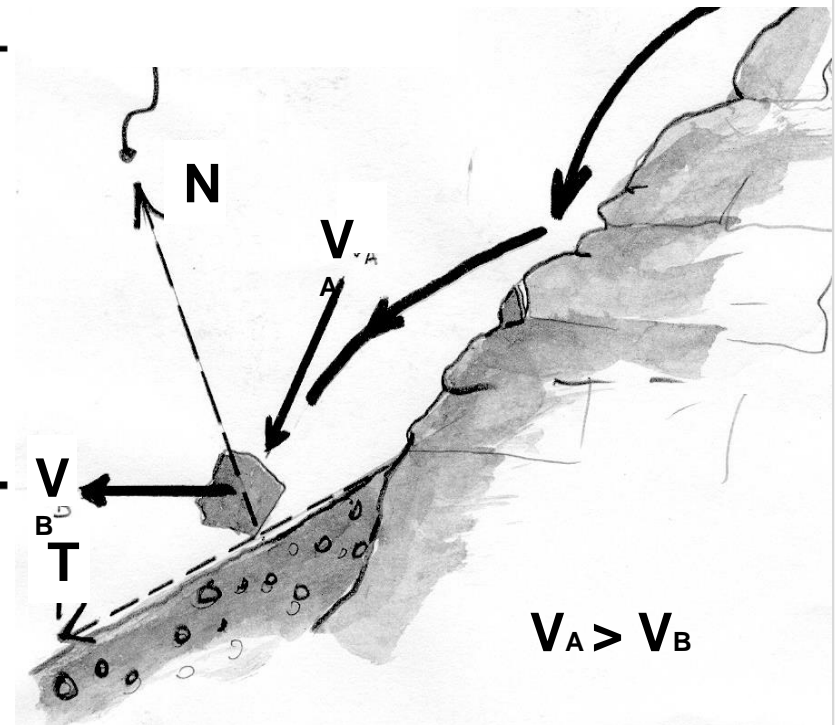
Location	Rn ¹	Rt ²	Dynamic Friction	Rolling Resistance
Colluvium (starting zone)	0.35	0.85	0.50	0.15
Mid portion (quarry area)	0.35	0.80	0.50	0.20
Vegetated slope above the Road	0.32	0.80	0.50	0.30
Paved Road (SR 47)	0.40	0.90	0.50	0.10
Slope between road and river	0.32	0.80	0.50	0.30

¹Normal restitution coefficient

²Tangential restitution coefficient

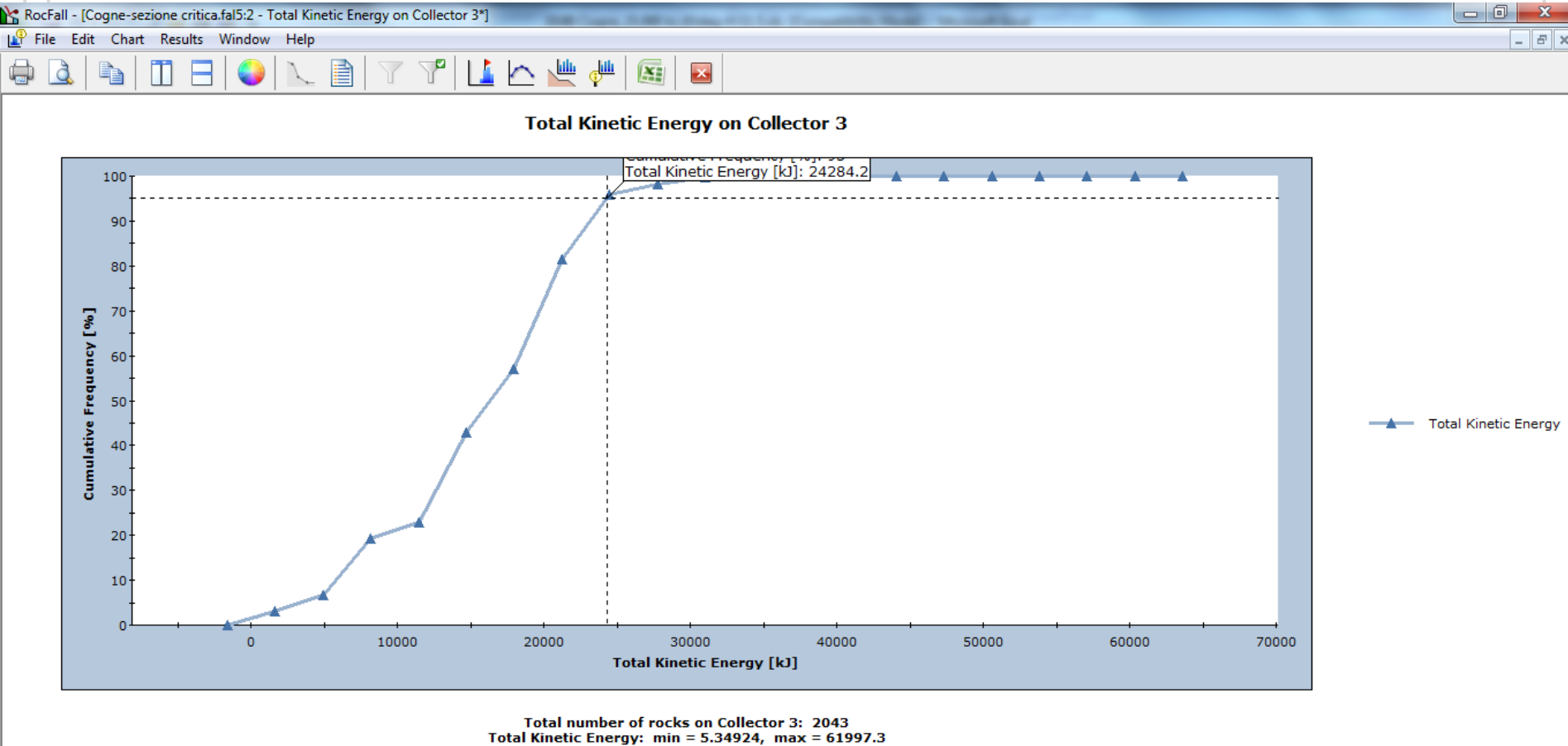
N = axe perpendiculaire au talus

T = axe parallèle au talus



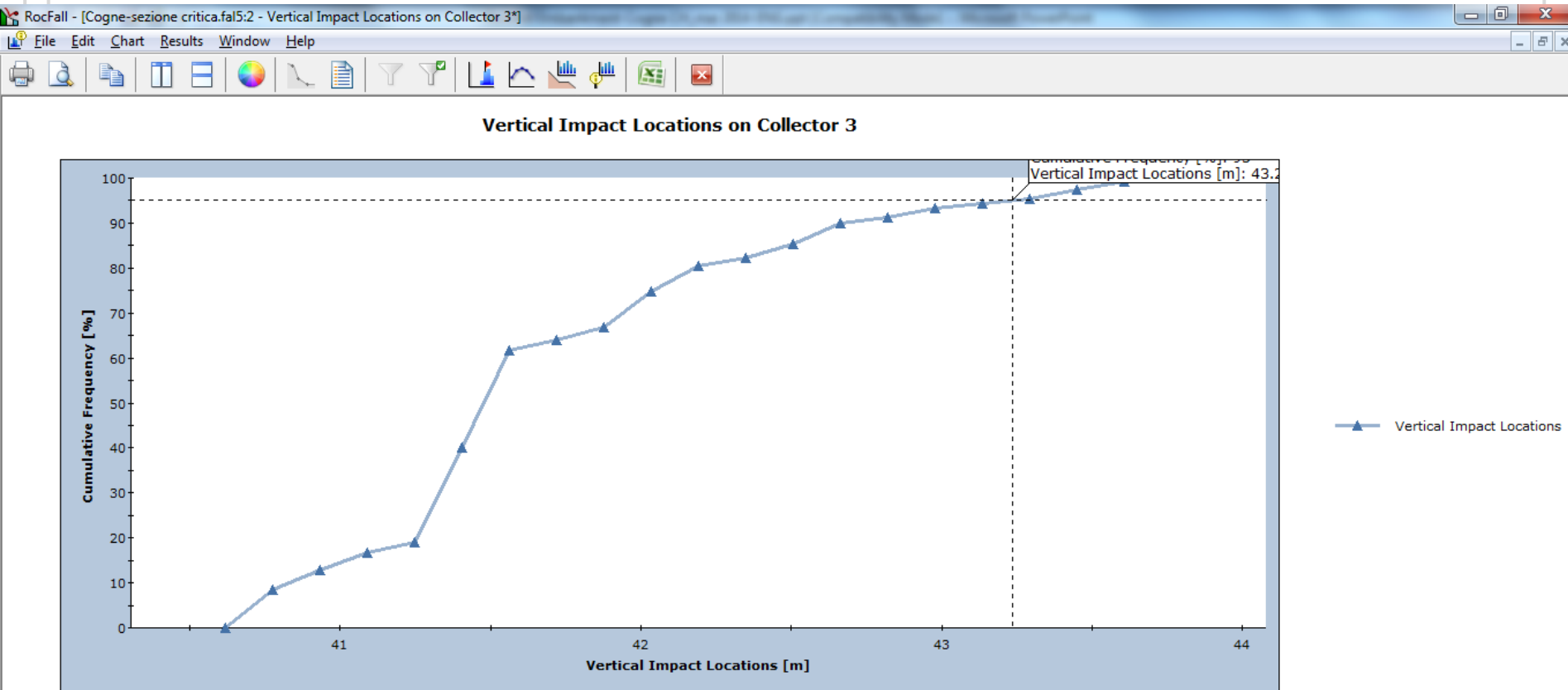
Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

1° FASE : studio delle traiettorie → le energie in gioco
(c.a. 25 MJ – **UNI 11211-4 : 2012**)



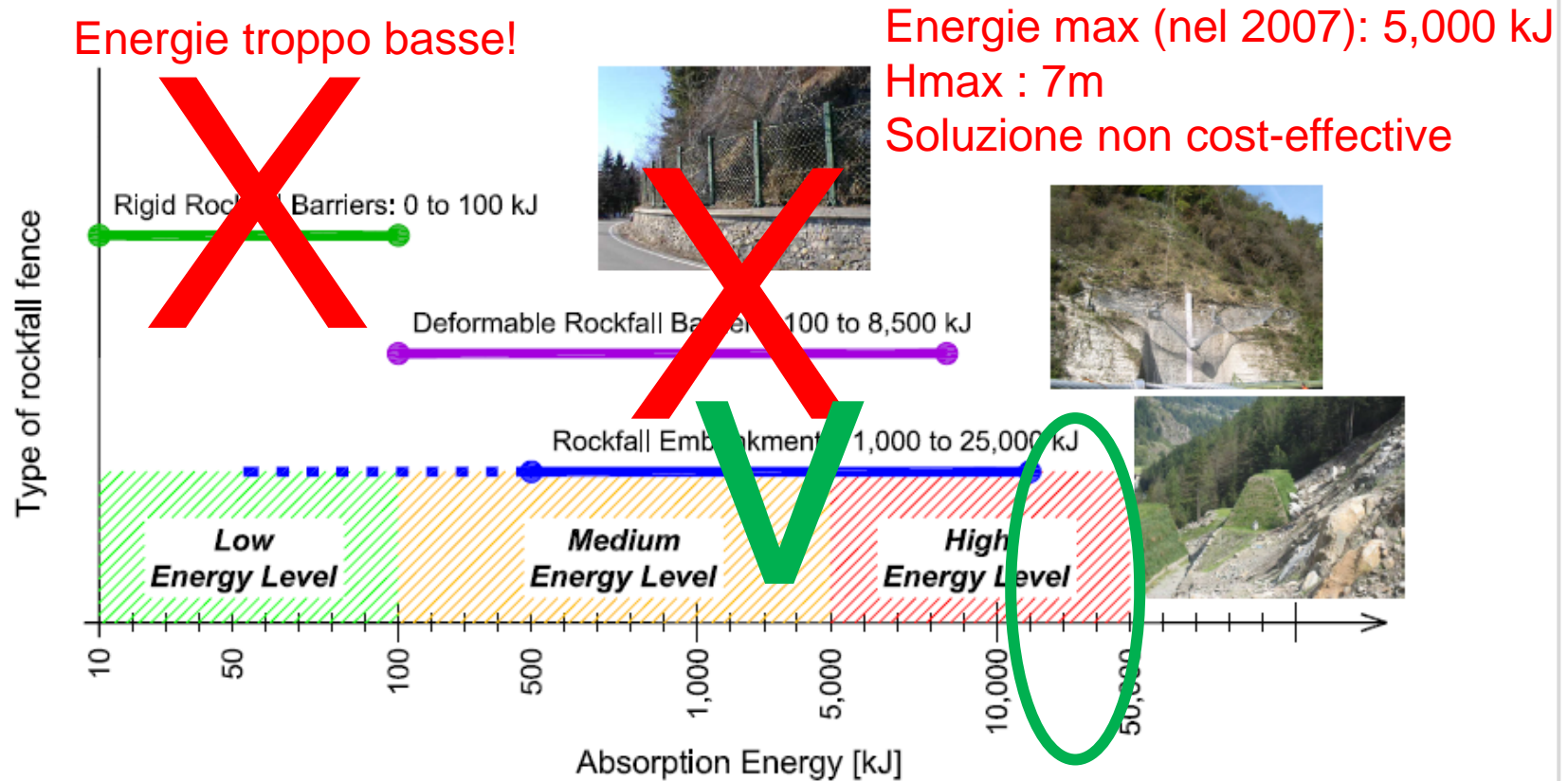
Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

1° FASE : studio delle traiettorie → le altezze di caduta (c.a. 5.0 m)



Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

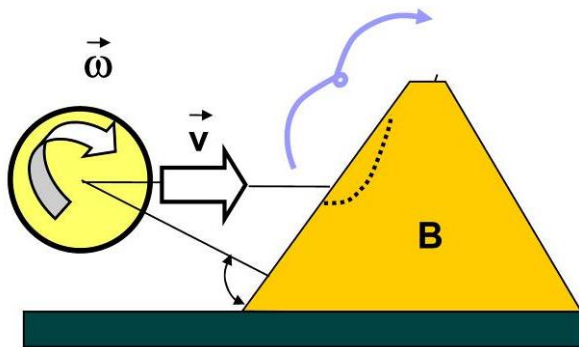
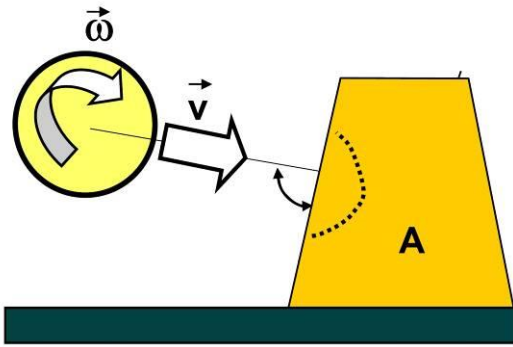
SOLUZIONE ADOTTATA: rilevato paramassi in terra rinforzata



SOLUZIONE ADOTTATA: vallo paramassi in terra rinforzata

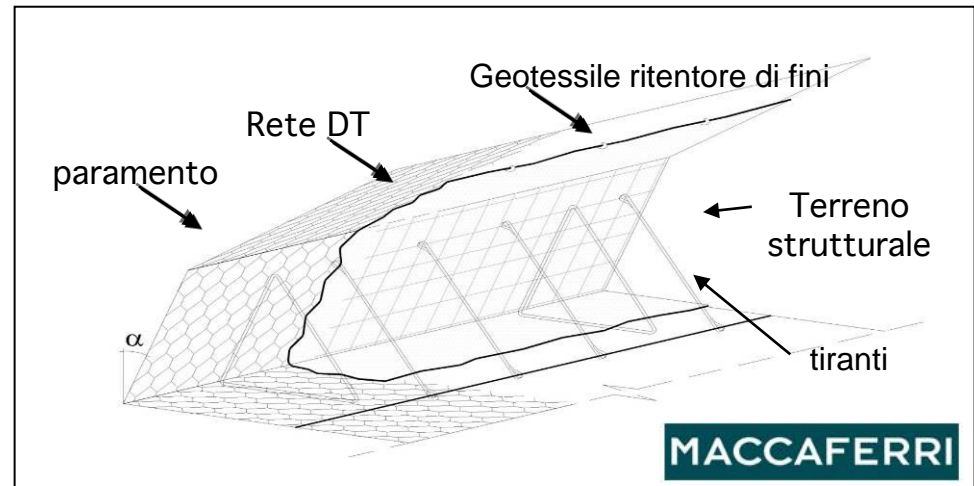
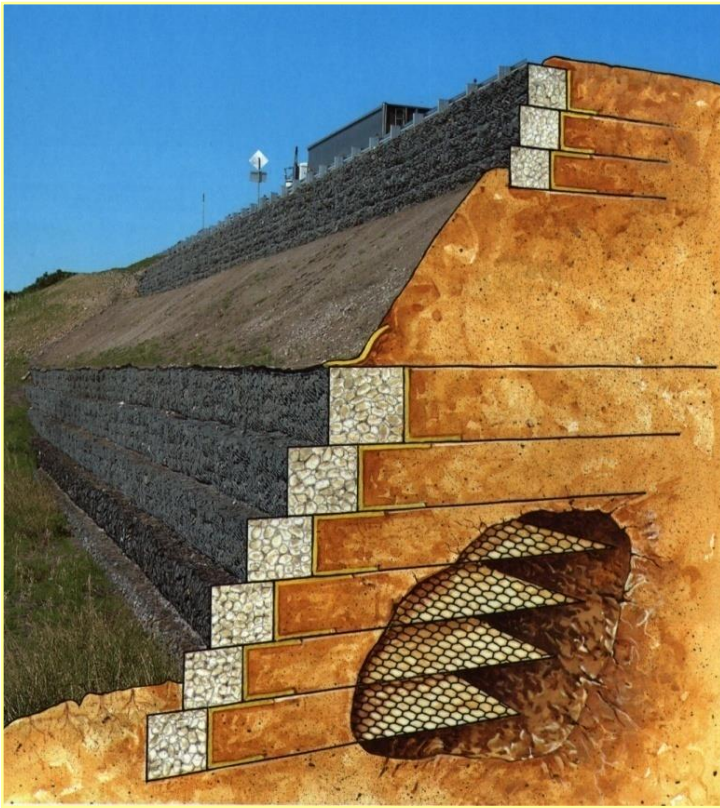
TIPI DI RILEVATI:

- In terra (fondazione importante e rischio di superamento da parte dei blocchi);
- In blocchi ciclopici (basse energie);
- In gabbioni (energie non superiori a 2000 kJ – Test a grandezza reale: Progetto Rempare 2009);
- Mediante palificate in legno (basse energie);
- Costituito da strutture preassemblate mono-ancoraggio (per opere temporanee);
- In terra rinforzata con parmento rinverdibile o minerale (capacità di assorbire energie > a 20 MJ, fondazione limitata, basso impatto visivo, strutture calcolabili, ecc).

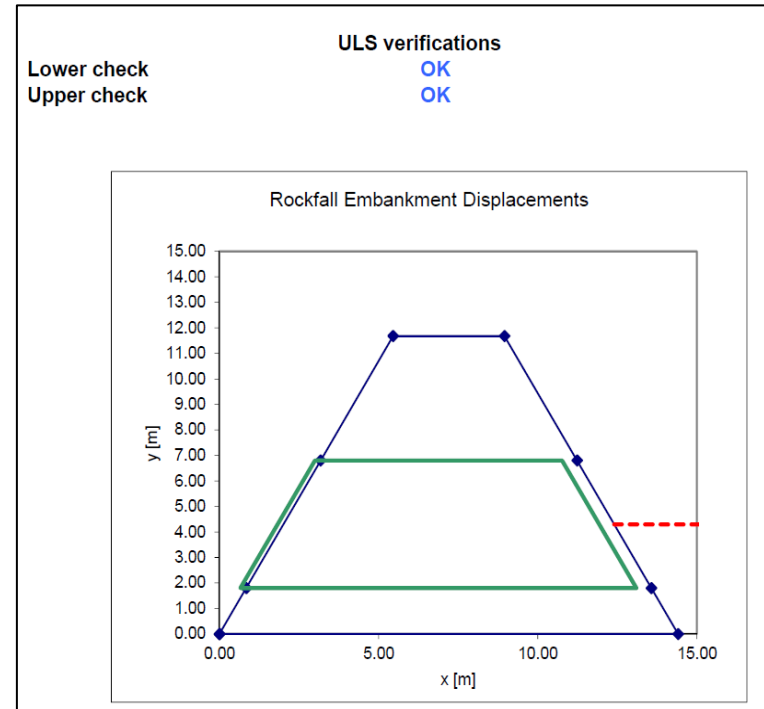
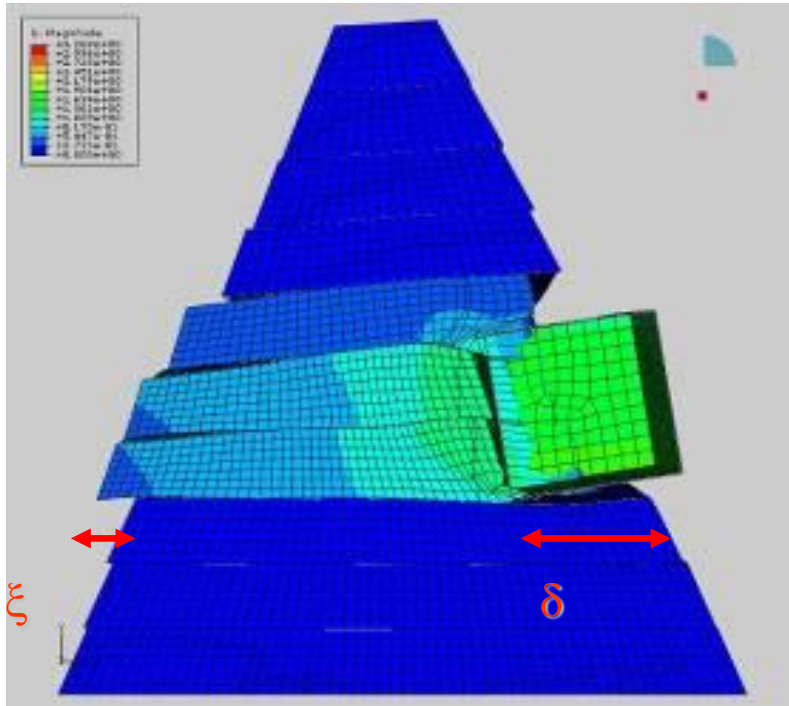


Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

2° FASE : analisi geometrica del rilevato → utilizzo di un software di calcolo (CoREAR) messo a punto dal Politecnico di Torino (Ronco, Oggeri, Peila, 2009) basato su una specifica terra rinforzata (Terramesh)



2° FASE : analisi geometrica del rilevato



Durante il dimensionamento allo SLS sono state imposte:

- Penetrazione massima (lato di monte) ≤ 50 cm;
- Scorrimento di valle dei corsi impattati ≤ 25 cm.

2° FASE : analisi geometrica del rilevato

Altezza = circa 11.5 m

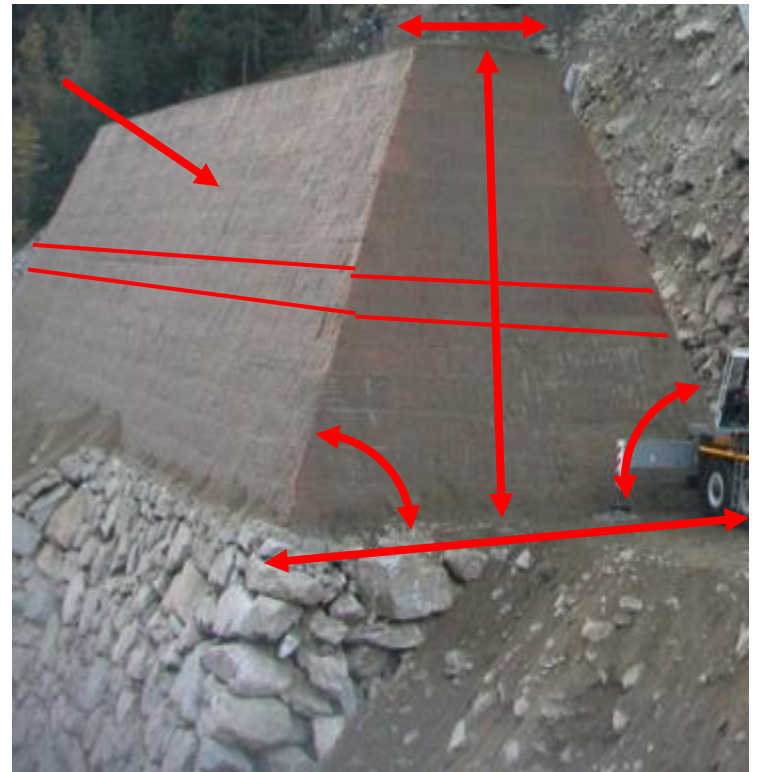
Larghezza in testa = 3.5 m

Larghezza di base = 14.3 m

Inclinazione paramento = 65°

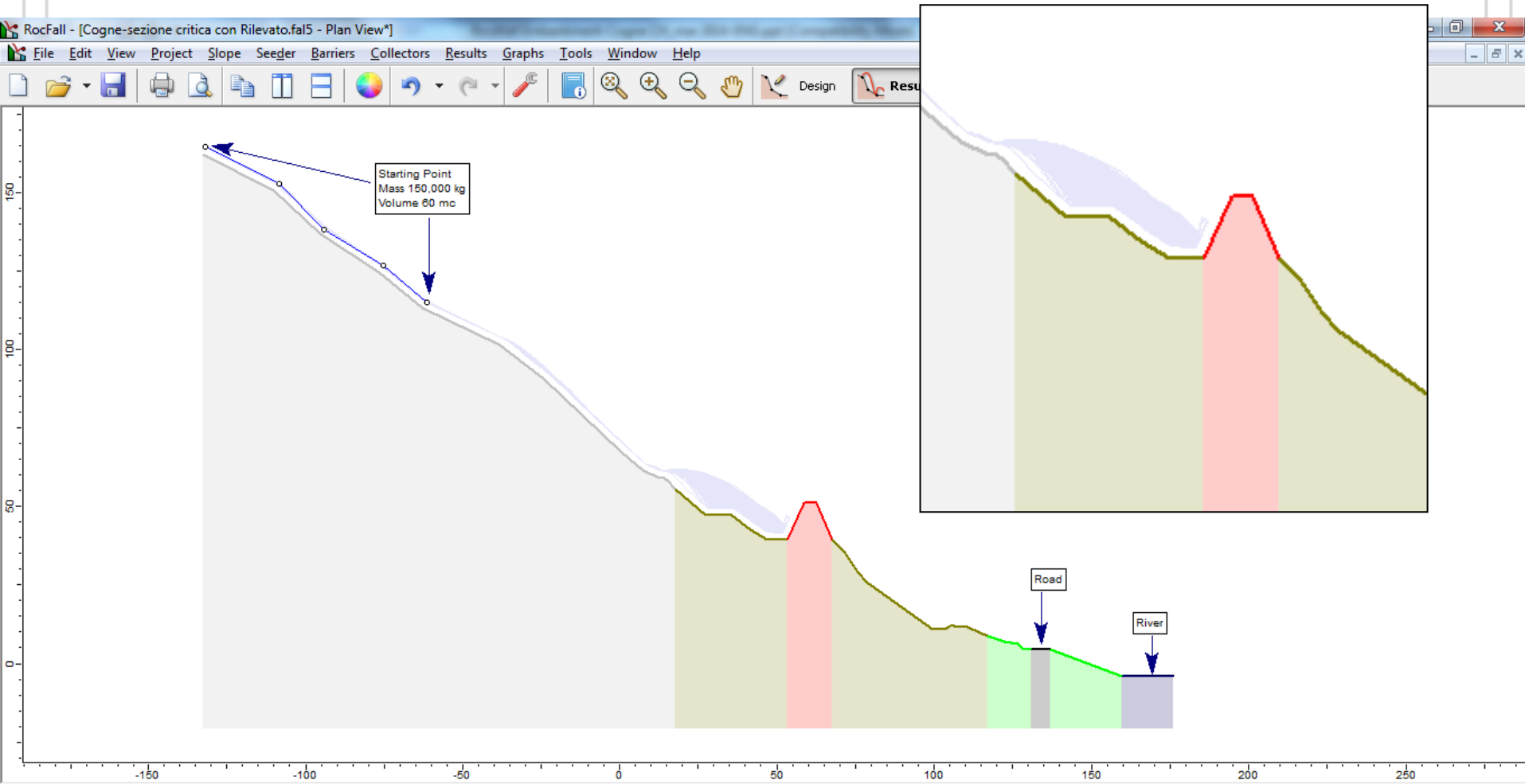
Distanza tra i rinforzi = 0.73 m

Tipo di rinforzo: rete a doppia torsione, maglia 8x10, filo 2.7/3.7 mm – EN 10223-3 (Terramesh Verde)



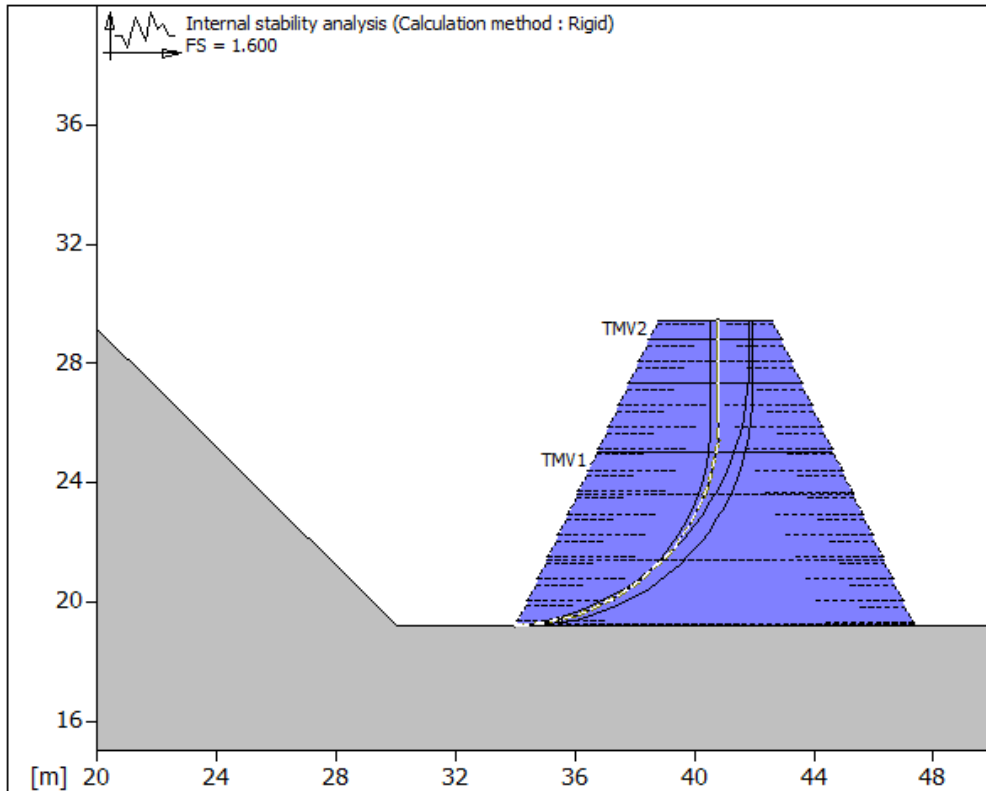
Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

2° FASE : controllo della geometria adottata



Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

3° FASE : analisi di stabilità interna



List of Reinforcements			
TMV1	W=13.33	H=5.84	a=25.0
Linear Composites ParaGrid 100			3.00 - 0.73
Linear Composites ParaGrid 100			10.00 - 2.19
TMV2	W=7.88	H=4.38	a=25.0
Linear Composites ParaGrid 100			3.00 - 0.73

Necessità di inserire 3 layers di geogriglie ad alta resistenza

MACCAFERRI

MacStARS W

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls

Project Title: Vallo Cogne

Cross Section: 1

Site: Cogne

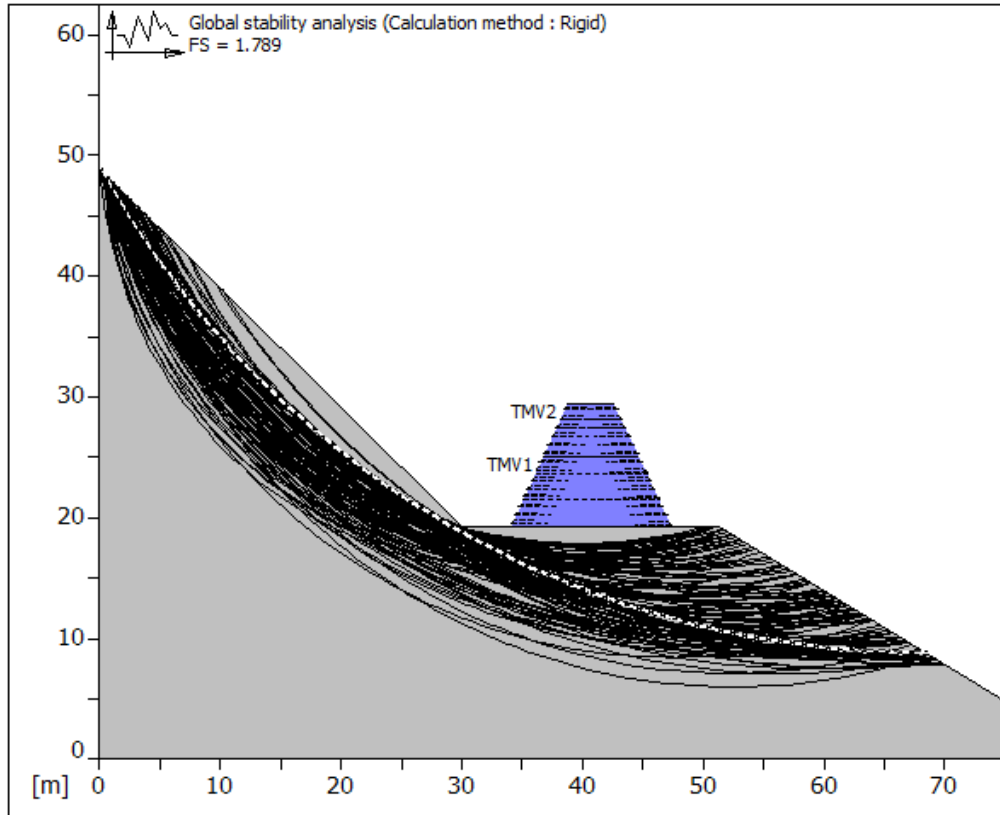
File: Vallo Cogne_GG.mac

Date:
07/02/2007

Folder:

Le opere di protezione definitiva: DIMENSIONAMENTO

3° FASE : analisi di stabilità globale



List of Reinforcements			
TMV1	W=13.33	H=5.84	a=25.0
Linear Composites ParaGrid 100			3.00 - 0.73
Linear Composites ParaGrid 100			10.00 - 2.19
TMV2	W=7.88	H=4.38	a=25.0
Linear Composites ParaGrid 100			3.00 - 0.73

MACCAFERRI MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls</small>	Project Title: Vallo Cogne	Date: 07/02/2007
	Cross Section: 1 Site: Cogne File: Vallo Cogne_GG.mac	Folder:

Le opere di protezione definitiva: INSTALLAZIONE

Fondazione drenante con blocchi ciclopici e rete doppia torsione



Le opere di protezione definitiva: INSTALLAZIONE

Fondazione drenante con blocchi ciclopici e rete doppia torsione



Posizionamento della geogriglia di base (1 layer)



Posizionamento del primo corso di Terramesh Verde sulla geogriglia



Posizionamento degli elementi di Terramesh Verde



Le opere di protezione definitiva: INSTALLAZIONE

Compattazione del terreno strutturale e posizionamento della terra vegetale in facciata



Le opere di protezione definitiva: INSTALLAZIONE

Sviluppo in «verticale» del rilevato di 11.5m di altezza e 290m di lunghezza



Le opere di protezione definitiva: INSTALLAZIONE

Sviluppo planimetrico del vallo da 11.5m di altezza e 290m di lunghezza



Operazioni di idrosemina



Qualche numero:

Giugno 2007 : Caduta massi sulla SR 47 Aymavilles-Cogne

LOTTO n. 1 : Rilevato n.1 (290 m) + Rilevato n.2 (50 m)

- Inizio lavori : metà luglio 2007
- Fine lavori : metà settembre 2007
- Durata lavori : circa 4 mesi
- Superficie a vista : circa 8,000 m² di Terramesh Verde
- Volume totale : circa 30,000 m³ di terreno strutturale compattato
- Fondazione drenante : circa 5,000 m³
- Costo totale del Lotto n.1 : circa 2.7 milioni di Euro
(studio preliminare e monitoraggio, installazione cantiere, strade di accesso, fornitura e posa del rilevato, valiatura del terreno in situ)

Qualche numero:

LOTTO n. 2 : Rilevato n.3 (110 m)

- Inizio lavori : metà settembre 2009
- Fine lavori : fine ottobre 2009
- Durata lavori : circa 1.5 mesi
- Superficie a vista : circa 2,600 m² di Terramesh Verde
- Volume totale : circa 10,000 m³ di terreno strutturale compattato
- Costo totale del Lotto n.2 : circa 1.2 milioni di Euro
(installazione cantiere, strade di accesso, fornitura e posa del rilevato, valiatura del terreno in situ)

Le opere di protezione definitiva: INSTALLAZIONE

Vallo N. 2: L=50m; H=11.5

Vallo N. 3: L=110m; H=11.5

Vallo N. 1: L=290m; H=11.5



Impatti sul rilevato n.2:



Le opere di protezione definitiva: IMPATTI & MANUTENZIONE

Impatti sul rilevato n.2: blocchi singoli con energie di circa 3,000-5,000 kJ



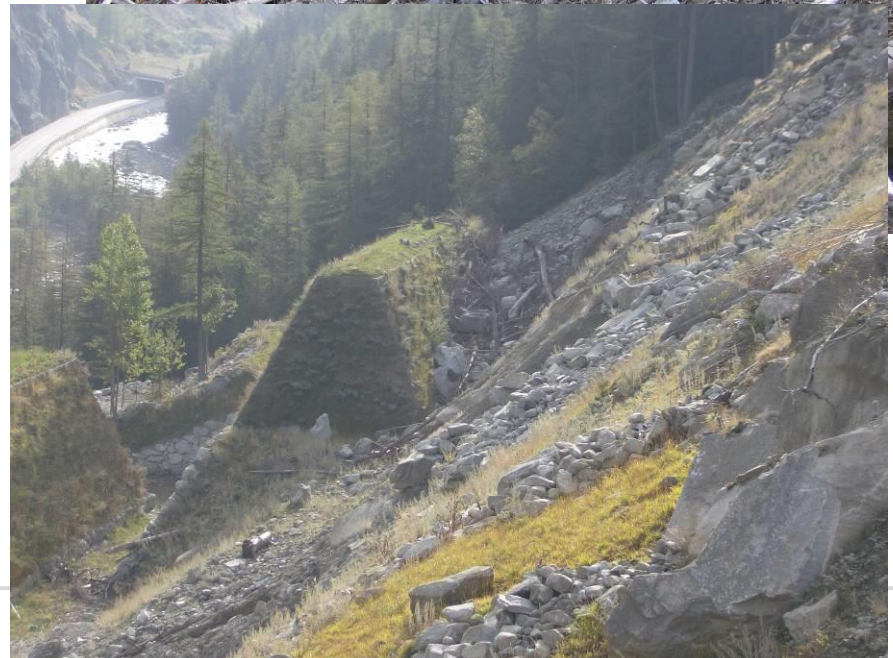
Penetrazione sul paramento di monte: circa 50-60 cm



Nessuna deformazione sul paramento di valle

Le opere di protezione definitiva: IMPATTI & MANUTENZIONE

Impatti sul rilevato n.2: dopo 3 anni il rilevato era «pieno»



Le opere di protezione definitiva: IMPATTI & MANUTENZIONE

Manutenzione: messa in sicurezza della zona di monte (abbattimento controllato con uso di esplosivo e cemento espansivo, disgiungimento blocchi instabili)



Le opere di protezione definitiva: IMPATTI & MANUTENZIONE

Manutenzione: messa in opera di un dispositivo d'allarme costituito da estensimetri collegati ad un sistema audio-visivo posto in prossimità del rilevato da pulire



Le opere di protezione definitiva: IMPATTI & MANUTENZIONE

Manutenzione: installazione di una rete a cortina nella zona immediatamente a monte del rilevato n.2



Manutenzione: svuotamento del rilevato n.2



Manutenzione: riparazione della facciata di monte



- I rilevati paramassi sono generalmente realizzati con strutture in terra rinforzata double-face;
- Il Politecnico di Torino ha sviluppato un software di calcolo per definire la geometria dei rilevati in terra rinforzata costituiti da elementi di Terramesh (con rinforzo in rete metallica a doppia torsione);
- E' possibile ottenere delle opere capaci di resistere ad impatti ad altissima energia (> 25 MJ) anche multipli;
- Le strutture possono essere environmental-friendly grazie al paramento rinverdibile;
- Gli elementi preassemblati di Terramesh Verde permettono una facilità e una rapidità di messa in opera;
- Grazie alla facciata costituita da rete metallica si elimina il rischio di avere danni strutturali legati ad incendi;
- Le strutture hanno una durata di vita superiore a 100 anni (in accordo all'Annex A della norma EN 10223-3);
- Grazie alla rete a doppia torsione, i rilevati in Terramesh Verde sono facilmente riparabili.

*Grazie per
l'attenzione!*



AiFOS

Associazione Italiana Formatori ed
Operatori della Sicurezza sul Lavoro