

# "Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia sull'Appennino Toscano".



**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: [michi@comitgeo.it](mailto:michi@comitgeo.it)

**"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia ...".**

**La cava "Pedogna" coltiva formazioni rocciose per produrre inerti. E' ubicata sull'Appennino Toscano in provincia di Lucca, in destra idrografica al rio omonimo, su una valle laterale del prolungamento della Garfagnana.**

**Al 2005, per le sue dimensioni l'area mineraria era la seconda d'Europa, con fronti di estensione di circa 1 km ed un dislivello massimo di 420 m.**

**La produzione media annua al 1997 era di 1.000.000 di mc.**

**L'area mineraria interessa il territorio di 2 comuni ricadenti in area sismica di II° categoria, con accelerazioni sismiche di base diverse.**

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia ...".



In base al rilievo di superficie esistente, i fronti rocciosi sembravano avere un assetto geostrutturale relativamente semplice. Essi interessano le formazioni stratificate della “Scaglia”, della “Ma-iolica”, dei “Diaspri” e del “Selcifero”.

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

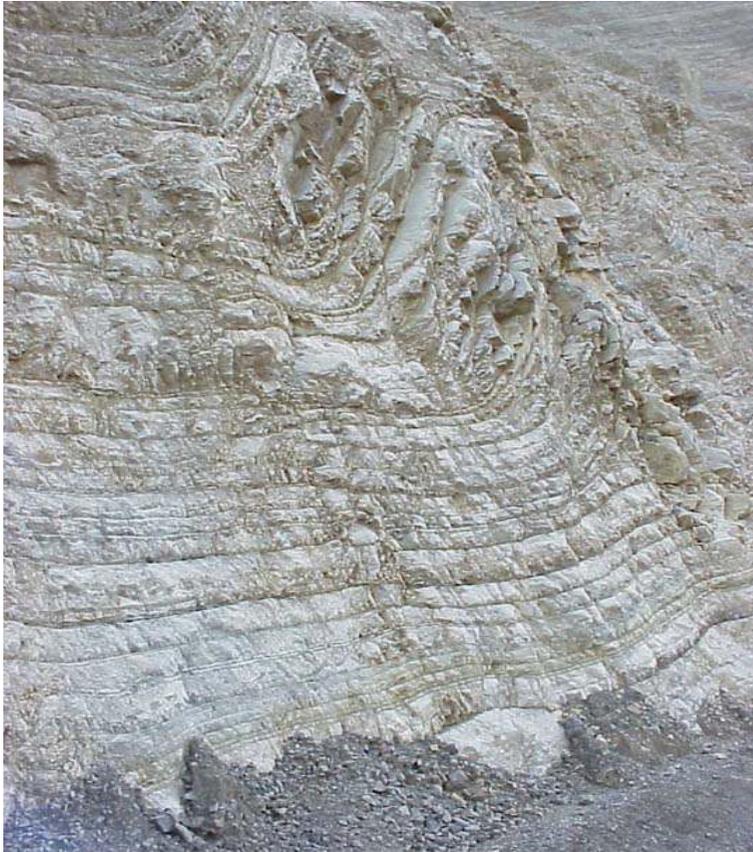
**Al 1997 erano stati aperti fronti solo sull'attuale "settore centrale" della cava, con strade di servizio tanto acclivi da rendere quasi impossibile l'accesso a qualunque mezzo.**

**Fui chiamata per eseguire l'analisi geomeccanica e le verifiche annuali di stabilità dei fronti. Data la complessità strutturale rilevata sui nuovi fronti aperti, in alternativa a sondaggi meccanici localmente irrealizzabili, proposi d'integrare i rilievi sugli ammassi con prospezioni geofisiche, che evidenziassero le principali strutture tettoniche in profondità.**

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."



La struttura tettonica dell'area si mostrava infatti complicata da pieghe e pieghe faglie...



...da diffuse dislocazioni tettoniche con estesi contatti subverticali ed

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

...evidenti paleostrutture di scorrimento, impostate su termini coesivi poco consistenti, al cui tetto era stata rilevata la locale falda idrica.



**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: [michi@comitgeo.it](mailto:michi@comitgeo.it)

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

Come primo approccio, dopo un rilievo geomeccanico di dettaglio esegui un'indagine sismica (a riflessione e rifrazione) sulle aree centrali, più complesse dal punto di vista tettonico, con lettura anche di onde P ed S, per una migliore caratterizzazione geomeccanica degli ammassi ed una migliore "correzione statica" della sismica a riflessione.

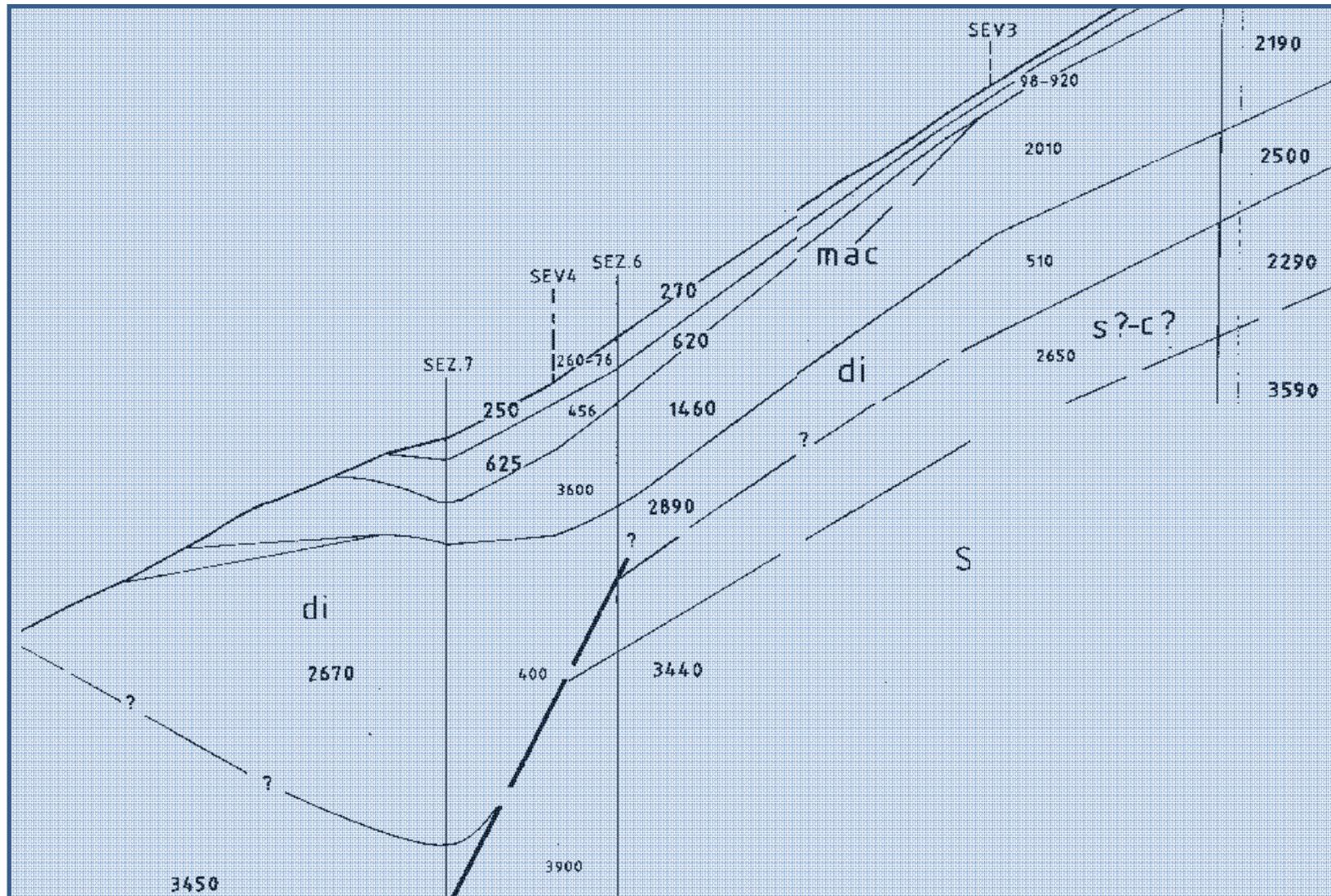
Sul settore orientale in ampliamento, che aveva un maggior spessore della copertura quaternaria e pochi affioramenti, furono eseguiti in maggior numero sondaggi elettrici verticali.

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

In quell'occasione si sperimentò quale tipo di **e-nergizzazione** per la prospezione sismica (esplosivo, cannoncino, massa battente, martello) in un'ottica costi-benefici desse i migliori risultati.

Dovendo operare anche su roccia viva, inizialmente per ancorare i geofoni per la **sismica a riflessione** si perforò la roccia; visti i tempi lunghi di questa operazione, si provò ad immergere i geofoni in terreno vegetale leggermente pressato, appoggiato sulle superfici rocciose: il tentativo diede risultati molto soddisfacenti.

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

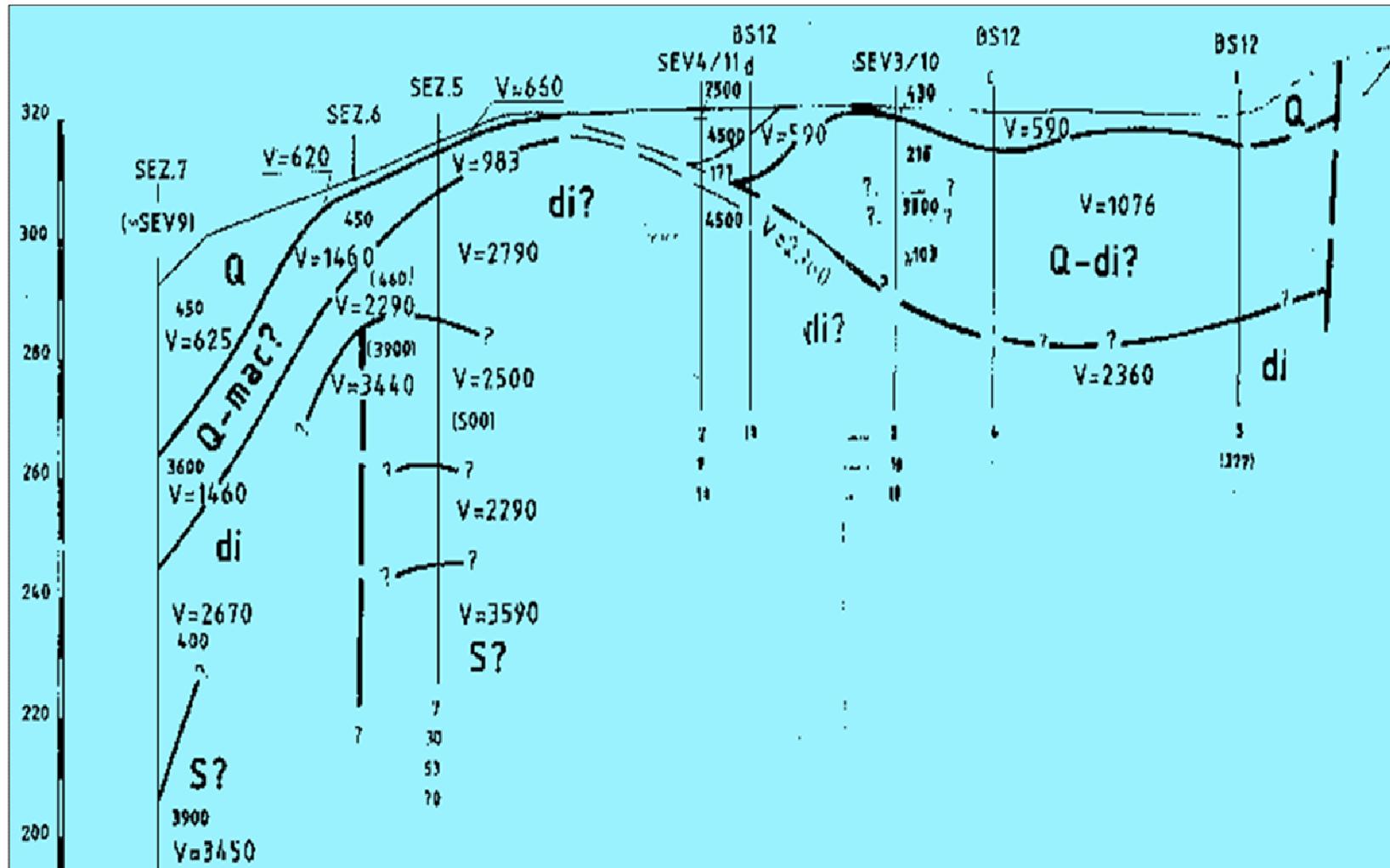


### SEZIONE GEOFISICA AL 1997/98 - FRONTI DEL SETTORE ORIENTALE

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".



SEZIONE GEOFISICA AL 1997/98 FRONTI DEL SETTORE CENTRALE

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

Entrambe le metodologie (**sismica** ed **elettrica**) individuarono una successione variabile di orizzonti, non sempre attribuibili in modo inequivocabile ad una formazione specifica, in assenza di rilievo di superficie.

La prospezione sismica rilevava chiaramente le coltri superficiali allentate, le strutture tettoniche principali ed il contatto con il tetto del "Selcifero, più veloce delle formazioni superiori.

La prospezione elettrica meglio rilevava un conduttivo intermedio, che inglobava il livello acquifero a tetto dei diaspri argillosi e gli orizzonti argillosi dei diaspri.

**Ma non era ancora chiaro ed univoco il collegamento con la qualità degli ammassi rocciosi.**

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

Via V. Veneto, 75 - 38100 Trento - Tel. 0461/924549 - Cell. 0336/302107 - E-mail: michel@cominco.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

Le campagne sismiche sperimentali effettuate hanno comunque dimostrato che, in un'ottica costi-benefici, in questi termini risultava più conveniente ed efficace per l'interpretazione:

- utilizzare quando possibile miccia detonante e polvere nera per l'esecuzione della sismica a rifrazione

- utilizzare il cannoncino o la massa battente per la sismica a riflessione

- utilizzare una spaziatura intergeofonica di non più di 2-3 m.

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

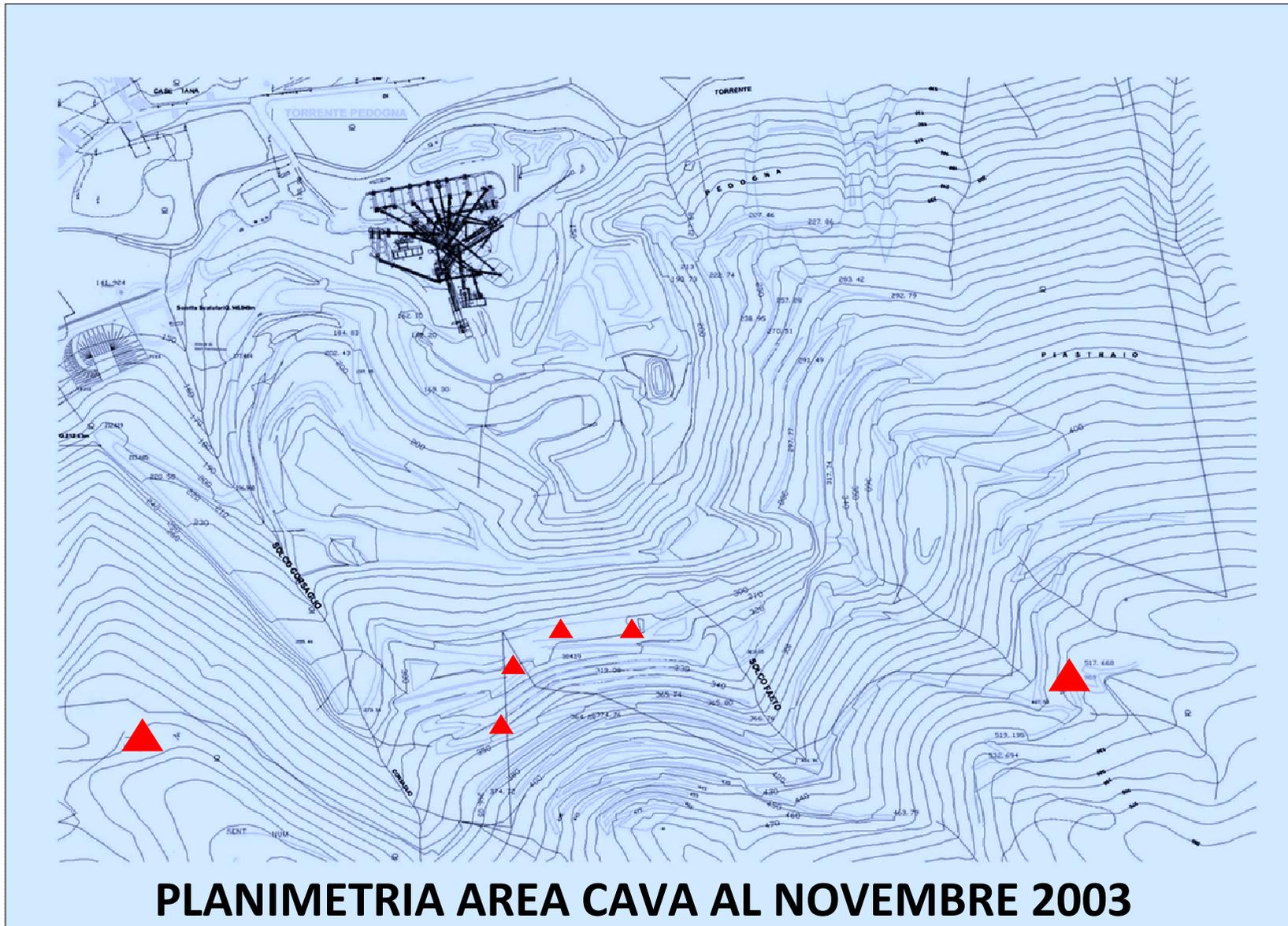
**"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".**

**Un ulteriore passo nella conoscenza dei siti, si effettuò negli anni dal 2002 al 2004, con lo studio per l'allargamento della strada di servizio fra i settori occidentale e centrale e con l'allargamento della strada di servizio per il settore occidentale, per l'accesso ai siti di "dumper". Grazie a ciò è stato anche possibile eseguire 2 sondaggi meccanici profondi, con prove down hole e "logs termodifferenziali" su cui tarare i dati geofisici ed affinare il collegamento fra geofisica e meccanica delle rocce.**

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."

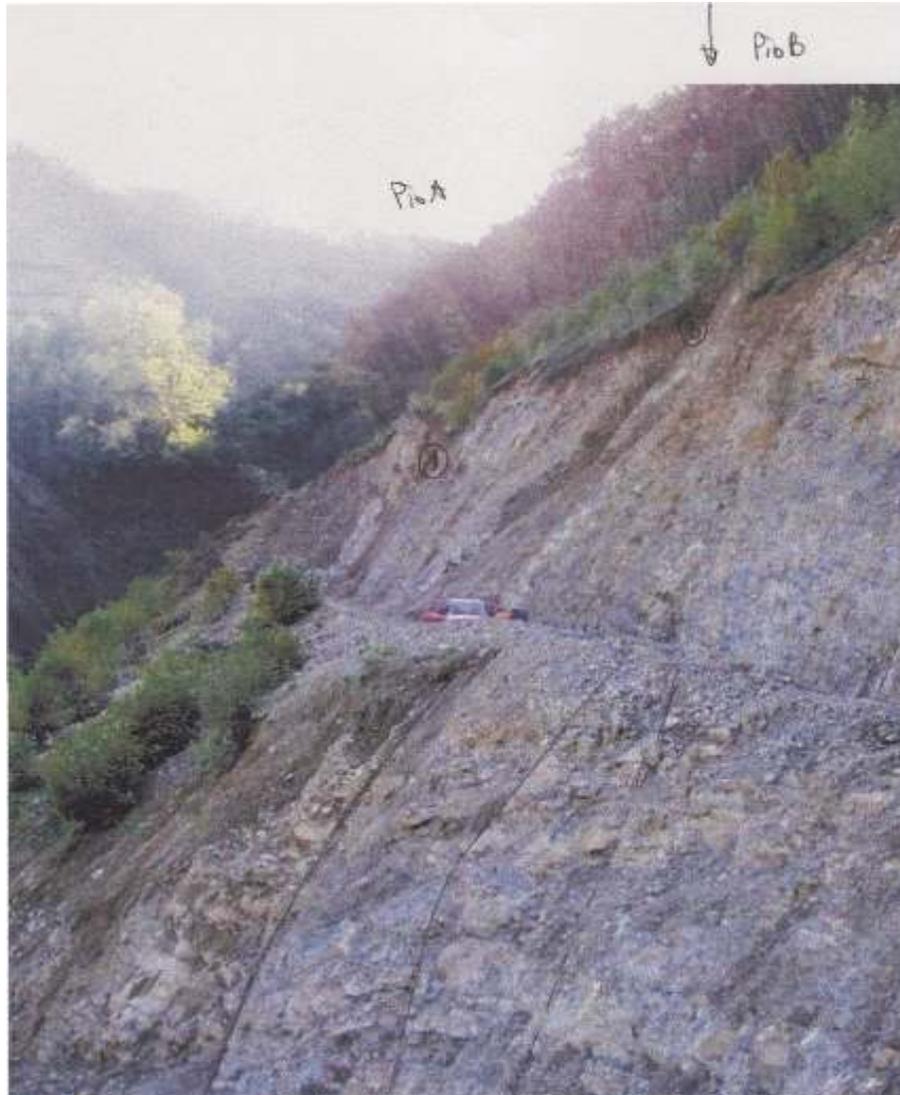


**PLANIMETRIA AREA CAVA AL NOVEMBRE 2003**

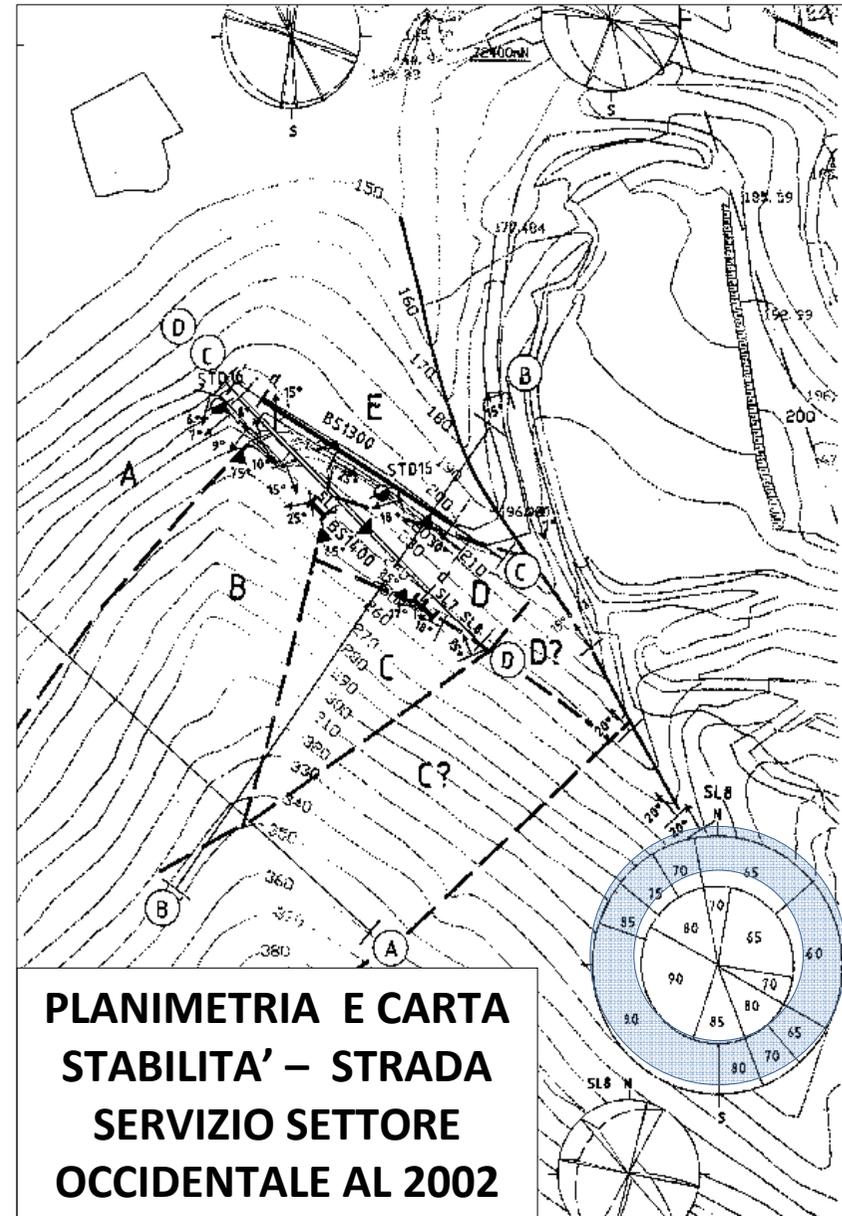
**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".



**STRADA DI SERVIZIO DEL SETTORE  
OCCIDENTALE AL 2002**



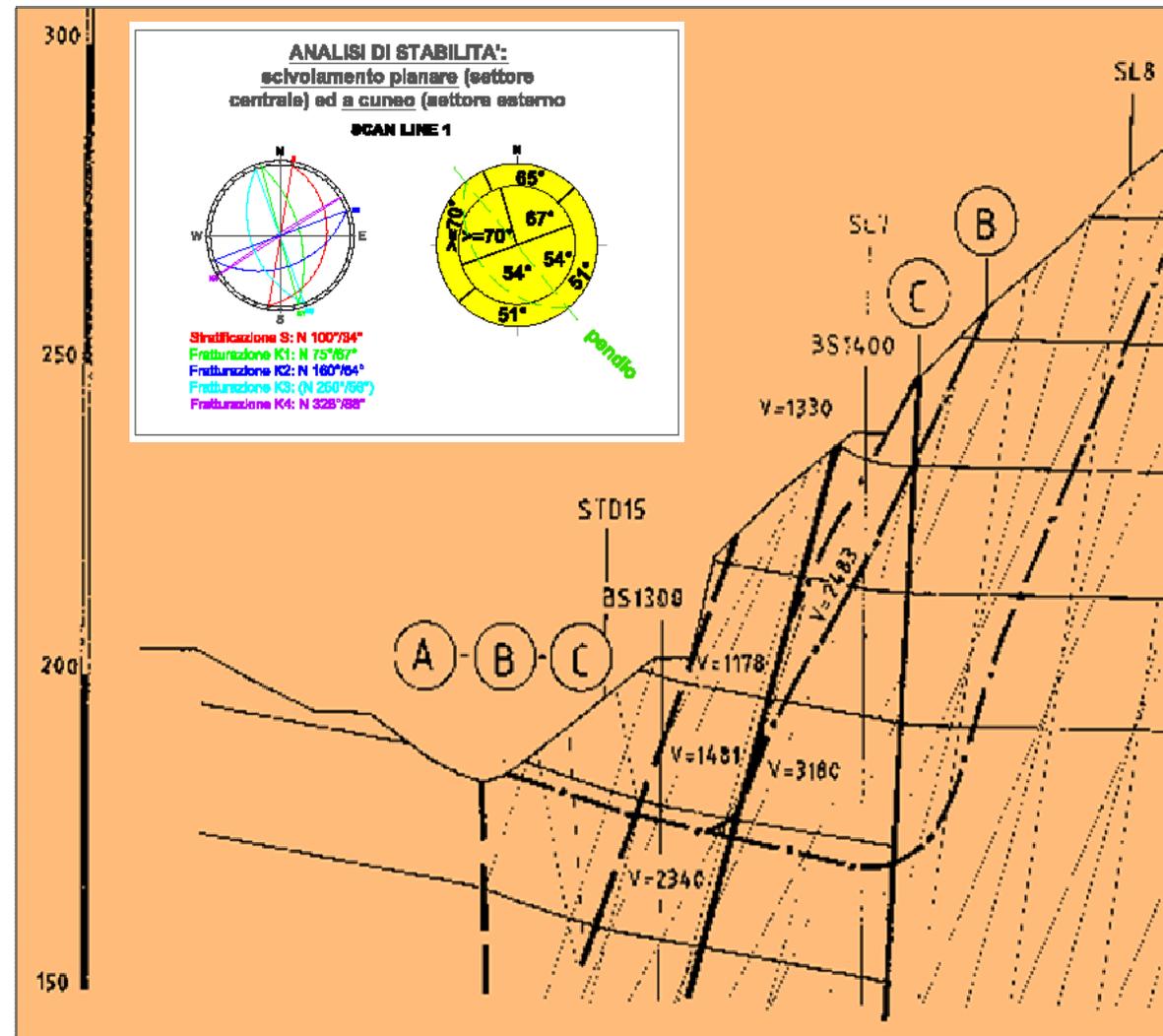
**PLANIMETRIA E CARTA  
STABILITA' – STRADA  
SERVIZIO SETTORE  
OCCIDENTALE AL 2002**

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

La strada di servizio west era impostata in prossimità di una grossa dislocazione tettonica, nel "Selcifero" ed in lembi len-tiformi di "Di-aspri" frattu-rati.



Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

A seguito degli studi della strada di servizio west, s'interpretarono separatamente geofisica e meccanica delle rocce; accostando gli stereodiagrammi e la loro analisi di stabilità alla sezione, s'inserirono in modo convenzionale i principali sistemi disgiuntivi individuati con la meccanica delle rocce, cercando di correlarli alla prospezione geofisica, senza però avere un vero collegamento fra i due se non quello areale (vedi sezione precedente), con un risultato non pienamente soddisfacente.

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

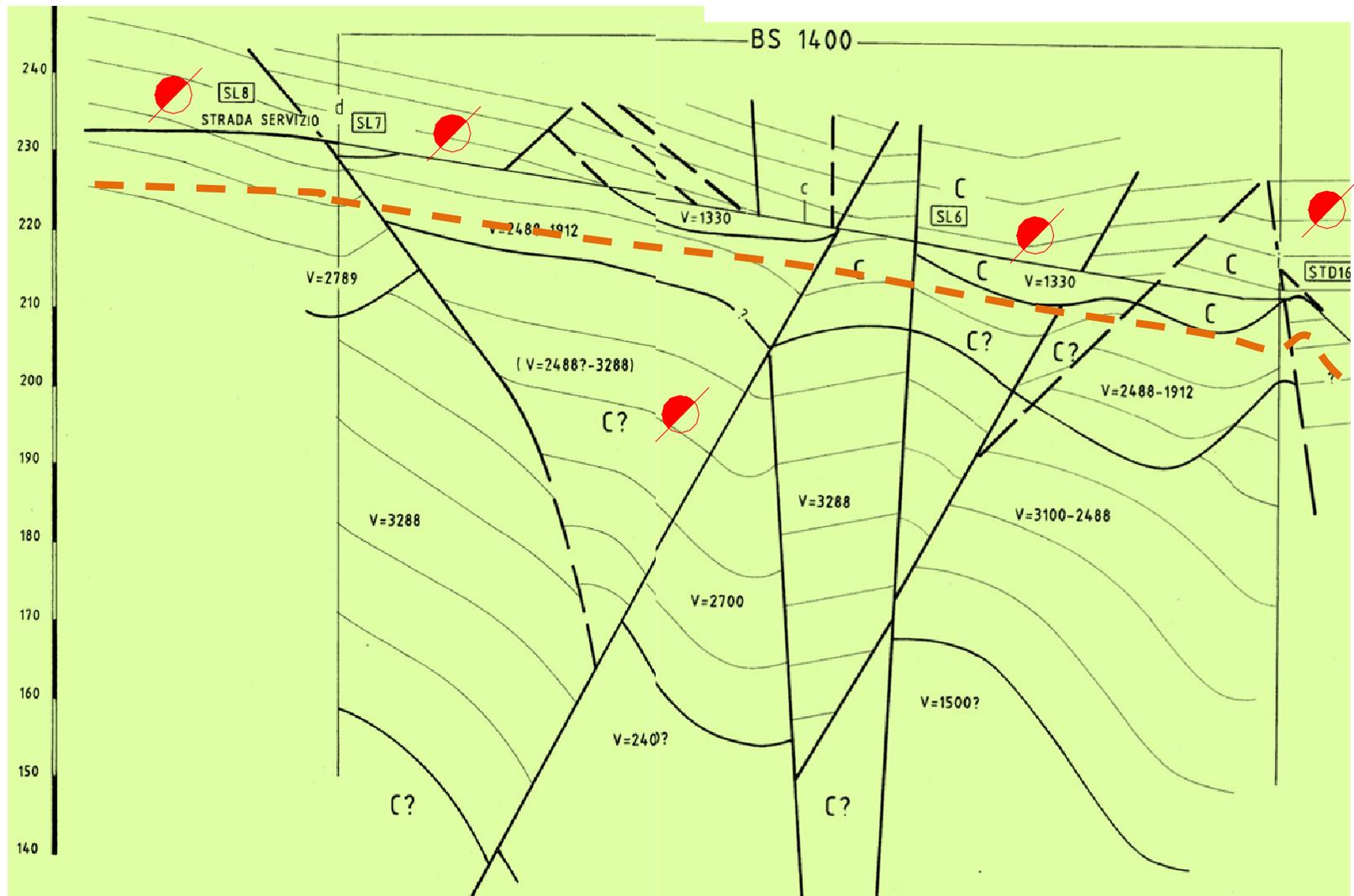
"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

Lungo la strada di servizio invece si rilevarono nel dettaglio gli elementi strutturali locali, ancorandoli ai geofoni della sismica a riflessione. Dopo di che si eseguì un'interpretazione della sismica a riflessione **spinta**, "cercando" sui films sismici gli elementi rilevati sul terreno. Da qui ne emerse una rappresentazione strutturale da cui poter cominciare a correlare i valori geofisici alle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi ed all'elaborazione delle altre sezioni correlate (vedi figure seguenti).

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

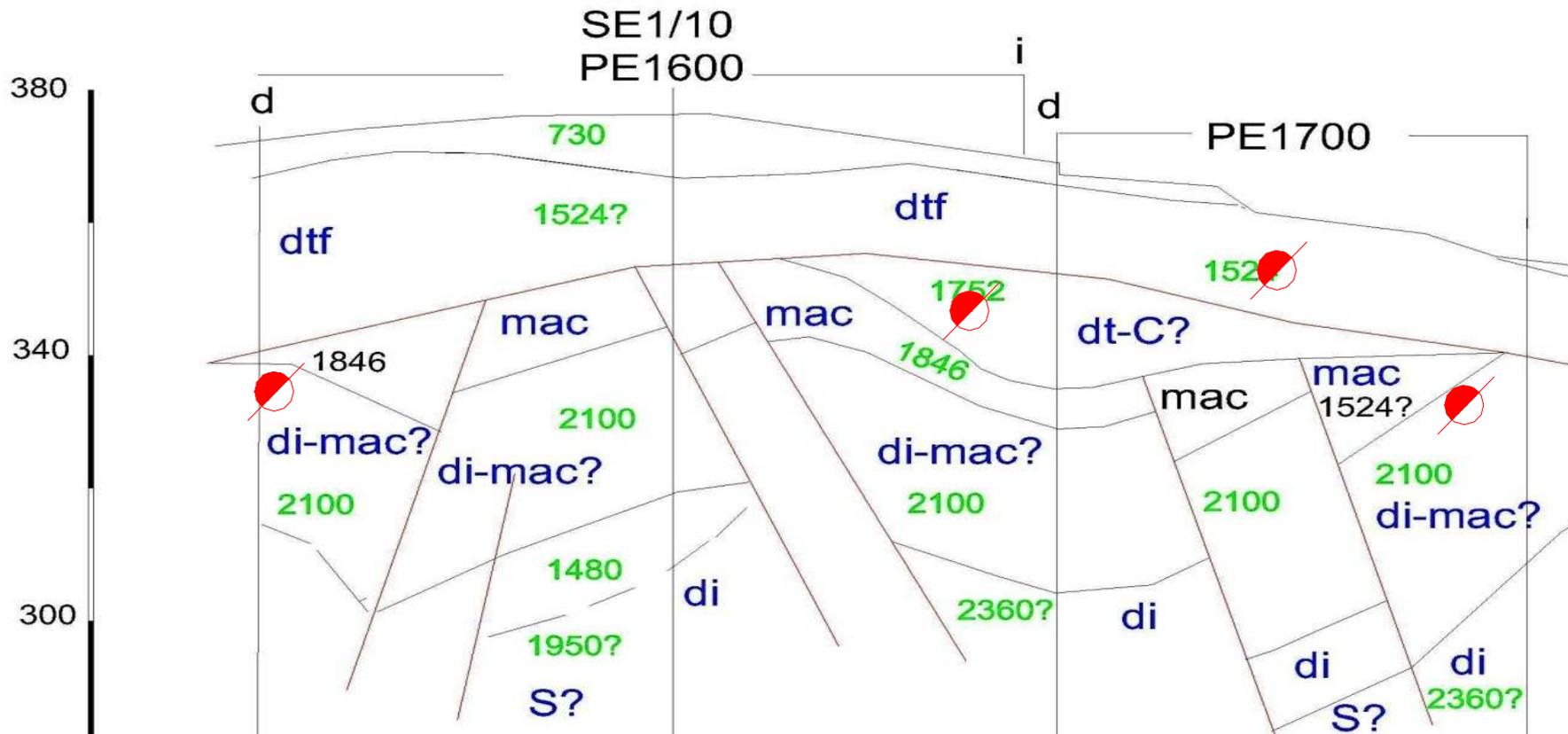
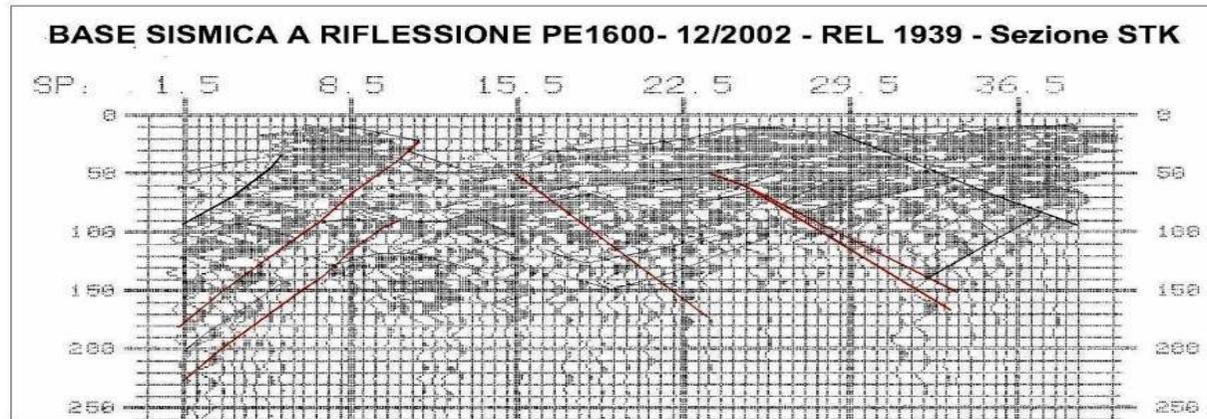


**SEZIONE GEOFISICA E GEOMECCANICA – STRADA DI SERVIZIO DEL SETTORE OCCIDENTALE AL 2002 (IN TRATTEGGIO ROSSO SULLA SEZIONE)**

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".



Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

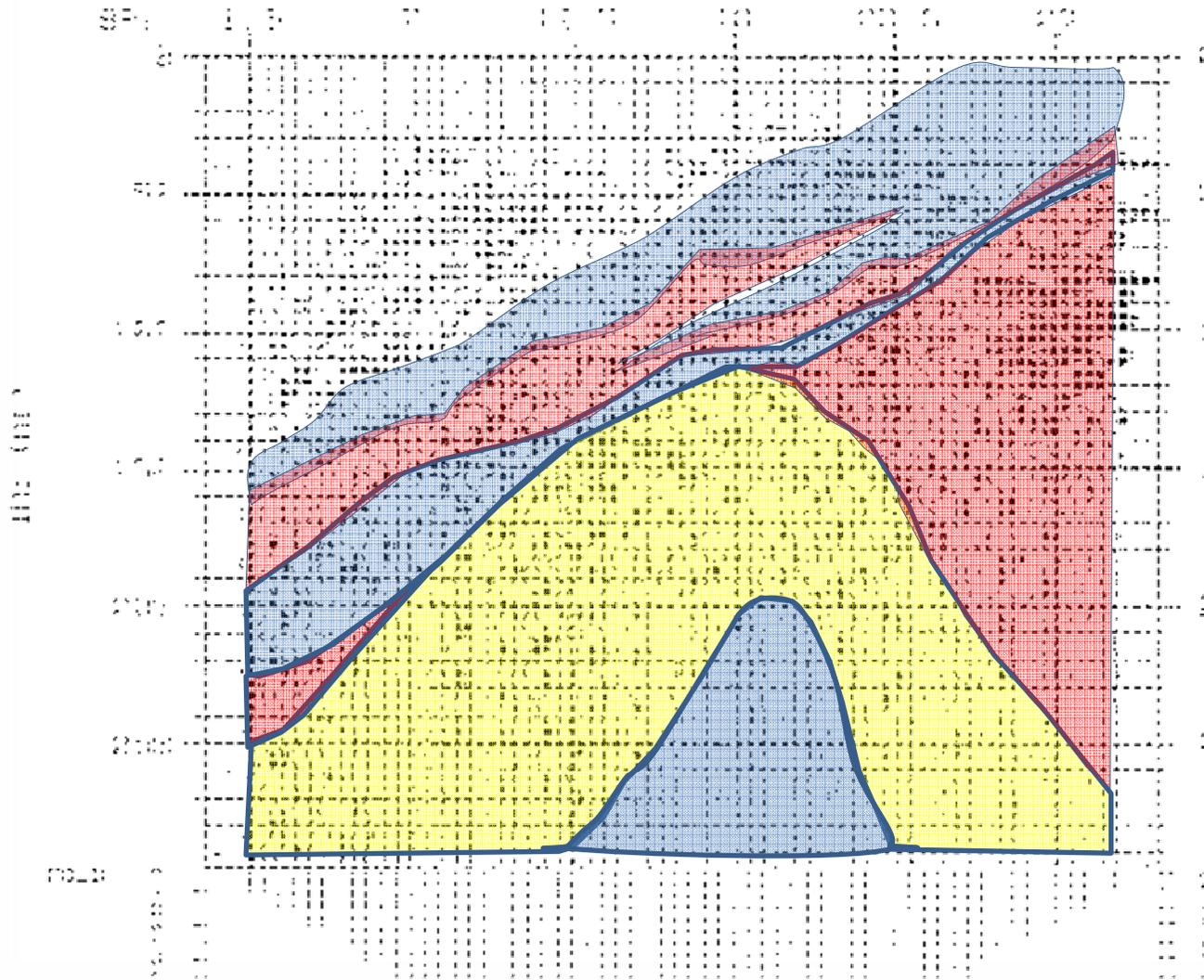
Altro riscontro molto importante nell'interpretazione della sismica a riflessione, è derivato dalla verifica dell'attendibilità di una "scrematura" dell'interpretazione basata sull'analisi della **rappresentazione colorimetrica delle ampiezze** (e frequenze) del film sismico filtrato e rielaborato (vedi figura seguente).

Si è potuto rilevare infatti che generalmente il Selcifero corrispondeva ai termini a minor ampiezza d'onda, mentre le massime ampiezze coincidevano con **gli orizzonti meno consistenti.**

Dr. geol. Michèle Luisa Vuilfermin

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

## BS. 1/03 A RIFLESSIONE: RAPPRESENTAZIONE DELLE AMPIEZZE DELLE ONDE SISMICHE SULLA SEZIONE STACK.



I colori "caldi" (rosa, rosso, ecc.) indicano alta ampiezza e terreni meno compatti (Diaspri, superfici strutturali rilassate, ecc.) e quelli "freddi" (blu, ecc) indicano bassa ampiezza e terreni più compatti (Selcifero, ecc).

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: [michli@comitgeo.it](mailto:michli@comitgeo.it)

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

**L'ESPERIENZA SU QUESTI TERMINI CI HA SUGGERITO  
LA RICETTA OTTIMALE PER L'INTERPRETAZIONE  
DELLE BASI SISMICHE A RIFLESSIONE.**

- **Analizzare sempre le ampiezze, per la "sgrossatura" degli orizzonti sismici**
- **Reiterare i filtraggi e l'NMO**
- **Analizzare il maggior numero di CMP**
- **Determinare la velocità del maggior numero possibile di fronti d'onda**
- **Evitare la normalizzazione delle amplificazioni**
- **Considerare attentamente le inversioni di polarità, come elemento interpretativo.**

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

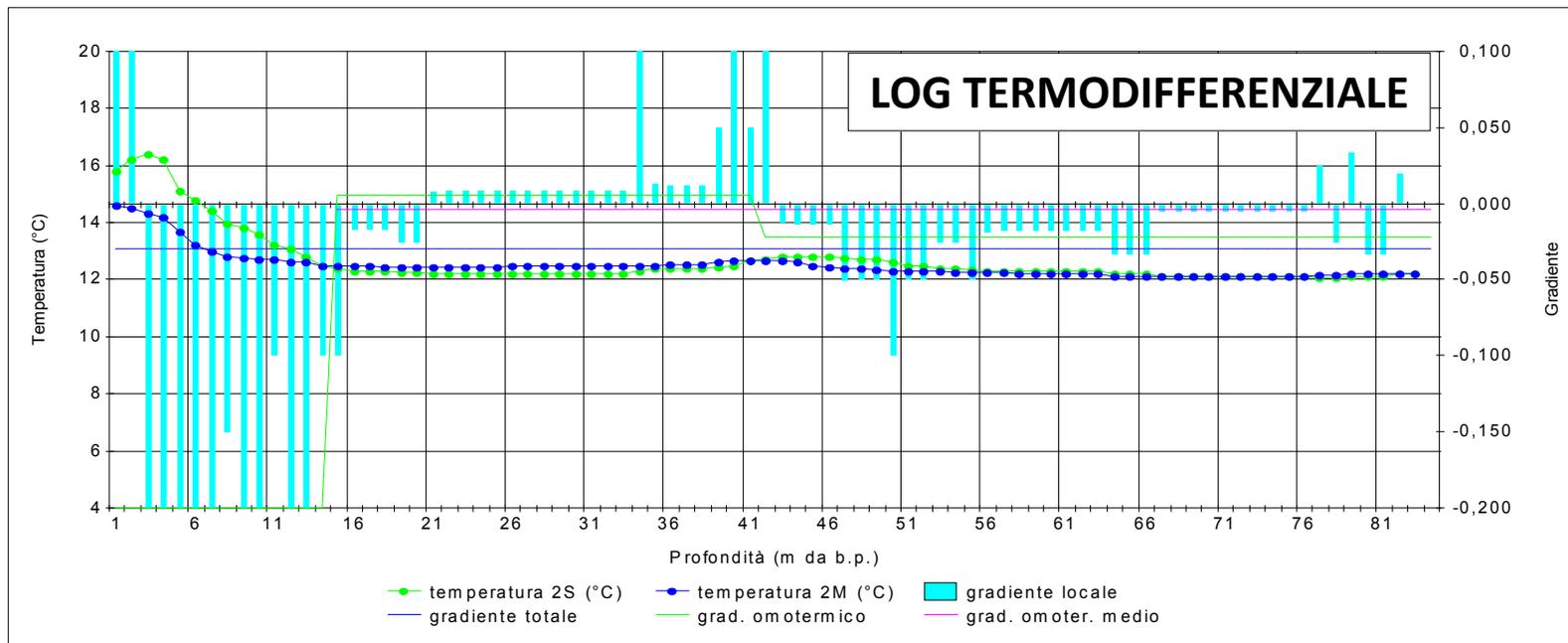
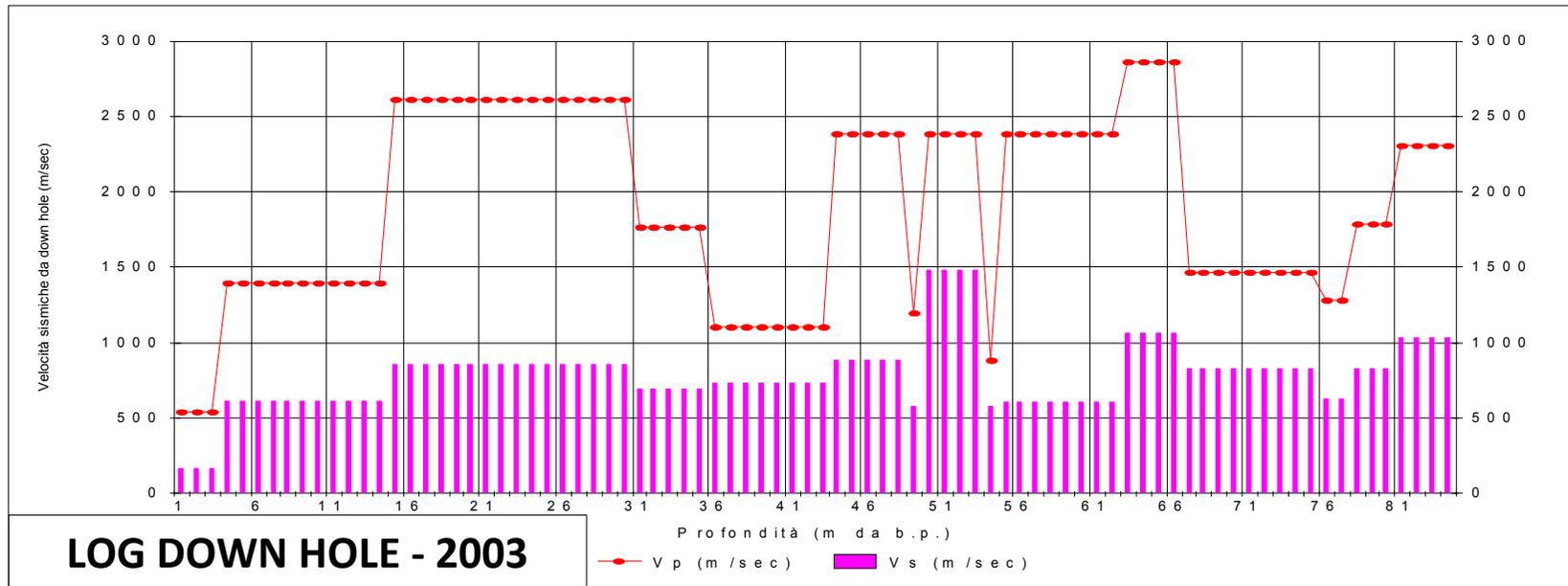
L'interpretazione "spinta" della geofisica tarata con le campagne d'**indagini geognostiche** (down hole e logs termodifferenziali), ha fornito ulteriori chiavi di lettura dei films sismici, degli orizzonti conduttivi rilevati con i SEV e delle connessioni con la meccanica delle rocce, analizzata **statisticamente per orizzonti**.

Si è rilevata inoltre una buona correlabilità fra permeabilità e saturazione dei litotipi (definiti con i logs termici) e velocità sismica delle onde di superficie (vedi figura seguente).

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."



**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

All'epoca in cava si effettuavano **volate** con quantitativi totali di esplosivo compresi fra 150 e 350 kg.

Al fine di misurare l'accelerazione indotta sugli ammassi rocciosi (da utilizzarsi nelle verifiche di stabilità a "breve termine"), si sono effettuate 3 **prove vibrometriche** su "volate" con cariche e distanze diverse, nei settori orientale e centrale e punto di scoppio nel settore centrale.

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

## SETTORI CENTRALE ED ORIENTALE - DATI VIBROMETRICI.

Volata n°.	Carica tot. (kg)	Esplosivo		Carica unit. Q (kg)	Distanza R (m)	Costante K			
		tipo	cariche (kg)						
<b>1</b>	325	Goma	200 / 4,2	7	560	200			
		Cava 2	125 / 2,8						
	Velocità causate dalla volata mm/sec			Velocità massima mm/sec	Accelerazioni causate dalla volata mm/sec <sup>2</sup>			Accelerer.  (g)	
	V <sub>w</sub>	V <sub>l</sub>	V <sub>t</sub>		a <sub>v</sub>	a <sub>l</sub>	a <sub>t</sub>		
1,87	1,66	1,1	<b>2,7</b>	1100	957	528	<b>0,155</b>		

Volata n°.	Carica tot. (kg)	Esplosivo		Carica unit. Q (kg)	Distanza R (m)	Costante K			
		tipo	cariche (kg)						
<b>3</b>	500	Goma	300 / 4	7	340	200			
		Cava 2	200 / 2						
	Velocità causate dalla volata mm/sec			Velocità massima mm/sec	Accelerazioni causate dalla volata mm/sec <sup>2</sup>			Accelerer.  (g)	
	V <sub>w</sub>	V <sub>l</sub>	V <sub>t</sub>		a <sub>v</sub>	a <sub>l</sub>	a <sub>t</sub>		
0,15	0,25	3	<b>3,0</b>	875	700	1050	<b>0,154</b>		

Distanza (m)	20	40	60	80	100	150	200	300	400	500
Velocità (mm/sec)	210,36	74,38	40,48	26,30	18,82	10,24	6,65	3,62	2,35	1,68
Velocità teorica	8,37	2,96	1,61	1,05	0,75	0,41	0,26	0,14	0,09	0,07

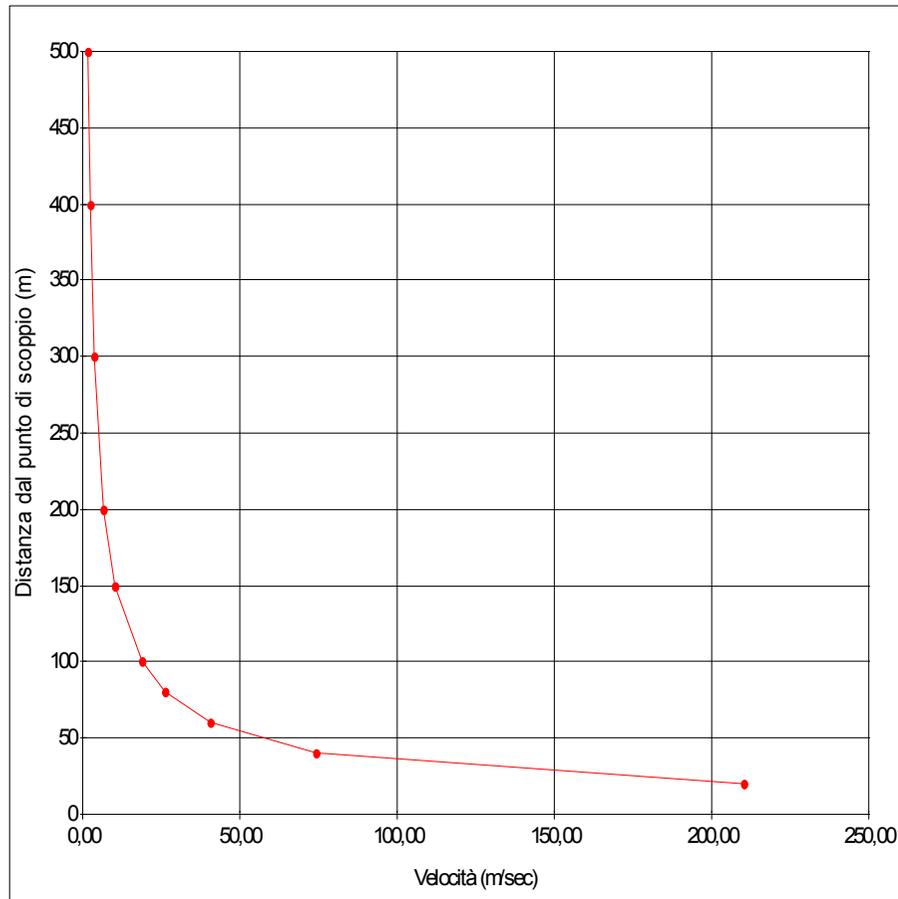
  

Carica (kg)	5	10	20	40	60	80	100	200	300	400
Velocità a 10 m (mm/sec)	140,3	198,4	280,6	396,8	486,0	561,2	627,4	887,3	1086,8	1254,9
Velocità teorica a 10 m	20,00	28,28	40,00	56,57	69,28	80,00	89,44	126,49	154,92	178,89

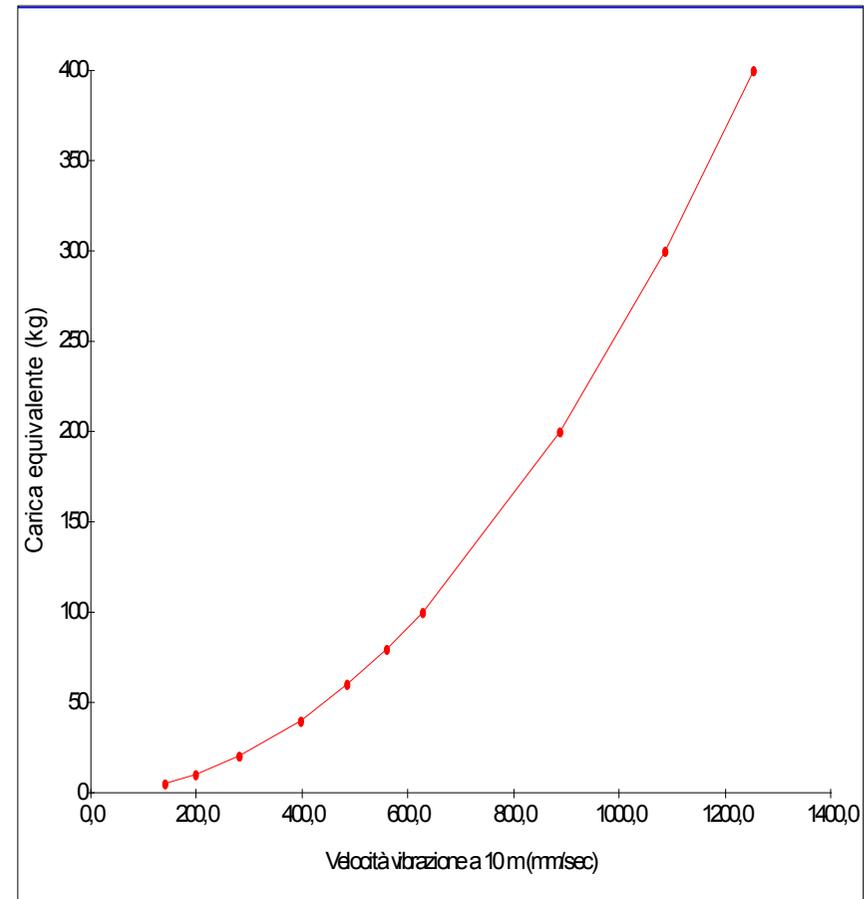
**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

**"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".**



**Rapporti fra velocità di vibrazione e distanza.**



**Rapporti fra velocità di vibrazione e carica.**

**Con cariche equivalenti superiori a 100 kg si generarono in loco vibrazioni con velocità >5000 m/sec.**

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

A seguito delle rielaborazioni dei dati vibrometrici, si rilevò che i valori "teorici" delle **accelerazioni** calcolate, erano molto più basse di quelle misurate sul campo, che invece (in prossimità dei punti di scoppio) erano dell'ordine di grandezza di quelle sismiche di zona, per smorzarsi sensibilmente ad oltre 100 m di distanza.

Si verificò anche che presumibilmente l'amplificazione delle onde era causata dall'intensa **tettonica** locale.

Da qui la necessità di ridurre le cariche di volata.

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

**"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".**



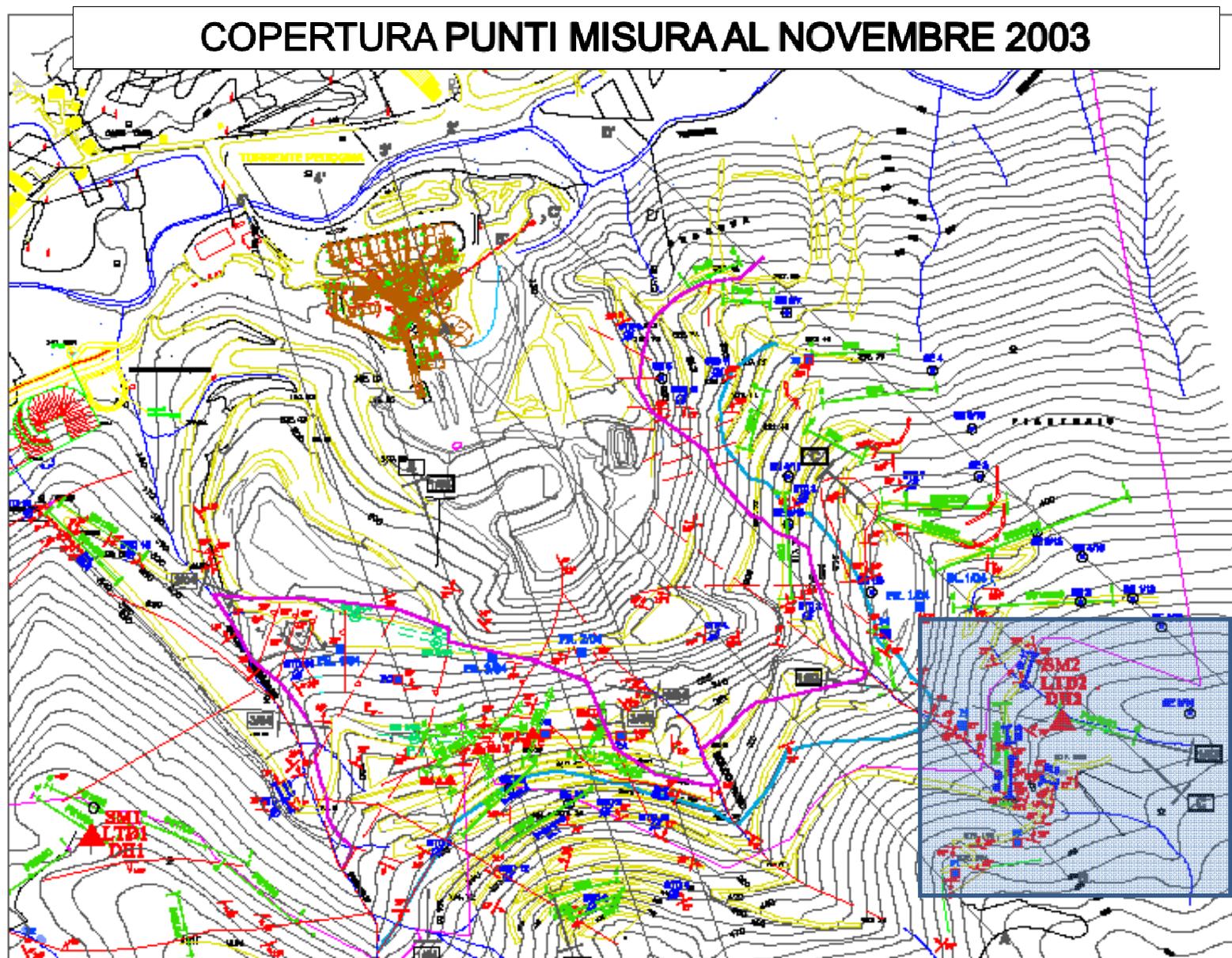
**Superficie strutturale visibile al 2005 sui fronti orientali, identificata in precedenza anche dalla geofisica.**

Con l'avanzare della coltivazione negli anni localmente si è potuto verificare la bontà delle interpretazioni dei dati e delle metodologie utilizzate, come illustrato anche nelle figure seguenti.

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: [michi@comitgeo.it](mailto:michi@comitgeo.it)

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".



**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: [michi@comitgeo.it](mailto:michi@comitgeo.it)



"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

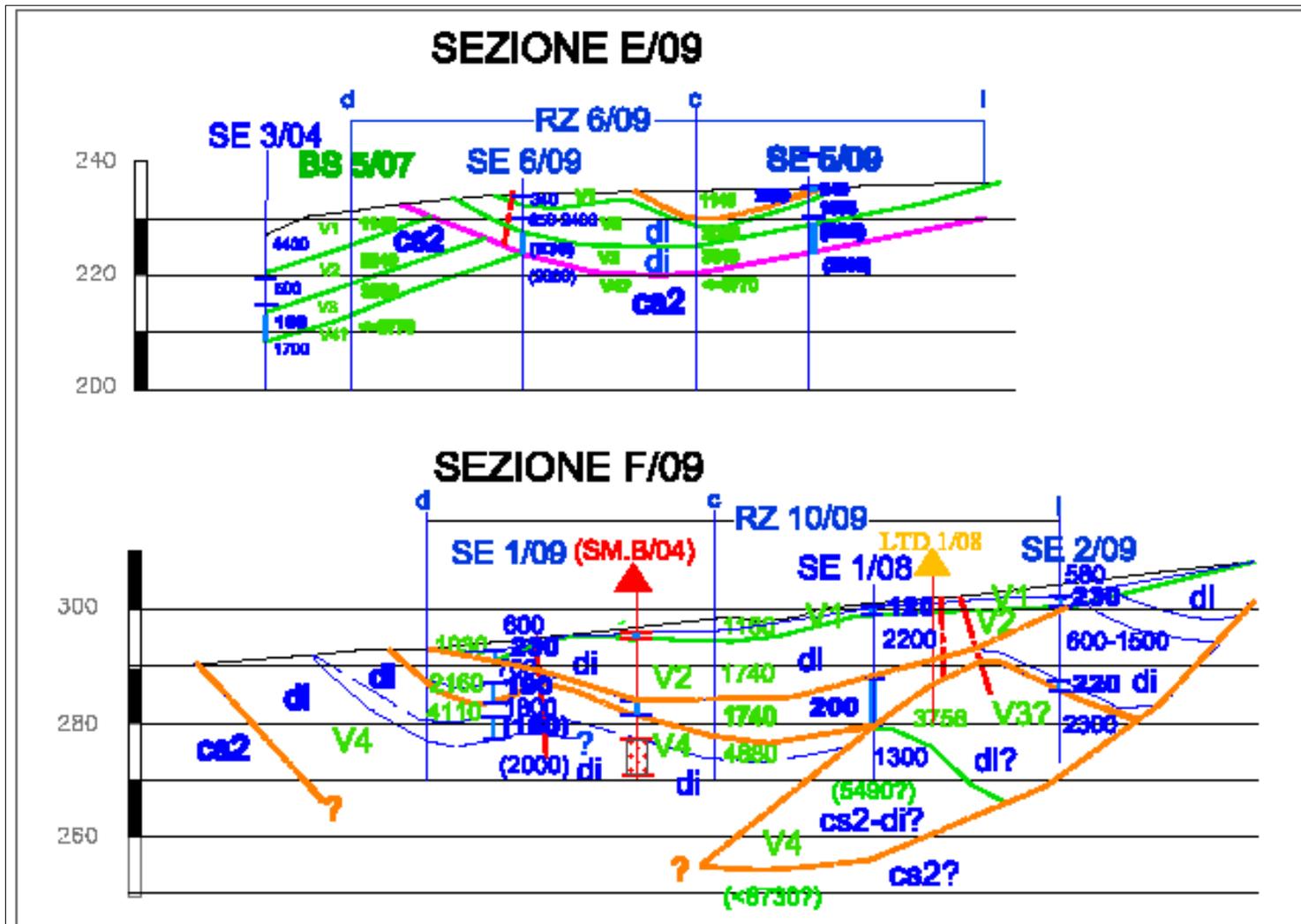


- **CONTATTO TETTONICO SUL SETTORE CENTRALE**

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

interconnessioni tra geosica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia....”.



- **SETTORE CENTRALE - PROSPEZIONE GEOLOGICA E GEOFISICA IN PROSSIMITA' DEL CONTATTO TETTONICO .**

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

Nel 2007-2008, a seguito della redazione di un SIA per una variante del progetto di coltivazione della cava, si sono assemblati e rielaborati i dati dei 10 anni precedenti.

L'interpretazione geofisica e geologica affinata negli anni con la sperimentazione, ha consentito di migliorare le correlazioni fra geomeccanica e geofisica locale, raggruppando e sintetizzando i dati settore per settore, distinti per litologia, cominciando dalla caratterizzazione geomeccanica e dall'analisi di stabilità dei sistemi rilevati.

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

interconnessioni tra geologica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia....”.

## PARAMETRI GEOMECCANICI CUMULATIVI ALTEZZA CRITICA STABILITA' A BREVE TERMINE

(NB: in rosso i sistemi continui poten. soggetti a sciv. planare se esposti in blu quelli potenz. soggetti a ribaltamento ed in verde ad inflessione).					Singoli gradoni			
STD ZONA	Tipo giunto	Dir. Imm. K (Nx <sub>b</sub> <sup>o</sup> /a <sub>b</sub> <sup>o</sup> )	Sp. K ver. b<=h (m)	Φ <sub>h</sub> <sup>o</sup> (vert.)	β <sub>b</sub> infl.	Hc a=90°	Hc a=70°	
<b>ZONA CENTRO - DIASPRI: STERIODIAGRAMMI CUMULATIVI</b>								
Diaspri argillosi fratturati - Orizzonte V1	S1	48 34	0,15	30,00	90,00	26	54	
	S2	212 6	0,10	27,00	90,00	<b>20</b>	40	
	S3	277 26	0,10	18,00	82,00	<b>20</b>	39	
	K1	46 77	0,15	31,00	90,00	26	54	
	K2	175 82	0,50	37,00	45,00	57	123	
	K3	264 84	0,30	37,00	43,00	41	87	
Diaspri poco argillosi - Orizzonte V2	S1	7 52	0,40	27,00	65,00	49	102	
	S2	106 12	0,20	27,00	-	31	64	
	S3	132 17	0,30	34,00	-	41	86	
	K1	20 70	0,12	31,00	51,00	<b>22</b>	46	
	K2	170 66	0,25	56,00	80,00	36	90	
	K3	272 77	0,50	37,00	90,00	57	123	
Diaspri compatti Orizzonte V3	S1	19 36	0,20	45,00	90,00	31	70	
	S2	218 30	0,20	45,00	90,00	31	70	
	S3	350 56	0,20	45,00	79,00	31	70	
	K1	8 75	0,10	56,00	71,00	<b>20</b>	49	
	K2	195 80	0,40	56,00	66,00	49	123	
	K3	245 45	0,30	34,00	79,00	41	86	
Diaspri compatti Orizzonte V3	K4	290 82	0,35	45,00	53,00	45	101	
	<b>ZONA CENTRO - MAIOLICA: STERIODIAGRAMMI CUMULATIVI</b>							
	Maiolica fratturata-bassa Orizzonti V1-V2	S2	198 8	0,20	45,00	90,00	31	70
		S3	330 20	0,20	31,00	90,00	31	65
		K1	35 86	0,30	60,00	64,00	41	109
		K2	195 70	0,18	23,00	43,00	<b>29</b>	59
K3		310 88	0,45	27,00	29,00	53	110	
Maiolica più compatta alta Orizzonti V1-V2	S3	307 23	0,20	52,00	90,00	<b>31</b>	74	
	K1	46 75	0,20	53,00	68,00	<b>31</b>	75	
	K2	104 80	0,20	50,00	60,00	<b>31</b>	72	
	K3	206 84	0,20	53,00	59,00	<b>31</b>	75	
K4	320 83	0,20	40,00	47,00	<b>31</b>	68		

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

interconnessioni tra geosica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia....”.

## PARAMETRI GEOMECCANICI CUMULATIVI - VERIFICHE ALL'INFLESSIONE E RIBALTAMENTO: STABILITA' A BREVE TERMINE

PUNTO STRUTT.	Inflessione dei giunti (scorre con angoli di pendio > °β <sub>b</sub> )								Verifica al ribaltamento fra 2 sistemi di giunti											
	Dati sistemi principali e subverticali								Dati II° sistema meno inclinato				F stab.	Analisi statica:			Analisi dinamica:			
	Tipo giunti	Dir. Imm. (Nx <sub>b</sub> /a <sub>b</sub> )	Campo rib-infi reggipoggio		Sp. K ver. b<=h (m)	φb° (vert.)	Inflessione β <sub>b</sub> FS		Dir. Imm. K (Nx <sub>h</sub> /a <sub>h</sub> )	Sp. K oriz. h>=b (m)	φ <sub>h</sub> ° (orizz.)	Δ° Imm. (Nx <sub>b</sub> -Nx <sub>h</sub> )	scivolam. tg φ <sub>h</sub> /tg a <sub>h1</sub>	ribalta se tg φ <sub>h</sub> >b/h< tg a <sub>h1</sub>			ribalta se tga <sub>1</sub> /tgφ>(b/h)/tgφ<1			
<b>ZONA CENTRO - DIASPRI: STERIODIAGRAMMI CUMULATIVI</b>																				
Diaspri argillosi fratturati - Orizzonte V1	S1	48	34	-	-	0,15	30	90	-	48	34	0,15	30,0	0,0	0,86	0,58	-	0,67	-	-
	S2	212	6	-	-	0,10	27	90	-	212	6	0,10	27,0	0,0	4,85	0,51	-	0,11	-	-
	S3	277	26	-	-	0,10	18	82	-	277	26	0,10	18,0	0,0	0,67	0,32	-	0,49	-	-
	K1	46	77	196	256	0,15	31	90	1,85	48	34	0,15	18,0	2,0	0,48	0,32	1,00	0,67	2,07	3,08
	K2	175	82	325	25	0,50	37	45	1,36	48	34	0,15	27,0	53,0	1,42	0,51	-	0,36	-	-
	K3	264	84	54	114	0,30	37	43	1,25	48	34	0,15	27,0	36,0	1,00	0,51	-	0,51	-	-
K4	325	76	115	175	0,20	26	40	2,29	48	34	0,15	30,0	83,0	8,40	0,58	-	0,07	-	-	
Diaspri poco argillosi - Orizzonte V2	S1	7	52	157	217	0,40	27	65	-	7	52	0,40	27,0	0,0	0,40	0,51	-	1,28	-	-
	S2	106	12	-	-	0,20	27	-	-	106	2	0,20	27,0	0,0	14,59	0,51	-	0,03	-	-
	S3	132	17	-	-	0,30	34	-	-	#####	17,00	0,30	34,0	0,0	2,21	0,67	-	0,31	-	-
	K1	20	70	170	230	0,12	31	51	3,09	132	17	0,30	34,0	68,0	6,11	0,67	0,40	0,11	0,16	0,59
	K2	170	66	320	20	0,25	56	80	2,37	132	17	0,30	34,0	38,0	2,85	0,67	0,83	0,24	0,35	1,24
	K3	272	77	62	122	0,50	37	90	1,69	132	17	0,30	34,0	40,0	2,93	0,67	-	0,23	-	-
K4	302	78	92	152	0,20	31	43	1,74	#####	17,00	0,30	34,0	10,0	2,24	0,67	0,67	0,30	0,45	0,99	
Diaspri compatti Orizzonte V3	S1	19	36	-	-	0,20	45	90	-	19	36	0,20	45,0	0,0	1,38	1,00	-	0,73	-	-
	S2	218	30	-	-	0,20	45	90	-	218	30	0,20	45,0	0,0	1,73	1,00	-	0,58	-	-
	S3	350	56	320	20	0,20	45	79	5,14	19	36	0,20	45,0	29,0	1,67	1,00	1,00	0,60	0,60	1,00
	K1	8	75	158	218	0,10	56	71	1,70	19	36	0,20	45,0	11,0	1,42	1,00	0,50	0,71	0,71	0,50
	K2	195	80	345	45	0,40	56	66	1,43	218	30	0,20	45,0	23,0	1,93	1,00	-	0,52	-	-
	K3	245	45	35	95	0,30	34	79	-	218	30	0,20	45,0	27,0	2,01	1,00	-	0,50	-	-
K4	290	82	80	140	0,35	45	53	1,33	218	30	0,20	45,0	72,0	6,38	1,00	-	0,16	-	-	
<b>ZONA CENTRO - MAIOLICA: STERIODIAGRAMMI CUMULATIVI</b>																				
Maiolica fratturata-bassa Orizzonti V1-V2	S2	198	8	198	8	0,20	45	90	-	198	8	0,20	45,0	0,0	7,11	1,00	-	0,14	-	-
	S3	330	20	330	20	0,20	31	90	-	330	20	0,20	31,0	0,0	1,65	0,60	-	0,36	-	-
	K1	35	86	35	86	0,30	60	64	1,17	198	8	0,20	45,0	17,0	7,44	1,00	-	0,13	-	-
	K2	195	70	195	70	0,18	23	43	8,10	198	8	0,20	45,0	3,0	7,12	1,00	0,90	0,14	0,14	0,90
K3	310	88	310	88	0,45	27	29	1,09	330	20	0,20	31,0	20,0	1,77	0,60	-	0,34	-	-	
Maiolica più compatta alta Orizzonti V1-V2	S3	307	23	330	20	0,20	52	90	-	307	23	0,20	52,0	0,0	3,01	1,28	-	0,42	-	-
	K1	46	75	35	86	0,20	53	68	1,70	307	23	0,20	52,0	81,0	20,80	1,28	1,00	0,06	0,12	1,00
	K2	104	80	195	70	0,20	50	60	8,10	307	23	0,20	52,0	23,0	3,32	1,28	0,90	0,39	0,14	0,90
	K3	206	84	310	88	0,20	53	59	1,24	307	23	0,20	52,0	79,0	17,05	1,28	1,00	0,07	0,06	1,67
K4	320	83	20	80	0,20	40	47	1,29	307	23	0,20	52,0	13	1,68	1,28	1,00	0,36	0,28	0,78	

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

In una **“Carta geomeccanica e della stabilità”**, oltre ai lineamenti litologico-strutturali e geomorfologici si sono rappresentate planimetricamente le verifiche di stabilità eseguite rispetto ai possibili meccanismi di:

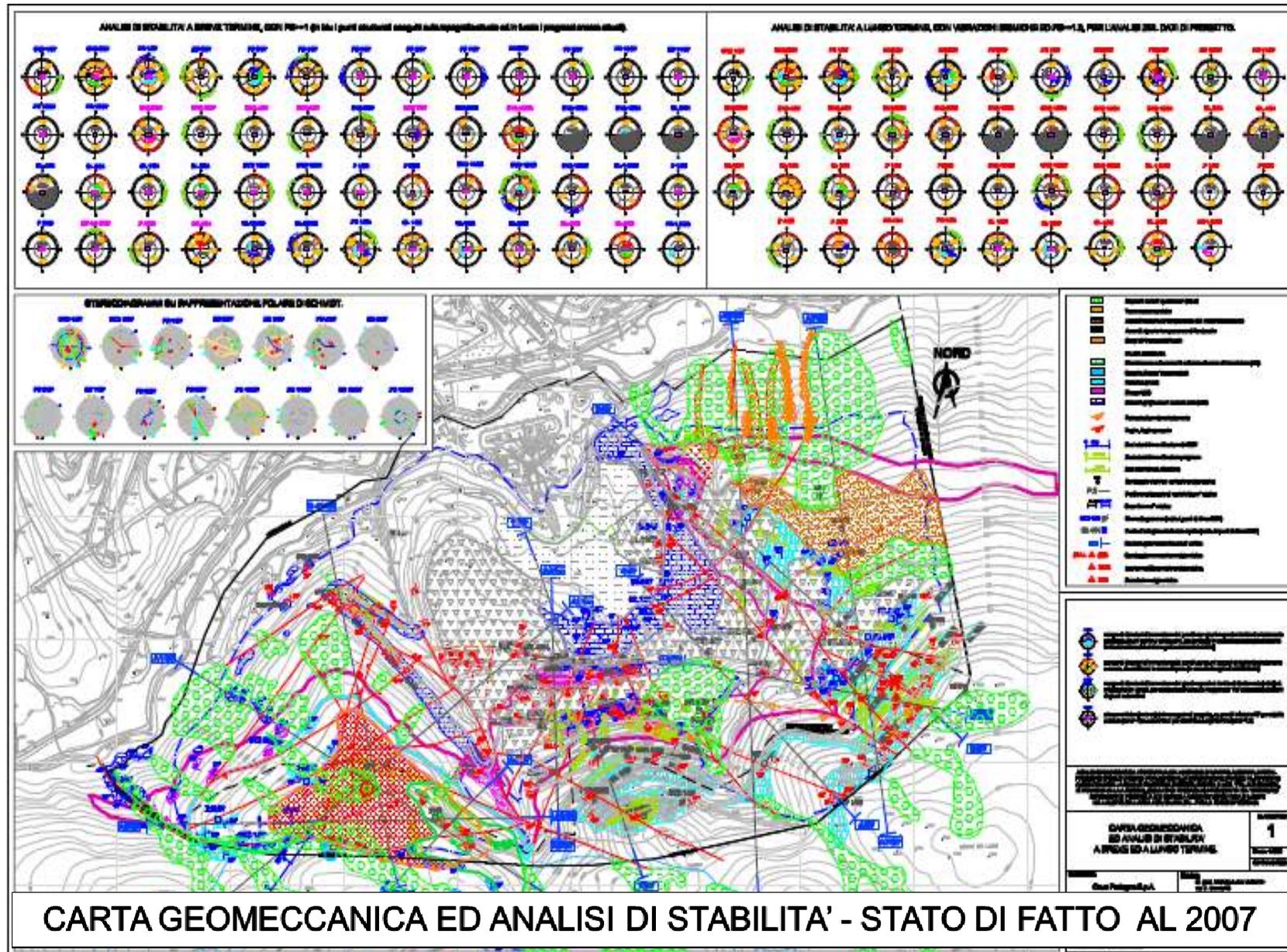
- scivolamento planare
- scivolamento a cuneo
- inflessione
- ribaltamento
- altezza critica.

Si ricostruirono in seguito le **“Sezioni geofisiche e geomeccaniche”** aggiornate al 2007.

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".



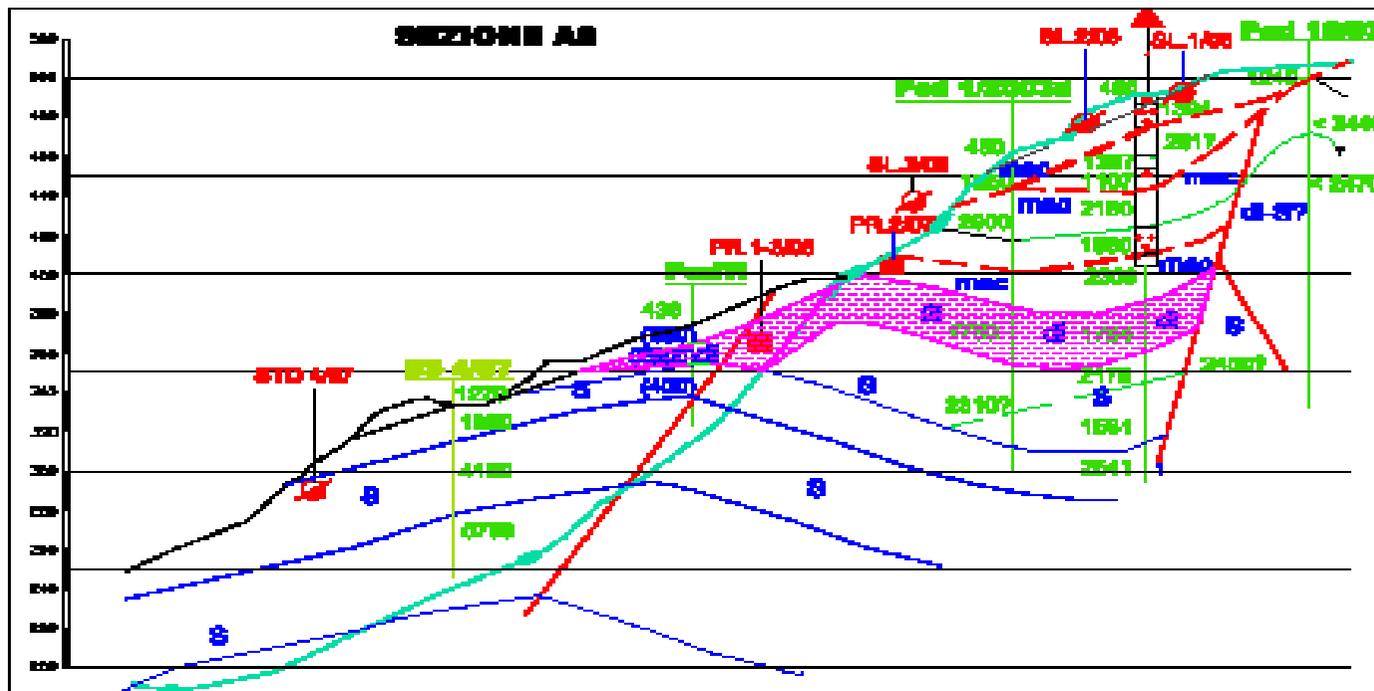
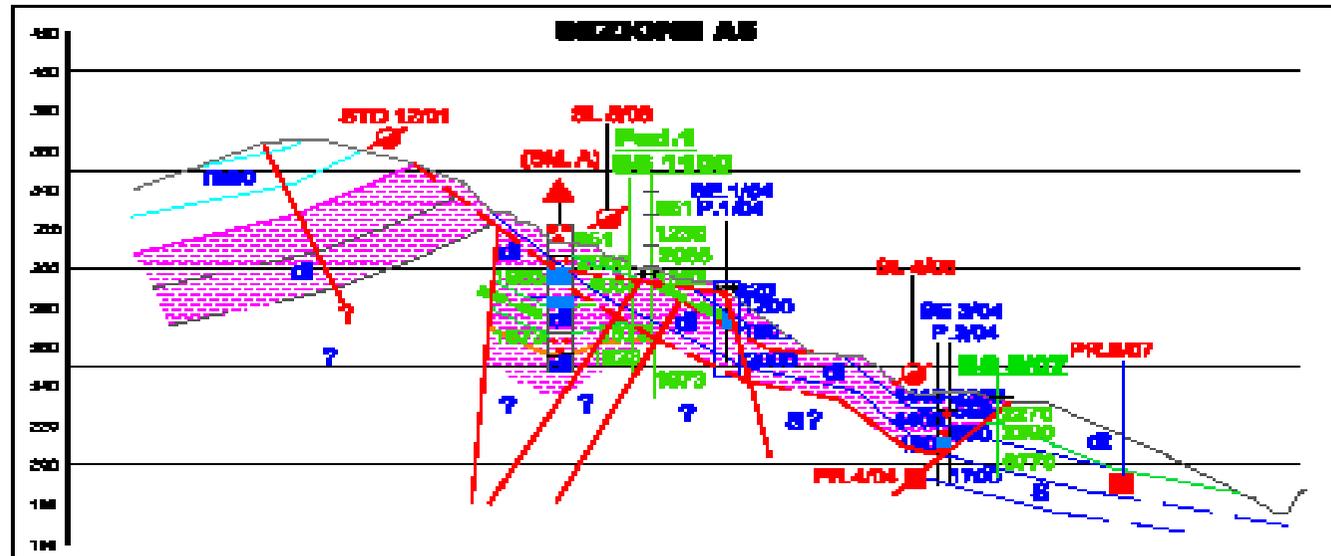
CARTA GEOMECCANICA ED ANALISI DI STABILITA' - STATO DI FATTO AL 2007

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

SEZIONI - STATO DI FATTO AL 2007 / STATO DI PROGETTO



Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

Dall'analisi delle sezioni attuali e pregresse, dopo aver attribuito una caratterizzazione geomec-canica ad ogni orizzonte geofisico rilevato (per quanto possibile), si sono elaborati i valori sismici medi ponderali settore per settore (vedi analisi storica dei dati sismici).

La successione sismica è risultata suddivisibile in 5 orizzonti sismici principali, per i quali si sono calcolati anche i moduli elastico dinamici, a verifica delle suddivisioni elaborate.

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia...".

### ANALISI SISMICA STORICA AL 2007 – SETTORE CENTRALE

ZONA	ANNO	Litotipo	ORIZZONTE	1			2			3			4			5		
			Base sismica n°.	VP	VS	R	VP	VS	R	VP	VS	R	VP	VS	R	VP	VS	R
centro	1997	<b>Maidica</b>	1	741	312	1,9				1850	500	4,9						
centro	1997	mac	2	1.050	365	1,9	1432	960	3,7									
centro	1997	mac	3	814	289	1,5	1410	597	3,7									
centro	1998	mac	10	833	474	1,8	1360	660	3,5							3026	1853	7,9
centro	2001	mac+di	PE1100	851		1,7				1969	-	4,5	2850	-	6,8			
<b>VALORI MEDI</b>				<b>858</b>	<b>288</b>	<b>1,8</b>	<b>1401</b>	<b>739</b>	<b>3,6</b>	<b>1910</b>	<b>500</b>	<b>4,7</b>	<b>2850</b>	<b>-</b>	<b>6,8</b>	<b>3026</b>	<b>1853</b>	<b>7,9</b>

centro	1998	<b>Diaspri</b>	11	920	502	2,0							2141	1036	5,57			
centro	2007	di	2/07				1110	660	2,4				2430	1410	5,3			
centro	2007	di	5/07				1270	719	2,8	2270	1172	5,2				3390	1373	7,5
centro	2007	di	4/07				1270	618	2,8									
<b>VALORI MEDI</b>				<b>920</b>	<b>502</b>	<b>2,0</b>	<b>1217</b>	<b>666</b>	<b>2,7</b>	<b>1135</b>	<b>1172</b>	<b>5,2</b>	<b>2286</b>	<b>1223</b>	<b>5,5</b>	<b>3390</b>	<b>1373</b>	<b>7,5</b>

centro	2007	di-cs2	4/07							1960	1000	4,5				4190	1619	9,2
centro	2007	<b>Selcifero</b>	4/07													5750	2381	12,7
centro	2007	cs2	2/07													4640	2370	10,2
centro	2007	cs2	5/07													5710	2173	12,6
centro	2001	cs2	1300				1178		2,6	1981		4,6	2346		5,6		-	
centro	2001	cs2	1400				1330		2,9	1912		4,4	2488		6,0	3100	-	7,4
<b>VALORI MEDI</b>				<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1254</b>	<b>-</b>	<b>2,8</b>	<b>1947</b>	<b>1000</b>	<b>4,5</b>	<b>2417</b>	<b>-</b>	<b>5,8</b>	<b>4678</b>	<b>2136</b>	<b>10,4</b>

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."

## Moduli elastico-dinamici medi degli orizzonti sismici

Orizzonti	Vp m/sec	Vs m/sec	Densità t/mc	Semiprof. m da p.c.	P MPa	E MPa	G MPa	G*(so) <sup>0,5</sup>	R
V1	761	362	1,8	1,5	0,27	8456	2359	3876	1,4
V2	1229	649	2,4	2,5	0,22	38139	10109	24761	3,0
V3	1617	772	2,5	7,5	0,27	53496	14900	64517	4,0
V4	2460	1047	2,6	17,5	0,32	98114	28501	192253	6,4
V5	3588	1753	2,6	27,5	0,26	289799	79898	675601	9,3

Litol.	Orizzonti	Vp m/sec	Vs m/sec	Densità t/mc	Semiprof. m da p.c.	P MPa	E MPa	G MPa	G*(so) <sup>0,5</sup>	R
Maiolica	V1	767	333	1,8	1,5	0,31	6915	1996	3280	1,4
	V2	1288	674	2,2	2,5	0,23	37520	9994	23438	2,8
	V3	1768	730	2,5	7,5	0,33	45444	13323	57688	4,4
	V4	2559	985	2,6	17,5	0,35	84453	25226	170158	6,7
	V5	3179	1700	2,6	27,5	0,21	285607	75140	635366	8,3
Diaspri	V1	755	391	1,8	1,5	0,23	10273	2752	4522	1,4
	V2	1146	618	2,2	2,5	0,21	32098	8402	19705	2,5
	V3	2010	1172	2,5	7,5	0,16	138397	34340	148695	5,0
	V4	2300	1109	2,6	17,5	0,27	115303	31977	215696	6,0
	V5	3340	1694	2,6	27,5	0,24	275511	74611	630889	8,7
Selcifero	V2	1254	-	2,2	2,5	-	-	-	-	2,8
	V3	1947	1000	2,5	7,5	0,24	92916	25000	108253	4,9
	V4	2509	-	2,6	17,5	-	-	-	-	6,5
	V5	4246	1964	2,6	27,5	0,29	355465	100290	848026	11,0

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

**"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."**

- Secondo i moduli elastico dinamici medi, risulta quanto segue:
- gli orizzonti V1, V2 e V3 con  $V_P < 2000$  m/sec, sono attribuibili alla copertura sciolta superficiale od a depositi litoidi molto fratturati;
- a Maiolica e Diaspri competono le velocità e le rigidità sismiche più basse ;
- i moduli dell'orizzonte V3 entro i Diaspri, si differenziano da quelli relativi alle altre formazioni per maggior compattezza e grado di addensamento, perché afferenti alla facies più compatta e resistiva degli stessi;
- nel Selcifero sono rappresentati solo localmente gli orizzonti 2 e 4, presumibilmente identificabili con livelli più fratturati ed alteriti (vedi V2), o con presenza di interstrati di vario tipo (vedi V4).

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

## ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO

Sui due comuni interessati dall'area in esame, identificati dalla Regione Toscana come ambiti sismici diversi, si hanno valori massimi di accelerazione locale (**a**) di 0,15 e 0,175 g; utilizzando le velocità sismiche medie locali si sono calcolate le massime accelerazioni ipotizzabili teoricamente sui due ambiti sismici dell'area di progetto (vedi tabella seguente).

Tali valori sono serviti di raffronto con la micro-zonazione sismica dell'area di progetto, da utilizzarsi nelle verifiche di stabilità.

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

# "Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia sull'Appennino Toscano".

## VALORI SISMICI MEDI

Litotipo	ORIZZONTE 1			ORIZZONTE 2			ORIZZONTE 3			ORIZZONTE 4			ORIZZONTE 5		
	VP	VS	R	VP	VS	R	VP	VS	R	VP	VS	R	VP	VS	R
<b>Maiolica</b>	767	333	2	1.288	674	3	1.768	730	4	2.569	986	6	3.179	1.700	8
<b>Diaspri</b>	755	391	1	1.146	618	3	1.135	586	3	2.300	1.109	6	3.340	1.594	7
<b>Selcifero</b>	-	-	-	1.254	-	3	1.947	1.000	4	2.509	-	6	4.246	1.964	10

## ACCELERAZIONI SISMICHE MEDIE PONDERALI, PER I VALORI AREALI ESTREMI DI ACCELERAZIONE

Orizzonte n°.	Vp medio (m/sec)	Vs medio (m/sec)	R medio	Prof. medio letto orizz.	Spessore orizzonte	Valori medi ponderali
1 e 2	797	421	1,8	5	5	
3	1617	772	3,8	10,0	5	<b>Vs30 = 844</b>
4	2460	1047	6,1	25,0	15	
5	3588	1753	8,4	30,0	5	<b>Rs30 = 6,4</b>

Orizzonte n°.	Prof. falda	Spessore orizzonte	Coeff. C1 (Medvedev)	Coeff. C1m medio ponderale
1 e 2	0	5	1,1	
3	0	5	1	<b>C1m = 1,02</b>
4	0	15	1	
5	0	5	1	

	a minima	a massima
prof. falda da p.c. (m) =	0	0
a massima (g) =	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>
acclività pendio % =	0,35	0,35

Orizzonte n°.	C=0,15 sismico	C=0,20 coeff. sismi	Ci c. pendio	C1m c. Medvedev	C2 c. morfo.	epsilon orizzonte	epsilon medio pond. per C=0,15	epsilon orizzonte	epsilon medio pond. per C=0,20
1 e 2	0,075	0,100	1,525	1,1	1,1	0,14		0,18	
3	0,075	0,100	1,525	1	1,1	0,13	<b>epsilon = 0,13</b>	0,17	<b>epsilon = 0,17</b>
4	0,075	0,100	1,525	1	1,1	0,13		0,17	
5	0,075	0,100	1,525	1	1,1	0,13		0,17	

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

Nei calcoli dei valori medi si sono inseriti i seguenti parametri:

- valori medi di velocità sismica con la profondità e spessori degli orizzonti
- coefficiente di pendio massimo indicato dalle norme (35%)
- coefficiente morfotettonico di 1,1;
- nel calcolo del coefficiente di Medvedev (C1), prudenzialmente si è ipotizzato che la falda fosse sempre a piano campagna.

- In base ai dati sismici medi ponderali mediamente si potranno temere accelerazioni di progetto  $a_p$  di **0,13-0,15 g**.
- Il  $V_{s30}$  della sezione media tipo è **844 m/sec**, con un  $R_{30}$  di **6.4**.
- Solo l'orizzonte V1 risulta liquefacibile negli orizzonti con  $V_S < 300$  m/sec.
- In base all'OPCM 3274, l'area di studio a fine lavori sarà mediamente inseribile nella classe **A** e comprenderà anche più ridotte aree di categoria **E**.

## MICROZONAZIONE SISMICA.

La microzonazione sismica di progetto è stata realizzata incrociando le cartografie seguenti, i cui parametri sono stati calcolati per ogni punto significativo di tutte le sezioni analizzate:

- elementi **tettonici e morfologici**
- “carta dell’**acclività** e del **VS30...**”. Il  $V_{s_{30}}$  è stato calcolato estrapolando i dati dalle sezioni geofisiche e geomeccaniche interpretative.

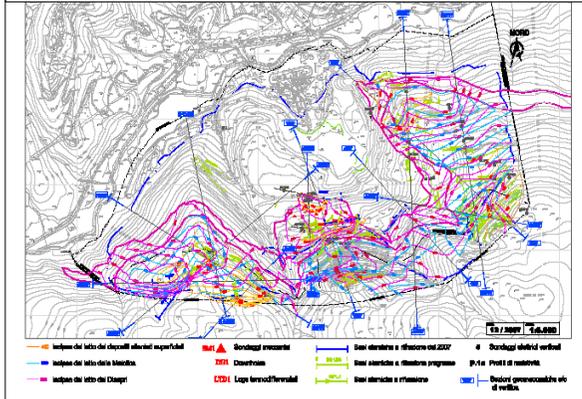
Nella zonazione sismica si è ipotizzato che i Diaspri ed i terreni aerati di copertura fossero **saturi** e sempre soggetti ad amplificazione di tipo litologico (parametro di Medvedev).

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

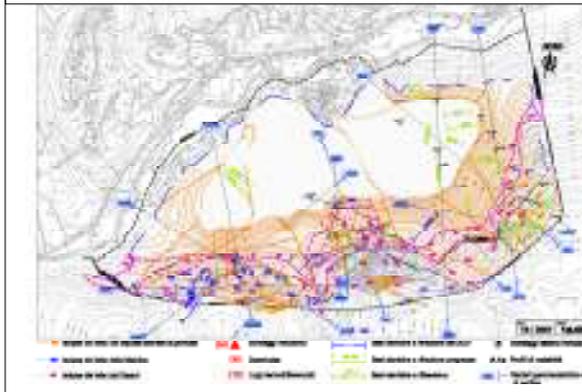
via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."

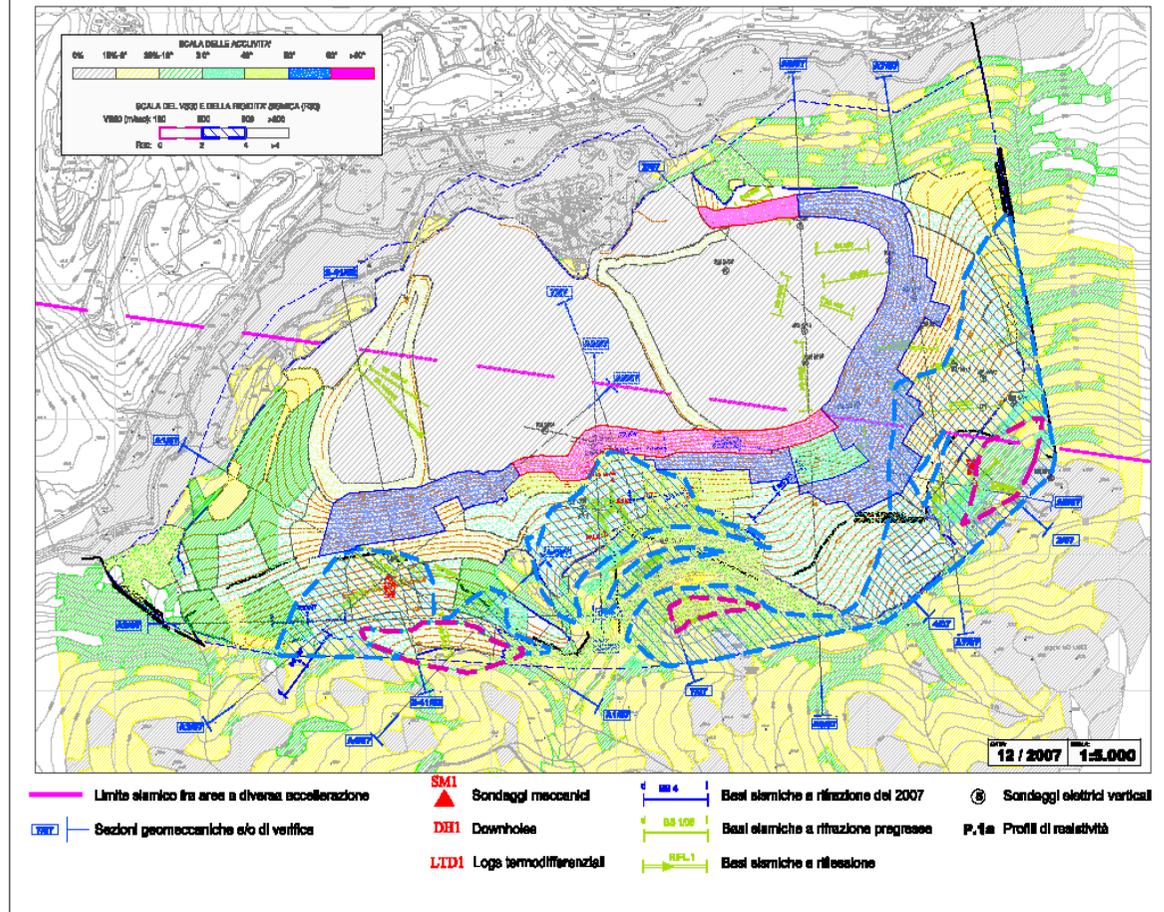
ISOIPSE DI LETTO DEGLI ORIZZONTI  
STATO DI FATTO



ISOIPSE DI LETTO DEGLI ORIZZONTI  
STATO DI PROGETTO



CARTA DELL'ACCLIVITA', DI VS30 E DI R30 TOPOGRAFIA DI  
PROGETTO

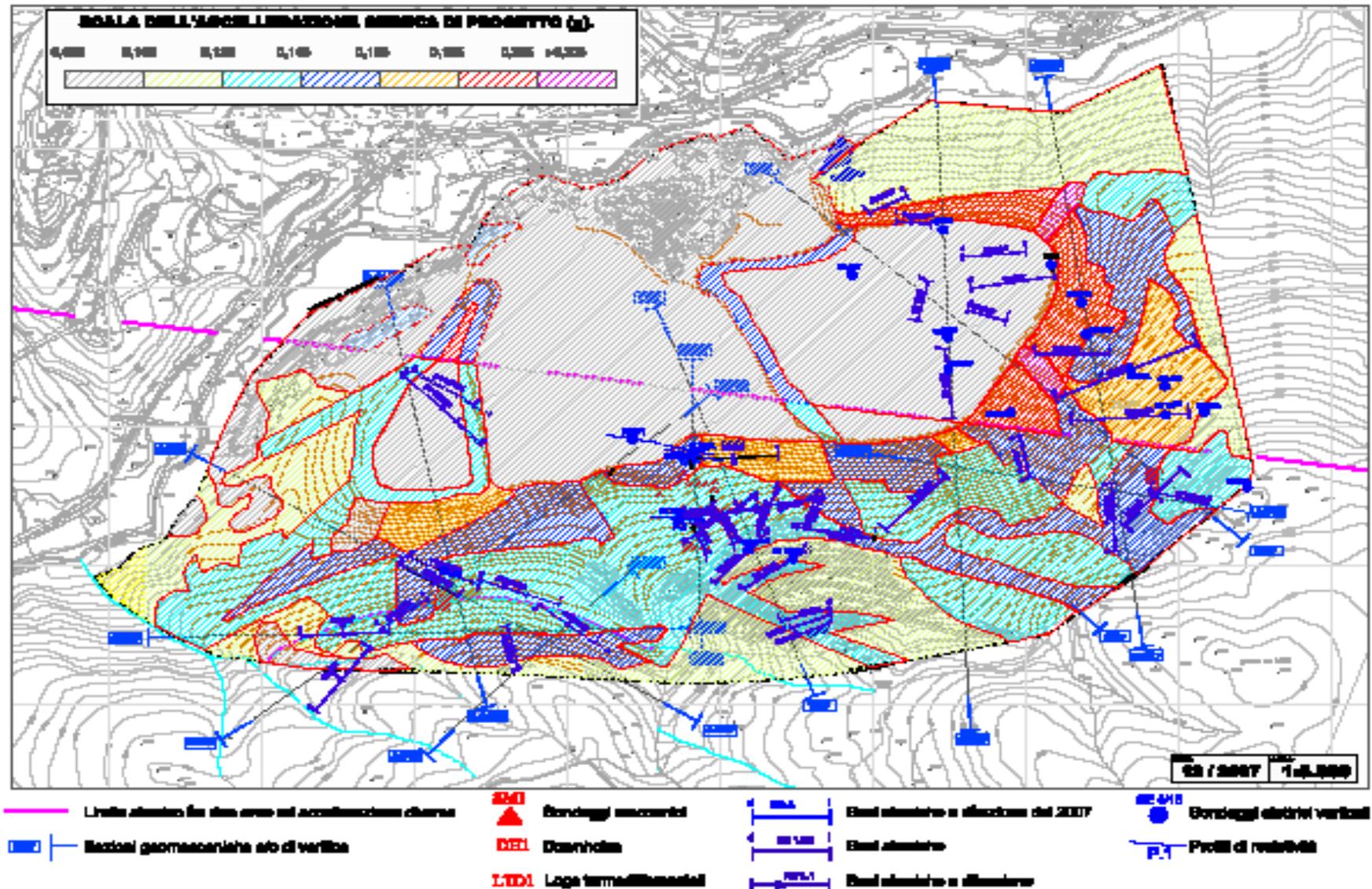


Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."

## MICROZONAZIONE SISMICA: ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO



Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

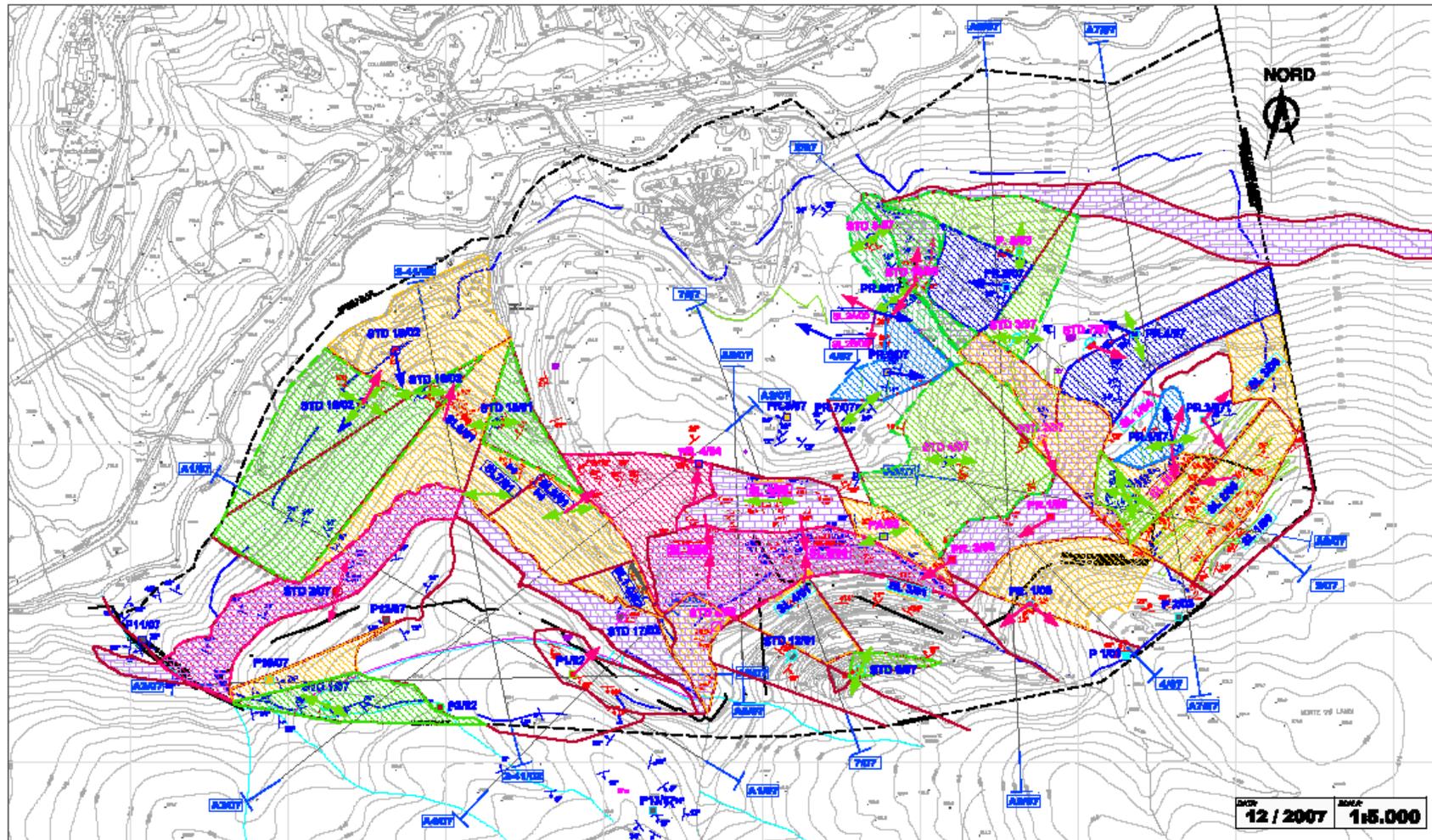
In base alla zonazione sismica di Progetto, la maggior parte delle aree di pendio saranno soggette ad **accelerazioni** temibili comprese fra **0,125 e 0,145 g**. Su parte del settore orientale le accelerazioni temibili aumenteranno a **0,145-0,165 g**, con punte locali di circa 0,2 g al piede della scarpata entro il Selcifero, soprattutto ad effetto di un aumento di acclività dei pendii finali; tali dati sono abbastanza in accordo con i valori medi ponderali calcolati (e cioè 0,13 e 0,15 g per le due aree sismiche regionali). Il settore orientale e la parte già completata dei vari settori più meridionali sono quelli che presentano le minime amplificazioni temibili (inferiori a 0,125 g).

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."

## CARTA DELLA STABILITA' A BREVE TERMINE- STATO DI FATTO



- sezioni geomeccaniche e di verifica
- punto d'indagine strutturale (simbolo con colore della litologia, scritte blu se su topografia attuale)
- limite di letto e letto dei diaspri
- delimit. delle aree geomeccaniche omogenee

- scivolamento planare: aree attenzione, su dir. esposte
- scivolamento a cuneo: aree attenzione, su dir. esposte
- ribaltamento: aree di attenzione, per fronti subparalleli ai giunti con  $h > h_c$
- inflessione: aree di attenzione, per fronti subparalleli ai giunti con  $h > h_c$

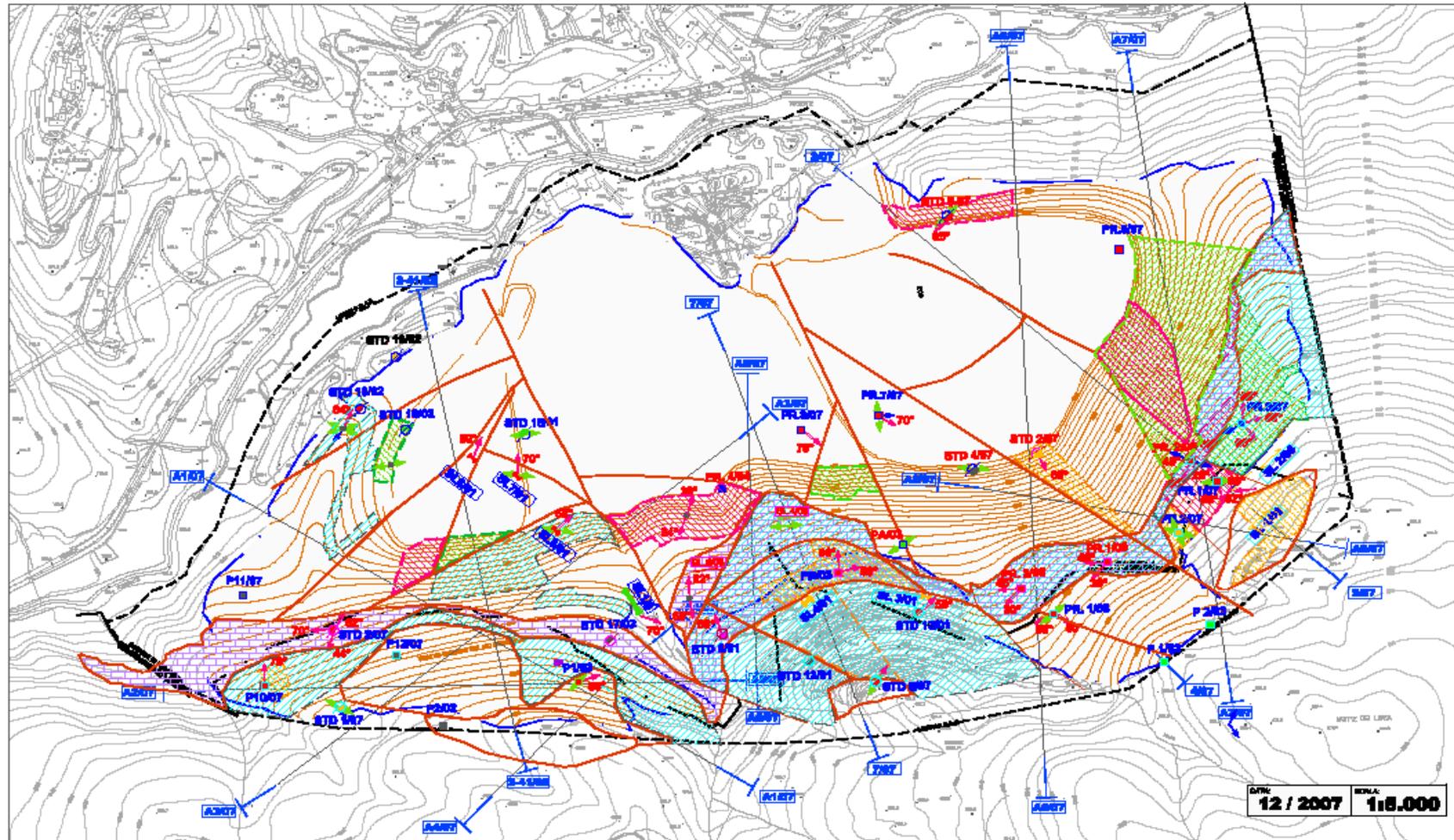
- aree con  $h_c < 20$  m
- dir. imm. pendii a rischio di scivolamento planare
- dir. imm. pendii a rischio di ribaltamento, per  $h > h_c$
- dir. imm. pendii a rischio d'inflexione, per  $h > h_c$

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."

## CARTA DELLA STABILITA' A LUNGO TERMINE- STATO DI PROGETTO



- |   |   |   |
|---|---|---|
| sezioni geomeccaniche e di verifica   | scivolamento planare: aree attenzione, su dir. esposte                            | aree con $h_c < 20$ m                                     |
| punto d'indagine strutturale (simbolo con colore della litologia, scritta blu se su topografia attuale) | scivolamento a cuneo: aree attenzione, su dir. esposte                            | dir. imm. pendii a rischio di scivolamento planare        |
| delimitazione dei cespiti di progetto   | ribaltamento: aree di attenzione, per fronti subparalleli ai giunti con $h > h_c$ | dir. imm. pendii a rischio di ribaltamento, per $h > h_c$ |
| delimit. delle aree geomeccaniche omogenee  | inflessione: aree di attenzione, per fronti subparalleli ai giunti con $h > h_c$  | dir. imm. pendii a rischio d'inflessione, per $h > h_c$   |

Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin

via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: michi@comitgeo.it

**"Interconnessioni fra geofisica e meccanica delle rocce. Caso di studio pluriennale su una cava in roccia..."**

**Ringrazio il Direttore della cava "Pedogna" geom. Galli ed i colleghi dello studio Nolledi per l'opportunità che mi hanno dato e mio padre, Fiorenzo Vuillermin, che mi ha sempre spinto alla sperimentazione ispirando le mie scelte.**

**GRAZIE DELL'ATTENZIONE.**

**Dr. geol. Michèle Luisa Vuillermin**  
via V. Veneto 75 - 38100 Trento - tel./fax 0461 924349 – cell. 328 6930310 - E mail: [michi@comitgeo.it](mailto:michi@comitgeo.it)