

COMUNE DI CONDOVE

LOCALITA' : VIA EDMONDO DE AMICIS N. 1

OGGETTO : REALIZZAZIONE OPERE PER L'ADEGUAMENTO
ANTISISMICO E L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO
DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO
"G.F.RE"
PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

COMMITTENTE :

COMUNE DI CONDOVE

P.IVA 01468460017

PIAZZA MARTIRI DELLA LIBERTÀ N.7

10055 CONDOVE (TO)

R.U.P.

GEOM . NERVO PAOLO

STUDIO GOFFI s.r.l.

via F.lli Girotto, 4

10051 AVIGLIANA

P.I./C.F. 09276740017

ALLEGATO B

RELAZIONE STRUTTURALE

ALLEGATO I - RELAZIONE GEOLOGICA

Il progettista:

Il R.U.P. :

Dott.ssa STEFANIA GOFFI
GEOLOGO
Via F.lli Girotto n. 4 - AVIGLIANA (TO)
Tel.– Fax 011 9342377
Cel. 335 8184374
E-mail s.goffi@email.it

REGIONE PIEMONTE
Città Metropolitana di TORINO

COMUNE DI CONDOVE

REALIZZAZIONE OPERE PER L'ADEGUAMENTO
ANTISISMICO E L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO
DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "G.F. RE"
in Via Edmondo De Amicis n. 1

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Committente:

COMUNE di CONDOVE
R.U.P. Geom. Nervo Paolo

RELAZIONE GEOLOGICA



1. PREMESSA

La presente relazione geologica è relativa agli interventi di miglioramento antisismico previsti presso la Scuola Secondaria di Primo Grado “G.F. Re” nel Comune di Condove in Via Edmondo De Amicis n. 1 (cfr. Tavv. 1 – 2 – 3).

Tale relazione è redatta in base a quanto disposto dalle Norme Tecniche vigenti per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008) ed ha perseguito le seguenti finalità:

- caratterizzazione geologica del sito, propedeutica alla progettazione geotecnica, consistente nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio;
- valutazione di compatibilità del progetto con le problematiche evidenziate dagli studi geologici a supporto del P.R.G.C. vigente;
- identificazione delle problematiche inerenti la vulnerabilità sismica del territorio e la risposta sismica locale.

2. GEOLOGIA LOCALE

2.1. Inquadramento geomorfologico, geologico e idrografico

Il territorio comunale di Condove si sviluppa interamente sul versante orografico sinistro della Valle di Susa; sotto l'aspetto geomorfologico può essere diviso in tre settori: fondovalle, raccordo e versante. L'area di intervento è ubicata nel settore di fondovalle alla quota media di circa 378 m s.l.m..

Nella Carta Geologica d'Italia, Foglio 154 - Susa, a scala 1:50.000, di cui si riporta un estratto in Tav. 4, viene segnalata la presenza di "Depositi alluvionali recenti ed attuali: ghiaie e ghiaie ciottolose sabbioso-ghiaiose (20% di matrice) clast supported, mal stratificate, passanti a sabbie ghiaiose con stratificazione planare; limi sabbiosi, localmente con livelli torbosi verso l'alto, debolmente stratificati, delle aree di esondazione fluviale (depositi fluviali)" del Pleistocene Sup. – Attuale. Tali depositi ricadono nella parte mediana del conoide alluvionale riferito agli apporti solidi del torrente Gravio e del rio della Rossa.

Secondo la "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica", allegata al P.R.G.C., l'area di intervento ricade in "Classe IIa1" (cfr. Tav. 5 – Tav. 6). L'area ricade quindi in una zona con condizioni di moderata pericolosità geomorfologica. Dalla stessa carta si evince che il fabbricato in progetto ricade all'esterno della "Fascia C" secondo la delimitazione delle fasce fluviali in base al "Piano stralcio delle fasce fluviali".

In un significativo intorno rispetto all'area di intervento, l'idrografia superficiale è rappresentata da:

- rio della Rossa, che defluisce, completamente intubato, al di sotto del viale Bauchiero, ad una distanza di circa 40 m a nord;
- Dora Riparia, che dista circa 650 m a sud dell'area;
- torrente Gravio che defluisce ad ovest dell'area ad una distanza di circa 1000 m.

Nell'area circostante quella specifica di intervento non si rilevano tracce di instabilità, in atto o potenziali, del terreno e/o lesioni sulle infrastrutture esistenti imputabili a cause geologiche.

2.2. Indagini geotecniche in sito

I dati riguardanti il sottosuolo, fino alla profondità significativa nei confronti delle opere in progetto, sono stati ricavati a seguito della realizzazione di indagini in sito e nelle immediate vicinanze del sito di intervento, in ambiente geologicamente analogo.

Le indagini in sito sono consistite in:

- n. 1 indagine geofisica di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) (cfr. Allegato). Scopo di tale indagine è definire il parametro V_{s30} per la classificazione sismica dei suoli.

Le indagini nelle vicinanze sono consistite in n. 2 pozzetti esplorativi, spinti fino ad una profondità di circa 3 m dal piano campagna.

Sulla base dell'analisi del profilo di velocità delle onde sismiche della prova MASW, realizzata nell'area di intervento, si può definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "C" (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s).

I pozzetti esplorativi, realizzati nelle vicinanze, hanno permesso di rilevare la presenza, nei primi 3 m di profondità, di depositi prevalentemente sabbiosi, debolmente limosi, talora con ghiaia.

Con l'esecuzione dei pozzetti esplorativi non è stata rilevata la presenza della falda acquifera. Sulla base dell'assetto morfologico dell'area si può comunque ipotizzare la presenza della falda acquifera ad una profondità dal p.c. pari a circa 3,5 m.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.1. Definizione del modello di terreno

Sulla base dei rilievi e delle indagini effettuate, è possibile definire con sufficiente certezza il modello del terreno nell'ambito significativo comprendente l'area su cui insistono le opere in oggetto.

La stratigrafia locale risulta caratterizzata come segue:

Unità litologica	Descrizione	Profondità base
A	Coltre di terreno vegetale limoso sabbioso, misto a terreno di riporto, scarsamente addensato e con mediocri caratteristiche geotecniche	~ 1,0 m dal p.c.
B	Sabbia, debolmente limosa, talora con ghiaia, con rigidità molto bassa	~ 10,6 m dal p.c.
C	Depositi da poco a mediamente addensati costituiti da sabbia ghiaiosa con limo	~ 30,0 m dal p.c.

La profondità del tetto del substrato roccioso non è nota, ma è sicuramente superiore a 30 m dal p.c..

3.2. Caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri geotecnici medi riferiti alle singole unità litologiche interessate dai carichi della struttura in oggetto, dedotti sulla base della letteratura tecnica.

Unità Litologica	Φ (°)	Dr (%)	c (kg/cm ²)	γ (kN/m ³)
B	30	30	0	18
C	32	50	0	19

3.3. Valutazione della pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica è definita essenzialmente in termini di a_{max} (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni) e di $S_e(T)$ (ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente) con prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento; quest'ultimo è funzione del tipo di costruzione e della classe di uso. Considerando l'edificio in progetto come edificio strategico, l'opera ricade in classe IV ($C_u = 2.0$) con vita nominale ≥ 100 anni.

In base a quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 (§ 7.11.3.5.2) a_{max} è descritta dalla seguente formula:

$$a_{max} = S_s * S_t * a_g \text{ dove}$$

S_s = fattore di correzione stratigrafica associato alla categoria di suolo di fondazione

S_t = fattore di amplificazione topografica

a_g = accelerazione sismica al *bedrock* (substrato roccioso) in cui ha origine l'onda sismica.

Nel caso specifico, i risultati della prova sismica realizzata nell'area di intervento hanno evidenziato che la categoria del suolo di fondazione è di **tipo C** (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti

con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s) per cui il fattore S_s deriva dalla seguente formulazione:

$$1 \leq 1,7 - 0,6 F_0 a_g / g \leq 1,5$$

dove F_0 è l'amplificazione spettrale massima in accelerazione orizzontale.

I parametri a_g , F_0 e T_c^* sono ricavati, in base ai valori di latitudine e longitudine del sito di intervento, con il programma sperimentale "Spettri di Risposta" del Consiglio Superiore dei LL.PP., considerando un tempo di ritorno di 1898 anni si ottiene:

$$a_g = 0,19 \text{ g}$$

$$F_0 = 2,514$$

$$T_c^* = 0,277 \text{ s}$$

Di conseguenza il parametro S_s assume il valore di 1,41.

Il parametro S_t , trattandosi di superficie topografica sub-pianeggiante, assume il valore di 1,0 (categoria topografica T1).

Utilizzando questi parametri si ottiene il valore di a_{max} che è pari a **0,268 g**.

4. VALUTAZIONI

Sulla base di quanto esposto in merito:

- all'assetto geomorfologico;
- alla situazione stratigrafica;
- alla situazione idrogeologica ed idrografica;
- alle condizioni di vulnerabilità sismica;

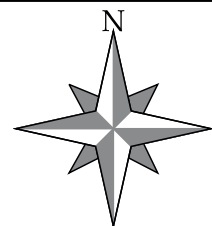
si ritiene che gli interventi di miglioramento anti-sismico, previsti presso la Scuola Secondaria di Primo Grado "G.F. Re" di Condove, siano compatibili con l'assetto geomorfologico, idrogeologico, geologico e sismico locale.

Avigliana, 20/07/2015

Dott. Geol. Stefania Goffi

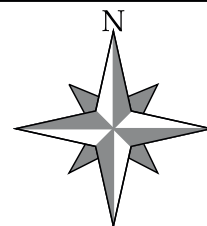
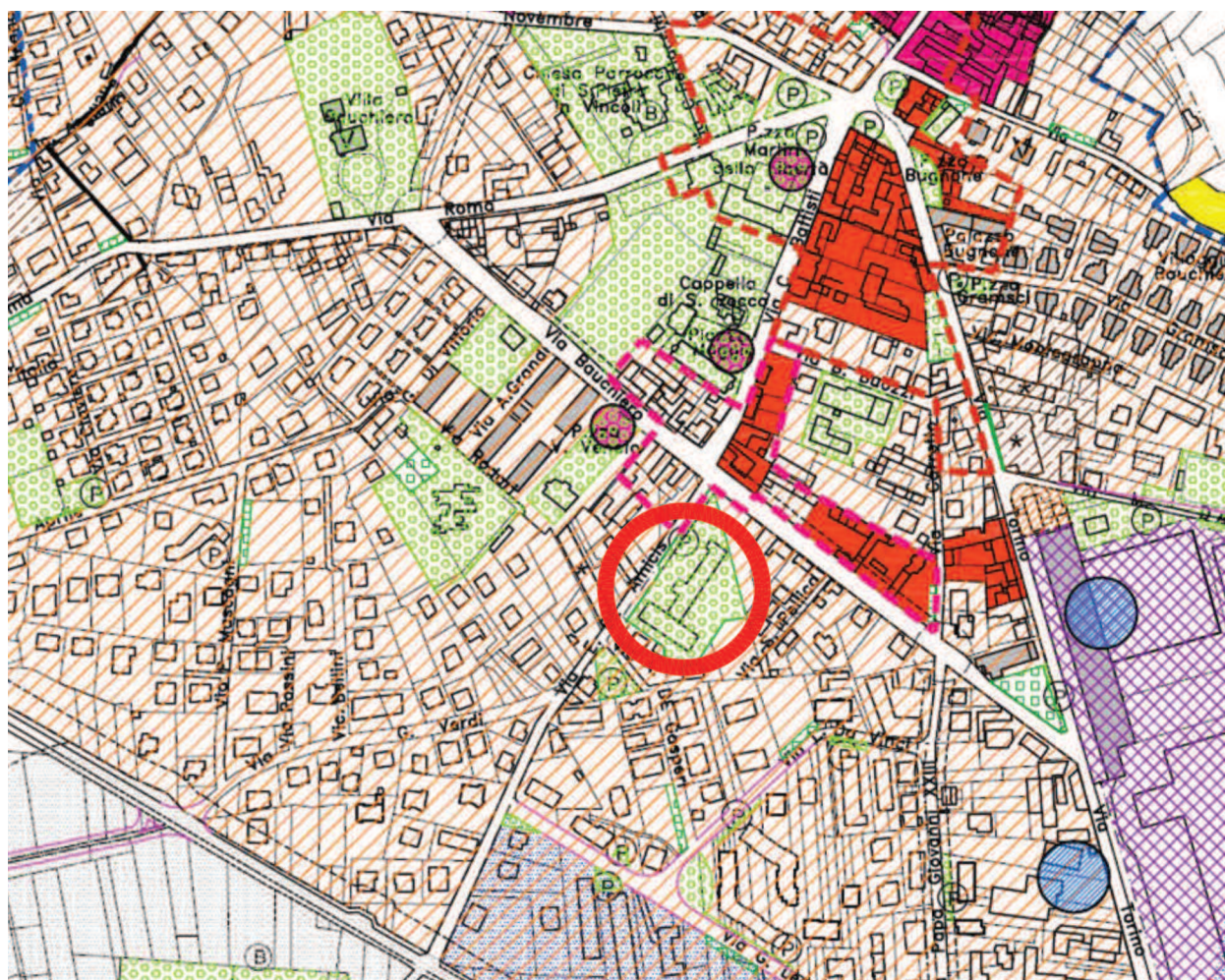


Dott.ssa Geol. GOFFI Stefania
v. Flli Giroto 4 - AVIGLIANA (TO)



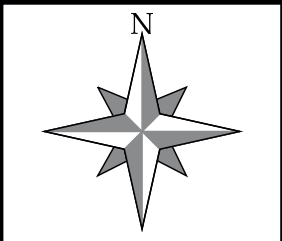
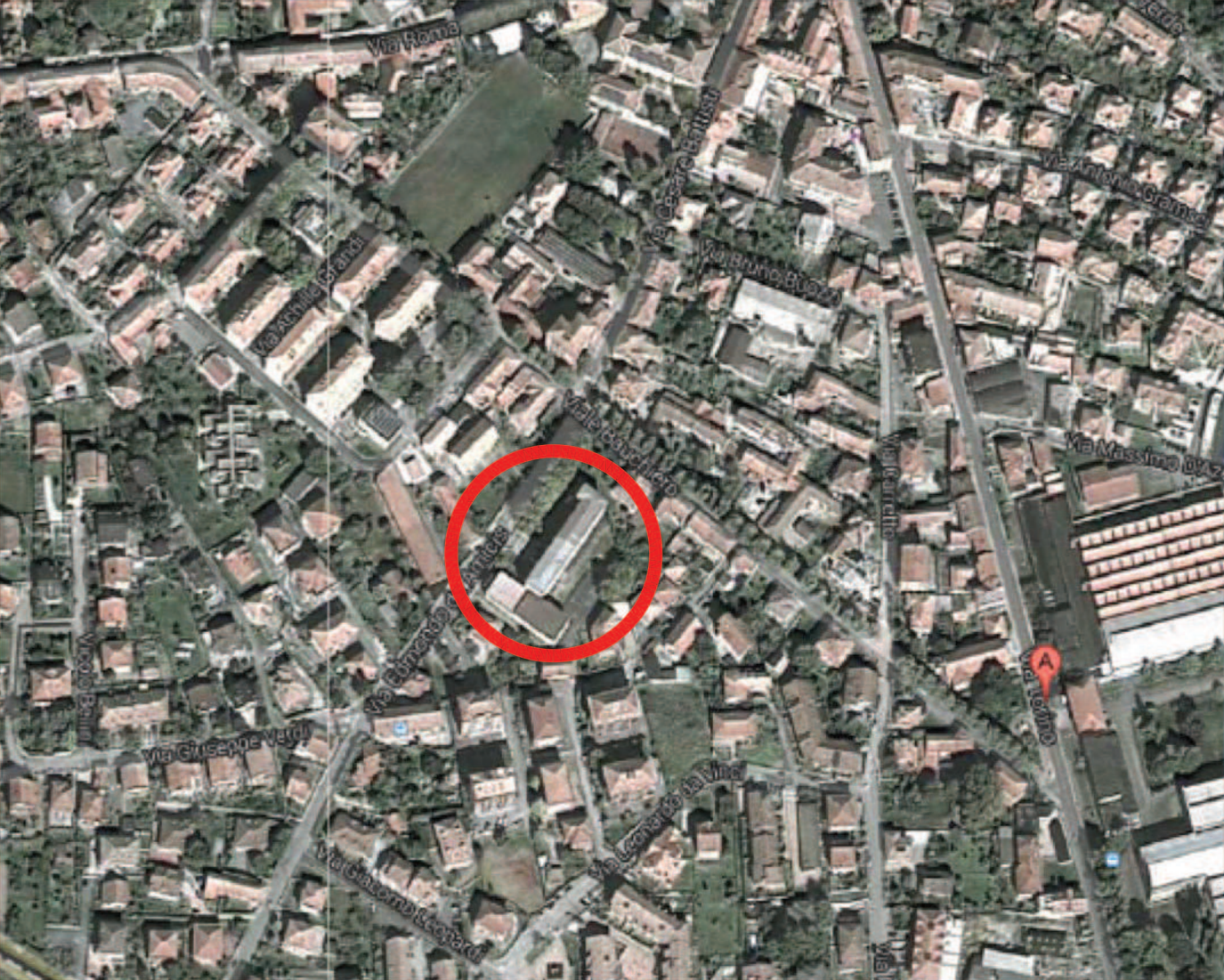
TAV. 1: Estratto della C.T.R. - Sez. 154080 - con ubicazione dell'area di intervento
(Scala 1:10.000).

Dott. Geol. GOFFI Stefania
v. Flli Girotto 4 - AVIGLIANA (TO)



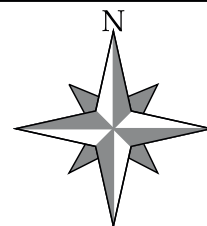
TAV. 2: Estratto di P.R.G.C. (Scala 1:5.000).

Dott. Geol. GOFFI Stefania
v. Flli Giroto 4 - AVIGLIANA (TO)



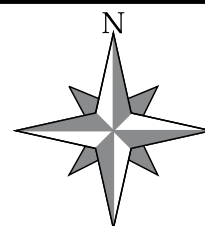
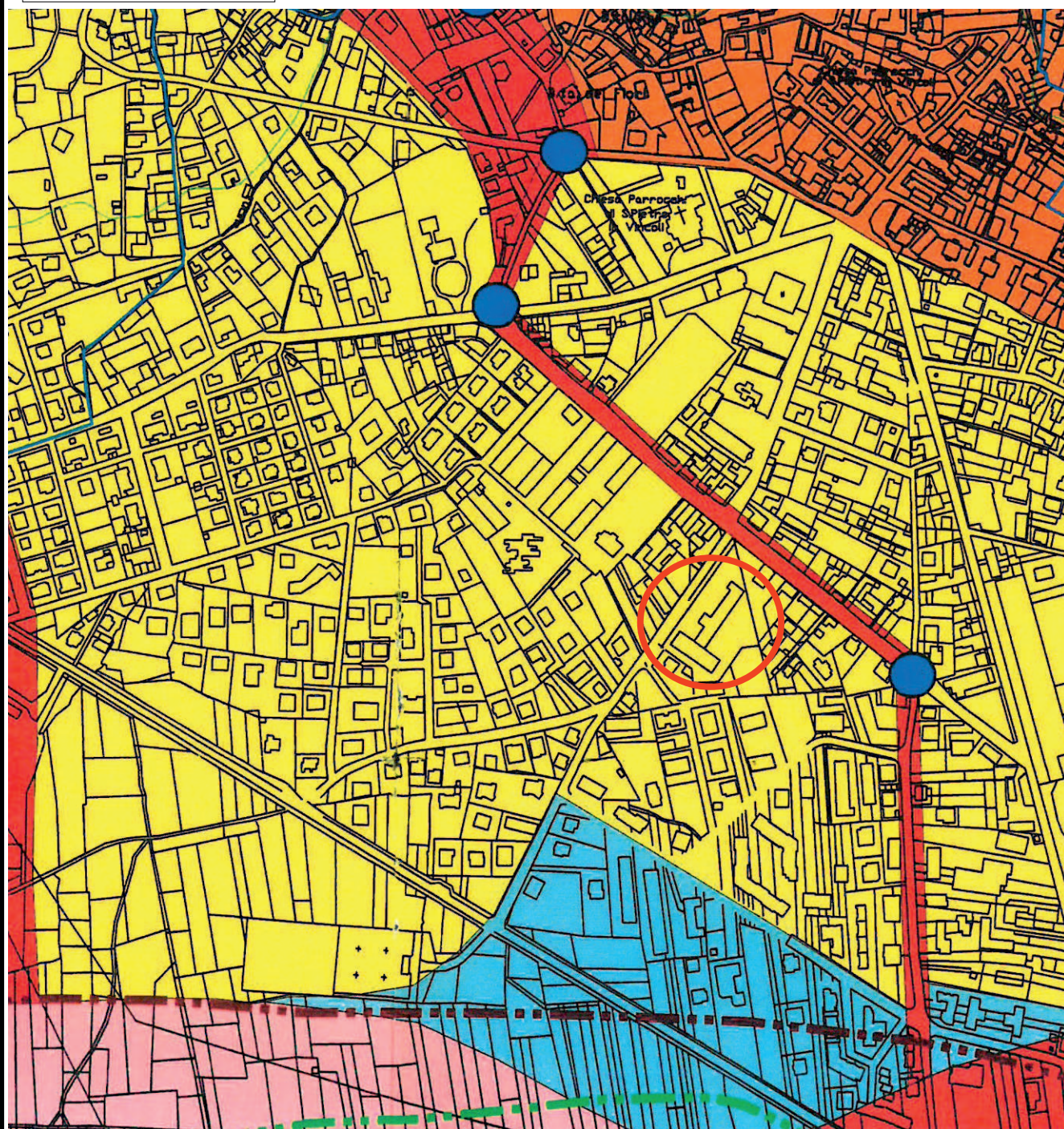
TAV. 3: Estratto fotografico satellitare con ubicazione dell'area di intervento.

Dott.ssa Geol. GOFFI Stefania
v. Flli Giroto 4 - AVIGLIANA (TO)

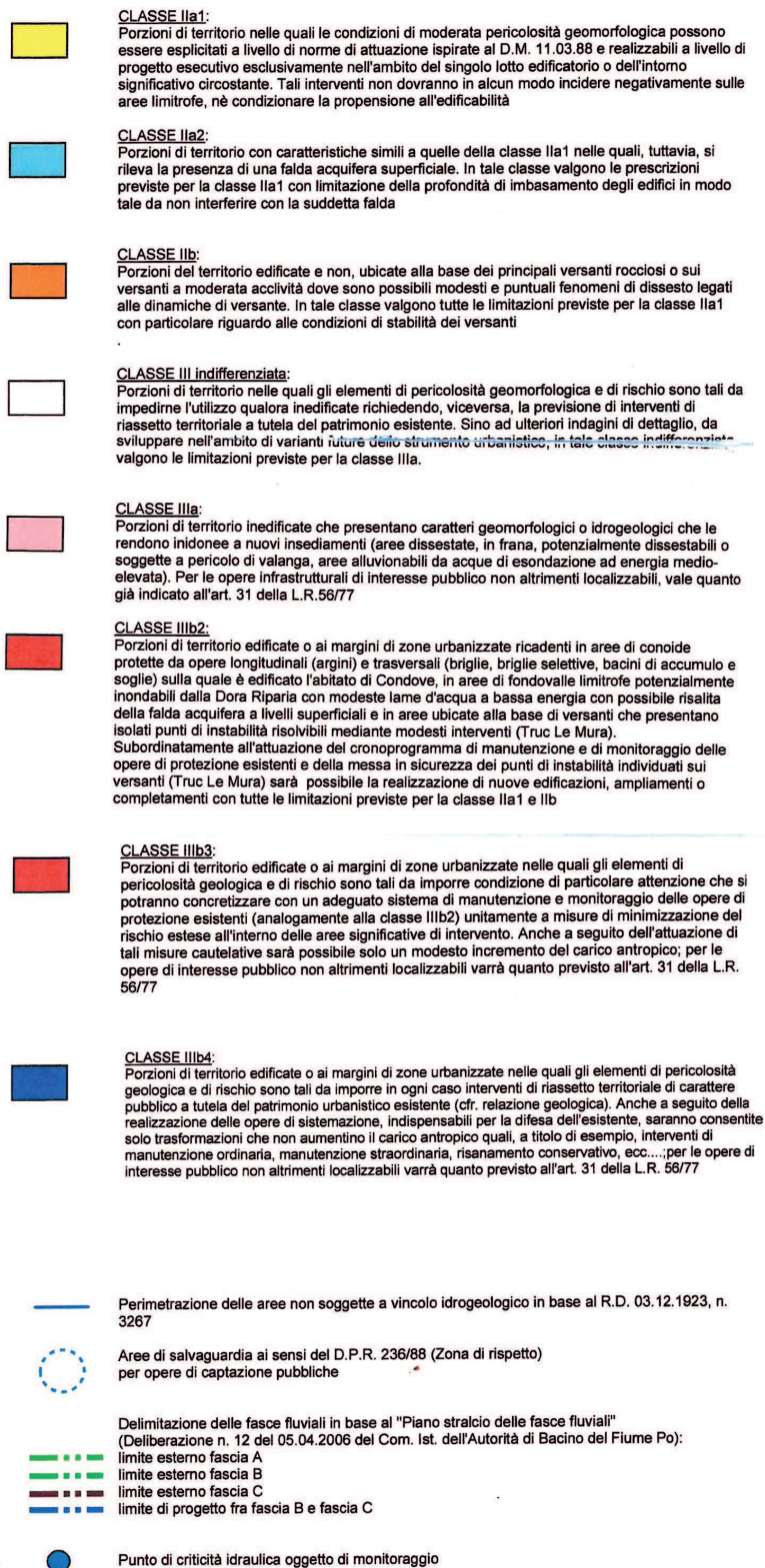


TAV. 4: Estratto della Carta Geologica d'Italia - Foglio 154, Susa - con ubicazione dell'area di intervento (Scala 1:50.000).

Dott. Geol. GOFFI Stefania
v. Flli Girotto 4 - AVIGLIANA (TO)



TAV. 5: Estratto della «Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica - Zona Fondovalle» allegata al P.R.G.C. del Comune di Condove con ubicazione dell'area di intervento (Scala 1:5.000).



TAV. 6: Ledenda della «Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica - Zona Fondovalle» allegata al P.R.G.C. del Comune di Condove .

ALLEGATO

Comune di Condove

Sito di indagine:
Scuola Media "Re", Condove (TO)



Indagine sismica con metodologia MASW finalizzata alla determinazione
del parametro V_{s30} per la classificazione sismica dei suoli

Relazione Tecnica

Relazione n.: 3074/15
Revisione n.: 0
Data: 05/06/15
Redatto da: Dott. Ing. Fabrizio Fantini
Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi

1	Introduzione	pag. 1
2	Strumentazione utilizzata	pag. 1
3	Acquisizione ed elaborazione dati	pag. 1
4	Normativa sismica vigente	pag. 2
5	Risultati della prova MASW	pag. 4

ALLEGATO A Certificato esito prova MASW

ALLEGATO B Cenni teorici sulla metodologia MASW

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate presso:

Sito: Scuola Media "Re", Condove (TO)				Regione: Piemonte	
Norm. regione: D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 e s.m.i.				Zona sismica: 3	
Progetto: Classificazione sismica del sedime scolastico					
Coordinate GPS	Datum:	Proiezione:	Zona:	EST:	NORD:
	WGS84	UTM	32T	367083	4997047

Scopo dell'indagine è definire il parametro V_{s30} per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti). In quanto segue si illustrano ed analizzano i risultati ottenuti.

2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link III, Seismic Source Ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Cenni relativi alla metodologia di indagine sono riportati in Appendice B.

3 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Come detto nel capitolo introduttivo, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW, la cui ubicazione viene riportata in Allegato A – pag. 1).

La prova, secondo quanto previsto dagli standard internazionali riportati nella Tabella 1 della pagina seguente, è stata eseguita con un set-up di acquisizione composto da:

Geofoni	Numero	Frequenza [Hz]	Interasse [m]	Lungh. linea [m]
	24	4.5	2	46
Energizzazioni	Mazza [Kg]	Punti energ. [n°]	Max dist.da G1 [m]	Min dist.da G1 [m]
	10	5	20	4

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

Tabella 1 - Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine

Depth (Z_{max}) ¹ (m)	Source (S) ² (lb)	Receiver (R) ³ (Hz)	Receiver Spread (RS) (m)			
			Length ⁴ (D)	Source Offset ⁵ (X ₁)	Receiver Spacing (dx)	
					24-ch*	48-ch
≤ 1.0	≤ 1 (1)**	4.5–100 (40)	1–3 (2.0)	0.2–3.0 (0.4)	0.05–0.1 (0.1)	0.02–0.05 (0.05)
1–5	1–5 (5)	4.5–40 (10)	1–15 (10)	0.2–15 (2)	0.05–0.6 (0.5)	0.02–0.3 (0.25)
5–10	5–10 (10)	≤ 10 (4.5)	5–30 (20)	1–30 (4)	0.2–1.2 (1.0)	0.1–0.6 (0.5)
10–20	≥ 10 (20)	≤ 10 (4.5)	10–60 (30)	2–60 (10)	0.4–2.5 (1.5)	0.2–1.2 (1.0)
20–30	≥ 10 (20)	≤ 4.5 (4.5)	20–90 (50)	4–90 (10)	0.8–3.8 (2.0)	0.4–1.9 (1.5)
30–50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	30–150 (70)	6–150 (15)	1.2–6.0 (3.0)	0.6–3.0 (2.0)
> 50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	> 50 (150)	> 10 (30)	> 2.0 (6.0)	> 1.0 (4.0)

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis V. 4.02 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

4 NORMATIVA SISMICA VIGENTE

La normativa vigente individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna (V_{s30}) e viene calcolato mediante la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = spessore dello strato i-esimo (espresso in m)
 V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo (espresso in m/s)
 N = numero totale di strati presenti nei primi 30 m di suolo

Nella Tabella 2 riportata nella pagina seguente, si presenta la classificazione sismica prevista dal Decreto Ministeriale del 14.01.2008 (T.U. costruzioni).

Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo la vigente normativa sismica italiana

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs ₃₀ [m/s]	N _{SPT}	Cu [kPa]
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m	> 800		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati, o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 150	< 15	< 70
E	Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs ₃₀ > 800 m/sec)			
S1	Depositi di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	< 100		< 20 > 10
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti			

In merito alla categoria E, secondo quanto indicato nel *Quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08* ad opera del Gruppo Interregionale dell'Ordine dei Geologi, appare poco cautelativo individuare nei suoli tipo C e D, aventi Vs₃₀ inferiori a 360 m/s, i terreni "pericolosi", senza un riferimento specifico al contrasto di rigidezza sismica tra copertura e bedrock: coperture anche più "veloci" delle categorie C e D possono risultare ugualmente pericolose in funzione di una velocità del bedrock superiore agli 800 m/s. In quest'ottica possono risultare di grande aiuto anche le misure di rumore sismico ambientale a stazione singola.

Partendo dal presupposto che il contrasto minimo di velocità sismica per entrare in categoria di sottosuolo E vale $V_{\text{contr}} = 800/360 \approx 2.2$, è ragionevole assumere, in presenza di spessori della copertura ≤ 20 m anche con velocità superiore a 360 m/s ma con contrasto di velocità $V_{\text{contr}} \geq 2.2$, categoria di sottosuolo E.

5 RISULTATI DELLA PROVA MASW

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato in Allegato A – pag. 2, evidenzia un assetto sismo-stratigrafico descritto nella tabella seguente.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 25	Sottosuolo costituito da terreni a rigidità bassa lievemente crescente con la profondità	175 ÷ 270
2	25 ÷ 30	Livello sottostante costituito da materiali mediamente addensati	350

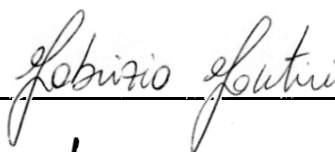
Il valore di Vs calcolato al piano campagna è pari a 258 m/s. Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "C".

Vs ₃₀ [m/s]	Classe di suolo	Profilo stratigrafico
258	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità

Techgea S.r.l.

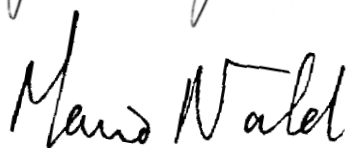
Relazione redatta da:

Dott. Ing. Fabrizio Fantini



Controllata da:

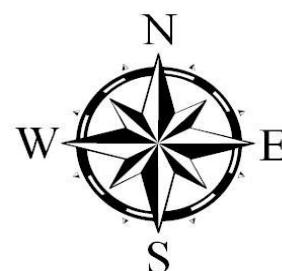
Dott. Geol. Mario Naldi



ALLEGATO A
Certificato esito prova MASW

COMMITTENTE	Comune di Condove	  
RELAZIONE	3074/15	
LOCALITA'	Scuola Media "Re", Condove (TO)	
DATA	05/06/2015	
		ALLEGATO A
		Pagina 1

UBICAZIONE INDAGINE MASW



LEGENDA

- Stendimento linea MASW
- Centro linea MASW
Ubicaz. profilo Vs₃₀

Ubicazione centro MASW

Coordinate UTM WGS84

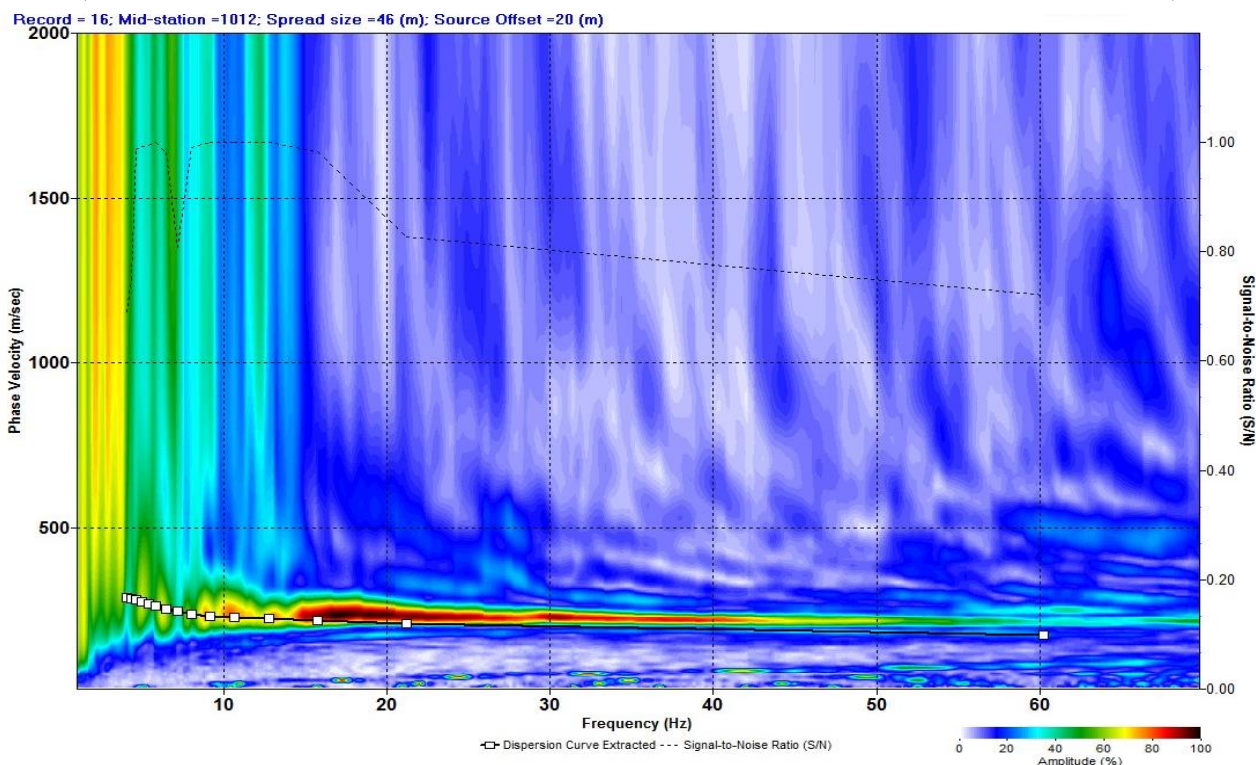
Zona	32T
EST	367083
NORD	4997047

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

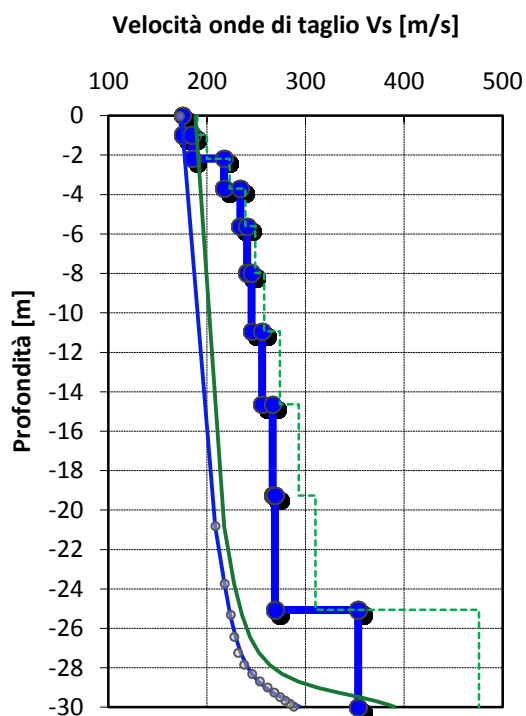


COMMITTENTE	Comune di Condove	SISMOGRAFO	DAQ LINK III	
RELAZIONE	3074/15	GEOFONI	24 (freq. 4.5 Hz)	
LOCALITA'	Scuola Media "Re", Condove (TO)	ACQUISITION TIME	1.0 s	ALLEGATO A
DATA	05/06/2015	SAMPLE INTERVAL	0.250 ms	Pagina 2

PROVA MASW - SPETTRO IN FREQUENZA E CURVA DI DISPERSIONE ESTRATTA



PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



LEGENDA

Modello di velocità Vs

- Vs iniziale
- Vs finale

Curva di dispersione V_{fase}/f

- Curva di disp. iniziale
- Curva di disp. Finale
- Modo fond. misurato

MODELLO Vs A 10 STRATI

Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a	
1	0.0	-1.0	175
2	-1.0	-2.2	185
3	-2.2	-3.7	217
4	-3.7	-5.6	234
5	-5.6	-8.0	241
6	-8.0	-10.9	245
7	-10.9	-14.6	256
8	-14.6	-19.3	267
9	-19.3	-25.1	269
10	-25.1	-30.0	353

Codice di calcolo: SurfSeis 4.02

SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs ₃₀ [m/s]
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	258 (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30 m)

ALLEGATO B

Cenni sulla metodologia MASW

CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA DI INDAGINE MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (Surface Waves Multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che, per i limiti indotti dal campionamento, non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nelle Figure 1, 2 e 3, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione dati (Figura 1);
- 2) Elaborazione dati (Figura 2);
- 3) Inversione numerica (Figura 3).

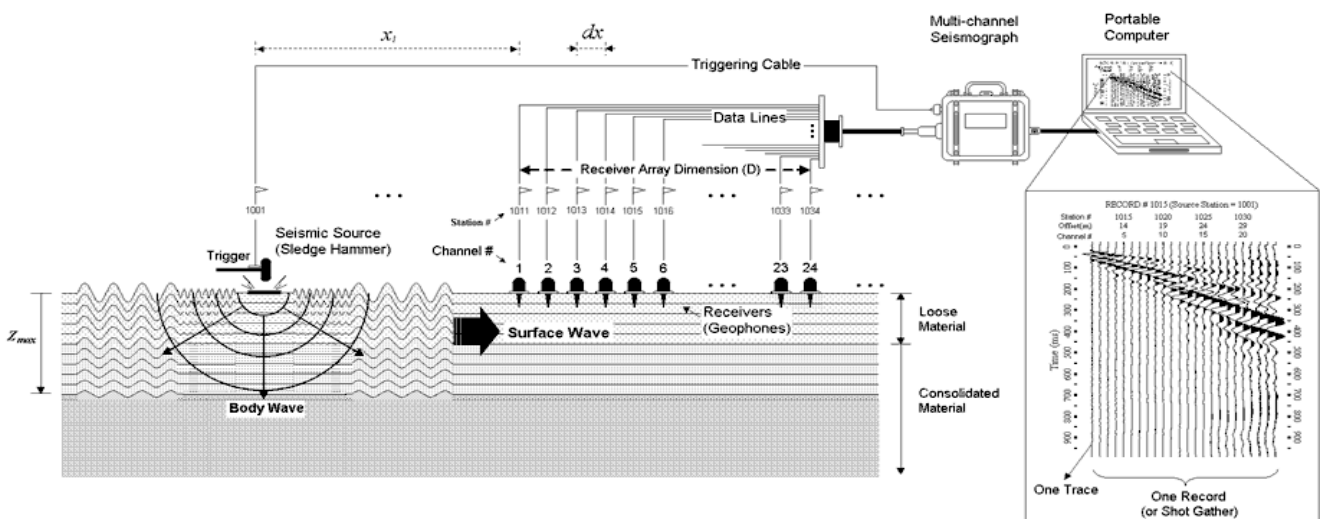


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis® versione 4.0.2, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere la curva di dispersione delle onde di Rayleigh, nell'ipotesi che, nell'intervallo di frequenze analizzato, le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali, nonché un comportamento dispersivo delle stesse.

Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_R, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).

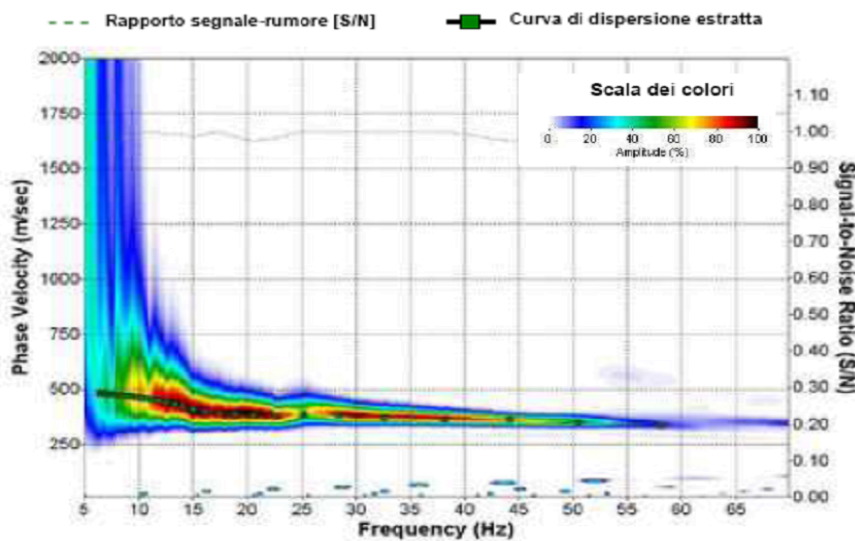


Figura 2 - Curva di dispersione della velocità V_s in funzione della frequenza e della velocità di fase

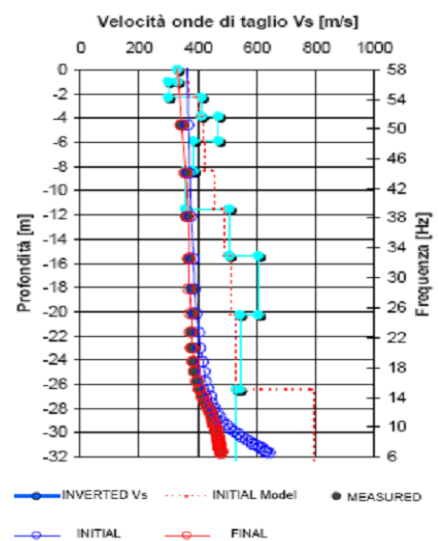


Figura 3 - Modello di propagazione delle velocità delle onde V_s