

**Dott. Geol. Silvano Margiotta**

**Dott. Geol. Paolo Segalini**

*Geologia Territorio e Ambiente*

**Studio geologico per il progetto di sistemazione del movimento franoso  
avvenuto nella Valle delle Cartiere nel Comune di Toscolano Maderno  
(Bs) nel tratto compreso tra loc.Vago e loc.Luseti.**

**Committente: Amministrazione Comunale Toscolano Maderno.**

## **SOMMARIO**

➤ Premessa .....	pag. 3
➤ Caratterizzazione geologica e geomeccanica del sito .....	pag. 4
➤ Risultati delle indagini sismiche .....	pag. 7
➤ Determinazione della categoria di suolo e delle caratteristiche sismiche del sito .....	pag.25
➤ Descrizione del movimento franoso e degli spessori di terreno coinvolti .....	pag.27
➤ Ipotesi di intervento per la messa in sicurezza del versante .....	pag.31
➤ Conclusioni.....	pag.33

## **ALLEGATI**

- Estratto Carta tecnica Regionale (scala 1:10.000)
- Carta geologica (scala 1:5.000)
- n.5 sezioni geologiche
- documentazione fotografica
- Planimetria con traccia delle sezioni del profilo topografico ed ubicazione  
indagini effettuate (scala indicativa 1:400)

## **Premessa**

Su richiesta dell'Amministrazione Comunale, al fine di valutare i possibili interventi per la messa in sicurezza del versante situato nella Valle delle Cartiere di Toscolano Maderno (Bs) nel tratto compreso tra loc.Vago e loc.Luseti dove è avvenuto un movimento franoso, il 13 novembre 2015 è stato effettuato un sopralluogo a seguito del quale lo scrivente riteneva necessario effettuare uno studio approfondito dell'area per determinare gli spessori e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni coinvolti nel movimento franoso.

A seguito dell'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 e successive modifiche, riguardante i "Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale" il Comune di Toscolano Maderno (Bs) è stato inserito nella "zona 2"; le caratteristiche sismiche verranno definite secondo le indicazioni del D.M.14 gennaio 2008 ed esposte in uno specifico paragrafo.

Scopo del presente studio è quello di fornire indicazioni sulla caratteristiche geologiche, geomeccaniche e sismiche dell'area e valutazioni sugli spessori dei terreni coinvolti nel movimento franoso. Si formuleranno inoltre alcune indicazioni per la messa in sicurezza del versante.

A tale fine, in data 02 e 05 aprile e 03 maggio 2016 si è effettuato un rilievo geologico dell'area (in un intorno significativo), alcune stazioni per il rilievo geomeccanico e si sono eseguite n.16 indagini sismiche per la stima degli effetti di sito e della vulnerabilità sismica mediante l'uso di un velocimetro triassiale (TROMINO) con la tecnica HVSr. Lo scrivente ha altresì visionato tutto il materiale di carattere geologico presente nella relazione geologica allegata al P.G.T. di Toscolano Maderno.

## **Caratterizzazione geologica e geomeccanica del sito.**

Dal punto di vista geologico l'area investigata sorge su terreni lapidei facenti parte delle formazioni rocciose note come "Maiolica" e "Scaglia lombarda" ricoperti da depositi morenici (vedi carta geologica allegata). In particolare le formazioni rocciose possono essere così descritte:

*Maiolica*: calcari più o meno marnosi, grigi, sottilmente stratificati, con noduli e straterelli di selce.

*Scaglia Lombarda*: marne calcaree, talora argillose e calcari marnosi rossi con stratificazione evidente (centimetrico-decimetrica).

*Depositi morenici*: Sono depositi di origine glaciale costituiti da sedimenti massivi privi di orientazione degli elementi litoidi in forza al meccanismo di messa in posto (ghiacciaio). Si tratta in generale di terreni misti costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli e trovanti esotici e di natura poligenica immersi in una matrice limosa. Tali depositi sormontano il substrato roccioso (Scaglia lombarda e Maiolica), con potenze estremamente variabili: si passa da pochi metri a alcune decine di metri .

Le analisi sismiche effettuate nel corpo di frana hanno permesso di individuare tre tipologie di terreno che vengono di seguito descritte e caratterizzate:

### ORIZZONTE "A": ciottoli e massi calcarei in matrice sabbioso limosa

E' formato dal materiale franato e tuttora non stabilizzato come evidenziato dalle numerose fratture di trazione presenti (vedi fotografie). Gli spessori sono variabili tra meno di un metro (misure n.12 e 14) ed alcuni metri (massimo 4,90 m nella misura n.2)

Tale materiale presenta valori di Velocità delle onde sismiche ( $V_s$ ) inferiori a 300 m/s e può essere così caratterizzato dal punto di vista geotecnico:

Parametri	Simbolo	Unità di misura	valore
Addensamento			basso
Peso di volume	$\gamma$	t/m <sup>3</sup>	1,7
Angolo d'attrito interno	$\phi$	Gradi (°)	33
Coesione	C	t/m <sup>2</sup>	3

Questi valori sono desunti da un'analisi di stabilità (con il metodo del pendio indefinito) considerando il fattore di sicurezza pari a uno, l'assenza di acqua, uno spessore del materiale sciolto di 5,0 metri e una pendenza media del versante di 38°.

**ORIZZONTE “B”: detrito consolidato e roccia fratturata**

E' il materiale che costituisce la parte sommitale e quindi alterata e fratturata del substrato roccioso e la porzione consolidata del detrito sovrastante. Non ha partecipato, se non in lieve misura, al movimento franoso e si presenta con ciottoli e massi cementati e parti di roccia fratturata. Non è stato individuato in tutte le misure ed ha spessori variabili tra 4,20 m (misura n.6) e 8,10 m (misura n.11).

Tale materiale presenta valori di Velocità delle onde sismiche (Vs) compresi tra 300 m/s e 500 m/s e può essere così caratterizzato dal punto di vista geotecnico (assimilandolo ad un conglomerato fratturato):

Parametri	Simbolo	Unità di misura	valore
Addensamento			medio-alto
Peso di volume	$\gamma$	t/m <sup>3</sup>	2,0
Angolo d'attrito interno	$\phi$	Gradi (°)	42
Coesione	C	t/m <sup>2</sup>	6

**ORIZZONTE “C”: roccia fratturata (scaglia lombarda)**

E' il substrato roccioso e presenta caratteristiche meccaniche migliori in profondità. Affiora sporadicamente nel corpo di frana e nelle aree limitrofe e non ha partecipato al movimento franoso. Si presenta molto stratificato e fratturato e rappresenta la parte del versante non coinvolta nel movimento.

Tale materiale ha valori di Velocità delle onde sismiche (Vs) superiori a 500 m/s e può essere così caratterizzato dal punto di vista geotecnico e geomeccanico (stima effettuata con il metodo di Beniaowski):

Parametri	Simbolo	Unità di misura	valore
Peso di volume	$\gamma$	t/m <sup>3</sup>	2,2
Angolo d'attrito interno	$\phi$	Gradi (°)	25
Coesione dell'ammasso roccioso	C	t/m <sup>2</sup>	19
RQD	%	-	10
Basic RMR		-	39
Geological Strength Index - GSI		-	35
Modulo di deformazione - Gpa		-	5
Classe		-	IV
Qualità		-	scadente

### Considerazioni di carattere idrogeologico

Durante il rilievo geologico dell'area sono stati rinvenuti tre punti di emergenza idrica (come indicato nella carta geologica allegata); due situati circa 200 metri a sud dell'area franata lungo la strada alle quote di 170 e 200 m slm e sicuramente collegati tra di loro; in particolare nei pressi di quella a quota inferiore è presente un'opera in muratura (vedi fotografia allegata) che raccoglie le acque e le incanala in una condotta passante all'interno della montagna e costruita per approvvigionare la centrale idroelettrica presente a valle. Il terzo punto di emergenza idrica si trova nel corpo di frana alla quota indicativa di 150-160 m; l'origine è difficilmente individuabile ma, secondo il Sig. Righettini Mario, abitante nella zona, potrebbe provenire dalla perdita della condotta idrica sopra descritta e passante al di sopra di tale quota all'interno della montagna.

Mentre i primi due punti non destano preoccupazione per la stabilità del versante in quanto si trovano a notevole distanza, il terzo crea sicuramente una zona di debolezza nell'ammasso roccioso e indica la presenza di uno strato roccioso particolarmente fratturato (attraverso il quale l'acqua si infiltra e scorre) sovrastante una roccia più compatta che funge da strato impermeabile. Sarebbe pertanto opportuno comprendere se l'acqua qui presente proviene da una sorgente naturale o dalla condotta sopra menzionata; in tal caso sarebbe auspicabile un intervento per impedire che le acque si infiltrino nel corpo di frana ed aumentino il rischio di instabilità.

Dal punto di vista geomorfologico l'area interessata dalla frana e dagli accumuli di materiale è situata ad una quota compresa tra di circa 140 e 220 m slm e si trova lungo un versante acclive all'interno di un'area boscosa non antropizzata.

In particolare il movimento franoso è avvenuto a partire dalla quota 190, pertanto presenta un dislivello di circa 30 metri con una pendenza abbastanza elevata ( $35^\circ \div 45^\circ$ ) ed un fronte che si estende per circa 70 metri.

## **Risultati delle indagini sismiche.**

Durante le giornate del 02 e 05 aprile 2016 sono state effettuate n.16 indagini sismiche per la stima degli effetti di sito e della vulnerabilità sismica mediante l'uso di un velocimetro triassiale (TROMINO) con la tecnica HVSR al fine di definire gli spessori dei terreni coinvolti nel movimento franoso.

### *Tecnica di misurazione e strumentazione*

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui.

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di



spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno);
- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro  $V_{s30}$ ;
- valutare gli spessori di terreni con le medesime caratteristiche ed in particolare la profondità del substrato roccioso.

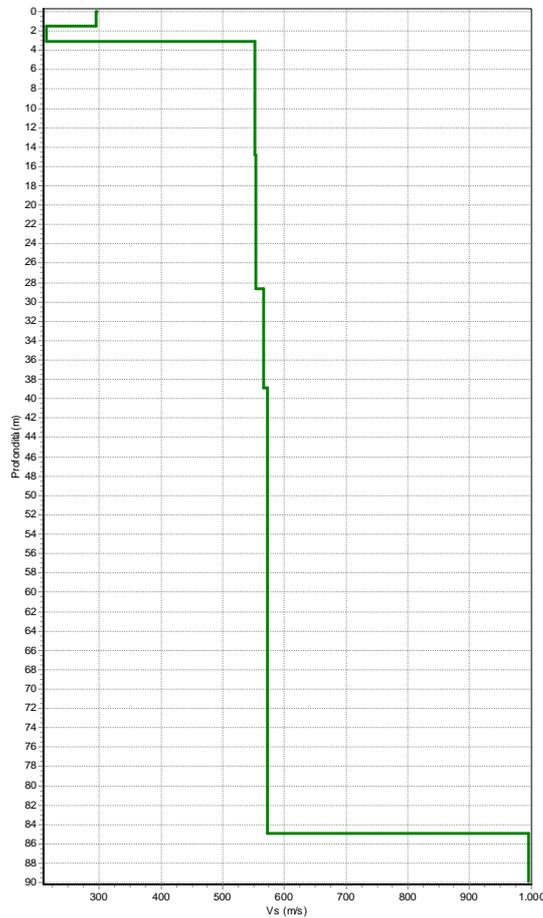
Nelle pagine successive sono esposti i risultati delle 16 indagini sismiche eseguite il cui posizionamento è indicato nella tavola allegata.

Per ogni “MISURA” vengono indicati i grafici del profilo delle  $V_s$  e dello spettro H/V nonché una tabella contenente i seguenti dati:

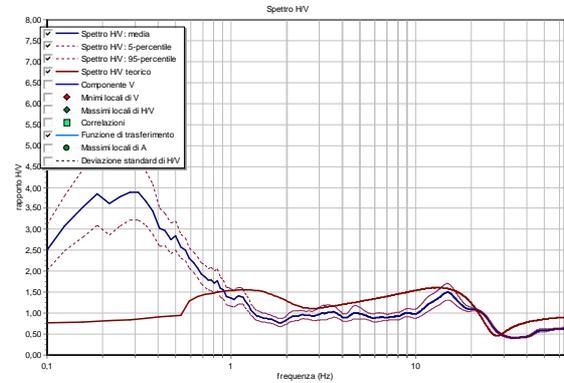
- $V_{s30}$  e categoria di suolo
- profondità, spessore e velocità delle onde sismiche ( $V_s$ )
- peso di volume dei terreni (G)
- pressione litostatica ( $\sigma$ )
- R.Q.D.
- Modulo elastico (E)
- Angolo d’attrito ( $\phi$ )
- Coesione non drenata ( $C_u$ )

**MISURA 1 – Vs30 = 491,3 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	1,52	1,52	295	20,74	0,02		93,25	44,9	314,176
1,52	3,08	1,56	214	18,81	0,03		44,16	36,5	188,588
3,08	14,83	11,75	552	21,28	0,17		297,75	46	850,822
14,83	28,64	13,81	554	20,67	0,32		291,36	42,9	855,729
28,64	38,89	10,25	566	20,44	0,42		300,73	41,9	885,388
38,89	84,89	46	573	20,06	0,9		302,5	38,8	902,862
			996	21,84	0,9	8	994,9		



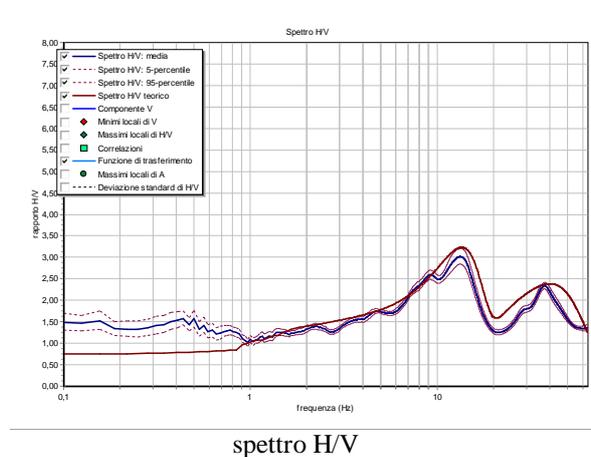
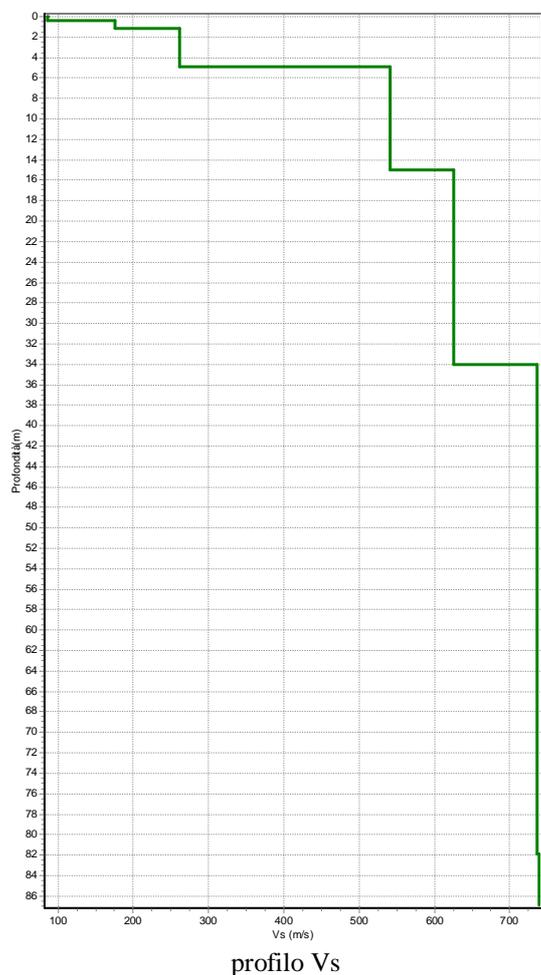
profilo Vs



spettro H/V

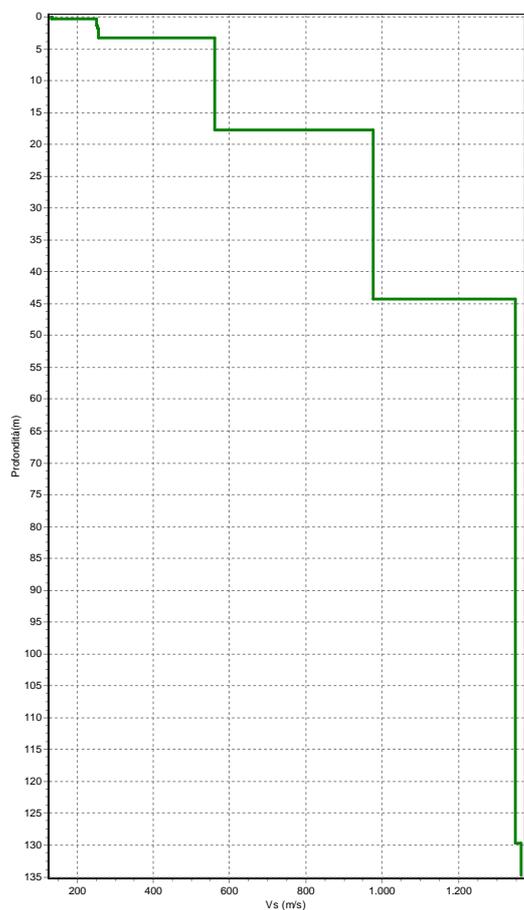
**MISURA 2 – Vs30 = 457,0 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,36	0,36	86	17,29	0		6,61	31,9	44,26
0,36	1,17	0,81	176	18,87	0,01		30,2	37,8	138,204
1,17	4,9	3,73	262	19,34	0,05		67,07	38,2	260,168
4,9	14,98	10,08	541	21,13	0,16		284,05	45,7	824,023
14,98	34	19,02	626	21,03	0,37		378,46	44,4	1039,223
34	81,89	47,89	737	21,02	0,91	4	524,27		
			739	20,79	0,91	4	521,29		

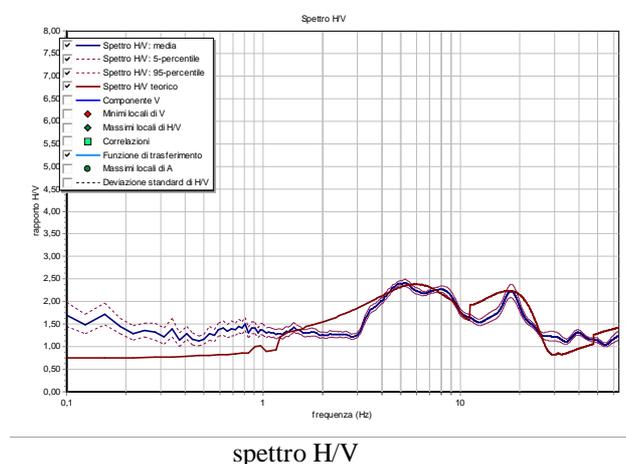


**MISURA 3 – Vs30 = 577,3 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,23	0,23	133	19,18	0		17,53	39,6	88,528
0,23	1,29	1,06	252	20,17	0,01		64,71	43	244,558
1,29	1,85	0,56	254	19,69	0,02		64,18	41,5	247,652
1,85	3,23	1,38	256	19,38	0,03		64,17	39,3	250,759
3,23	17,79	14,56	561	21,23	0,2		311,88	45,4	872,985
17,79	44,22	26,43	978	22,48	0,53	8	987,3		
44,22	129,77	85,55	1350	22,92	1,65	15	1918,33		
			1365	22,68	1,65	15	1940,68		



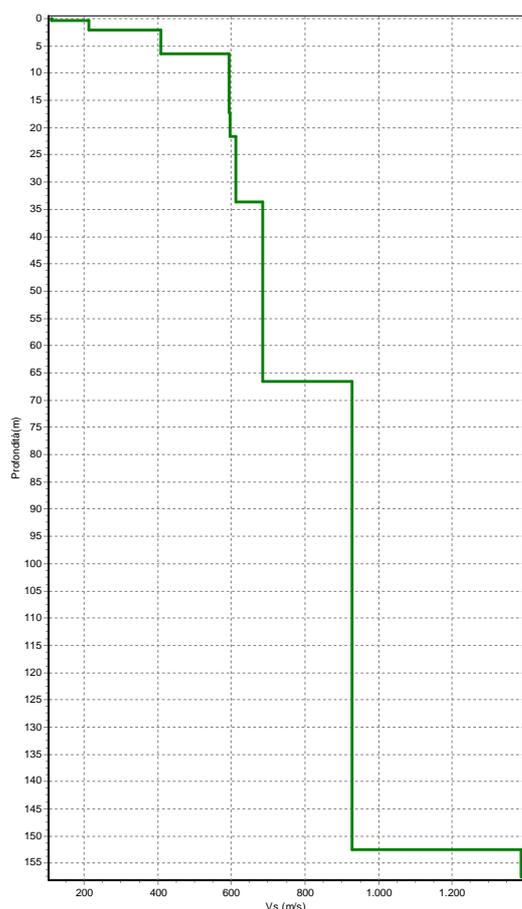
profilo Vs



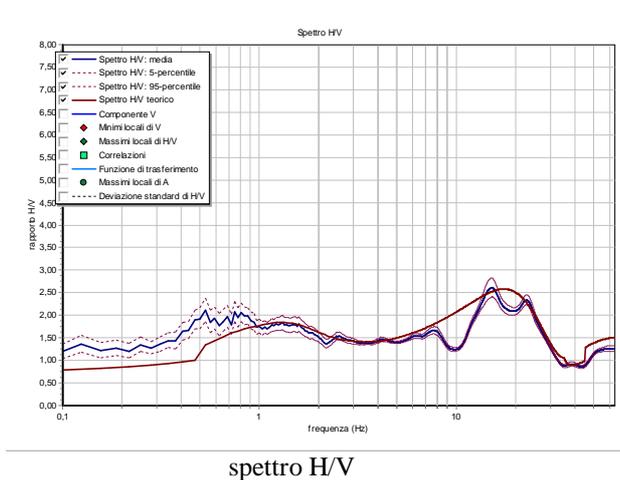
spettro H/V

**MISURA 4 – Vs30 = 490,2 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,28	0,28	110	18,36	0		11,48	36	65,459
0,28	2,16	1,88	212	19,22	0,02		44,29	38,1	185,793
2,16	6,53	4,37	407	20,68	0,07		165,21	44,4	524,096
6,53	17,31	10,78	594	21,35	0,19		345,84	46,7	956,04
17,31	21,67	4,36	596	21,01	0,24		342,76	45,6	961,163
21,67	33,66	11,99	613	20,87	0,37		360,13	44	1005,12
33,66	66,53	32,87	685	20,86	0,74		449,39	42,9	1199,233
66,53	152,53	86	929	21,41	1,73	7	848,51		
			1388	22,63	1,73	16	2001,98		



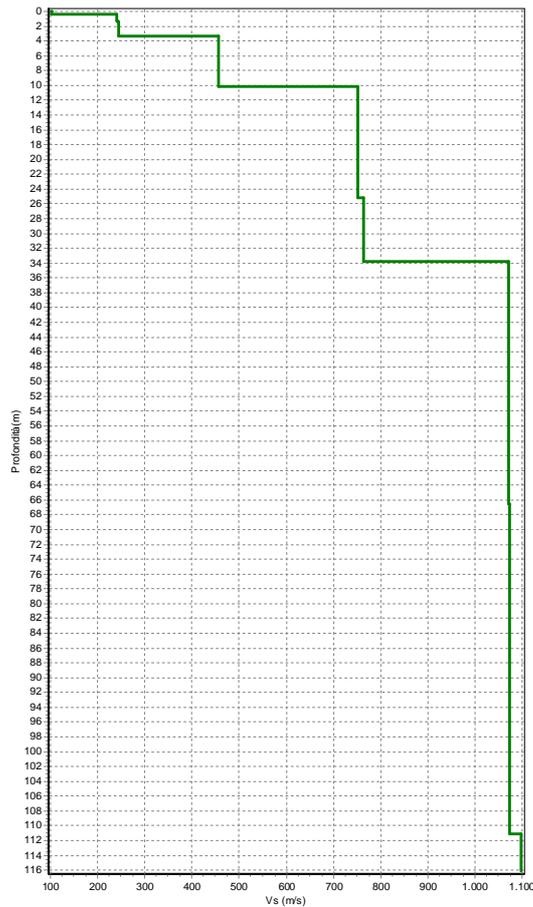
profilo Vs



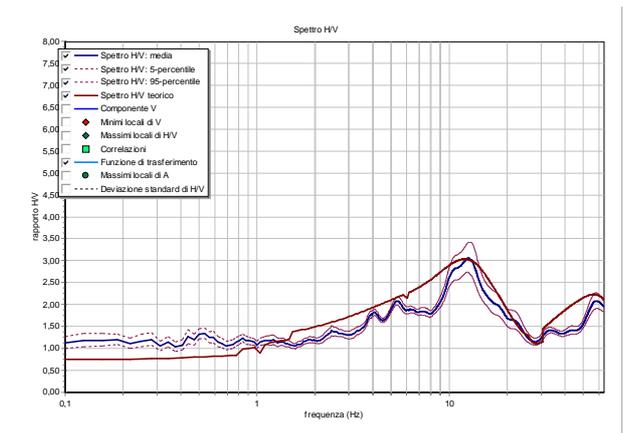
spettro H/V

**MISURA 5 – Vs30 = 523,6 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,41	0,41	102	17,82	0		9,58	33,7	58,054
0,41	1,33	0,92	240	19,9	0,01		57,9	42,3	226,304
1,33	1,35	0,02	242	19,63	0,01		58,07	42,4	229,31
1,35	3,36	2,01	244	19,26	0,03		57,93	38,5	232,33
3,36	10,12	6,76	457	20,8	0,11		206,09	44,4	630,119
10,12	25,14	15,02	752	21,92	0,29	5	569,32		
25,14	33,84	8,7	764	21,62	0,39	5	579,53		
33,84	66,59	32,75	1072	22,47	0,81	9	1185,92		
66,59	111,11	44,52	1074	22,08	1,35	9	1169,57		
		0	1098	22	1,35	10	1218,19		



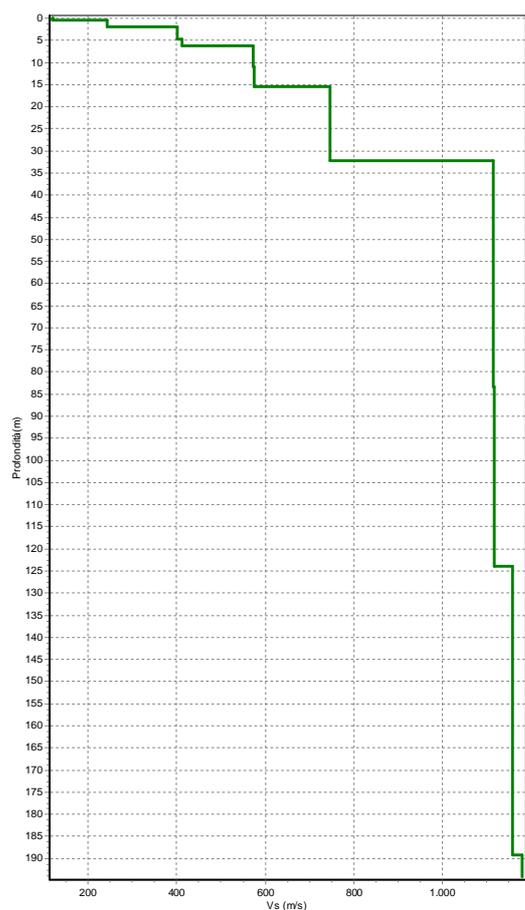
profilo Vs



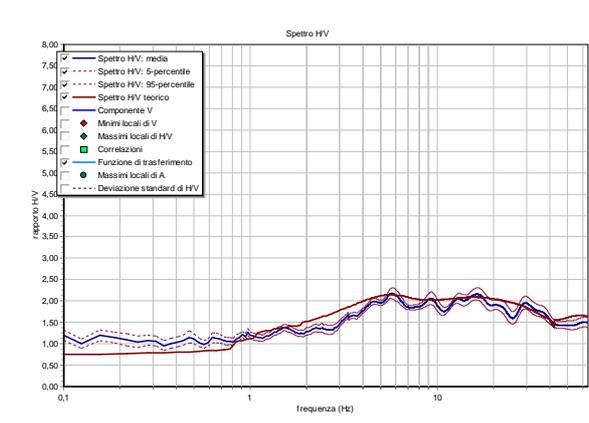
spettro H/V

**MISURA 6 – Vs30 = 536,8 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,39	0,39	120	18,44	0		13,72	36,1	75,172
0,39	2,01	1,62	244	19,74	0,02		59,35	40,6	232,33
2,01	4,65	2,64	402	20,83	0,05		162,28	45,8	513,896
4,65	6,23	1,58	412	20,57	0,07		168,37	44,8	534,37
6,23	10,93	4,7	572	21,44	0,12		322,1	48,4	900,358
10,93	15,39	4,46	574	21,15	0,17		320,03	46,6	905,369
15,39	32,32	16,93	745	21,68	0,37	5	552,52		
32,32	83,31	50,99	1114	22,51	1,02	10	1282,96		
83,31	123,93	40,62	1116	22,11	1,52	10	1264,61		
123,93	189,15	65,22	1158	21,96	2,31	11	1352,04		
			1179	21,89	2,31	11	1397,23		



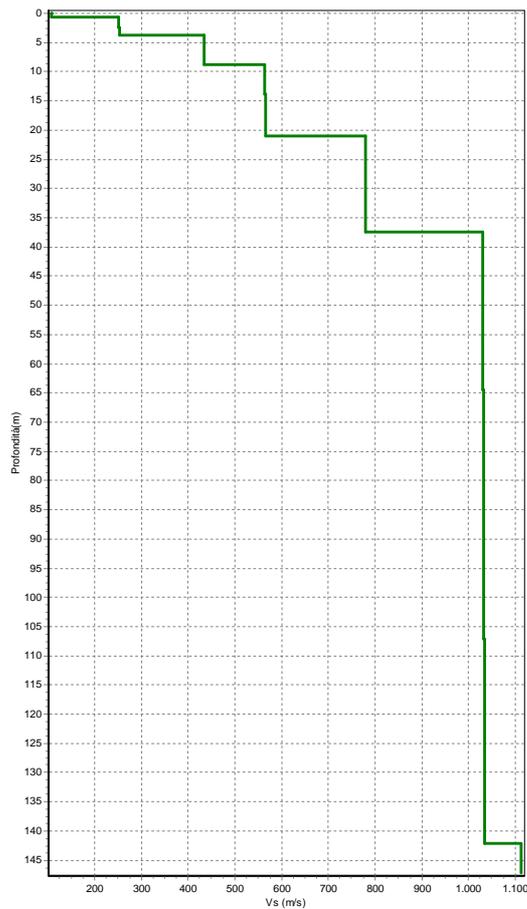
profilo Vs



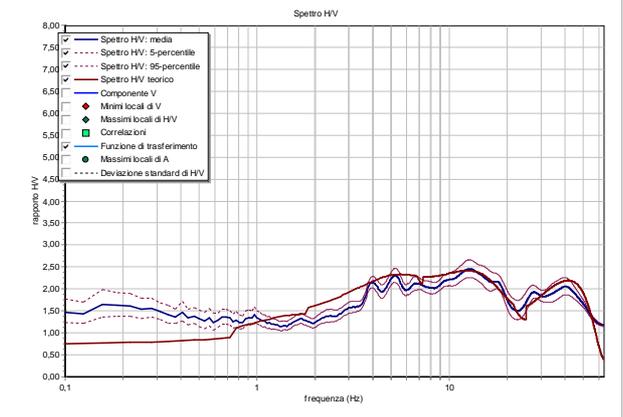
spettro H/V

**MISURA 7 – Vs30 = 479,2 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,59	0,59	108	17,77	0		10,71	33,2	63,577
0,59	2,39	1,8	252	19,7	0,02		63,2	40,6	244,558
2,39	3,72	1,33	254	19,23	0,04		62,66	38,8	247,652
3,72	8,73	5,01	435	20,67	0,09		187,12	44,3	582,577
8,73	13,85	5,12	564	21,2	0,15		309,61	47	880,419
13,85	20,99	7,14	566	20,91	0,23		307,54	44,9	885,388
20,99	37,48	16,49	780	21,7	0,42	5	606,31		
37,48	64,5	27,02	1030	22,32	0,76	9	1087,26		
64,5	107,18	42,68	1032	21,96	1,28	9	1074,01		
107,18	142,18	35	1034	21,71	1,7	9	1065,71		
		0	1112	21,88	1,7	10	1242,26		



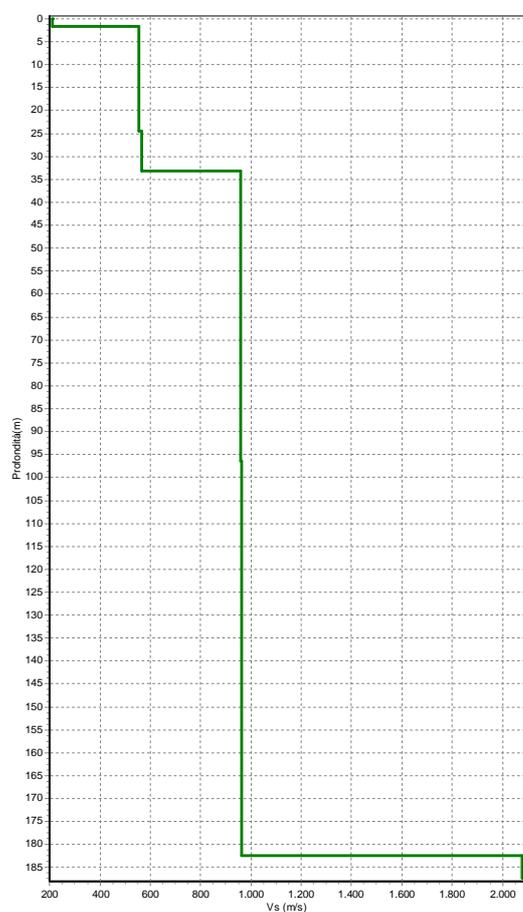
profilo Vs



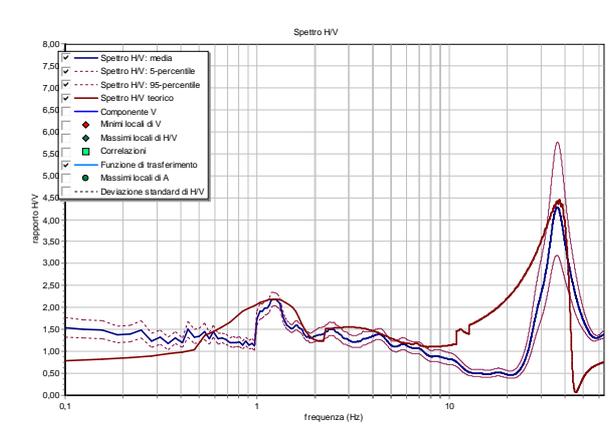
spettro H/V

**MISURA 8 – Vs30 = 509,2 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	1,69	1,69	211	19,46	0,02		44,75	0	1,69
1,69	24,38	22,69	554	21,03	0,27		296,4	1,69	24,38
24,38	33,07	8,69	565	20,55	0,36		301,23	24,38	33,07
33,07	96,4	63,33	961	21,9	1,13	8	928,76	33,07	96,4
96,4	182,4	86	963	21,37	2,12	8	910,11	96,4	182,4
			2078	23,96	2,12	35	4751,5		



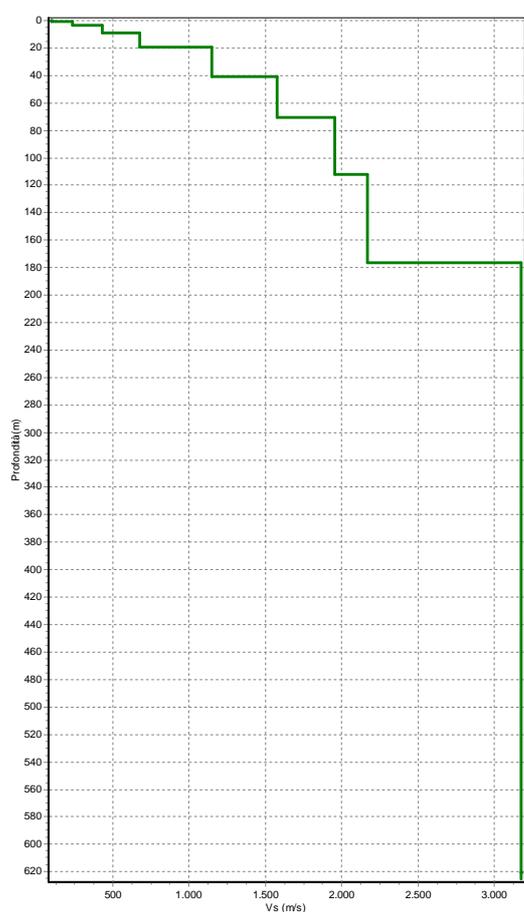
profilo Vs



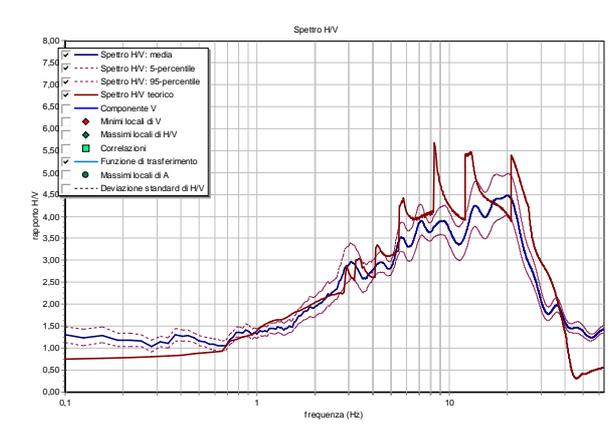
spettro H/V

**MISURA 9 – Vs30 = 535,2 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,77	0,77	98	17,23	0,01		8,55	31,1	54,476
0,77	3,25	2,48	236	19,25	0,03		54,58	38,3	220,336
3,25	8,68	5,43	434	20,7	0,09		184,97	44,3	580,449
8,68	19,61	10,93	678	21,7	0,22		458,13	48,8	1179,807
19,61	40,69	21,08	1148	23,08	0,5	11	1396,6		
40,69	70,42	29,73	1576	23,79	0,91	20	2713,93		
70,42	112,2	41,78	1958	24,23	1,52	31	4265,91		
112,2	176,17	63,97	2172	24,29	2,44	39	5261,34		
176,17	620,36	444,19	3174	24,95	9,17	82	11540,92		
		0	3176	24,64	9,17	82	11412,98		



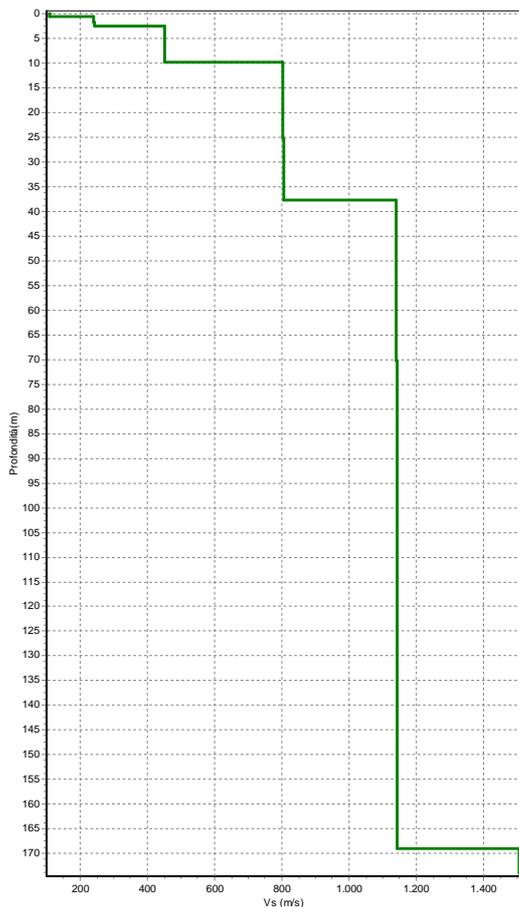
profilo Vs



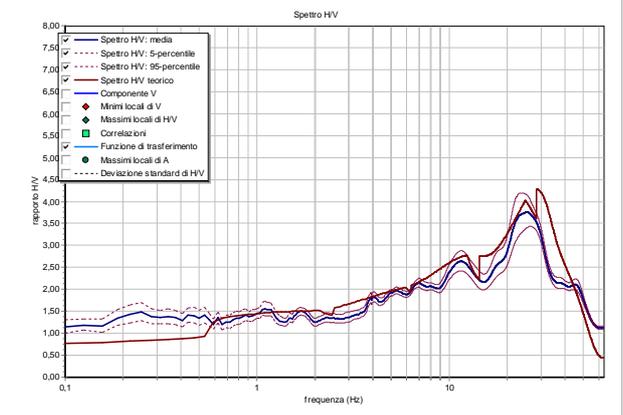
spettro H/V

**MISURA 10 – Vs30 = 549,0 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “E”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,62	0,62	109	17,77	0		10,91	33,1	64,515
0,62	1,66	1,04	240	19,71	0,02		57,35	41,4	226,304
1,66	2,45	0,79	242	19,33	0,02		57,18	39,8	229,31
2,45	9,83	7,38	453	20,83	0,1		202,83	44,4	621,372
9,83	25,28	15,45	804	22,17	0,3	5	658,04		
25,28	37,79	12,51	806	21,77	0,44	5	649,36		
37,79	70,25	32,46	1140	22,64	0,86	11	1351,36		
70,25	168,99	98,74	1142	22,09	2,07	11	1323,19		
		0	1505	22,85	2,07	18	2376,68		



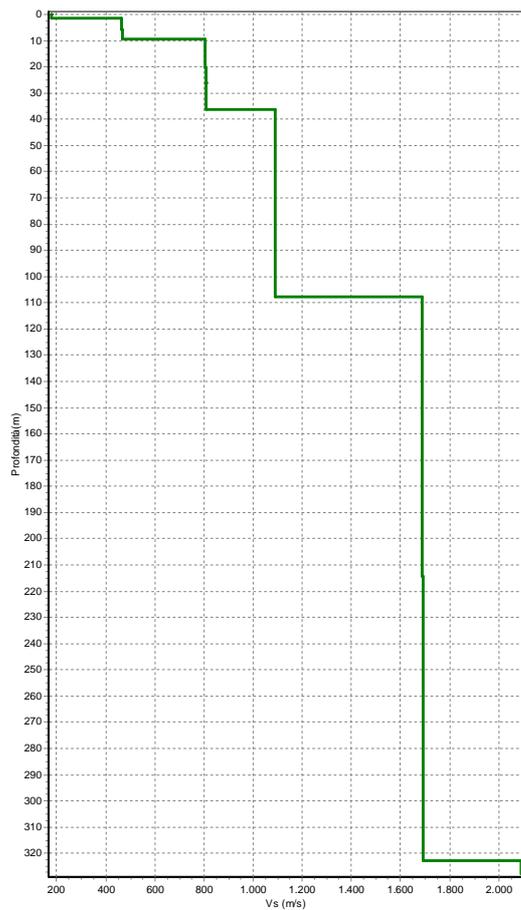
profilo Vs



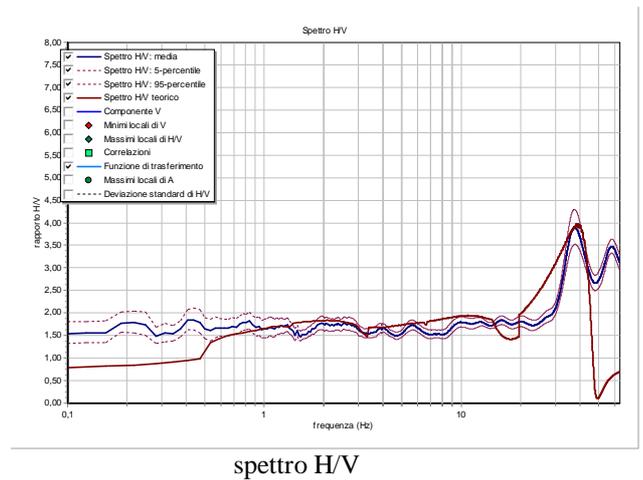
spettro H/V

**MISURA 11 – Vs30 = 596,3 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	1,32	1,32	179	19,03	0,01		31,51	37,3	141,968
1,32	5,93	4,61	465	21,29	0,07		216,7	47,2	647,748
5,93	9,45	3,52	467	20,78	0,1		213,33	45	652,183
9,45	20,36	10,91	805	22,29	0,24	5	663,21		
20,36	26,21	5,85	807	21,98	0,31	5	657,45		
26,21	36,1	9,89	809	21,79	0,43	5	654,87		
36,1	107,88	71,78	1090	22,28	1,32	10	1215,62		
107,88	214,51	106,63	1689	23,3	2,76	23	3052,27		
214,51	322,88	108,37	1691	22,95	4,19	23	3013,15		
		0	2091	23,59	4,19	36	4735,49		



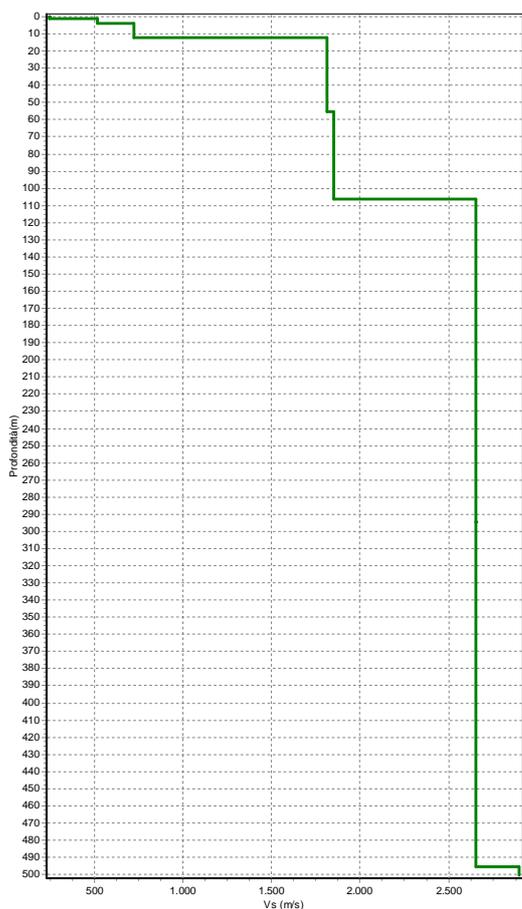
profilo Vs



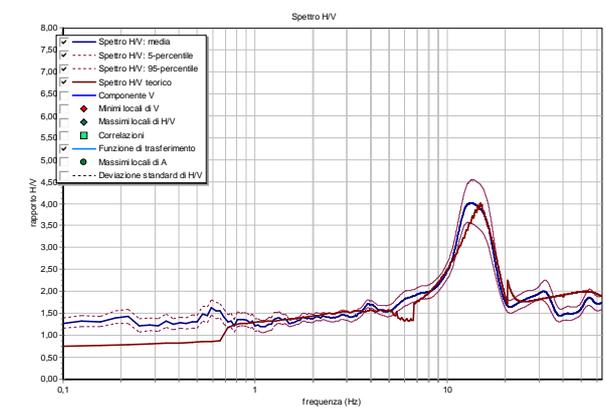
spettro H/V

**MISURA 12 – Vs30 = 982,2 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “A”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,87	0,87	244	20,45	0,01		62,88	44,1	232,33
0,87	3,97	3,1	515	21,94	0,05		269,49	51,2	761,955
3,97	11,92	7,95	724	22,34	0,15	4	537,83		
11,92	55,46	43,54	1812	24,65	0,79	27	3716,34		
55,46	106,27	50,81	1853	24,12	1,52	28	3802,64		
106,27	294,76	188,49	2655	24,78	4,34	58	8021,72		
294,76	495,47	200,71	2657	24,31	7,25	58	7880,95		
		0	2899	24,47	7,25	69	9442,4		



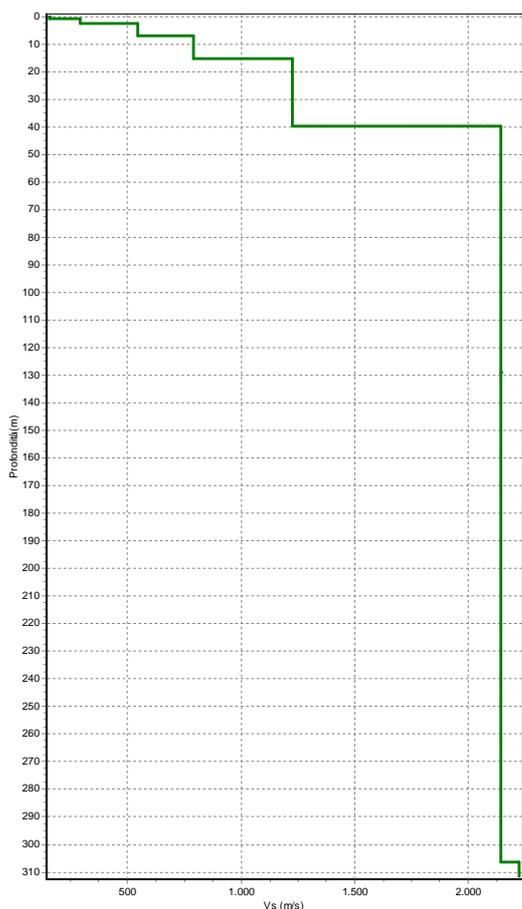
profilo Vs



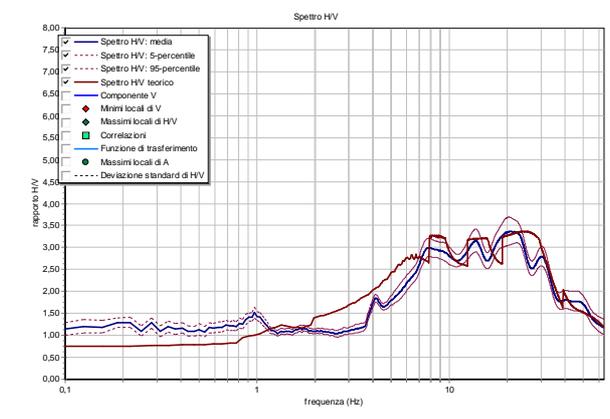
spettro H/V

**MISURA 13 – Vs30 = 731,2 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,61	0,61	156	19,08	0,01		23,98	38,2	114,084
0,61	2,48	1,87	292	20,21	0,03		86,37	42,8	309,111
2,48	6,95	4,47	546	21,69	0,08		296,92	49,7	836,165
6,95	15,17	8,22	788	22,42	0,18	5	639,25		
15,17	39,79	24,62	1226	23,38	0,52	12	1613,69		
39,79	129,06	89,27	2141	24,61	1,84	37	5180,07		
129,06	306,54	177,48	2143	23,95	4,35	37	5050,72		
		0	2223	23,84	4,35	40	5410,68		



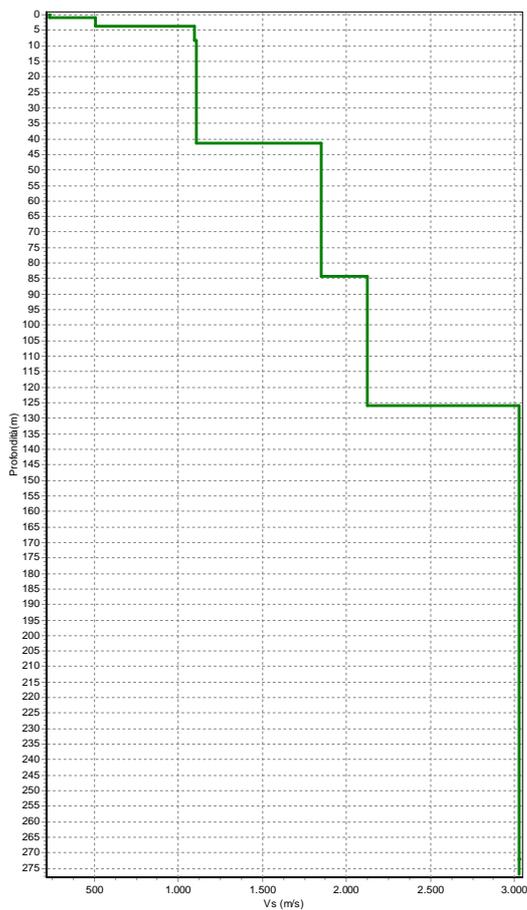
profilo Vs



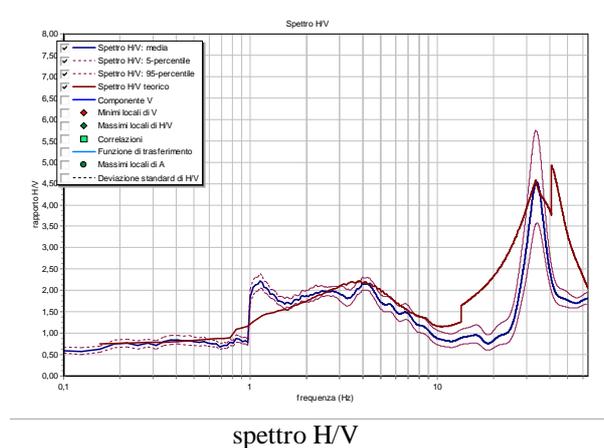
spettro H/V

**MISURA 14 – Vs30 = 903,3 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “A”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,94	0,94	234	20,24	0,01		57,25	43	217,375
0,94	3,73	2,79	510	21,93	0,04		266,34	51,4	750,226
3,73	8,13	4,4	1099	24,06	0,11	10	1334,24		
8,13	41,26	33,13	1109	23,09	0,55	10	1304,15		
41,26	84,18	42,92	1852	24,29	1,17	28	3826,21		
84,18	125,89	41,71	2125	24,43	1,78	37	5065,65		
125,89	271,94	146,05	3024	25,26	4,03	75	10606,25		
		0	3026	25,04	4,03	75	10529,35		



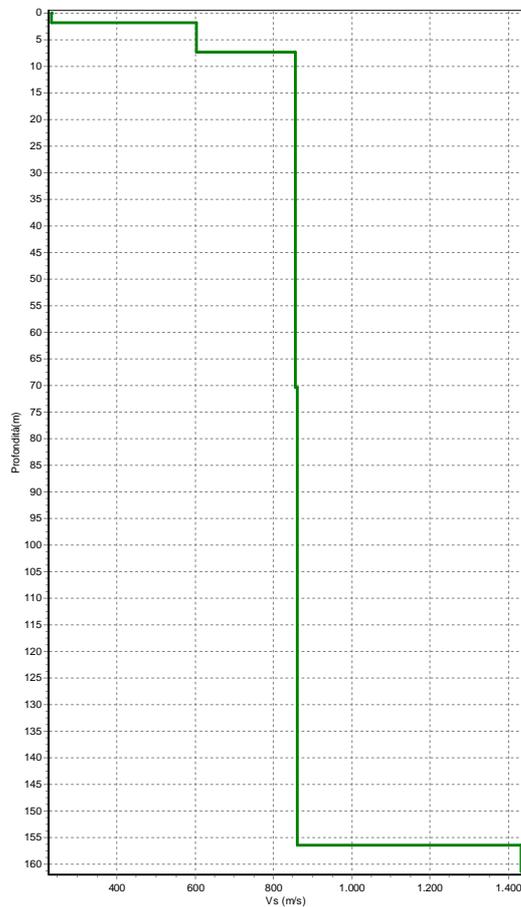
profilo Vs



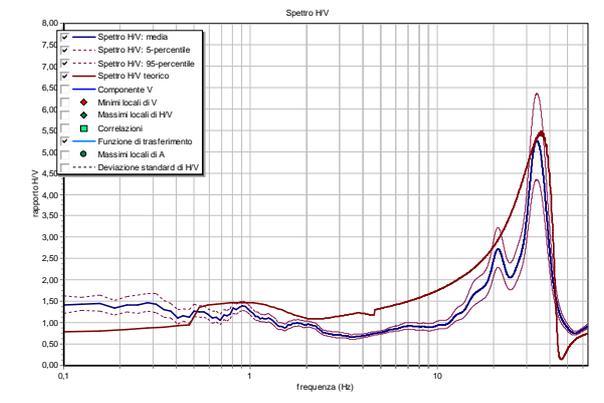
spettro H/V

**MISURA 15 – Vs30 = 688,7 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	1,83	1,83	232	19,74	0,02		54,9	40	214,428
1,83	7,38	5,55	602	22,06	0,09		367,09	51,3	976,594
7,38	70,38	63	855	21,83	0,84	6	732,96		
70,38	156,38	86	861	21,11	1,82	6	718,67		
		0	1432	22,72	1,82	17	2139,9		



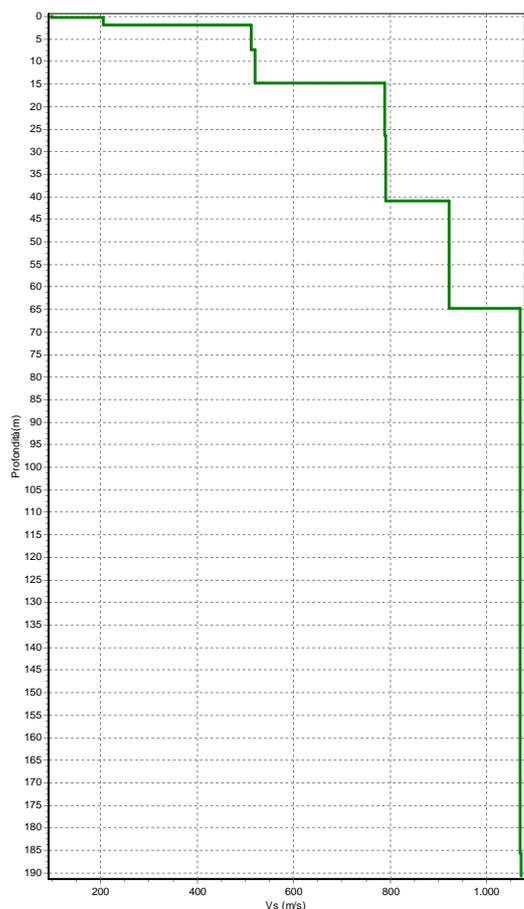
profilo Vs



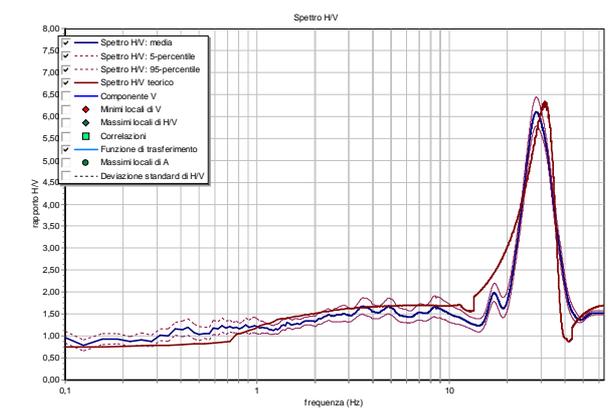
spettro H/V

**MISURA 16 – Vs30 = 543,2 m/s – CATEGORIA DI SUOLO “B”**

Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	G (kN/mc)	Sigma (MPa)	RQD%	E (MPa)	Phi (°)	Cu (kPa)
0	0,29	0,29	98	17,92	0		8,89	34,3	54,476
0,29	1,95	1,66	205	19,15	0,02		41,28	38	176,134
1,95	7,36	5,41	512	21,47	0,08		262,71	48,1	754,909
7,36	14,79	7,43	519	20,91	0,16		262,94	44,8	771,386
14,79	26,37	11,58	788	21,98	0,3	5	626,87		
26,37	40,91	14,54	790	21,65	0,48	5	620,47		
40,91	64,78	23,87	921	21,89	0,76	7	852,6		
64,78	185,69	120,91	1069	21,82	2,22	9	1145,23		
			1071	21,56	2,22	9	1135,36		



profilo Vs



spettro H/V

## **Determinazione della categoria di suolo e delle caratteristiche sismiche del sito**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il D.M. 14 gennaio 2008 riguardante le "Norme tecniche sulle costruzioni" individua le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

- A – *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.
- B – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti*, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 e 800 m/sec ( $N_{spt30} > 50$  nei terreni a grana grossa o  $Cu_{30} > 250$  Kpa nei terreni a grana fine).
- C – *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o di terreni a grana fine mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 e 360 m/sec ( $15 < N_{spt30} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < Cu_{30} < 250$  Kpa nei terreni a grana fine).
- D – *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fine scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30} < 180$  m/sec ( $N_{spt30} < 15$  nei terreni a grana grossa,  $Cu_{30} < 70$  Kpa nei terreni a grana fine).
- E – *Terreni di tipo "C" o "D"* con spessore non superiore a 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con  $V_{S30}$  maggiore di 800 m/sec.

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  minori di 100 m/sec (o  $10 < Cu_{30} < 20$ ), che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includano almeno tre metri di torba o argille altamente organiche.
- S2 – Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Dalle indagini effettuate emerge che i terreni qui presenti possono essere classificati con i seguenti parametri sismici:

Categoria di suolo	V <sub>S30</sub> (m/sec)	a <sub>g</sub>	S <sub>s</sub>	Categoria topografica	St	F <sub>0</sub>	Accelerazione di progetto (a <sub>max</sub> )
<b>B</b>	da <b>457</b> a <b>731</b>	<b>0,159</b>	<b>1,20</b>	<b>T 2</b>	<b>1,20</b>	<b>2,47</b>	<b>0,229</b>

a<sub>g</sub> = accelerazione di base;

S<sub>s</sub> = fattore di amplificazione stratigrafico;

F<sub>0</sub> = amplificazione spettrale massima;

St = fattore di amplificazione topografico;

Delle 16 misure effettuate 13 hanno dato come classe di terreno “B”, due “A” ed una “E”. Appare chiaro come la classe più rappresentativa sia la “B”.

### **Descrizione del movimento franoso e degli spessori di terreno coinvolti.**

Come già descritto a seguito del sopralluogo effettuato dallo scrivente il 13 novembre 2015, il versante può essere suddiviso in tre aree che presentano queste caratteristiche:

1. Al piede del movimento franoso è presente, nell'alveo del torrente, un conoide di materiale sciolto avente un fronte di circa 40-50 metri ed un'altezza di circa 20 metri. Il materiale ostruisce parte dell'alveo del torrente in corrispondenza di un'ansa abbastanza pronunciata e potrà essere asportato naturalmente in occasione di eventi piovosi di una certa entità. Tale evento determinerà probabilmente lo scivolamento di altro materiale verso il basso in quanto verrà a mancare il contrasto al piede.
2. La parte centrale si presenta molto acclive (quasi verticale) con affioramenti rocciosi di "Scaglia rossa" dai quali sgorga una vena d'acqua. Potrebbe essere una sorgente, ma le informazioni fornite dal Sig. Righettini Mario, abitante nella casa sottostante, dicono che probabilmente si tratta di una perdita della condotta sotterranea che porta l'acqua alla centrale elettrica e che è stata scavata all'interno della parete rocciosa.
3. La parte sommitale (dove sono già stati effettuati interventi di stabilizzazione) è costituita essenzialmente da materiale sciolto con evidenti fenomeni di fratturazione dovuti alla trazione del materiale verso valle. Il movimento del versante è qui molto evidente e ha portato allo scivolamento della strada e di tutti i manufatti posizionati per i suddetti interventi di stabilizzazione.

Alla luce delle osservazioni di campagna, lo scrivente ritiene che la zona con maggiore pericolosità sia quella sommitale, dove le numerose fratture di tensione mostrano che il materiale lì presente non è stabile, ma tende a scivolare (come dimostrato dall'ultimo movimento franoso che ha distrutto le opere già eseguite).

Una considerazione va fatta anche sul materiale che costituisce il corpo della frana. Si tratta di terreni sciolti con ciottoli e massi calcarei di colore chiaro con matrice sabbioso limosa e non coincidono con gli affioramenti di "Scaglia rossa" presenti lungo le pareti del versante.

Secondo il Sig. Righettini si tratta di materiale derivante dall'escavazione delle condotte che portano l'acqua alla centrale elettrica e qui depositate dopo l'escavazione avvenuta nei primi anni del XX secolo. Tale ipotesi potrebbe

essere avvalorata dalla presenza, alla sommità del versante, di depositi litoidi perfettamente accumulati a formare una sorta di piramide. Secondo la carta geologica allegata al PGT di Toscolano Maderno tale area è invece caratterizzata dalla presenza di un deposito di tipo morenico.

In entrambi i casi si tratta di terreni sciolti che, uniti alla forte acclività del versante e alla poca coesione, presentano un elevato indice di instabilità.

Il rilevamento superficiale eseguito nel mese di aprile 2016, anche a causa della abbondante copertura vegetale che impediva l'accesso a molte aree, non ha permesso di definire con certezza quali materiali sciolti presenti siano di origine morenica o antropica; sicuramente la maggior parte è di origine morenica ad eccezione del cumulo di massi descritto in precedenza.

Le analisi sismiche, in considerazione di quanto detto in precedenza, sono state eseguite nella parte sommitale del corpo di frana in quanto ritenuta la più instabile ed hanno permesso di ricostruire 5 sezioni geologiche lungo i profili n.1-2-4-6-7 del rilievo topografico eseguito le cui caratteristiche vengono di seguito commentate:

#### Sezione geologica n.1 (profilo topografico n.1)

Ricostruzione mediante le misure n.1-6-7 dalle quali emerge quanto segue:

misura n.	“orizzonte A”		“orizzonte B”		“orizzonte C” profondità (m)
	da (m)	a (m)	da (m)	a (m)	
1	0,00	3,08	assente		3,08
6	0,00	2,01	2,01	6,23	6,23
7	0,00	3,72	3,72	8,73	8,73

Emerge come l'orizzonte “A” abbia uno spessore compreso tra 2,0 e 3,7 m; l'orizzonte “B” (presente solo nella parte più a monte) ha spessori di 4,2 e 5,0 metri e la profondità della roccia (orizzonte “C”) sia compresa fra 3 e 8,7 m.

#### Sezione geologica n.2 (profilo topografico n.2)

Ricostruzione mediante le misure n.2-3-4-5 dalle quali emerge quanto segue:

misura n.	“orizzonte A”		“orizzonte B”		“orizzonte C” profondità (m)
	da (m)	a (m)	da (m)	a (m)	
2	0,00	4,90	assente		4,90
3	0,00	3,23	assente		3,23
4	0,00	2,16	2,16	6,50	6,50
5	0,00	3,36	3,36	10,12	10,12

Emerge come l'orizzonte "A" abbia uno spessore compreso tra 2,1 e 4,9 m; l'orizzonte "B" (presente solo nella parte più a monte) ha spessori di 4,3 e 6,8 metri e la profondità della roccia (orizzonte "C") sia compresa fra 3,2 e 10,1 m.

Sezione geologica n.3 (profilo topografico n.4)

Ricostruzione mediante le misure n.13-9 dalle quali emerge quanto segue:

misura n.	"orizzonte A"		"orizzonte B"		"orizzonte C" profondità (m)
	da (m)	a (m)	da (m)	a (m)	
13	0,00	2,48	assente		2,48
9	0,00	3,25	3,25	8,68	8,68

Emerge come l'orizzonte "A" abbia uno spessore compreso tra 2,4 e 3,2 m; l'orizzonte "B" (presente solo nella parte più a monte) ha spessore di 5,3 metri e la profondità della roccia (orizzonte "C") sia compresa fra 2,4 e 8,6 m.

Sezione geologica n.4 (profilo topografico n.6)

Ricostruzione mediante le misure n.14-10 dalle quali emerge quanto segue:

misura n.	"orizzonte A"		"orizzonte B"		"orizzonte C" profondità (m)
	da (m)	a (m)	da (m)	a (m)	
14	0,00	0,94	assente		0,94
10	0,00	2,45	2,45	9,83	9,83

Emerge come l'orizzonte "A" abbia uno spessore compreso tra 0,9 e 2,4 m; l'orizzonte "B" (presente solo nella parte più a monte) ha spessore di 7,4 metri e la profondità della roccia (orizzonte "C") sia compresa fra 0,9 e 9,8 m.

Sezione geologica n.5 (profilo topografico n.7)

Ricostruzione mediante le misure n.12-8-11 dalle quali emerge quanto segue:

misura n.	"orizzonte A"		"orizzonte B"		"orizzonte C" profondità (m)
	da (m)	a (m)	da (m)	a (m)	
12	0,00	0,87	assente		0,87
8	0,00	1,69	assente		1,69
11	0,00	1,32	1,32	9,45	9,45

Emerge come l'orizzonte "A" abbia uno spessore compreso tra 0,8 e 1,7 m; l'orizzonte "B" (presente solo nella parte più a monte) ha spessore di 8,1 metri e la profondità della roccia (orizzonte "C") sia compresa fra 0,8 e 9,4 m.

Alla luce delle misurazioni descritte risulta difficile stabilire con certezza la profondità della superficie di scivolamento; si può comunque ipotizzare che si trovi all'interno dell'orizzonte "A" o al contatto tra gli orizzonti "A" e "B".

Appare inoltre probabile che l'orizzonte "B" sia stato coinvolto nel movimento solo marginalmente nella sua parte sommitale e che l'orizzonte "C" risulti il terreno che attualmente offre le maggiori garanzie di stabilità.

Il movimento franoso si può classificare (secondo Varnes) come "Frana per scivolamento traslazionale" (movimento che si realizza in corrispondenza di orizzonti di debolezza strutturale quali fratture, superfici di stratificazione, superfici di contatto tra strati con diverse proprietà geotecniche). Nel caso specifico l'orizzonte "A", poco coeso e con elevata inclinazione, tende a scivolare sugli orizzonti "B" e "C" più rigidi.

Ricapitolando si può osservare come in corrispondenza della strada franata (già oggetto di intervento di sistemazione) è presente una coltre di materiale appartenente all'orizzonte "A" poggiante direttamente sul substrato roccioso dell'orizzonte "C" e avente uno spessore variabile tra circa 1 e 5 metri; più a monte si presentano, sopra l'orizzonte "C", sia terreni dell'orizzonte "A" che dell'orizzonte "B" con una potenza variabile tra 6 e 10 metri.

### **Ipotesi di intervento per la messa in sicurezza del versante.**

Come già esposto nei precedenti paragrafi le aree di frana su cui è possibile intervenire sono le seguenti:

- area sommitale dove è avvenuto il movimento franoso vero e proprio;
- area al piede dove si è accumulato il materiale franato.

Per la messa in sicurezza del versante occorrerà innanzitutto intervenire nella parte sommitale per impedire nuovi scivolamenti di materiale e quindi ulteriori accumuli al piede; quindi, una volta stabilizzato il versante, si potrà rimuovere l'accumulo di terreno che attualmente occupa parte dell'alveo del fiume Toscolano.

La sistemazione del versante potrà essere eseguita con le seguenti fasi:

1. disaggio del materiale pericolante lungo il versante in modo da poter operare per i successivi interventi in massima sicurezza. In particolare si dovranno togliere i terreni in cui sono evidenti fessure di trazione (vedi fotografie allegate). Per questa fase il materiale asportato potrebbe essere distribuito lungo la strada che porta all'area di frana.
2. ripristino della strada (già oggetto di sistemazione ed ora franata) mediante la messa in opera di una palificata tirantata che dovrà essere infissa per alcuni metri nello strato di "roccia fratturata" (orizzonte "C"). La lunghezza indicativa dei pali potrà essere tra 5,0 e 10,0 m (a seconda della profondità a cui si trova l'orizzonte "C" e un interasse di 40-50 cm. I tiranti avranno la funzione di contenere la palificata e stabilizzare il versante che risulta costituito da roccia particolarmente fratturata.
3. rimodellamento del versante a monte della strada con creazione di scarpate con inclinazione non superiore a 30÷35° e loro ripristino mediante opere di ingegneria naturalistica (tipo palizzate o viminate). Tale intervento potrebbe essere completato con il posizionamento di una rete di protezione lungo la pendice per impedire il distacco di materiale dal versante.
4. asportazione del materiale accumulato al piede che attualmente occupa parte dell'alveo del fiume. Tale operazione comporterà, oltre alla formazione delle vie d'accesso, anche la creazione di aree per il posizionamento del materiale sia nell'alveo del fiume stesso che in aree limitrofe.

Qualora le disponibilità economiche dell'Amministrazione non fossero sufficienti per eseguire tutte le opere sopra descritte (in particolare la palificata al punto 2) si consiglia di eseguire quanto descritto al punto 1 e 3 (ad esclusione delle opere di ingegneria naturalistica e della rete di protezione) prima della pulizia dell'alveo del fiume (punto 4), infatti il solo intervento di sistemazione del piede della frana non risolve il problema e può essere vanificato da un'ulteriore caduta di materiale dalla parte sommitale.

Molto importante è inoltre l'allontanamento delle acque superficiali dal corpo di frana mediante il posizionamento di opere di drenaggio costituite da canalette superficiali. Durante la riprofilatura del versante si dovrà inoltre porre particolare attenzione all'eliminazione di eventuali depressioni presenti e alla sigillatura delle fratture beanti.

Oltre a quanto sopra esposto sarebbe opportuno verificare, mediante un tracciante (colorazione con fluoresceina), la provenienza delle acque che sgorgano dalla parete rocciosa presente nella parte centrale del versante e qualora provenissero da una perdita della condotta idrica, costruita per approvvigionare la centrale idroelettrica presente a valle, sarebbe opportuno ripararla.

## **Conclusioni**

L'indagine esperita e le analisi sismiche effettuate hanno permesso di ricostruire il modello geologico del versante dove ha avuto luogo il movimento franoso individuando le seguenti tipologie di terreno:

ORIZZONTE "A": ciottoli e massi calcarei in matrice sabbioso limosa

ORIZZONTE "B": detrito consolidato e roccia fratturata

ORIZZONTE "C": roccia fratturata (scaglia lombarda)

Alla luce delle misurazioni effettuate risulta però difficile stabilire con certezza la profondità della superficie di scivolamento; si può comunque ipotizzare che si trovi all'interno dell'orizzonte "A" o al contatto tra gli orizzonti "A" e "B". Appare inoltre probabile che l'orizzonte "B" sia stato coinvolto nel movimento solo marginalmente nella sua parte sommitale e che l'orizzonte "C" risulti il terreno che attualmente offre le maggiori garanzie di stabilità.

La sistemazione del versante potrà essere eseguita con le seguenti fasi di lavoro:

1. disaggio del materiale pericolante lungo il versante in modo da poter operare per i successivi interventi in massima sicurezza.
2. ripristino della strada (già oggetto di sistemazione ed ora franata) mediante la messa in opera di una palificata tirantata che dovrà essere infissa per alcuni metri nello strato di "roccia fratturata" (orizzonte "C").
3. rimodellamento del versante a monte della strada con creazione di scarpate con inclinazione non superiore a  $30\div 35^\circ$  e loro ripristino mediante opere di ingegneria naturalistica (tipo palizzate o viminate).
4. asportazione del materiale accumulato al piede che attualmente occupa parte dell'alveo del fiume.

Appare chiaro che per la messa in sicurezza del versante occorrerà innanzitutto intervenire nella parte sommitale per impedire nuovi scivolamenti di materiale e quindi ulteriori accumuli al piede; in particolare l'intervento che offre le maggiori garanzie è quello descritto al punto 2.

Si raccomanda inoltre di allontanare le acque superficiali dal corpo di frana mediante il posizionamento di adeguate opere di drenaggio.

Sarebbe inoltre opportuno verificare, mediante un tracciante (colorazione con fluoresceina), la provenienza delle acque che sgorgano dalla parete rocciosa presente nella parte centrale del versante e qualora provenissero da una perdita della condotta idrica, costruita per approvvigionare la centrale idroelettrica presente a valle, sarebbe opportuno ripararla.

Lo scrivente rimane a disposizione per eventuali chiarimenti o successivi interventi.

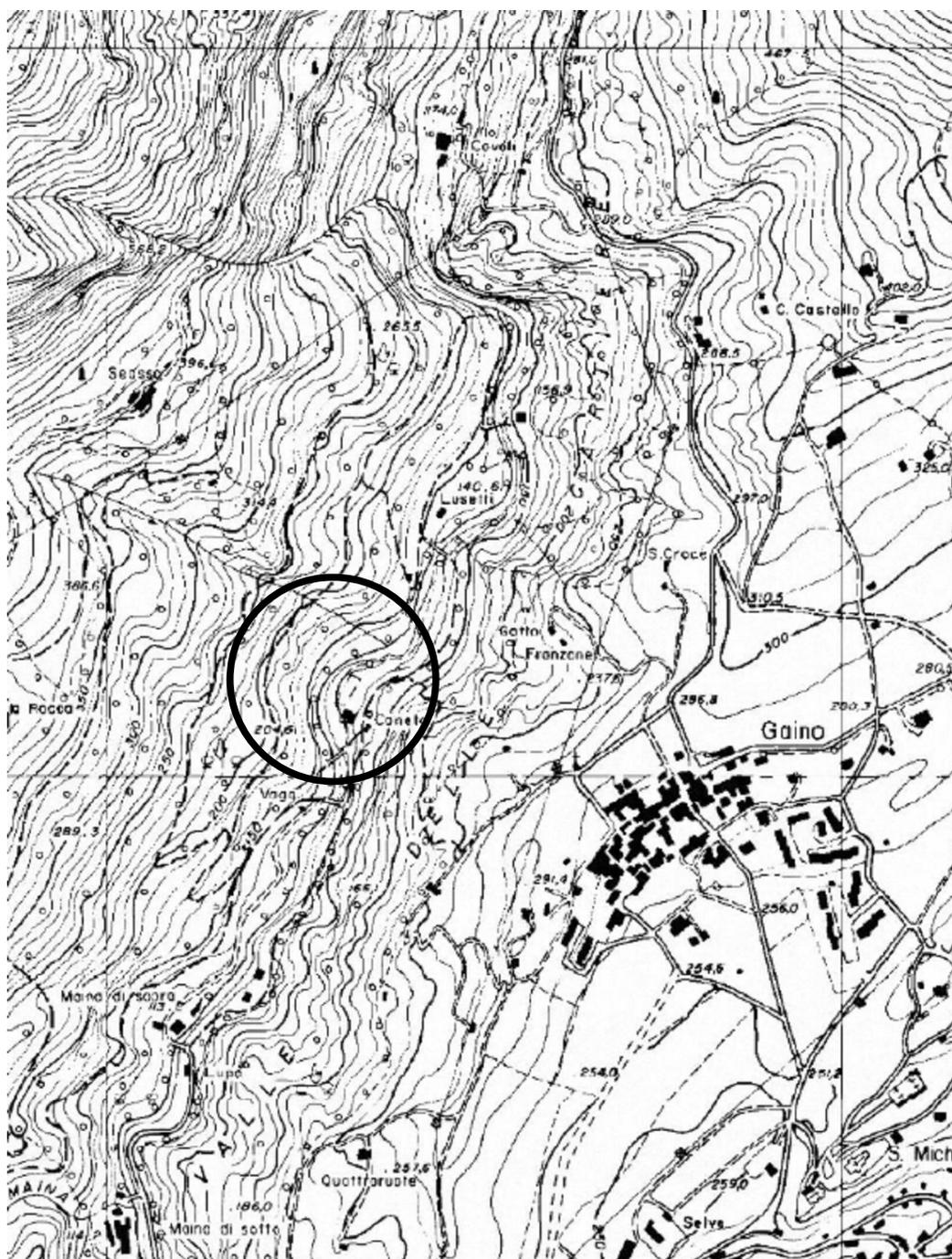
Brescia, 07 maggio 2016



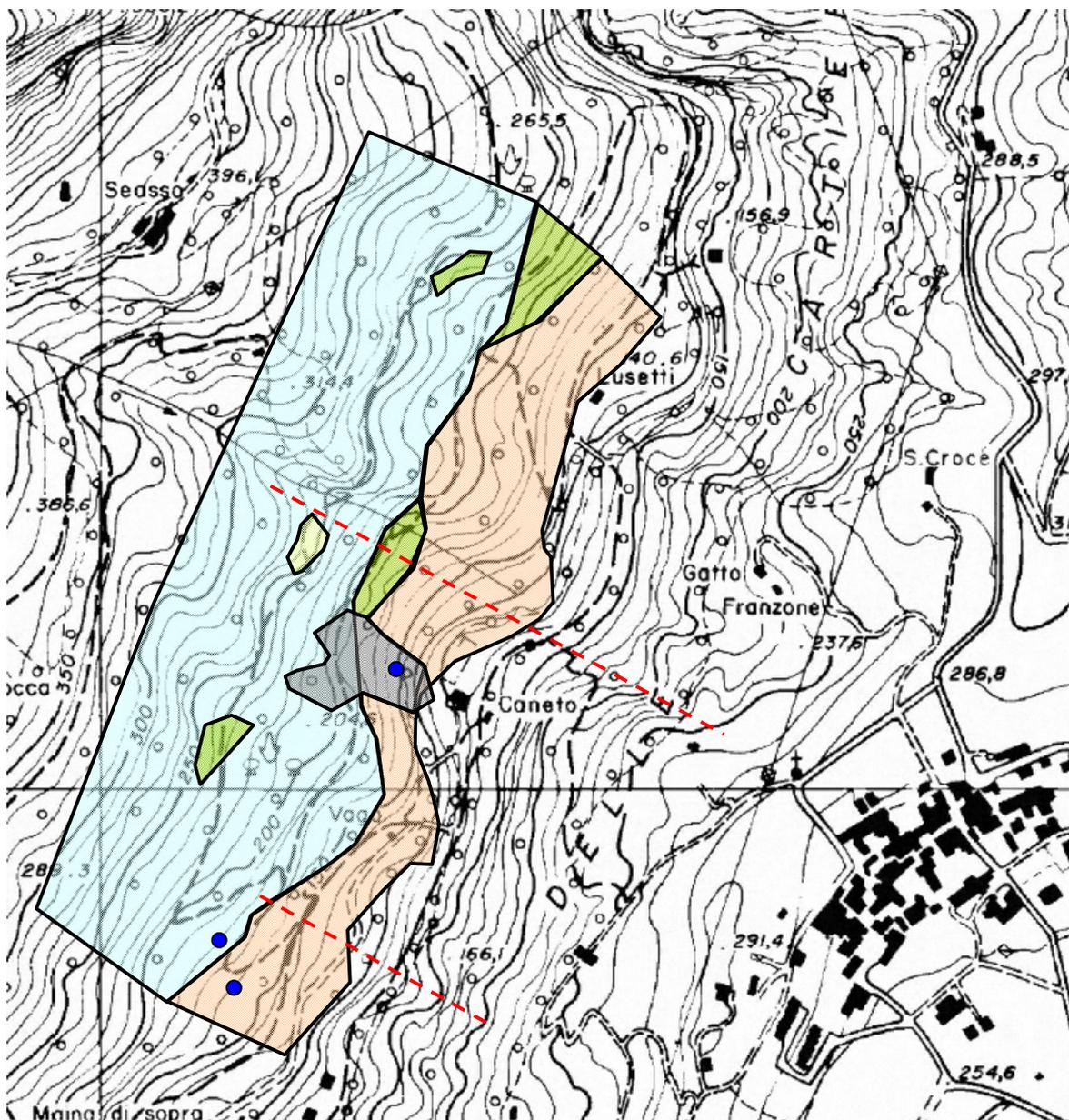
DEI GEOLOGI della LOMBARDIA  
SEGALINI  
PAOLO MARIO  
n° 568

DEI GEOLOGI della LOMBARDIA  
MARGIOTTA  
SILVANO  
n° 564

**Estratto Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000)**

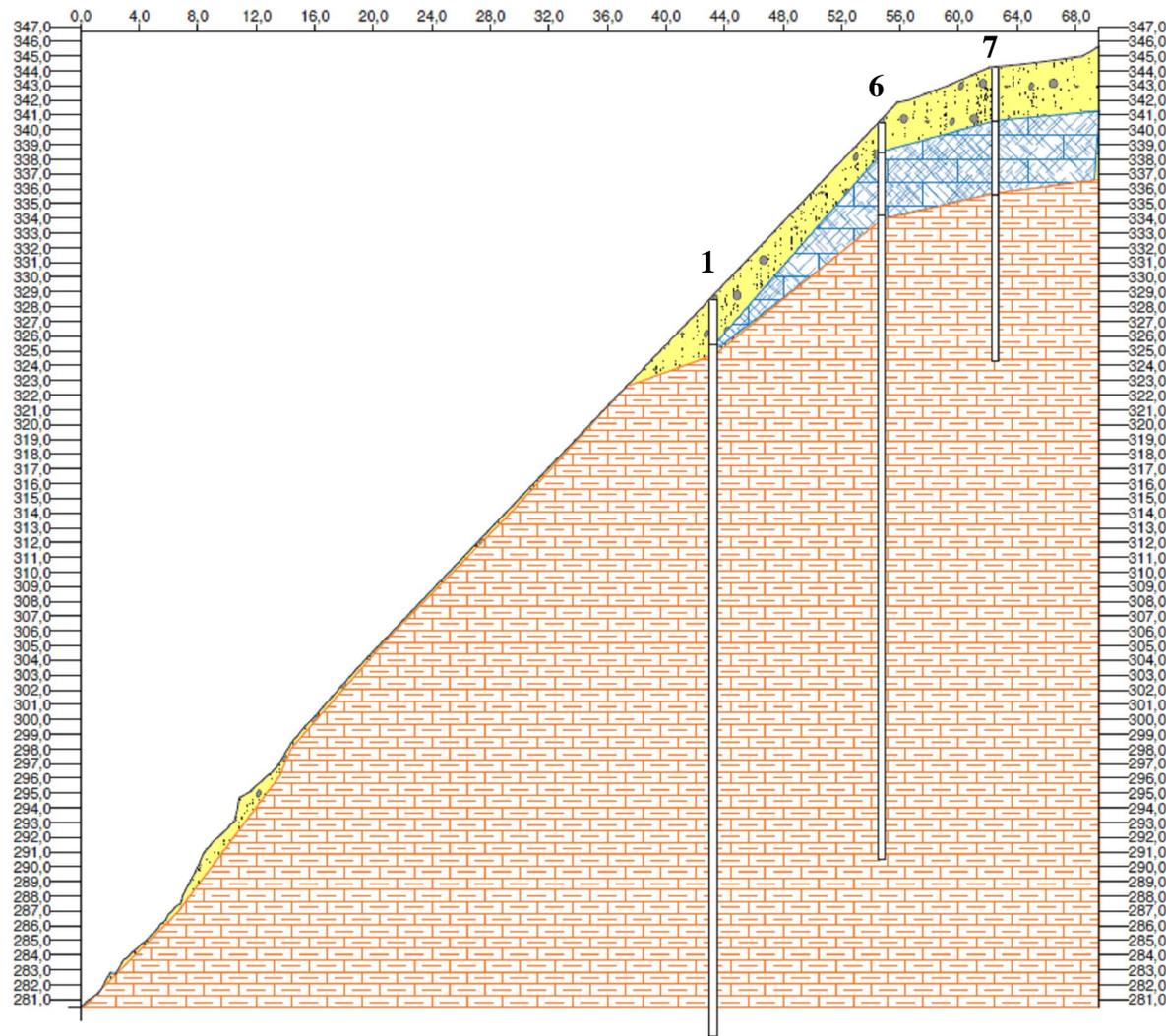


### Carta geologica (scala 1:5.000)



LEGENDA			
	Depositi morenici		area interessata dalla frana e dai relativi depositi
	Maiolica		Roccia brecciata (maiolica)
	Scaglia Lombarda "rossa"		Risorgenze
			Faglia

Frana Valle delle Cartiere tra loc.Vago e loc.Luseti – Amministrazione Comunale di Toscolano Maderno (Bs)



### Sezione geologica n.1

(scala 1:400)

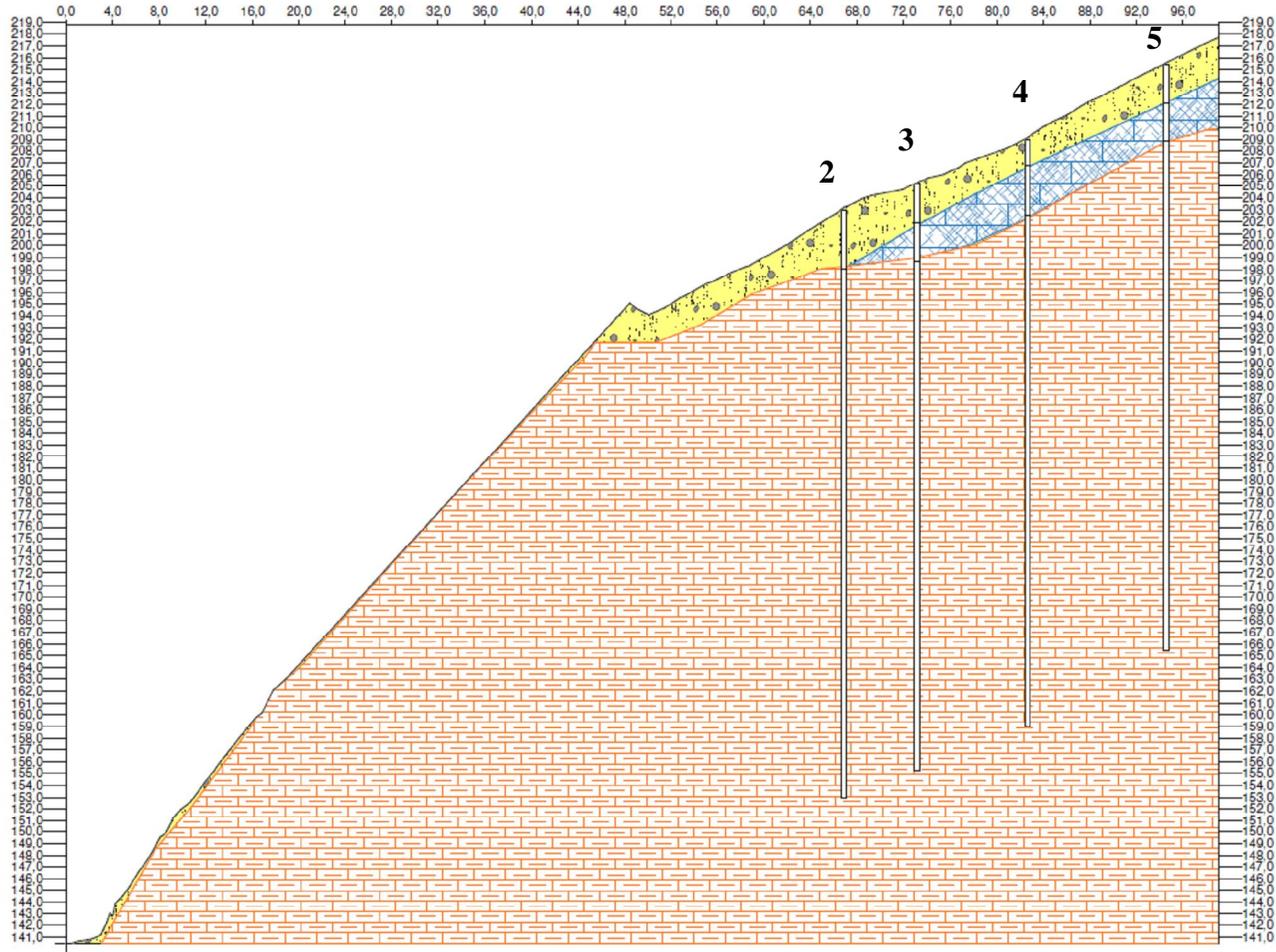
(profilo topografico n.1)

#### LEGENDA

-  detrito sciolto
-  detrito consolidato
-  roccia fratturata (scaglia rossa)
- 1 – 6**
- 7** ubicazione profili sismici

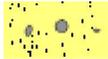
Dott. Geol. Silvano Margiotta - Via Palazzina, 30 - 25124 Brescia - tel. 030/3530432  
 Dott. Geol. Paolo Segalini - Villaggio Ferrari, 20 - 25124 Brescia - tel. 030/2422955  
 e.mail: margiottasegalini@libero.it

Frana Valle delle Cartiere tra loc.Vago e loc.Luseti – Amministrazione Comunale di Toscolano Maderno (Bs)

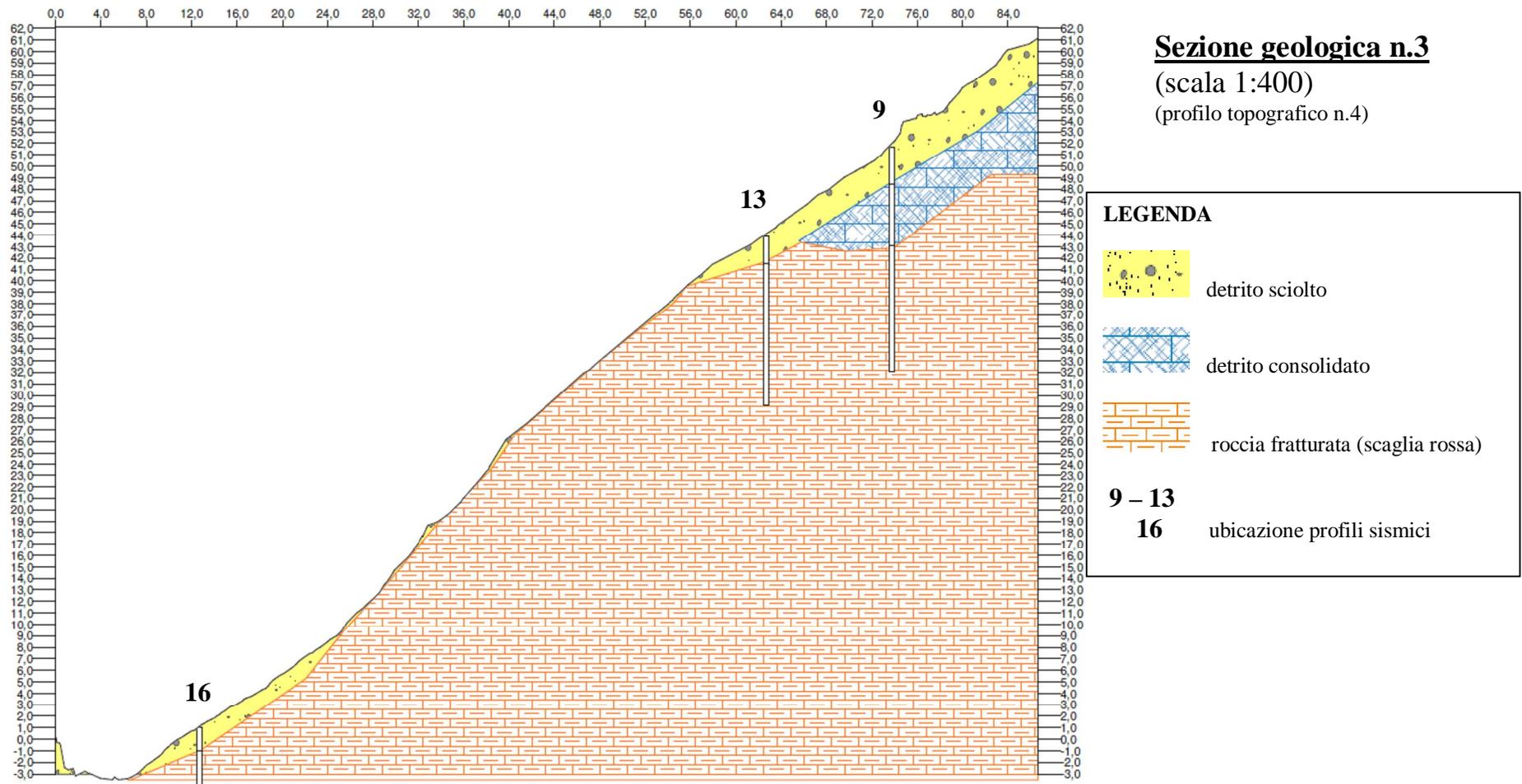


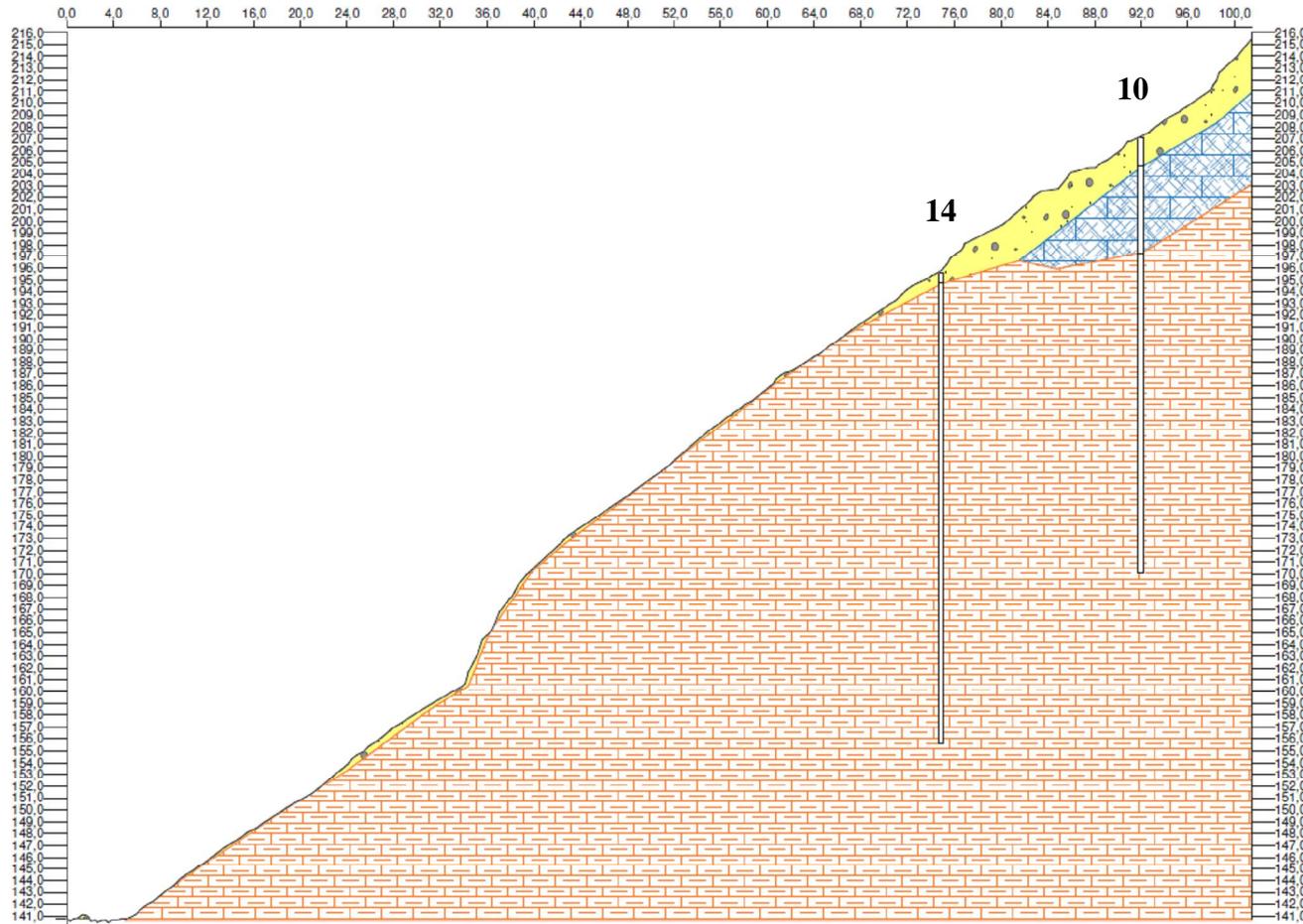
**Sezione geologica n.2**  
(scala 1:450)  
(profilo topografico n.2)

**LEGENDA**

-  detrito sciolto
-  detrito consolidato
-  roccia fratturata (scaglia rossa)
- 2 – 3**
- 4 – 5** ubicazione profili sismici

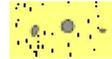
Frana Valle delle Cartiere tra loc.Vago e loc.Luseti – Amministrazione Comunale di Toscolano Maderno (Bs)



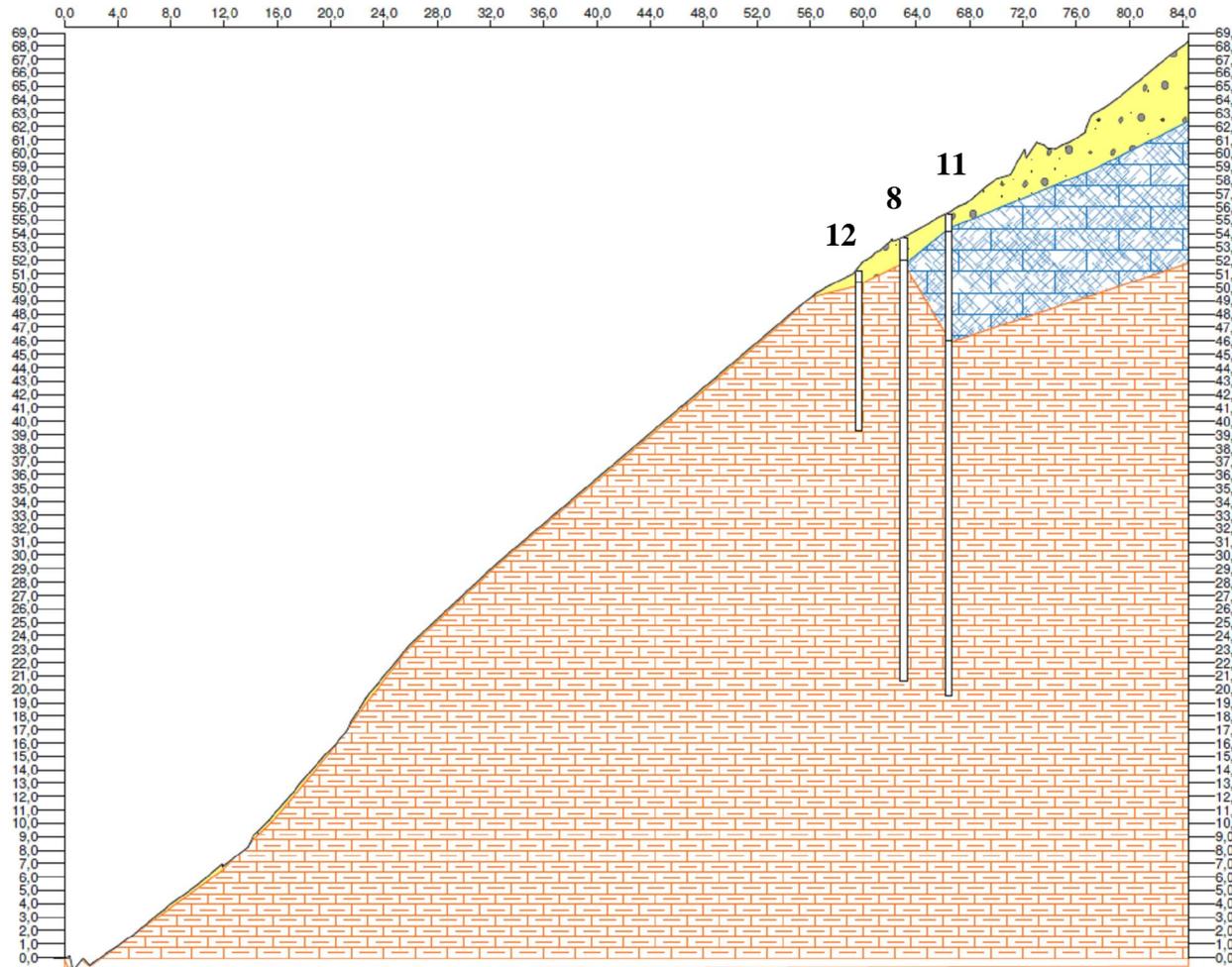


**Sezione geologica n.4**  
(scala 1:450)  
(profilo topografico n.6)

**LEGENDA**

-  detrito sciolto
-  detrito consolidato
-  roccia fratturata (scaglia rossa)
- 10 – 14** ubicazione profili sismici

Frana Valle delle Cartiere tra loc.Vago e loc.Luseti – Amministrazione Comunale di Toscolano Maderno (Bs)



**Sezione geologica n.5**  
 (scala 1:400)  
 (profilo topografico n.7)

**LEGENDA**

-  detrito sciolto
-  detrito consolidato
-  roccia fratturata (scaglia rossa)
- 8 – 11**
- 12** ubicazione profili sismici

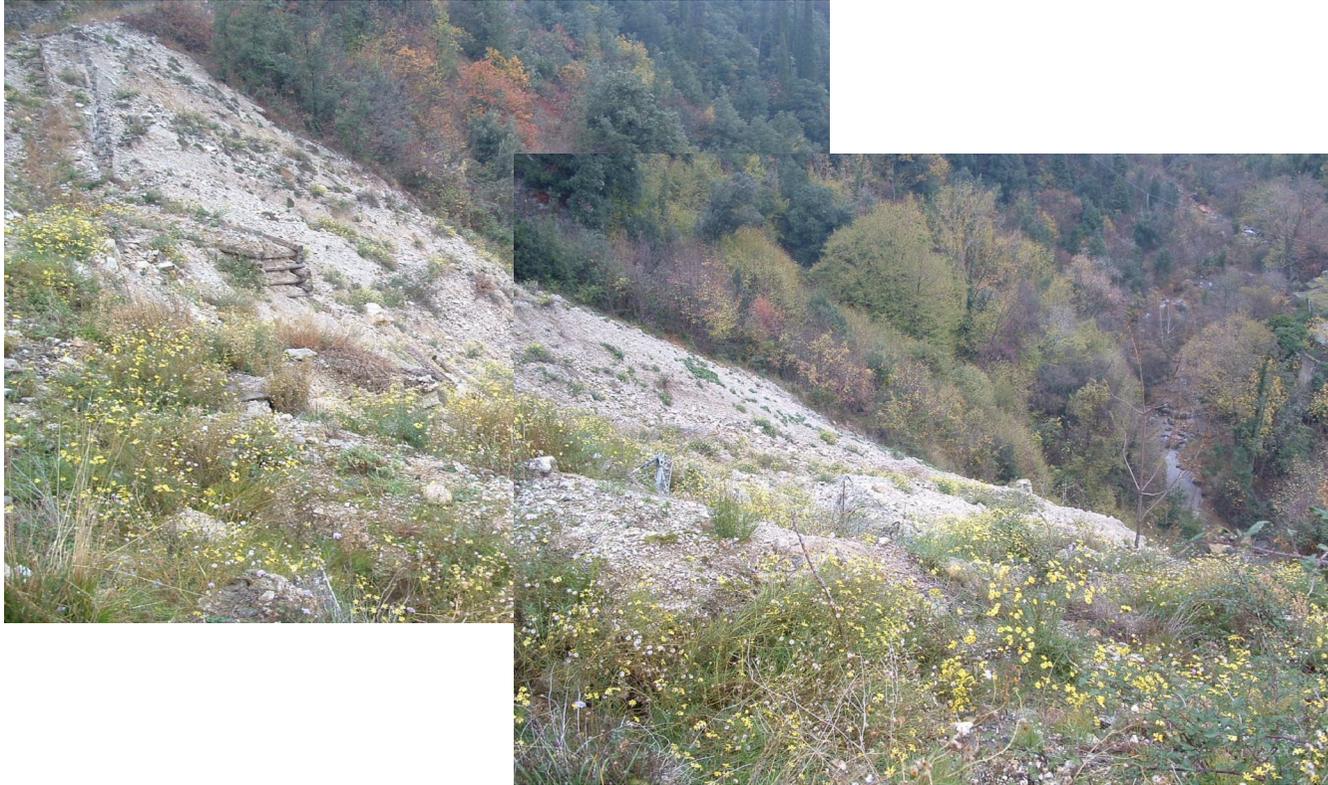
Dott. Geol. Silvano Margiotta - Via Palazzina, 30 - 25124 Brescia - tel. 030/3530432  
 Dott. Geol. Paolo Segalini - Villaggio Ferrari, 20 - 25124 Brescia - tel. 030/2422955  
 e.mail: margiottasegalini@libero.it

## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



- Vista del movimento franoso dalla strada che percorre la Valle delle Cartiere

Frana Valle delle Cartiere tra loc.Vago e loc.Luseti – Amministrazione Comunale di Toscolano Maderno (Bs)



- Particolare della strada franata (parte sommitale – vista da sud a nord)

Frana Valle delle Cartiere tra loc.Vago e loc.Luseti – Amministrazione Comunale di Toscolano Maderno (Bs)



- Particolare della strada franata (parte sommitale – vista da nord a sud)



- opera in muratura che raccoglie le acque e le incanala nella condotta della centrale idroelettrica



- risorgenza idrica di quota 200 (m slm)

fig.1



fig.2



fig.1 – Scaglia lombarda “rossa” (orizzonte “C”)

fig,2 – Maiolica

fig,3 – Detrito consolidato e roccia fratturata  
(orizzonte “B”)

Fig.3

Frana Valle delle Cartiere tra loc.Vago e loc.Luseti – Amministrazione Comunale di Toscolano Maderno (Bs)



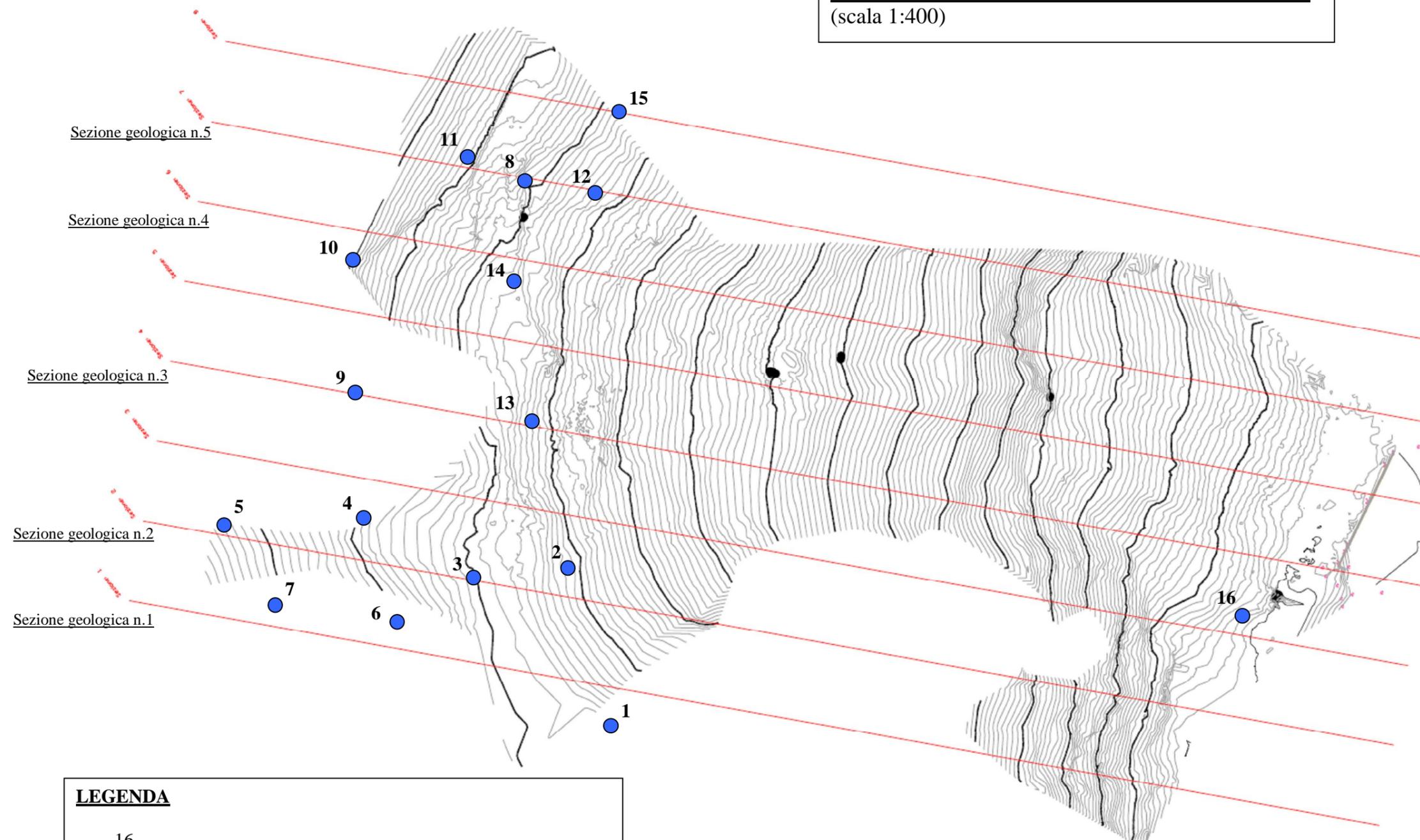
Fessure di trazione  
presenti nella parte  
sommitale del corpo  
di frana  
(orizzonte “A”)



Fessure di trazione presenti nella parte sommitale del corpo di frana (orizzonte “A”)



**PLANIMETRIA DEL MOVIMENTO FRANOSO**  
(scala 1:400)



**LEGENDA**

- 16  
● Ubicazione indagini sismiche
- Traccia dei profili topografici e delle sezioni geologiche