



# COMUNE DI VALGANNA

*Provincia di Varese*

## STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DEL TERRITORIO COMUNALE

*L.R. 11 marzo 2005, n. 12*

**Modifiche alla perimetrazione e classificazione di fattibilità  
di zone soggette a rischio di frane di crollo**



Luglio 2013



STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA  
Via Dante Alighieri, 27 - 21045 Gazzada Schianno (VA)  
Tel: 0332 464105  
Fax: 0332 870234  
E. mail: [tecnico@gedageo.it](mailto:tecnico@gedageo.it)

Dr. Geol. Roberto Carimati

Dr. Geol. Giovanni Zaro

## **INDICE**

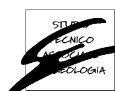
<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>MODIFICHE ALLA CARTOGRAFIA DEL DISSESTO .....</b>	<b>3</b>
2.1	PROCEDURE PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ.....	3
2.2	CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE OMOGENEE.....	4
2.3	MODELLAZIONE ED ANALISI NUMERICA.....	4
2.4	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PRELIMINARE E DEFINITIVA .....	6
<b>3</b>	<b>CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA P.A.I. ....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.....</b>	<b>9</b>

**Appendice 1 - Documentazione fotografica**

**Appendice 2 - Certificati di omologazione delle barriere paramassi**

**Appendice 3 – Verifiche di scendimento in assenza di barriere**

**Appendice 4 - Verifiche di scendimento in presenza di barriere**



## 1 PREMESSA

Lo Studio Geologico del territorio comunale redatto dal Dott. Geol. Claudio Franzosi ai sensi della D.G.R. 5/36147 del 18/05/1993 e della L.R. 41/97 nell'anno 2000, modificato nell'anno 2001 in accoglimento del parere del Servizio Geologico della Regione Lombardia (prot. Z1.2001.02411), è stato integrato nell'anno 2002 eseguendo analisi di dettaglio condotta ai sensi del D.G.R. 7/6645 del 29/10/01.

L'analisi di dettaglio era finalizzata alla ripermetrazione e riclassificazione di fattibilità geologica di zone soggette a rischio per frane di crollo e zone di rispetto di pozzi per acqua potabile.

In particolare con riferimento al rischio per frane di crollo lo studio di dettaglio (*Relazione Tecnica dello studio di ripermetrazione e riclassificazione di fattibilità di zone soggette a rischio di frane di crollo, Dott. Geol. Claudio Franzosi, Agosto 2002*) interessava diversi settori del territorio comunale tra cui l'area a monte dell'abitato di Ganna in località le Casere.

In questo settore tra gli anni 2004 e 2008 sono state realizzate opere di mitigazione del rischio di crollo nella tipologia di barriere paramassi.

Su richiesta dell'amministrazione comunale si intende procedere alla ripermetrazione delle aree in dissesto con riferimento alle modalità ed ai criteri contenuti nella D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 (*Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con DGR del 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con DGR 28 maggio, n. 8/7374"*).

## 2 MODIFICHE ALLA CARTOGRAFIA DEL DISSESTO

### 2.1 Procedure per la definizione della pericolosità

La procedura per la zonazione della pericolosità fa riferimento a quanto previsto nell' Allegato 2 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011, in particolare alla zonazione della pericolosità generata da crolli in roccia e per il presente studio alla metodologia inerente crolli di singoli massi o per crolli di massi fino ad una volumetrie complessiva di circa 1000 mc; questa procedura è invariata rispetto a quella utilizzata per la redazione dello studio di dettaglio redatto dal Dott. Franzosi ai sensi della DGR 7/6645 del 29/10/01 (*Relazione Tecnica dello studio di ripermetrazione e riclassificazione di fattibilità di zone soggette a rischio di frane di crollo, Dott. Geol. Claudio Franzosi, Agosto 2002*).

La procedura prevista è denominata R.H.A.P. e prevede in sintesi diverse fasi

- individuazione dei settori di parete rocciosa potenziale origine di crolli
- delimitazione d'aree omogenee in funzione di una serie di parametri (caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso, morfologia del versante lungo le traiettorie di discesa, presenza di opere di difesa,...);
- esecuzione di analisi di rotolamento tramite simulazioni di caduta con modelli numerici.

In base ai risultati delle analisi di rotolamento viene predisposta una zonazione longitudinale preliminare delle zone omogenee che individua 4 classi di pericolosità preliminare (da H1 bassa a H4 alta).

La pericolosità finale viene determinata valutando l'attività delle aree omogenee, come propensione all'accadimento di fenomeni di distacco, definita la quale il valore di pericolosità preliminare viene aumentato di una unità nei settori di attività elevata e mantenuto invariato nei settori di attività intermedia od anche diminuito se l'attività è bassa.

Il territorio analizzato risulta al termine di questa procedura suddiviso in cinque classi di pericolosità (da H1 bassa a H5 elevata) nei confronti dei fenomeni di crollo di singoli massi o volumetrie inferiori a 1000 mc.

## 2.2 Caratterizzazione delle aree omogenee

Le aree omogenee individuate e caratterizzate dallo studio di dettaglio redatto dal Dott. Franzosi (rif. *Allegato 6, Carta delle aree omogenee*) non sono state oggetto di revisione e parimenti è stata mantenuta la valutazione del grado di attività eseguita.

In figura 1 sono quindi rappresentate le perimetrazioni descritte e le opere di mitigazione del rischio, nella tipologia di barriere, realizzate tra il 2004 ed il 2008 quindi successivamente alla redazione dello studio redatto dal Dott. Franzosi (2002).

Le barriere esistenti sono state oggetto di un rilievo topografico di dettaglio, eseguito al fine di poter disporre della loro esatta ubicazione ed aggiornare in modo corretto la cartografia di piano e lo scenario su cui sviluppare le successive fasi di approfondimento.

Nell'occasione sono state rilevate non solo le barriere in località Le Casere ma anche le barriere collocate più a nord lungo la ciclabile che costeggia il lago.

Le barriere presenti in località Le Casere sono di due tipologie:

- deformabili a puntone mobile di altezza 4 m
- rigide di altezza 2 m

Le barriere al momento dei rilievi (maggio 2013) sono complessivamente apparse in buone condizioni e non sono stati osservati accumuli significativi di materiale lapideo trattenuto ( Appendice 1).

Ai fini della ridefinizione della pericolosità, sono state considerate solo le barriere di tipologia deformabile che risultano omologate per una capacità di assorbimento 1500 KJ, come certificato dalla documentazione di prova, consultabile in Appendice 2, dove si trovano riportate, nel dettaglio, anche le specifiche tecniche delle barriere realizzate.

## 2.3 Modellazione ed analisi numerica

La ridefinizione della zonazione longitudinale preliminare delle zone omogenee è stata riconsiderata a seguito della realizzazione delle barriere paramassi.

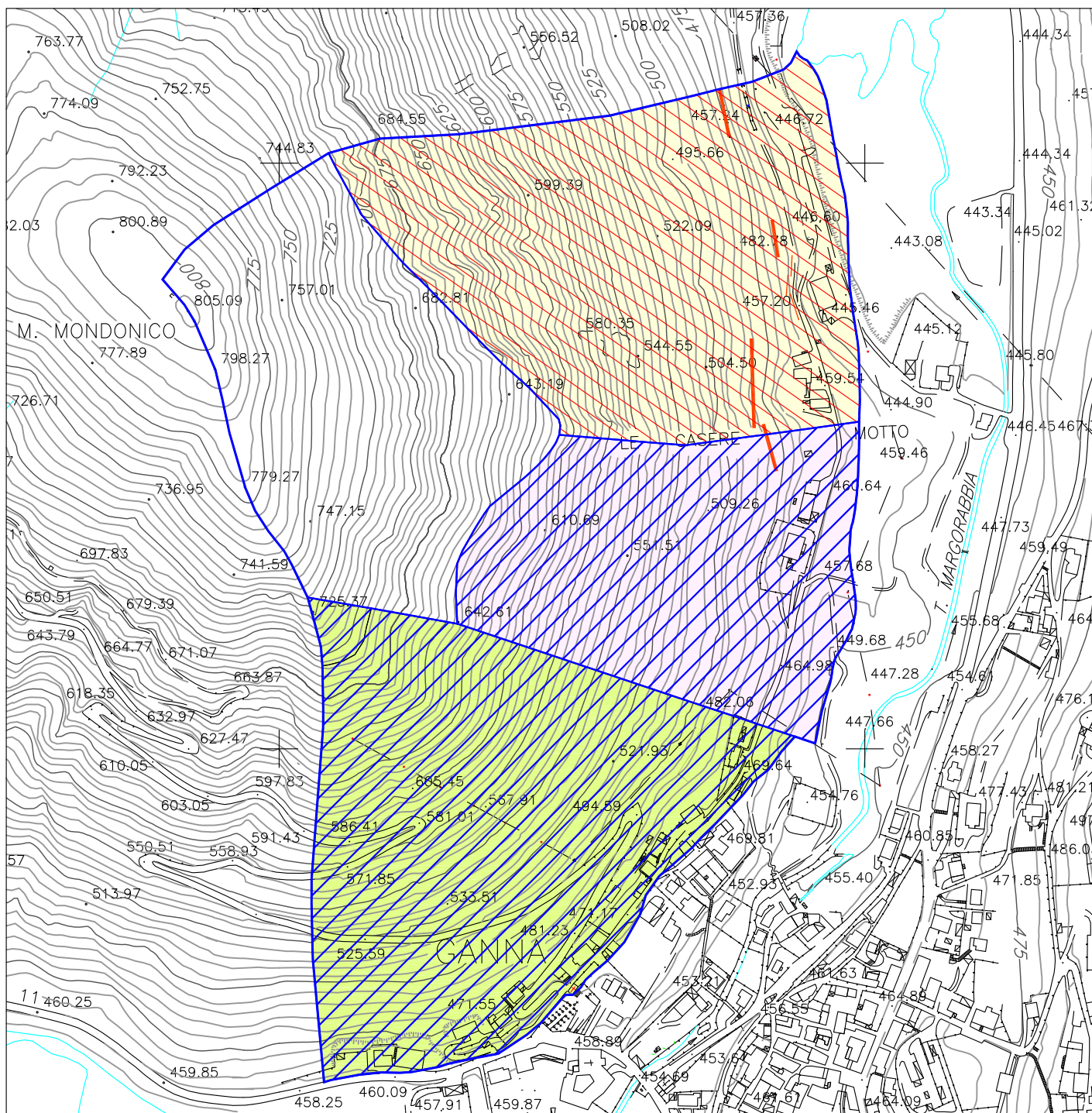
Le analisi di rotolamento sono state eseguite con il programma di calcolo GeoRock della Geostru Software; il programma permette di calcolare la traiettoria di caduta di blocchi lungo una scarpata e quindi di verificare l'efficacia di delle opere di protezione.







Il programma permette di scegliere tra due modelli di calcolo il modello Lumped mass ed il modello CRSP.

Nel metodo di calcolo Lumped mass il blocco è considerato come un punto dotato di massa e velocità e l'impatto sul terreno è condizionato dai coefficienti di restituzione normale e tangenziali.

Nel modello detto CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program) il moto di caduta dei blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, viene calcolato utilizzando ulteriori parametri, quali la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi.





-  Limite area indagata
-  Area omogenea 1
-  Area omogenea 2
-  Area omogenea 3
-  Area di attività elevata
-  Area di attività intermedia

Opere di mitigazione del rischio realizzate successivamente allo studio di approfondimento del Dott. Franzosi e di interesse ai fini della attuale riperimetrazione della pericolosità.


-  Barriere deformabili (h=4 m , R 1500KJ)

Figura 1 - Identificazione delle aree omogenee e dell'attività relativa; scala 1:5000.  
(ridisegnato da *Relazione Tecnica dello studio di riperimetrazione e riclassificazione di fattibilità di zone soggette a rischio di frane di crollo*, Dott. Geol. Claudio Franzosi, Agosto 2002 )

Le analisi sono state eseguite con il modello CRSP che viene in generale ritenuto più rigoroso poiché tiene conto come accennato della forma e della dimensione del blocco.

Le analisi sono state compiute lungo una serie di 14 sezioni del versante per valutare lo scenario in assenza ed in presenza delle opere di protezione (figura 2).

Le analisi compiute in assenza di barriere sono servite per tarare i coefficienti restituzione normale ( $R_n$ ) tangenziale ( $R_t$ ) e del coefficiente dinamico al rotolamento ( $K$ ), delle diverse zone geomeccaniche individuate lungo le sezioni a partire dalla cartografia redatta dal Dott. Franzosi e che sono riassunte nella tabella seguente:

N	Descrizione	$R_n$	$R_t$	$K$
1	Roccia subaffiorante	0.35	0.8	0.70
2	Roccia affiorante	0.7	0.9	0.4
3	Depositi alluvionali	0.25	0.5	0.35
4	Detrito grossolano	0,35	0.7	0.6
5	Detrito fino	0,3	0,6	0.55

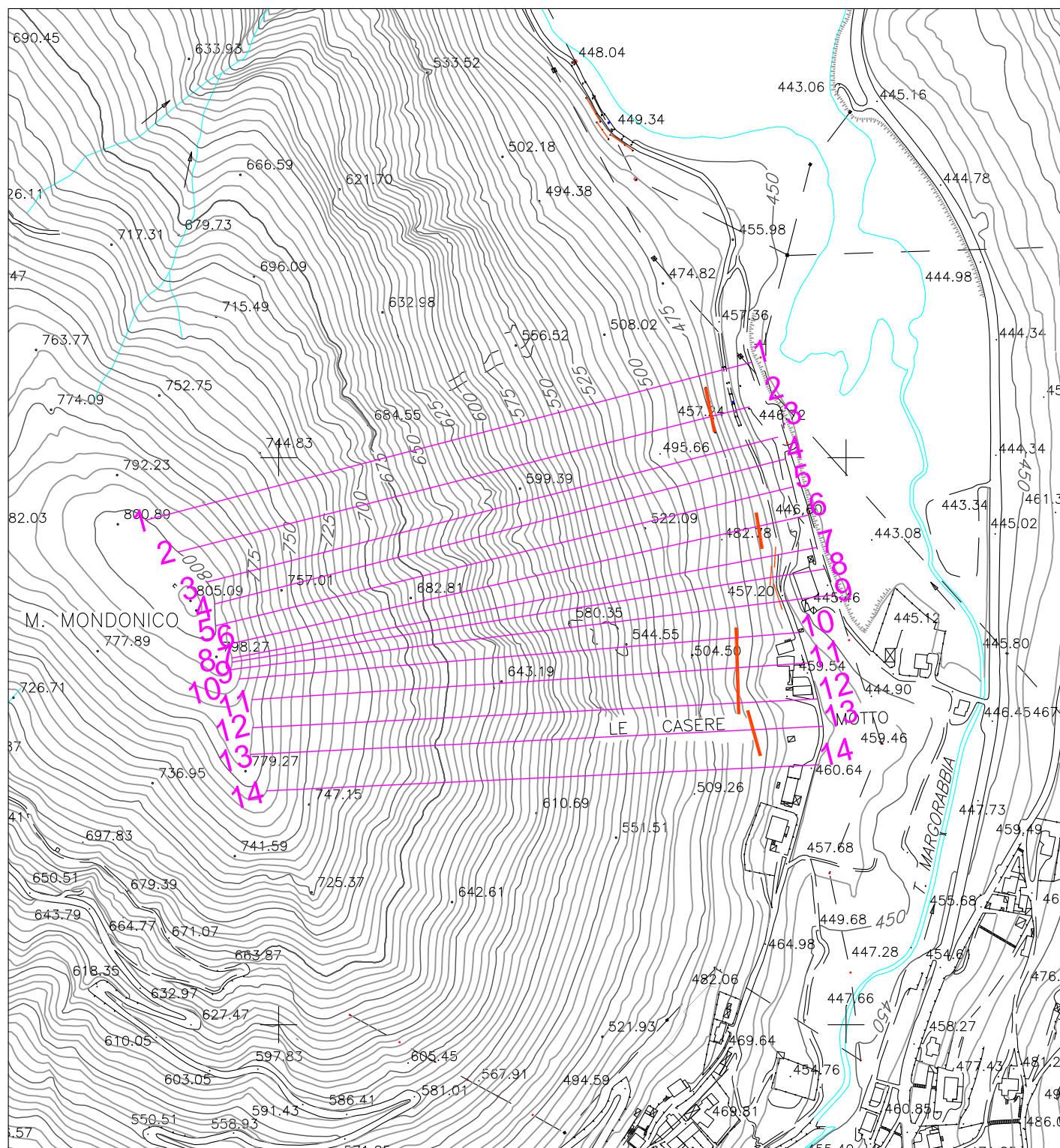
Il punto di distacco è stato individuato riportando lungo le sezioni i settori di distacco, già individuati nelle cartografie redatte dal Dott. Franzosi (rif. *Allegato 2 Carta geologica geomorfologia di dettaglio*, ed *Allegato 6 Analisi di scendimento massi tridimensionali*), posti al limite tra il materiale detritico e la roccia affiorante.

Il blocco in caduta è stato scelto, in via conservativa ed in base alle possibilità offerte dal modello CRSP con le seguenti caratteristiche:

Forma del blocco	Sferico	
Densità	3200,0	$\text{Kg/m}^3$
Velocità limite di arresto	0,01	m/s
Diametro	1,5	m
Peso	5654,867	$\text{Kgf}$

L'esito delle analisi, raccolte in Appendice C e relative per ragioni di sintesi alle sezioni di calcolo direttamente incidenti con le barriere, ha condotto all'adozione del seguente set di parametri considerando che al posto di  $K$  nel programma Georock si considera un parametro  $m$  (rugosità della superficie):

N	Descrizione	$R_n$	$R_t$	$m$
1	Roccia subaffiorante	0.35	0.8	0.70
2	Roccia affiorante	0.7	0.9	0.4
3	Depositi alluvionali	0.25	0.5	0.35
4	Detrito grossolano	0,35	0.7	0.43
5	Detrito fino	0,3	0,6	0.55



 Traccia delle sezioni

Opere di mitigazione del rischio

 Barriere deformabili (h=4 m , R 1500KJ)

 Barriere rigide h=2m

Figura 2 - Individuazione delle opere di mitigazione del rischio oggetto di rilievo di dettaglio e traccia delle sezioni adottate nell'analisi numerica di caduta; scala 1:5000.



Come si può osservare è stato necessario variare il parametro  $m$  per il solo detrito grossolano al fine di giungere a esiti delle simulazioni ragionevolmente confrontabili con quelle eseguite dal Dott. Franzosi che sono condotte con altri programmi di calcolo (rif. *Allegato 6 Analisi di scendimento massi tridimensionali*).

Sono state quindi eseguite le analisi in presenza di barriere per valutare la loro adeguatezza nei confronti di potenziali situazioni di caduta; le barriere esistenti sono state introdotte nel programma di calcolo specificando un'altezza di 4 m ed un'energia di assorbimento di 1500 Kj.

Nelle elaborazioni è stato infine considerato un numero di 1000 lanci a partire dalle aree di distacco.

Le elaborazioni grafiche, esito delle analisi di caduta prodotte dal modello, sono visibili in Appendice 4; le elaborazioni riportano tutte le traiettorie calcolate fino al punto di arresto del blocco di progetto e il blocco nelle dimensioni prescelte e una griglia con le percentuali di arresto dei blocchi.

Dall'esame delle elaborazioni si osserva che le traiettorie dei blocchi si arrestano in corrispondenza delle barriere.

## **2.4 Carta della pericolosità preliminare e definitiva**

Il programma consente di individuare lungo la sezione di calcolo la percentuale dei massi arrestati; questa caratteristica è funzionale alla definizione della pericolosità preliminare, individuando zone di transito ed arresto dei blocchi a cui viene assegnata una classe di pericolosità con il seguente criterio:

transito ed arresto del 70% dei blocchi analizzati	4
arresto del 95% dei blocchi analizzati	3
arresto del 100% dei blocchi analizzati	2

In aggiunta a queste classi si delimita un'area di bassa pericolosità (valore 1) utilizzando la distanza massima raggiunta dal blocco di maggiori dimensioni oppure la distanza massima raggiunta da massi di crolli precedenti.

In figura 3 viene rappresentata la carta della pericolosità preliminare esito delle elaborazioni eseguite: risulta evidente come, per effetto della presenza delle barriere, in corrispondenza di queste si collochi il limite della zona ove si verifica l'arresto del 100% dei blocchi.

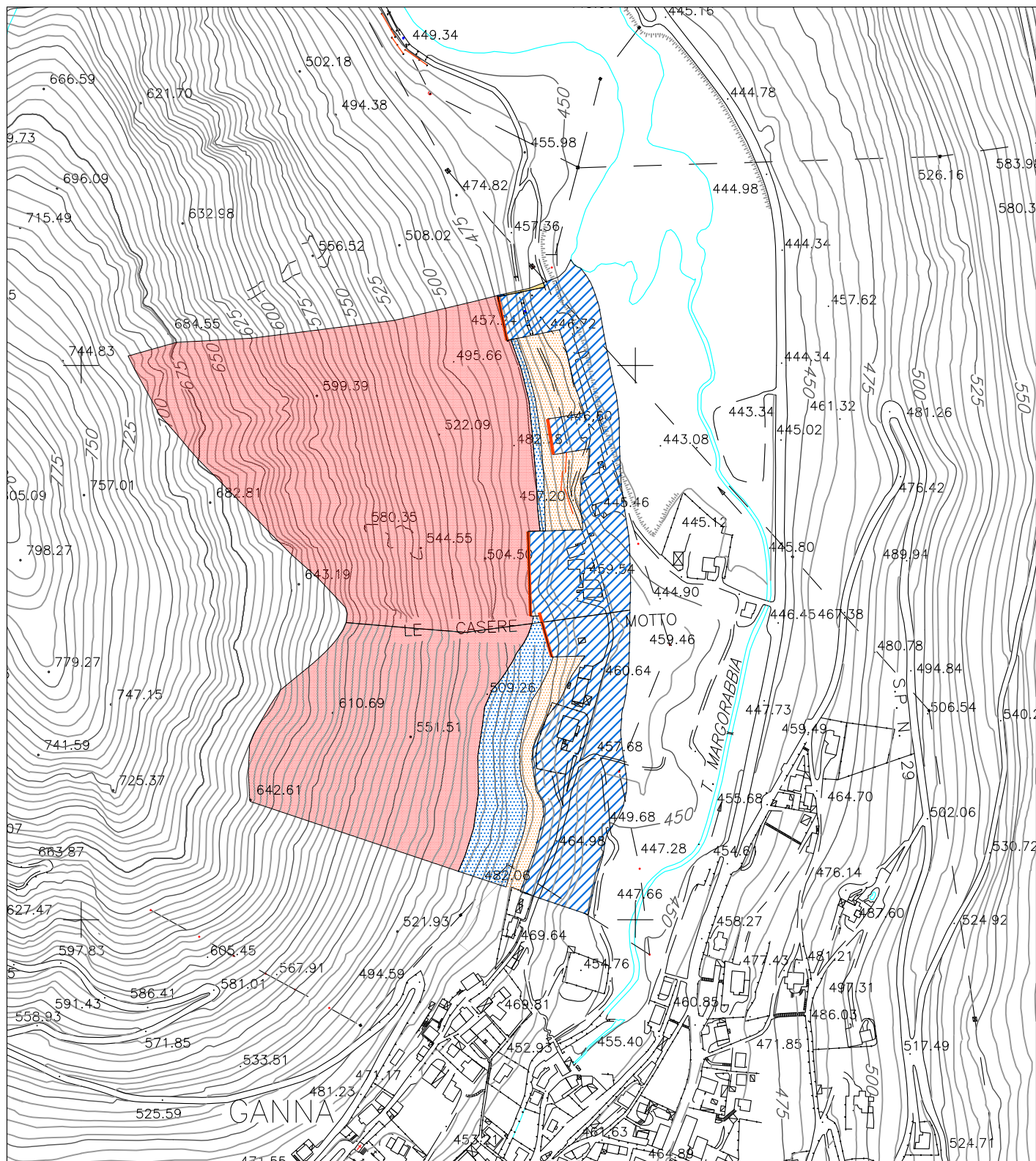


Figura 3 - Ridefinizione della pericolosità preliminare a seguito della realizzazione delle opere di mitigazione del rischio; scala 1:5000.

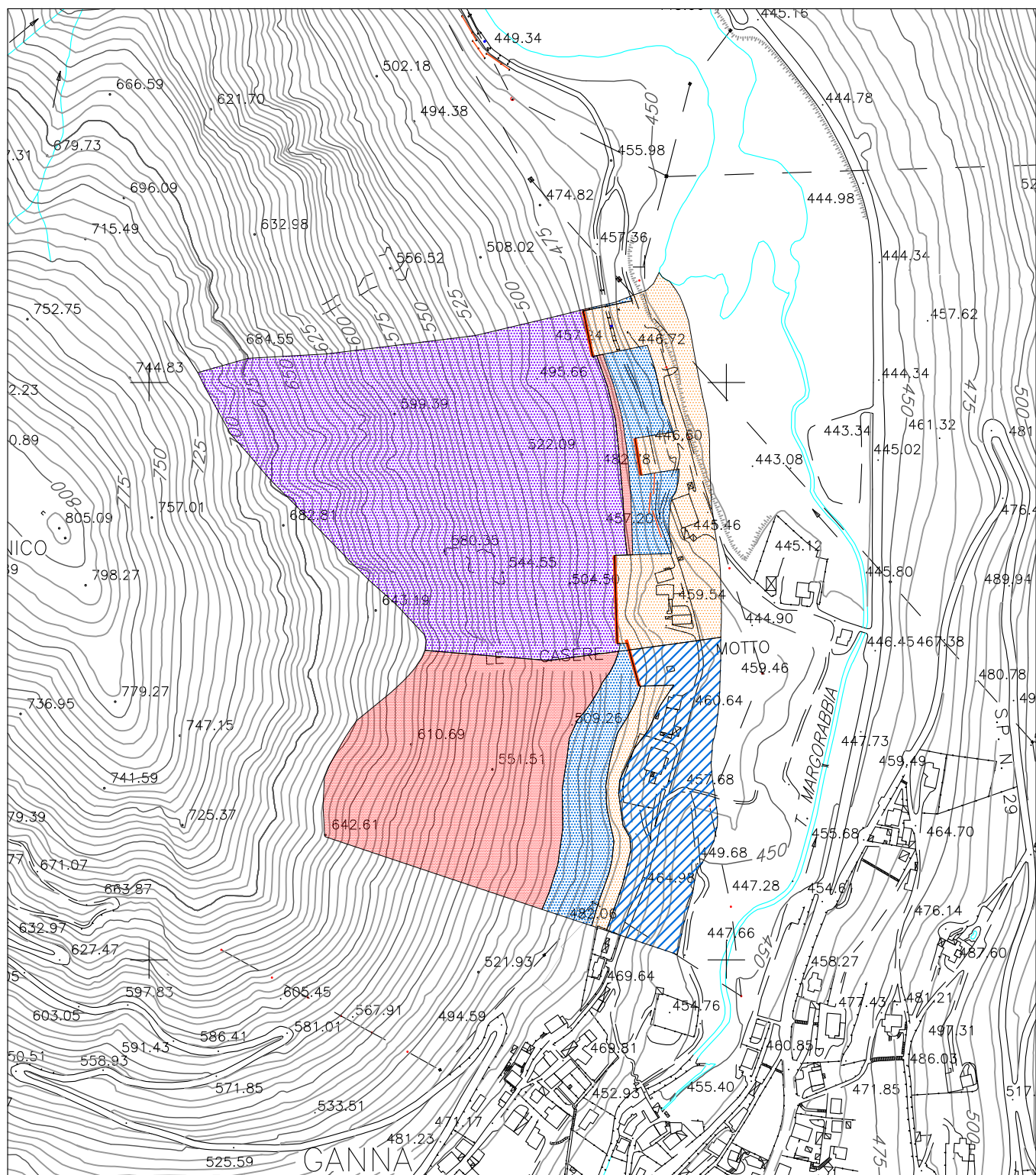
Nei settori di versante non interessati dalle barriere la pericolosità preliminare rimane quella adottata a seguito dello studio di approfondimento del Dott. Franzosi (rif. *Allegato 10 Carta della pericolosità preliminare*)






La pericolosità finale è stata determinata adottando la valutazione dell'attività delle aree omogenee, come identificata dallo studio del Dott Franzosi (rif. *Allegato 6 Carta della aree omogenee*).

Secondo la procedura R.H.A.P. il valore di pericolosità preliminare è stato aumentato di una unità nei settori di attività elevata e mantenuto invariato nei settori di attività intermedia.

Nella rappresentazione della pericolosità preliminare di figura 4 si osserva che, a tergo delle barriere, viene identificata una pericolosità H2 ad accezione delle barriere poste più a sud dove, per effetto di un'attività più bassa definita dallo studio dal Dott Franzosi, la pericolosità finale rimane uguale a quella preliminare (H1).





-  H1
-  H2
-  H3
-  H4
-  H5

Opere di mitigazione del rischio  
 Barriere deformabili  
 (h=4 m , R 1500KJ)

Figura 4 - Ridefinizione della pericolosità finale a seguito della realizzazione delle opere di mitigazione del rischio; scala 1:5000.

### 3 CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA P.A.I.

Di seguito si riporta la tabella di correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI come visibile al paragrafo 3.2 dell'Allegato B della D.G.R. IX/2616 del 30/12/2011.

Tabella 2: Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI.

PERICOLOSITA' /RISCHIO	CLASSI DI FATTIBILITA'	VOCI LEGENDA PAI
H1 su conoide	Classe 1/2 - senza o con modeste limitazioni	Cn - conoide protetta...
H2 su conoide	Classe 2/3 - modeste o consistenti limitazioni	Cn - conoide protetta ...
H3 su conoide	Classe 3 - consistenti limitazioni	Cp - conoide parz. protetta <sup>1</sup> Cn - conoide protetta...
H4 - H5 su conoide	Classe 4 - gravi limitazioni	Ca - conoide attiva non protetta
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 - modeste o consistenti limitazioni	Fs - frana stabilizzata
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 - gravi o consistenti limitazioni	Fq - frana quiescente <sup>2</sup>
H3-H5 per crolli e crolli in massa H4-H5 per scivolamenti	Classe 4 - gravi limitazioni	Fa - frana attiva
H1-H2 per esondazione	Classe 2/3 - modeste o consistenti limitazioni	Em - pericolosità media o moderata di esondazione
H3 per esondazione	Classe 3 - consistenti limitazioni (con norma più restrittiva art. 9 comma 6)	Eb - pericolosità elevata di esondazione
H4 per esondazione	Classe 4 - gravi limitazioni	Ee - pericolosità molto elevata
Zona rossa	Classe 4 - gravi limitazioni	Ve, Vm - pericolosità molto elevata o media per valanga
Zona blu	Classe 3 - consistenti limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all' Allegato 3
Zona gialla, Zona bianca	Classe 2 - modeste limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all' Allegato 3

Note alla tabella 2:

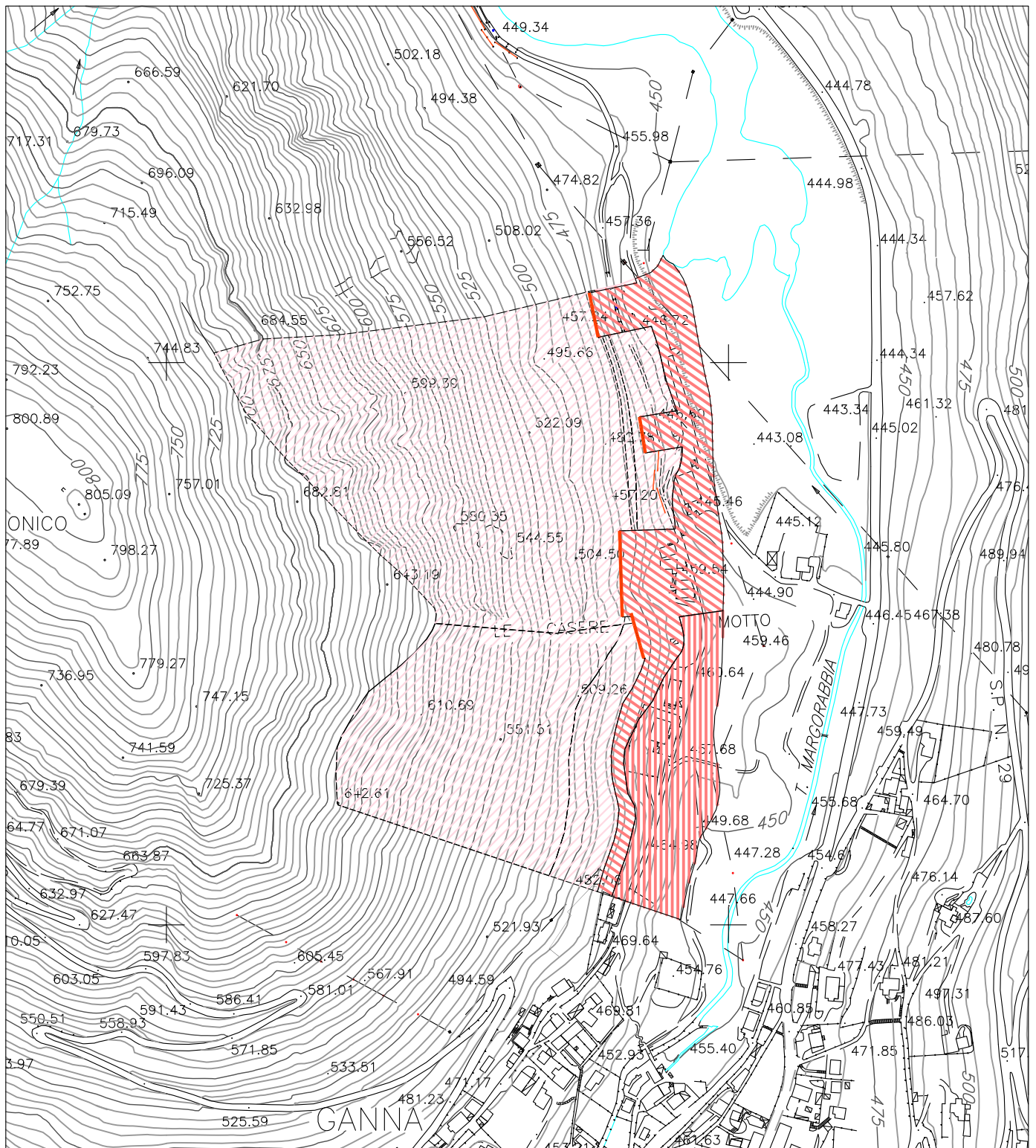
1 - per le zone ricadenti in H3-classe 3 di fattibilità, l'inserimento in Cp o Cn è lasciato alla valutazione del professionista. Qualora l'area venga inserita in Cp, la norma dell'art. 9, comma 8, delle N.d.A. del PAI prevale, in quanto più restrittiva, su quella di classe 3.



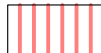
2 - come previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI alle aree Fq può essere attribuita la classe 3 di fattibilità con norma stabilita dal professionista solo nel caso sia stata effettuata la verifica di compatibilità mediante uno studio specifico sull'area e gli interventi edificatori di cui all'art. 9, comma 3, stesso siano consentiti dallo strumento urbanistico.

Adottando le correlazioni indicate a partire dalla perimetrazione della pericolosità finale di figura 4 si deriva la carta del dissesto rappresentata in stralcio per la zone di studio in figura 5.

Si osserva che, cautelativamente e per omogeneità con i settori contigui, l'area a tergo della barriera posta più a sud è stata perimetrata come Fq (frana quiescente) invece che come Fs (frana stabilizzata).





-  Fa
-  Fq
-  Fs


 Opere di mitigazione del rischio  
Barriere (h 4 , R 1500KJ)

Figura 5 - stralcio TAVOLA 1a CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA P.A.I. ; scala 1:5000.

#### 4 CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

Adottando le correlazioni tra classi di fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI, come riportata al paragrafo 3.2 dell'Allegato B della D.G.R. IX/2616 del 30/12/2011 e riassunte nella tabella visibile nel paragrafo precedente, è stata definita la fattibilità geologica che viene rappresentata in figura 6.

Come si osserva è stata introdotta una classe di fattibilità 3 specifica, classe 3i, per i settori posti a tergo delle barriere.

Di seguito viene proposta in stralcio la legenda della carta di fattibilità con riferimento alla classe 3a e 3b e 3i

**Classe 3a - Aree a pericolosità "H2" per fenomeni di crollo definita a seguito riclassificazione con procedura di dettaglio ai sensi della D.G.R. 29/10/01 n. 7/6645 (assimilabile ad area "Fq" PAI)**

Principali fattori limitanti

- variabilità litologica con substrato roccioso a profondità variabile fino a subaffiorante;
- adiacenza ad aree acclivi;
- vulnerabilità per prossimità a versanti in evoluzione morfologica per fenomeni di distacco, crollo e rotolamento/accumulo di massi;
- possibile presenza di direttrici di scorrimento superficiale dal pendio sovrastante;
- possibile circolazione idrica subsuperficiale anche irregolare lungo l'interfaccia copertura-substrato dove questo si trova a profondità ridotta;
- presenza di edificato discontinuo.

**Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, sono esclusivamente consentiti gli interventi di cui ai commi 2) e 3) Art. 9 Nda PAI e precisamente:**

- a) gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b) gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- c) gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- d) gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- e) le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- f) le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- g) la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere;
- h) gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- i) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;

**Si ritengono valide in aggiunta le seguenti limitazioni:**

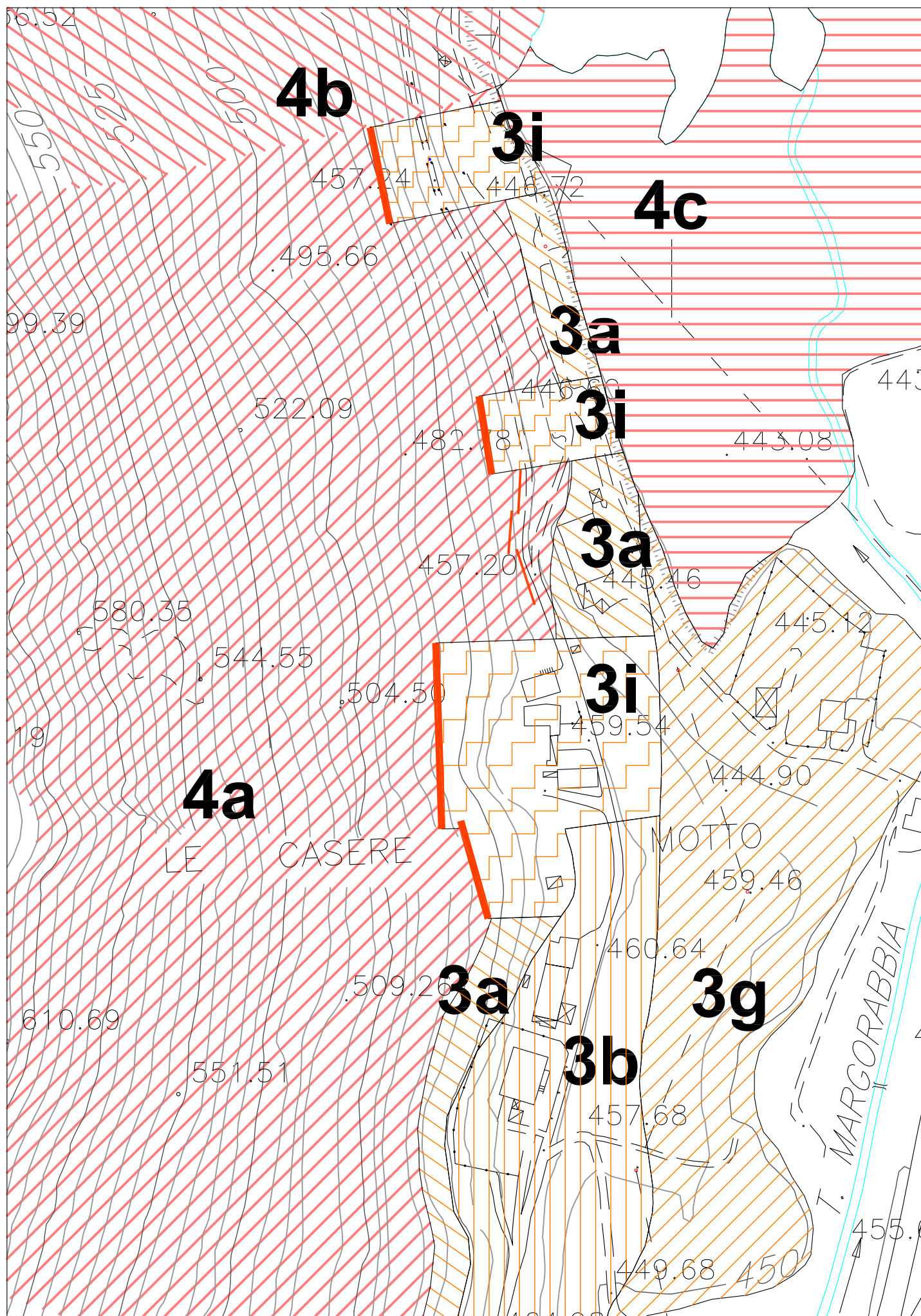


Figura 6 - Stralcio TAVOLA 5.6 - CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO; scala 1:2000.

- a) sono vietate le nuove edificazioni
- b) nel caso di interventi di modifica dello stato dei luoghi le verifiche effettuate dovranno riguardare anche le aree di pertinenza poste a monte anche se non direttamente interessate dalle opere;
- c) è vietato il cambio d'uso di spazi esistenti finalizzato all'utilizzo per permanenza di persone o all'insediamento di attività;
- d) la realizzazione di nuovi elementi nell'ambito di ristrutturazione edilizia (comma d art. 27) è subordinata a studio di dettaglio del grado di pericolosità secondo i criteri di cui all'allegato 2 "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana" (BURL n. 50 S.O. del 15/12/2011) teso a definire l'eventuale necessità di messa in opera di interventi di difesa passiva per la mitigazione del rischio di caduta massi.

**Per la progettazione degli interventi di difesa passiva sono date le seguenti prescrizioni:**

- limitatamente alla progettazione preliminare possono essere utilizzate come supporto geologico e geotecnico la valutazione e la zonazione di pericolosità prodotte nello studio geologico geotecnico di dettaglio di P.R.G. (elab. 1002b - Relazione Tecnica dello studio di ripermetrazione e riclassificazione di fattibilità di zone soggette a rischio per frane di crollo ed allegati a cura del dr. geol. C. Franzosi, agosto 2002, Relazione Tecnica dello studio di ripermetrazione e riclassificazione di fattibilità di zone soggette a rischio per frane di crollo ed allegati a cura dello STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA, giugno 2013);
  - la progettazione definitiva ed esecutiva dovranno necessariamente essere precedute da uno studi geologico-geomeccanico di dettaglio finalizzato alla definizione delle analisi di scendimento massi delle situazioni più critiche effettuato su una base cartografica appositamente prodotta (rilievo planoaltimetrico) a scala di dettaglio non inferiore ad 1:1.000.
- E' prescritta, a protezione di nuclei abitati esistenti la predisposizione di idoneo piano di emergenza, redatto sulla base degli esiti della valutazione e zonazione di pericolosità prodotte in apposito studio geologico geotecnico di dettaglio.

Obiettivi di approfondimento

Oltre alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche generali dell'area, in via di minima le verifiche geologiche effettuate dovranno anche fornire indicazioni relativamente a:

- valutazione delle caratteristiche litologiche delle unità presenti in loco fino a profondità significativa;
- valutazione della capacità portante dei terreni di fondazione e cedimenti indotti;
- grado di stabilità delle aree interessate dalle opere;
- grado di stabilità delle aree di pertinenza poste a monte, anche se non direttamente interessate dalle opere.

**Classe 3b - Aree a pericolosità "H1" per fenomeni di crollo definita a seguito riclassificazione con procedura di dettaglio ai sensi della D.G.R.29/10/01 n. 7/6645 assimilabile (assimilabile ad area "Fq" PAI)**

Principali fattori limitanti

- variabilità litologica con substrato roccioso a profondità variabile fino a subaffiorante;
- adiacenza ad aree acclivi;
- vulnerabilità per prossimità a versanti in evoluzione morfologica per fenomeni di distacco, crollo e rotolamento/accumulo di massi;
- possibile presenza di direttrici di scorrimento superficiale dal pendio sovrastante;
- possibile circolazione idrica subsuperficiale anche irregolare lungo l'interfaccia copertura-substrato dove questo si trova a profondità ridotta;
- presenza di edificato discontinuo.

Sono possibili gli interventi edilizi di cui alla L.R. 12/2005, art. 27, commi a-b-c-d-e fermo restando le seguenti limitazioni:

a) la realizzazione di nuovi elementi o l'ampliamento degli edifici esistenti è subordinata alla valutazione delle specifiche costruttive eventualmente necessarie per la mitigazione del rischio, da prodursi in forma di relazione firmata da tecnico abilitato quale parte integrante degli allegati progettuali costituenti la pratica edilizia.

Obiettivi di approfondimento

Oltre alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche generali dell'area, in via di minima le verifiche geologiche effettuate dovranno anche fornire indicazioni relativamente a:

- valutazione delle caratteristiche litologiche delle unità presenti in loco fino a profondità significativa;
- valutazione della capacità portante dei terreni di fondazione e cedimenti indotti;
- assetto della circolazione idrica superficiale e modifiche indotte;
- grado di stabilità delle aree interessate dalle opere;
- grado di stabilità delle aree di pertinenza poste a monte, anche se non direttamente interessate dalle opere.

**Classe 3i - Aree a pericolosità "H2" per fenomeni di crollo definita a seguito riclassificazione con procedura di dettaglio ai sensi della D.G.R. 29/10/01 n. 7/6645 e successivo adeguamento ai sensi della D.G.R. 30/11/2011 n IX/2616**

Principali fattori limitanti

- variabilità litologica con substrato roccioso a profondità variabile fino a subaffiorante;
- adiacenza ad aree acclivi;
- vulnerabilità per prossimità a versanti in evoluzione morfologica per fenomeni di distacco, crollo e rotolamento/accumulo di massi;
- possibile presenza di direttrici di scorrimento superficiale dal pendio sovrastante;
- possibile circolazione idrica subsuperficiale anche irregolare lungo l'interfaccia copertura-substrato dove questo si trova a profondità ridotta;
- presenza di edificato discontinuo.

**Sono possibili gli interventi edilizi di cui alla L.R. 12/2005, art. 27, commi a-b-c-d fermo restando le seguenti limitazioni:**

a) nel caso di interventi di modifica dello stato dei luoghi le verifiche effettuate dovranno riguardare anche le aree di pertinenza poste a monte anche se non direttamente interessate dalle opere;

b) è vietato il cambio d'uso di spazi esistenti finalizzato all'utilizzo per permanenza di persone o all'insediamento di attività;

Obiettivi di approfondimento

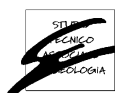
Oltre alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche generali dell'area, in via di minima le verifiche geologiche effettuate dovranno anche fornire indicazioni relativamente a:

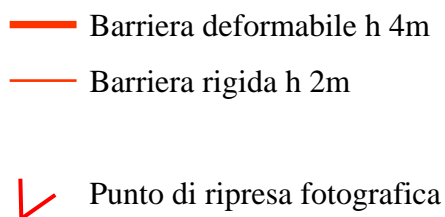
- valutazione delle caratteristiche litologiche delle unità presenti in loco fino a profondità significativa;
- valutazione della capacità portante dei terreni di fondazione e cedimenti indotti;
- grado di stabilità delle aree interessate dalle opere;
- grado di stabilità delle aree di pertinenza poste a monte, anche se non direttamente interessate dalle opere.



## **APPENDICE 1**

### **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**







Fotografia 1

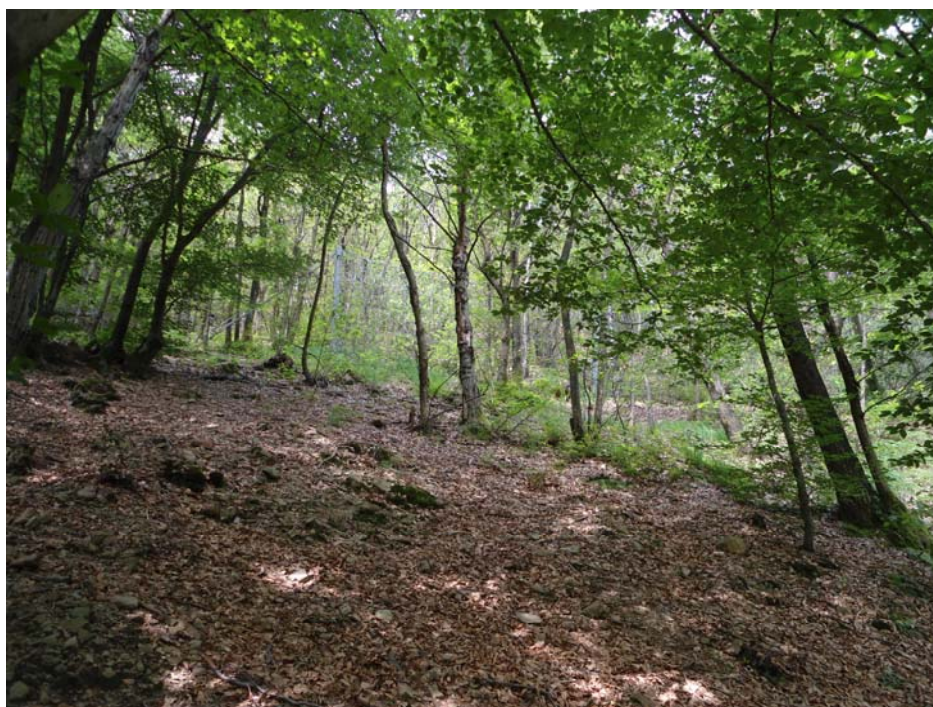


Fotografia 2





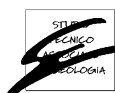
Fotografia 3



Fotografia 4

## **APPENDICE 2**

### **OMOLOGAZIONE BARRIERA**





## ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

## LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

Pagine totali 16

## ESTREMI DELLA RICHIESTA:

COMMITTENTE:	ARTIGIANA COSTRUZIONI S.R.L.
PROVA:	Prova in vera grandezza su <b>barriera paramassi</b>
TIPOLOGIA DELLA BARRIERA DI PROVA:	La barriera sottoposta alla prova è denominata dalla ditta costruttrice con la sigla <b>AC 1500 AC</b> ed è in seguito descritta nei materiali usati e visibile da documentazione fotografica.
UBICAZIONE CAMPO PROVE:	Comune di Chiesa Valmalenco, Provincia di Sondrio, loc. "Sasso del Cane" a quota di circa 1300 m s.l.m.
MODALITÀ DI PROVA:	Sganciamento del blocco di prova di <b>4828 kg</b> a caduta verticale da un'altezza di <b>31,90 m</b> con una velocità di impatto di circa <b>25 m/s</b>
PROPRIETARIO	ARTIGIANA COSTRUZIONI S.R.L.
RESIDENZA:	Via di Mezzo, 9 – Villa di Tirano (SO)

## ALLEGATI:

N.	TIPO DI PROVA	CAMPIONI		ATTREZZATURA DI PROVA	NORMATIVE DI PROVA	PAG. ALL.
		N.	MATERIALE			
1	Prova in vera grandezza di barriera paramassi	1	Rete paramassi sigla <b>AC 1500 AC</b> <b>H= 4,00</b>	Gru derrick e blocco in conglomerato cementizio armato	-----	15

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini

ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

*Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI*

INTRODUZIONE

La ditta **ARTIGIANA COSTRUZIONI SRL** con sede in via di Mezzo n. 9, Villa di Tirano (SO) ha richiesto al dott. ing. Celo Scenini, direttore del Laboratorio Prove Materiali dell'ITIS "E. Mattei" di Sondrio, di sovrintendere all'esecuzione di prove in vera grandezza sulla barriera paramassi AC 1500/AC presso il campo prove denominato "Sasso del Cane", sito in comune di Chiesa Valmalenco (SO), per certificare l'effettiva resistenza agli urti delle barriere di sua produzione determinandone l'assorbimento massimo di energia espresso in kJ.

La prova è stata eseguita secondo le seguenti modalità :

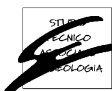
- Allestimento della barriera paramassi da testare secondo 3 moduli posti ad interasse di m 10,00 e altezza m 4,00
- Collegamento delle celle di carico al programma di acquisizione dati e posizionamento delle telecamere per il filmato
- Individuazione del blocco di prova e sua pesatura
- Sollevamento del blocco di prova fino all'altezza predefinita
- Sgancio del blocco di prova sul pannello centrale da un'altezza di m 31,90
- Rilevazione di tutte le misure necessarie e verifica dello stato della barriera dopo l'impatto

Con il presente si certifica l'energia di omologazione della barriera paramassi.

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini

Pagina 1

Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini



**ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO**

**LABORATORIO PROVE MATERIALI**

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

***Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI***

**DESCRIZIONE DEL CAMPO PROVE**

Il Campo Prove è ubicato in Provincia di Sondrio, nel Comune di Chiesa Valmalenco, a 1300 m s.l.m. e realizzato in una cava dimessa di serpentino.

Vi si accede dopo aver superato l'abitato di Chiesa Valmalenco salendo da una carrozzabile in terra battuta per circa un chilometro.

Il luogo è risultato idoneo alla installazione di una struttura per l'esecuzione di prove a caduta verticale essendo accessibile solo da una parte e quindi privo di transito a persone o mezzi e inoltre visibile dal fondo valle.

A tal scopo è stata installata una gru derrick, verniciata di verde scuro per un migliore impatto ambientale, per la movimentazione e lo sganciamento dei vari blocchi di prova, in grado di ruotare a 360° e di raggiungere un'altezza superiore a 32,00 m.

Il campo è inoltre dotato di un box uso ufficio per l'alloggiamento delle strumentazioni per l'acquisizione dei dati di rilevamento delle celle di carico posizionate sui vari ancoraggi della barriera.

Le varie barriere paramassi da testare vengono posizionate in moduli funzionali di minimo tre pannelli e montati con inclinazione sub-orizzontale sulla parete di serpentino della ex cava.

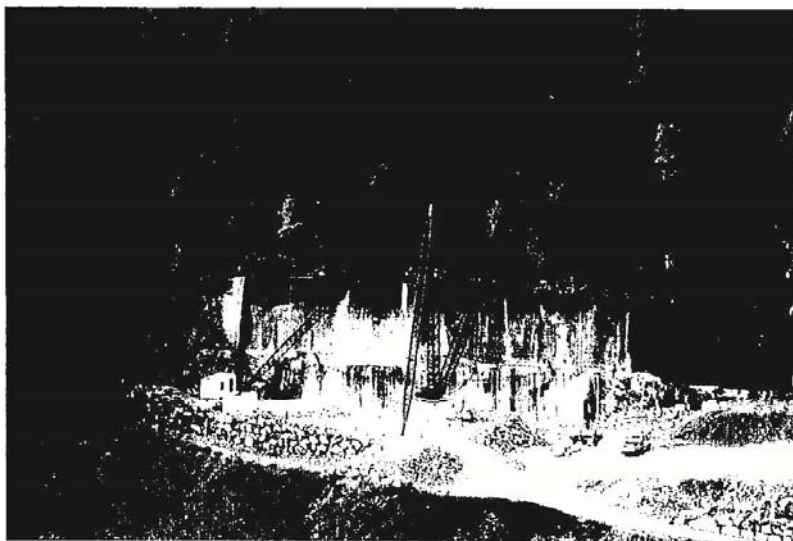


Fig. 1 – Veduta generale del Campo Prove di "Sasso del Cane"

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini

## ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

## LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

**Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI**

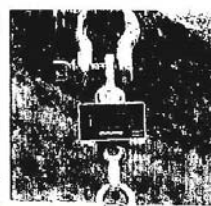
Nelle foto sottostanti in Fig. 2 sono riportati alcuni blocchi di prova e in Fig. 3 i blocchi di prova da 4828 daN e da 2408 daN usati per la barriera da 1500 kJ (Classe 6 secondo le "linee direttive per tipi di prove delle protezioni contro la caduta di massi" emanate dagli istituti federali svizzeri BUWAL, FNP ed EKLS) con il particolare del dispositivo di sgancio rapido.



Fig. 2 - Blocchi di Prova

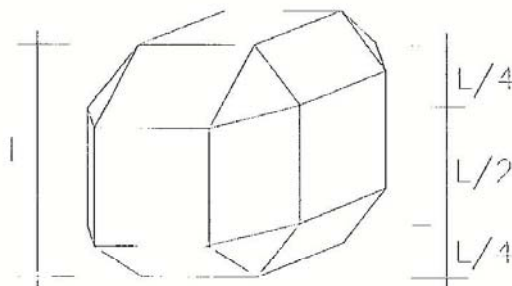


Blocco da 4828 daN



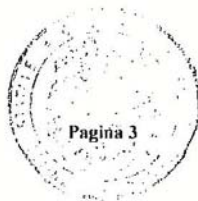
Blocco da 2408 daN

Fig. 3 - Blocchi di Prova della barriera durante le fasi di pesatura



Forma geometrica del blocco di Prova

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini



**ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO**

**LABORATORIO PROVE MATERIALI**

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
 Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

**Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI**

Vista schematica del posizionamento della barriera nel campo prove

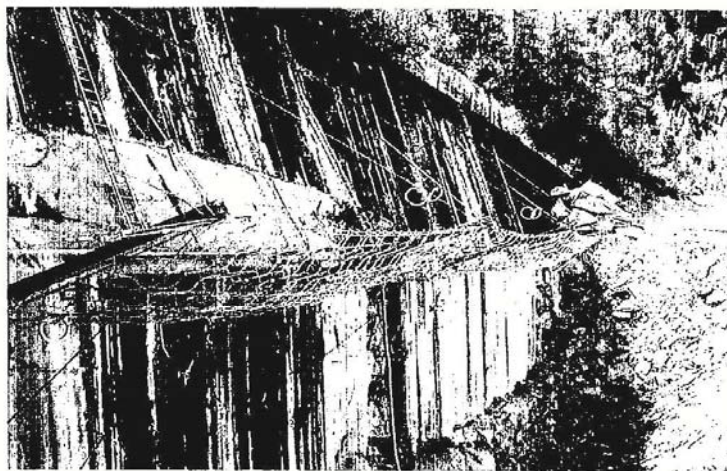
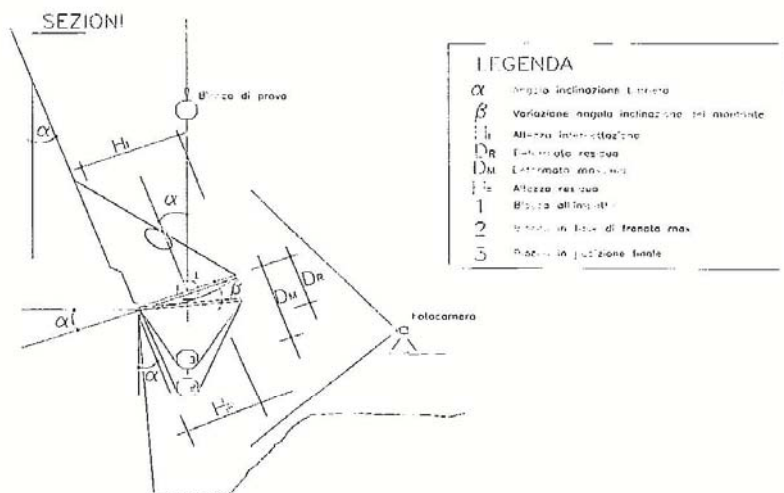


Fig. 4 – Vista generale della barriera prima della prova, n. 3 pannelli da m 10,00 x 4,00

Lo sperimentatore  
 Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
 Dott. Ing. Celo Scenini



ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

*Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI*

**TIPOLOGIA DELLA BARRIERA E SPECIFICHE TECNICHE**

La barriera sottoposta alla prova di Crash-test a caduta verticale è denominata **AC 1500/AC** ed è stata montata sulla parete del campo prove in n° 1 modulo funzionale composto da n° 3 pannelli di rete ad anelli concatenati a filo mm 4 con montanti di supporto in acciaio Fe430 profilo HEA 180 posti ad interasse di 10 m e della lunghezza di 4,00 m posizionati con una inclinazione di 20° circa rispetto alla inclinazione della parete.

I componenti principali della barriera sottoposta alla prova sono i seguenti:

- ⇒ **Montanti** in acciaio Fe430 profilo HEA 180 della lunghezza di 4,00 m, lavorati secondo le specifiche tecniche di progetto della barriera stessa, zincati a caldo secondo la norma EN ISO 1461;
- ⇒ **Piastre di base** in acciaio Fe430 (UNI 7070) aventi dimensioni 500mm\*500mm\*18mm, complete di fori per passaggio tirafondi e di sistema di aggancio al montante con giunto cardanico;
- ⇒ **Giunto cardanico** in tubo acciaio Fe430 (UNI 7070) di dimensioni 60mm\*10mm, zincati a caldo secondo la norma EN ISO 1461;
- ⇒ **Perno della piastra di base e del giunto cardanico** in barra tonda di acciaio Fe360 (UNI 7070) d. 35mm, zincati a caldo secondo la norma EN ISO 1461;
- ⇒ **Carpenteria di completamento** montanti e piastre in acciaio Fe430 (UNI 7070) zincati a caldo secondo la norma EN ISO 1461;
- ⇒ **Rete di trattenuta** ad anelli concatenati a 6 punti di contatto, costituiti da anelli circolari con d.=350mm in filo di trefolo continuo zincato del diametro di 4 mm avvolto 7 volte. La tensione minima di snervamento del filo è di 1550 N/mm<sup>2</sup>;
- ⇒ **Controventi di monte** in fune d'acciaio zincato 7\*19, d.= 20 mm (UNI 7293/74) con filo zincato a caldo classe di resistenza 180 daN/mm<sup>2</sup>;
- ⇒ **Controventi di valle** in fune d'acciaio zincato 7\*19, d.=14 mm (UNI 7293/74) con filo zincato a caldo classe di resistenza 180 daN/mm<sup>2</sup>;
- ⇒ **Controventi laterali** in fune d'acciaio zincato 7\*19, d.=20 mm (UNI 7293/74) con filo zincato a caldo classe di resistenza 180 daN/mm<sup>2</sup>;
- ⇒ **Funi di sospensione e di base** in fune d'acciaio zincato 7\*19, d.=20 mm (UNI 7293/74) con filo zincato a caldo classe di resistenza 180 daN/mm<sup>2</sup>;
- ⇒ **Dissipatori** di energia con allungamento di circa 1,20 m;
- ⇒ **Radance** tipo DIN 6899A zincate a freddo (UNI 2081/89);
- ⇒ **Morsetteria** in acciaio Fe430 (UNI 7070) zincate a freddo;
- ⇒ **Grilli** a cuore ad alta resistenza portata 4750 N zincati a freddo conformi Direttive 89/392/CEE;
- ⇒ **Manicotti** in lega di alluminio secondo norme UNI 3093;

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini

ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

*Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI*

DESCRIZIONE E MODALITÀ DI PROVA

La prova di tenuta è stata condotta secondo le "linee direttive per i tipi di prove delle protezioni contro la caduta massi" redatte dalla WSL della Confederazione elvetica con le seguenti modalità:

1. lancio di un blocco di prova sul pannello laterale di 400 kg corrispondente ad un'energia di 100 kJ su quale non vengono eseguite misurazioni (esito positivo: pannello senza rotture e/o deformazioni)
2. lancio di un blocco di prova sul pannello centrale di 2408 kg corrispondente ad un'energia di 750 kJ
3. lancio di un blocco di prova sul pannello centrale di 4828 kg corrispondente ad un'energia di 1500 kJ

Il blocco viene sollevato dalla gru derrick appeso ad apposito sistema di sgancio rapido per cui lo stesso, quando raggiunge l'altezza prestabilita, ad un segnale convenzionale viene liberato e lasciato cadere liberamente contro la barriera.

Le varie fasi, dallo stacco all'impatto, sono monitorate da 2 telecamere, di cui la prima, con velocità di ripresa di 30 fotogrammi/s che, collegata ad un computer, gestisce le immagini riprese; la seconda telecamera riprende l'insieme della prova per creare un filmato su videocassetta.

Le sollecitazioni che l'impatto trasmette alla rete di trattenuta alle funi, e di conseguenza agli ancoraggi, vengono acquisiti da un programma informatico collegato a celle di carico opportunamente posizionate, e trasformati in diagrammi per una facile lettura.

Una stadia graduata e altresì posizionata sulla parete dietro la barriera e permette di valutare la deformata massima del pannello e di misurare la deformata residua.

La valutazione della deformata massima permette di calcolare il valore dell'energia potenziale posseduta dal blocco nel punto d'impatto riferita al punto di massima deformata della barriera; tale valore non viene sommato all'energia cinetica d'impatto ma solamente considerato come valore di sicurezza della barriera.

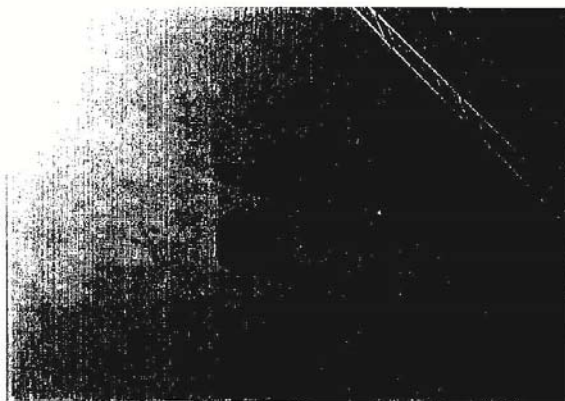


Fig 5 - Blocco in fase di risalita

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini

Pagina 6

Il direttore del Laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini



ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

**LABORATORIO PROVE MATERIALI**

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

**Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI**

**1ª PROVA CON 50% DELL'ENERGIA**

**VALUTAZIONE DELL'ENERGIA DI OMOLOGAZIONE DELLA RETE**

L'energia di omologazione della barriera paramassi è uguale alla energia cinetica posseduta dal blocco al momento dell'impatto e che la barriera è in grado di assorbire, come energia di deformazione di tutti i componenti della barriera stessa, senza subire rotture.

L'energia cinetica del blocco è valutata in base al principio di conservazione dell'energia totale, considerando come origine della coordinata verticale "z" il punto d'impatto, e trascurando la resistenza opposta dall'aria alla caduta del masso.

Eguagliando l'energia totale nel punto di sgancio ( $v_i=0$ ) con quella al momento dell'impatto ( $z=0$ , punto di origine della coordinata verticale z) è possibile valutare la velocità del blocco dalla relazione:

$$E = (m \cdot g \cdot h) + \frac{1}{2} \cdot (m \cdot v_f^2) = (m \cdot g \cdot h_0) + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 \text{ dove: } m=2408 \text{ kg; } g= 9,806 \text{ m/s}^2; h_0=0 \text{ m e } h=31,90 \text{ m; da cui } v_f = (2 \cdot g \cdot h)^{1/2} = 25,00 \text{ m/s velocità del blocco al momento dell'impatto con la rete}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 = \frac{1}{2} \cdot 2408 \text{ kg} \cdot (25,00 \text{ m/s})^2 = 752500 \text{ J} = 752.50 \text{ kJ}$$

**Energia di omologazione della rete**



Fig. 6 – Particolare della barriera dopo l'impatto con il blocco da 2408 kg

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini

Pagina 7

Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini

ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

*Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI*

Ad impatto avvenuto è stata misurata la deformata massima di 4.50 m, visibile anche dalla foto n. 6 estrapolata dai fotogrammi di ripresa della telecamera.

La valutazione della deformata massima permette di calcolare il valore dell'energia potenziale posseduta dal blocco nel punto d'impatto riferita al punto di massima deformata della barriera.

$$E_p = m \cdot g \cdot f \text{ dove } m = 2408 \text{ kg} \quad g = 9,806 \text{ m/s}^2 \quad f = 4.50 \text{ m}$$

da cui

$$E_p = 2408 \text{ kg} \cdot 9,806 \text{ m/s}^2 \cdot 4.00 \text{ m} = 94451.39 \text{ J} = 94.45 \text{ kJ}$$

L'energia totale assorbita dalla barriera risulta perciò essere:

$$E_{tot} = 752.50 \text{ kJ} + 94.45 \text{ kJ} = 846.95 \text{ kJ}$$

Di seguito sono riportati in sequenza i principali fotogrammi della ripresa filmata, da poco prima dell'impatto del masso sulla rete fino al punto di massima deformata della rete stessa.

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini

Pagina 8

Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini



**ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO**

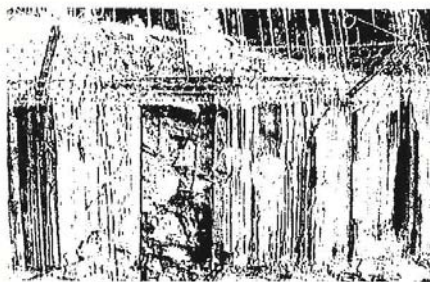
**LABORATORIO PROVE MATERIALI**

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

***Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI***

**PRINCIPALI FOTOGRAMMI**



Fotogramma 1



Fotogramma 2



Fotogramma 3



Fotogramma 4



Fotogramma 5 - deformata massima



Fotogramma 6

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini

**ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO**

**LABORATORIO PROVE MATERIALI**

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

***Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI***

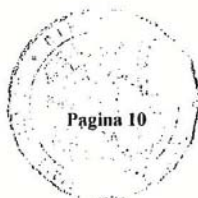


Fotogramma 7



Fotogramma 8 – deformata residua

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini



## ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

## LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

## Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI

2<sup>a</sup> PROVA CON 100% DELL'ENERGIA

## VALUTAZIONE DELL'ENERGIA DI OMOLOGAZIONE DELLA RETE

L'energia di omologazione della barriera paramassi è uguale alla energia cinetica posseduta dal blocco al momento dell'impatto e che la barriera è in grado di assorbire, come energia di deformazione di tutti i componenti della barriera stessa, senza subire rotture.

L'energia cinetica del blocco è valutata in base al principio di conservazione dell'energia totale, considerando come origine della coordinata verticale "z" il punto d'impatto, e trascurando la resistenza opposta dall'aria alla caduta del masso.

Eguagliando l'energia totale nel punto di sgancio ( $v_i=0$ ) con quella al momento dell'impatto ( $z=0$ , punto di origine della coordinata verticale  $z$ ) è possibile valutare la velocità del blocco dalla relazione:

$$E = (m \cdot g \cdot h) + \frac{1}{2} \cdot (m \cdot v_i^2) = (m \cdot g \cdot h_0) + \frac{1}{2} \cdot (m \cdot v_f^2) \text{ dove: } m=4828 \text{ kg; } g=9,806 \text{ m/s}^2; h_0=0 \text{ m e } h=31,90 \text{ m; da cui } v_f = (2 \cdot g \cdot h)^{1/2} = 25,00 \text{ m/s velocità del blocco al momento dell'impatto con la rete}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 = \frac{1}{2} \cdot 4828 \text{ kg} \cdot (25,00 \text{ m/s})^2 = 1508750 \text{ J} = 1508.75 \text{ kJ}$$

**Energia di omologazione della rete**



Fig. 7 – Particolare della barriera dopo l'impatto con il blocco da 4828 kg

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini

## ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

## LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

*Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI*

Ad impatto avvenuto è stata misurata la deformata massima di 6.00 m, visibile anche dalla foto n. 7 estrapolata dai fotogrammi di ripresa della telecamera.

La valutazione della deformata massima permette di calcolare il valore dell'energia potenziale posseduta dal blocco nel punto d'impatto riferita al punto di massima deformata della barriera.

$$E_p = m \cdot g \cdot f \text{ dove } m = 4828 \text{ kg} \quad g = 9,806 \text{ m/s}^2 \quad f = 6.00 \text{ m}$$

da cui

$$E_p = 4828 \text{ kg} \cdot 9,806 \text{ m/s}^2 \cdot 6,00 \text{ m} = 284060.20 \text{ J} = 284.06 \text{ kJ}$$

L'energia totale assorbita dalla barriera risulta perciò essere:

$$E_{tot} = 1508.75 \text{ kJ} + 284.06 \text{ kJ} = 1792.81 \text{ kJ}$$

Di seguito sono riportati in sequenza i principali fotogrammi della ripresa filmata, da poco prima dell'impatto del masso sulla rete fino al punto di massima deformata della rete stessa.

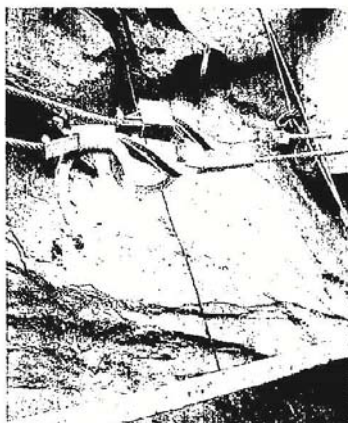


Fig 8 - Particolare freni laterali dopo l'impatto

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini



ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

*Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI*

PRINCIPALI FOTOGRAMMI



Fotogramma 1



Fotogramma 2



Fotogramma 3



Fotogramma 4



Fotogramma 5



Fotogramma 6 - deformata massima

Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini

ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "E. MATTEI" - SONDRIO

LABORATORIO PROVE MATERIALI

Via Tirano, 53 - tel. 0342/21.02.24 - fax 51.70.56  
Codice Fiscale 80000760142 - Partita I.V.A. 00170290142

Sondrio, 26/01/06 Resoconto N. 0002 Verbale Accett. N. 11/05 del 20/06/05 Fatt. N. 45/06

*Allegato 1 - PROVA IN VERA GRANDEZZA SU BARRIERA PARAMASSI*

CONSIDERAZIONI FINALI SULLA BARRIERA DOPO L'IMPATTO

La prova preliminare su pannello laterale (vedi punto 1 del paragrafo "Descrizione e modalità di prova") ha dato esito positivo non avendo il pannello subito rotture né deformazioni (non sono state eseguite misurazioni).

Nelle altre prove, dopo l'impatto del masso con la barriera sono state eseguite alcune misure e si è verificato lo stato della barriera pervenendo alle seguenti conclusioni:

- la struttura portante in travi metalliche HEA 180 è rimasta praticamente integra e le stesse sono rimaste vincolate alla piastra di fondazione;
- la struttura d'intercettazione (rete ad anelli concatenati) ha subito una deformazione raggiungendo un assorbimento di energia tale da bloccare il masso senza subire rotture o sfilacciamenti degli anelli di trattenuta;
- i sistemi frenanti hanno reagito in modo particolare sulle funi laterali, dove gli anelli si sono richiusi ma non completamente, lasciando ancora un margine di sicurezza;
- nessuna fune ha presentato rotture o sfilacciamenti;
- gli ancoraggi a cui erano vincolate tutte le funi di controvento di monte, laterali e di valle hanno tenuto senza subire deformazioni e rotture;
- la deformazione massima subita della rete di trattenuta è stata valutata 6.00 m, mentre la misura della deformata residua, misurata con il blocco trattenuto nella rete, dovuta al ritorno elastico è stata di 5,50 m (vedi fotogrammi);
- è stata rilevata la misura dell'altezza residua della barriera pari a 2.25 m;
- sono stati inoltre rilevati gli sforzi, trasmessi dalla struttura alle fondazioni tramite le celle di carico posizionate sulle varie funi, acquisiti da un programma informatico ed archiviati in modo tale da permettere alla ditta costruttrice il calcolo e il dimensionamento degli ancoraggi.

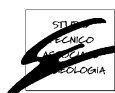
Lo sperimentatore  
Dott. Ing. Celo Scenini



Il direttore del laboratorio  
Dott. Ing. Celo Scenini

## **APPENDICE 3**

### **ANALISI DI SCENDIMENTO IN ASSENZA DI OPERE DI MITIGAZIONE**

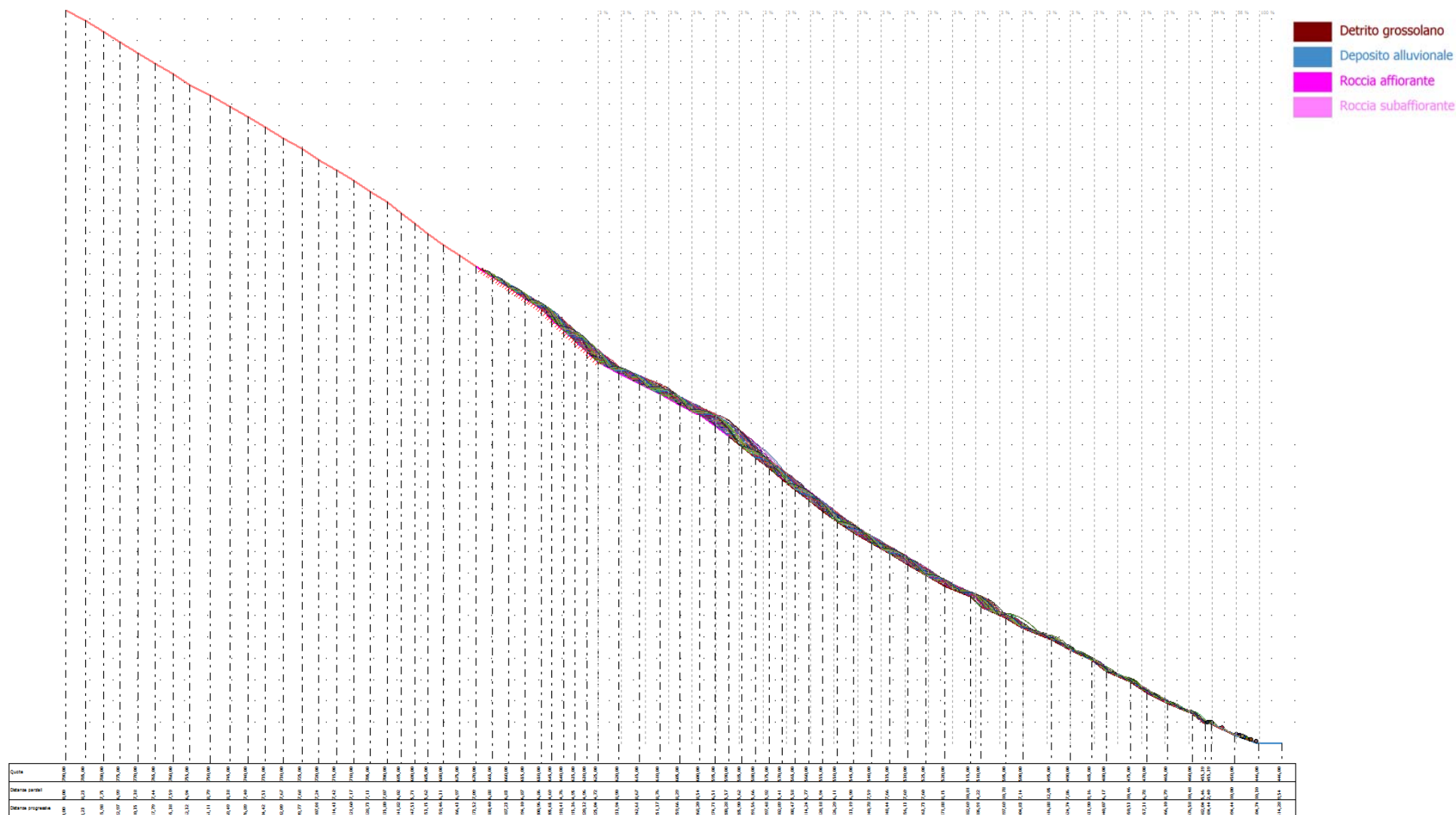


## SEZIONE 2

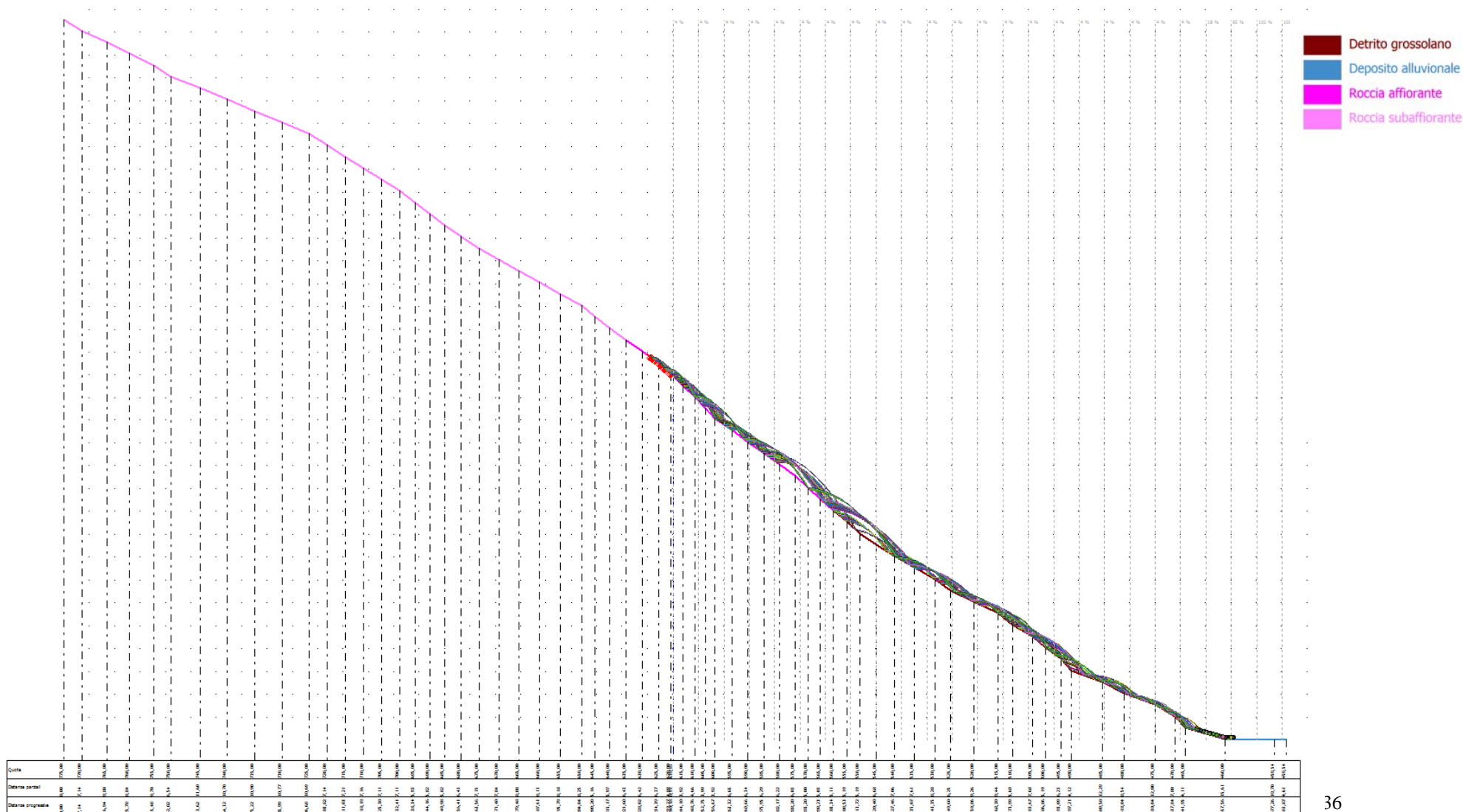




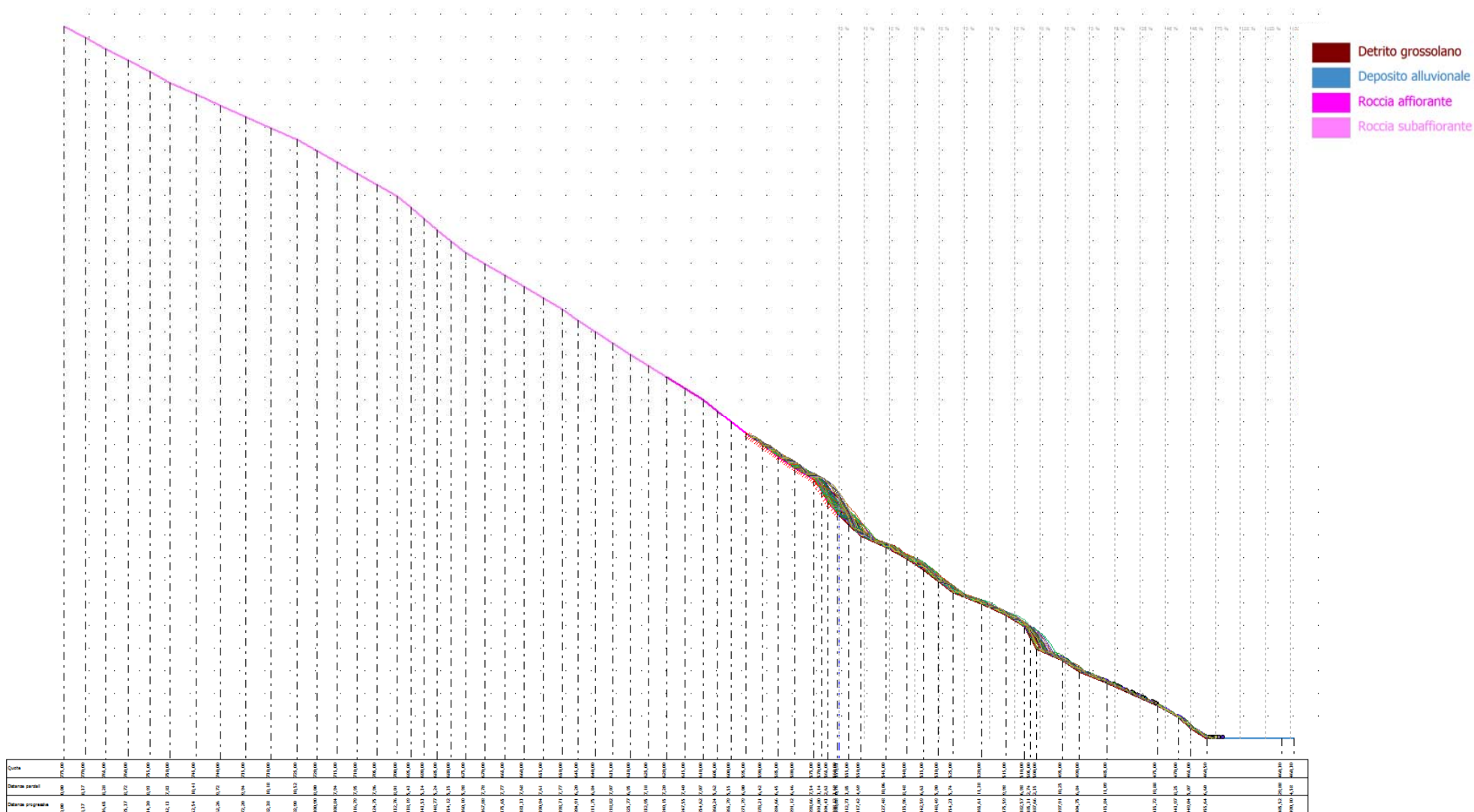
## SEZIONE 6



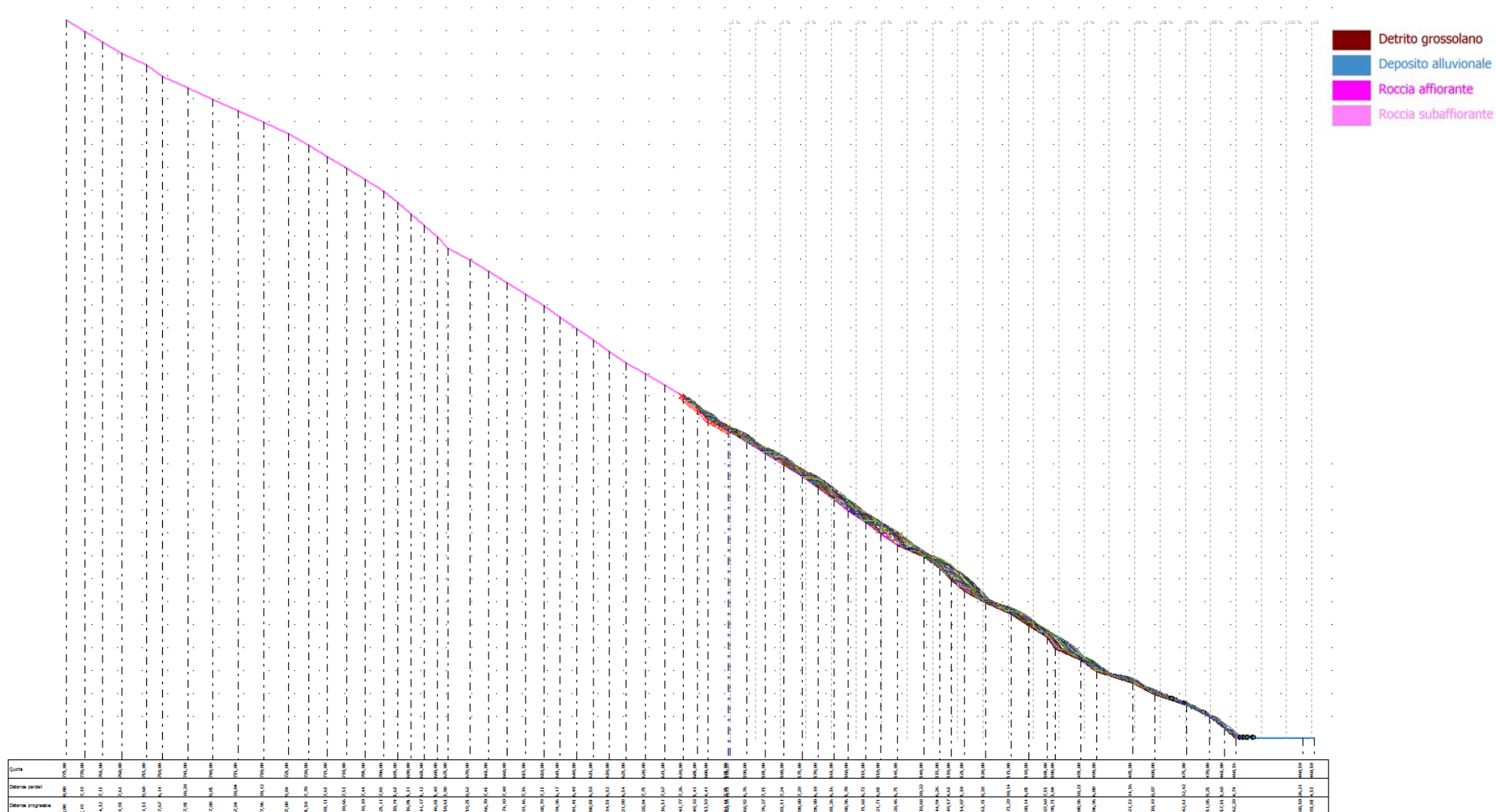
## SEZIONE 11



SEZIONE 12



## SEZIONE 13





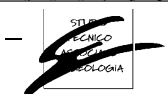
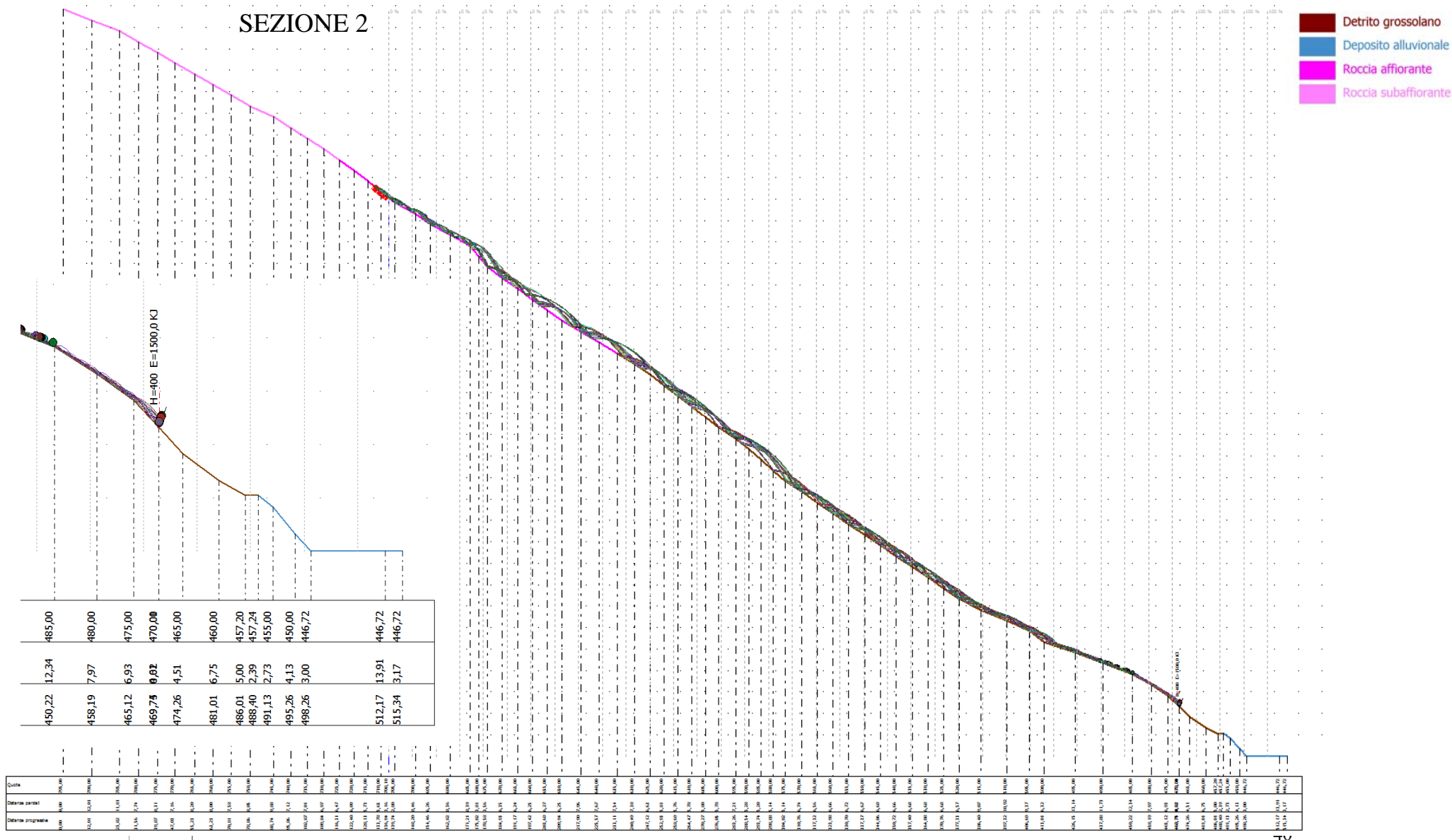
## **APPENDICE 4**

### **ANALISI DI SCENDIMENTO IN PRESENZA DI OPERE DI MITIGAZIONE**

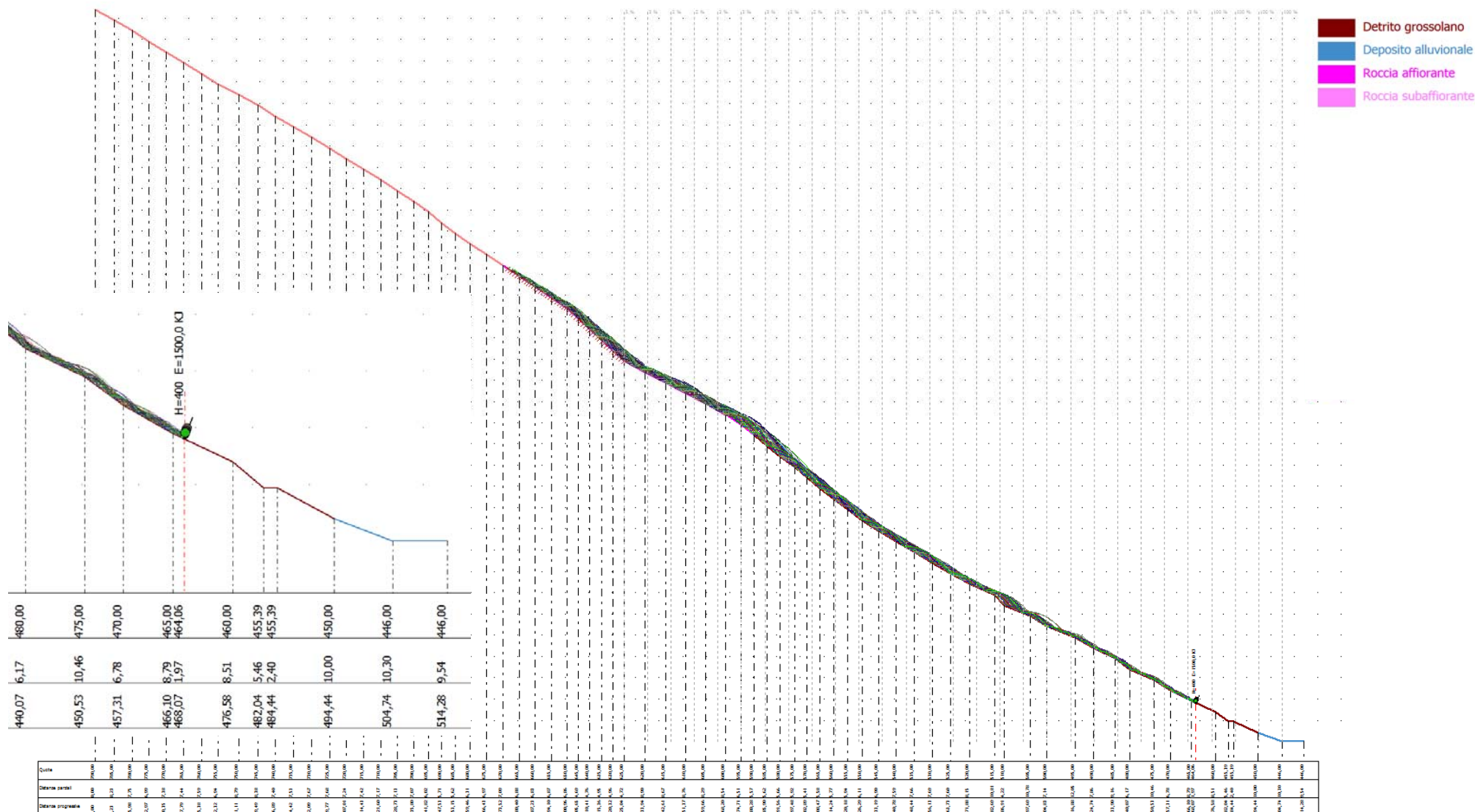


# STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DEL TERRITORIO COMUNALE

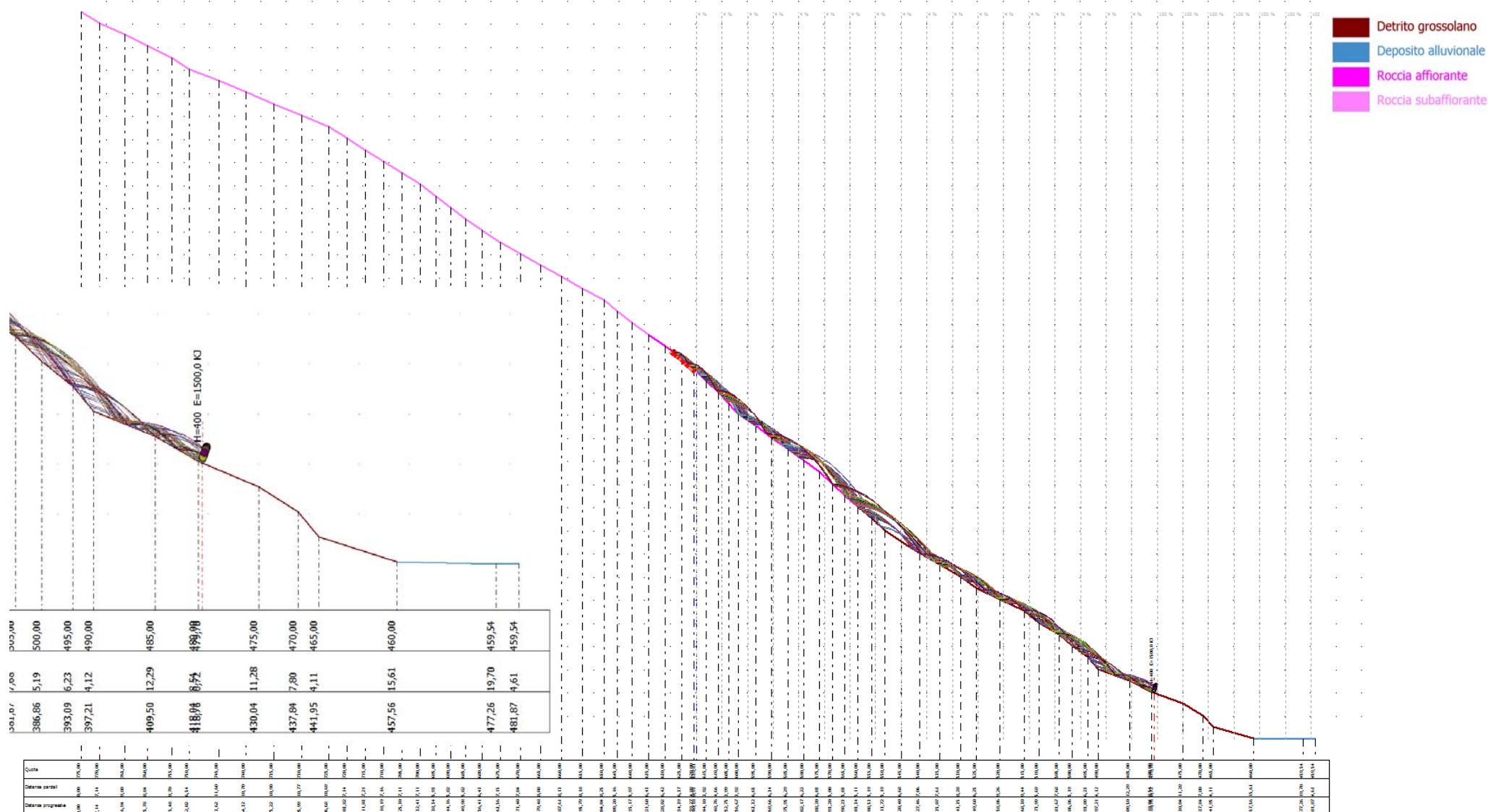
## MODIFICHE ALLA PERIMETRAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI FATTIBILITÀ DI ZONE SOGGETTE A RISCHIO POTENZIALE DI FRANE DI CROLLO



## SEZIONE 6

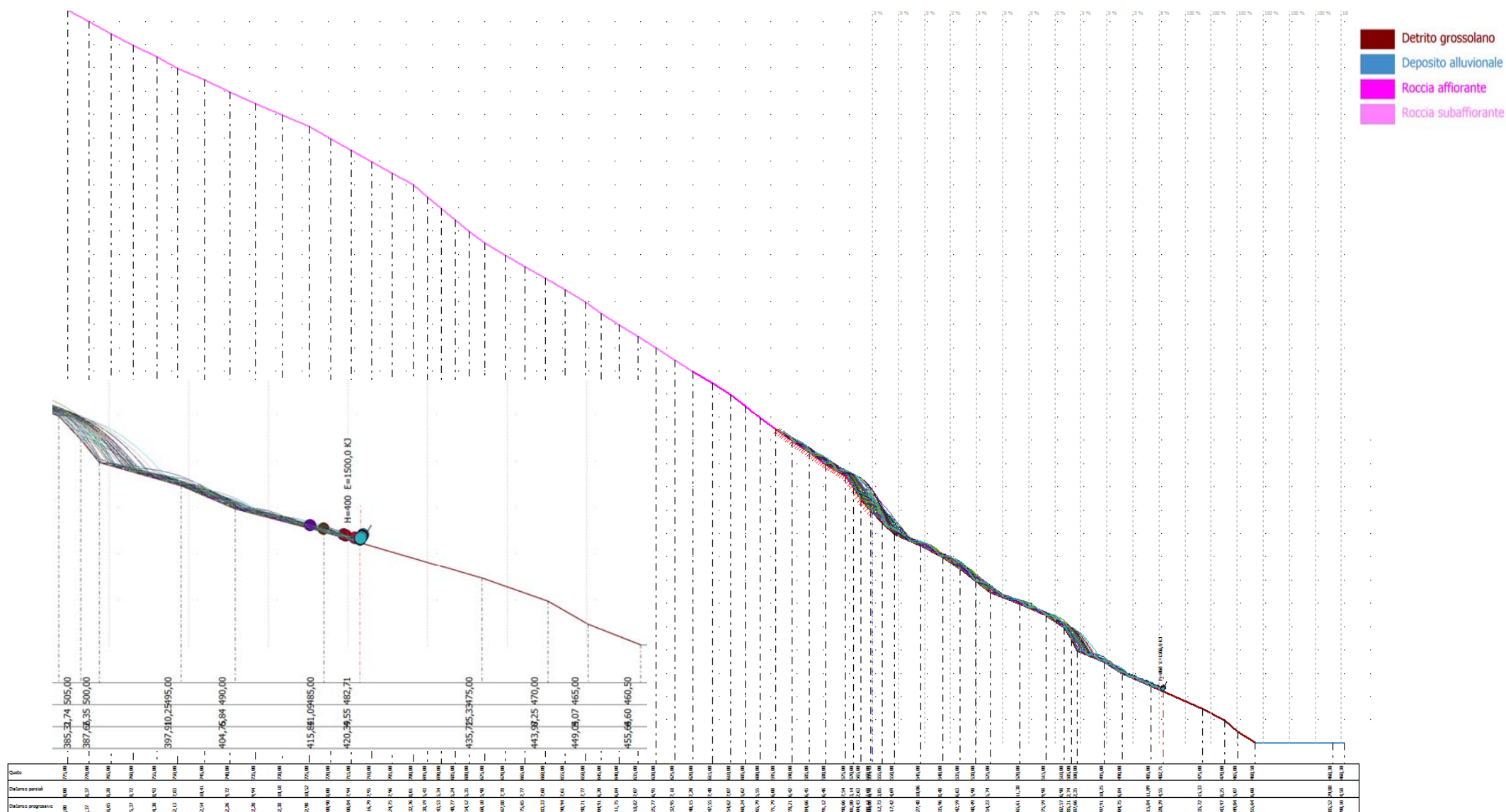


## SEZIONE 11





## SEZIONE 12



## SEZIONE 13

