Geol. Andrea Giorgi
Fraz. Fareur 17, 11010 Sarre – tel: 3475150275 fax:0165 257752
C.F. GRGNDR79B15A326S – P.I. 01105570079 – e-mail: andre.gio79@gmail.com

Geol. Andrea Giorgi

COMMITTENTE: DEVAL S.p.A. a s.u.

Sito di indagine: Loc. Strada Grand Ru

Comune di COURMAYEUR



INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW FINALIZZATA ALLA CLASSIFICAZIONE DEL PARAMETRO V_{SEQ} PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

STUDIO DI COMPATIBILITÀ CON STATO DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

RELAZIONE TECNICA

DEVAL S.p.A. a s.u.
Presidente e AD
Giorgio Pession

Sarre 09-10-2018

SOMMARIO

1. PREMESSA 2
2. QUADRO NORMATIVO 2
3. NOTE METODOLOGICHE 4
3.1 Cenni teorici sulla metodologia MASW 4
3.2 Strumentazione tecnica utilizzata 7
3.3 Caratteristiche dello stendimento eseguito 7
4. ELABORAZIONE E RISULTATI INDAGINE MASW 9
5. DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DEL SITO 13
6. CARATTERIZZAZIONE GETECNICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLE FONDAZIONI DEI SOSTEGNI DELLA LINEA MT 13
7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
8. ALLEGATO FOTOGRAFICO 19

1. PREMESSA

Su incarico della Soc. DEVAL S.p.A. a s.u., nell'ambito del progetto di *REALIZZAZIONE DI CABINA ELETTRICA IN LOC. STRADA GRAND RU* nel Comune di Courmayeur, in data 05/10/2018, è stata eseguita una campagna di indagini volta alla **caratterizzazione sismica e geotecnica** del sito oggetto di intervento. Nel dettaglio è stata eseguita una prospezione sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) finalizzata alla definizione del parametro $V_{S,eq}$ per la classificazione sismica del suolo (in accordo al D.M. 14.01.2008 e s.m.i. N.T.C. 2018) ed un analisi a carattere geologico geotecnico dell'area.
La seguente relazione illustra le modalità esecutive e i risultati dell'indagine realizzata.

2. QUADRO NORMATIVO

Per la definizione dell'azione sismica è necessario individuare la classe di suolo, secondo le modalità di seguito esposte. La normativa di riferimento è rappresentata dalle N.T.C. 2008 aggiornate dal D.M. n. 8 del 17.01.2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. 2018)», e raccomanda la misura diretta della velocità delle onde sismiche come primario approccio per la caratterizzazione geotecnica a fini sismici come disposto al §7.11.3 (N.T.C. 2008). L'obiettivo del presente lavoro è dunque quello di definire il profilo verticale delle velocità di taglio "Vs" alle varie profondità dedotte, in modo tale da poter dedurre il valore di $V_{S,eq.}$"velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio", e quindi la Categoria di Sottosuolo, secondo quanto esplicitamente imposto dalle N.T.C. 2018 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE, di seguito riportato nelle parti salienti:

Categorie di sottosuolo
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Riguardo a considerazioni sull'interpretazione del contesto litostratigrafico dei terreni in esame è da specificare, che, le prospezioni sismiche MASW sono sempre indagini indirette. In ogni caso è sempre raccomandabile combinare i dati ottenuti da tale tipologia d'indagine con l'impiego di indagini dirette, oggetto di altro studio.

Le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata, le modalità di esecuzione della prova, l'interpretazione dei risultati ed i relativi grafici sono riportati nei paragrafi successivi.

3. NOTE METODOLOGICHE

3.1 Cenni teorici sulla metodologia MASW

L'indagine sismica con metodologia **MASW "Multichannel Analysis Of Surface Waves"**, consiste in una tecnica di superficie non invasiva, che permette di individuare i profili delle velocità delle onde di taglio "Vs" in relazione alla misurazione delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori utilizzati ("geofoni verticali").
L'indagine sismica con tecnica MASW si fonda sull'apprendimento della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh, che danno il contributo preponderante alle onde superficiali, la cui velocità è correlata alla rigidezza degli spessori di terreno interessati dalla propagazione delle stesse onde; in mezzi non omogenei le velocità delle onde Vs variano con la profondità. Come specificato, infatti, nella letteratura tecnica proposta da svariati autori, in mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive, in quanto onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980), e ciò sta ad indicare, che le velocità di fase apparenti delle onde di Rayleigh dipendono dalla frequenza di propagazione; pertanto, si hanno velocità differenti per differenti valori di frequenza. In mezzi eterogenei, le onde superficiali hanno velocità di fase che sono in funzione della frequenza. La condizione specificata è in relazione alla distribuzione spaziale delle caratteristiche sismiche dei substrati litologici, e la relazione che associa la frequenza alla velocità di fase è rappresentata dalla **curva di dispersione**. Alle alte frequenze la velocità di fase corrisponde con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre alle basse frequenze con la velocità dello strato più profondo.

La curva di dispersione risulta essere importante nel caso delle onde di Rayleigh per la caratterizzazione dei terreni, in quanto si pone in relazione alle caratteristiche di rigidezza del sottosuolo. La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multimodale, poiché in corrispondenza di una certa frequenza possono esserci diverse lunghezze d'onda. Ad una specificata frequenza possono infatti coincidere differenti velocità di fase ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e diversi modi di vibrazione possono mostrarsi nello stesso tempo. La curva di dispersione che scaturisce è una curva apparente, che deriva dalla sovrapposizione delle curve attinenti ai vari modi di vibrazione, e non per forza corrisponde con singoli modi negli intervalli di frequenza.

In termini del tutto generali l'analisi delle onde di superficie avviene in 3 passi fondamentali:

1) acquisizione;

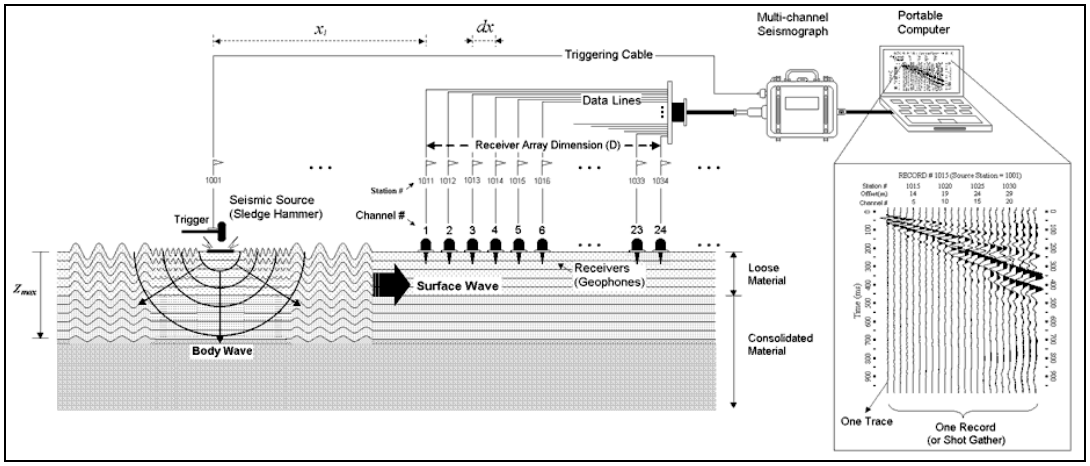


Fig. 1 – Schema di un'acquisizione di tipo MASW

2) determinazione dello spettro di velocità (sul quale identificare la curva di dispersione);

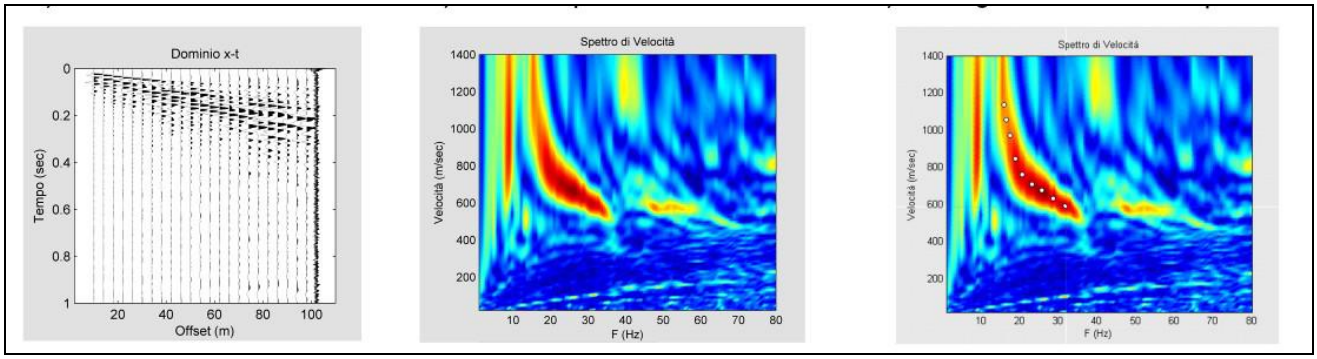


Fig. 2 – Sismogramma, determinazione della curva di dispersione e successiva fase di "picking".

3) inversione (o modellazione) della/e curva/e di dispersione;

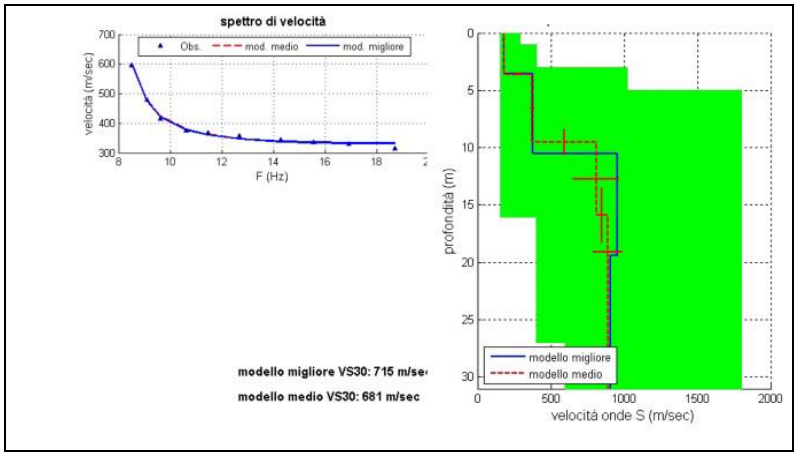


Fig. 3 – Profilo verticale di propagazione delle $V_{s,30}$

Nel caso specifico l'elaborazione dei dati acquisti è stata effettuata per mezzo del programma WinMasw 7.0 della Eliosoft geophysical software and services. A partire dai dati registrati in sito con le acquisizioni multicanale il programma ricostruisce l'immagine di dispersione, detta anche "Overtone", che indica la distribuzione della velocità di fase (asse delle ordinate) delle onde sismiche rispetto alla frequenza d'onda (asse delle ascisse): in particolare, esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La

metodologia più diffusa è rappresentata dall'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 una curva di dispersione per le 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 se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali ed un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocita 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 velocita delle onde di Rayleigh VR, 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 riportata in Fig. 2 utilizzabile nella successiva fase di inversione.

Quindi per mezzo del processo di inversione il programma ricava l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) dei depositi costituenti il sottosuolo secondo la configurazione correlata alla curva di dispersione teorica che meglio approssima (fase di "picking") la curva di dispersione ottenuta. In particolare il programma si avvale di algoritmi genetici che rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing). Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza. I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale). In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erronee.
Gli algoritmi genetici offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

Noti quindi i valori di Vs dei vari orizzonti indagati viene calcolato il valore di $V_{S,eq}$, ossia la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio mediante la relazione di seguito riportata (D.M. 14/01/2008):

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i	spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$	velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N	numero di strati;
H	profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

3.2 Strumentazione tecnica utilizzata

L'acquisizione dei dati sismici è stata effettuata con un sismografo PASI Mod. GEA 24 a 24 canali modello dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit, con interfaccia USB per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (GEA_24) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate. I geofoni verticali utilizzati possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%. L'energizzazione è stata ottenuta con mazza battente da 10 Kg su piastra metallica 20x20 cm. Per l'innesco (trigger) è stato utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo (Fig. 4).





Fig. 4

3.3 Caratteristiche dello stendimento eseguito

Come già anticipato nei paragrafi precedenti, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW il cui stendimento è stato ubicato per questioni di spazio lungo il tratto di marciapiede che si snoda in adiacenza al parcheggio entro cui verrà realizzata la nuova cabina elettrica. Dal punto di vista plano-altimetrico la fascia di terreno lungo cui è stata eseguita la prova sismica si presenta completamente pianeggiante e priva di irregolarità o salti di quota significativi, tali da dover richiedere una correzione geometrica in fase di input dei dati all'interno del software di elaborazione.

Lo stendimento è stato realizzato posizionando 24 geofoni verticali da 4.5 Hz con interasse di 1,5 m, e per l'acquisizione dei dati sono stati individuati un totale di 6 punti di energizzazione ("sorgenti"), disposti a partire dalle estremità della stesa rispettivamente a 3, 5 e 10 m di distanza (offset) dall'ultimo/primo geofono. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici, attivando la procedura di "vertical stacking" in corrispondenza di ciascun punto sorgente di onde, al fine di limitare l'effetto del rumore sismico di fondo e di conseguenza aumentare il Rapporto S/N (Segnale/Rumore).

Le coordinate geografiche UTM riferite al punto mediano del profilo MASW (per il calcolo VS_{eq}) sono le seguenti:

Localizzazione stendimento MASW- Coordinate UTM 32 ED50

- 342.396,83
- 5.073.920,18

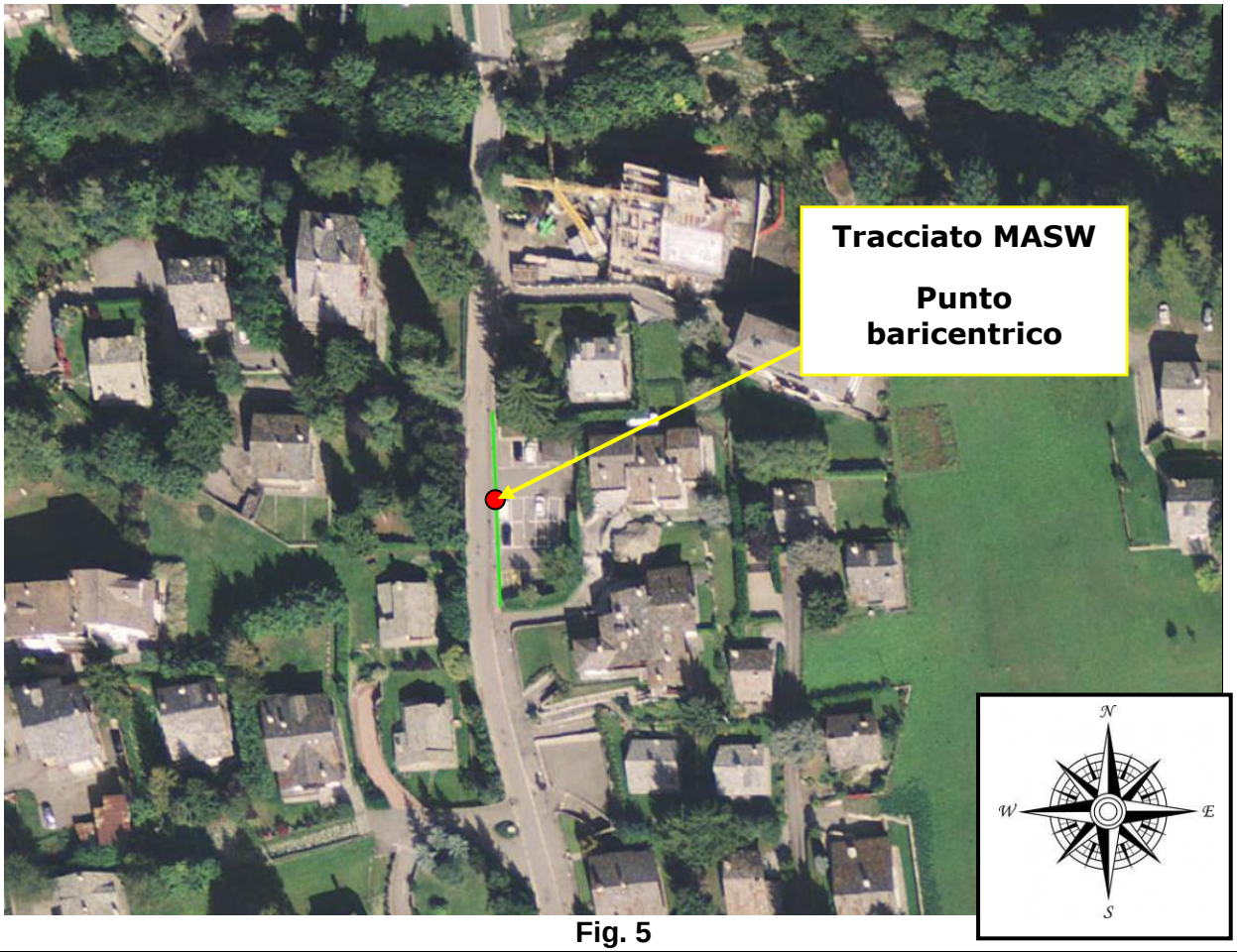


Fig. 5

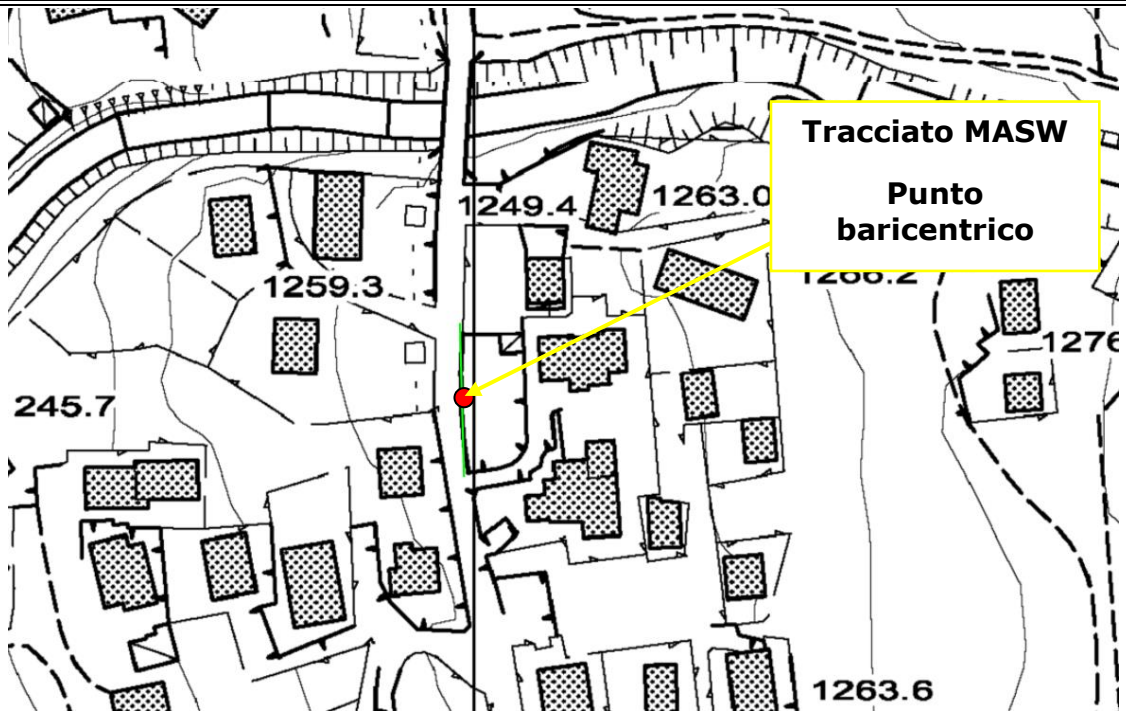
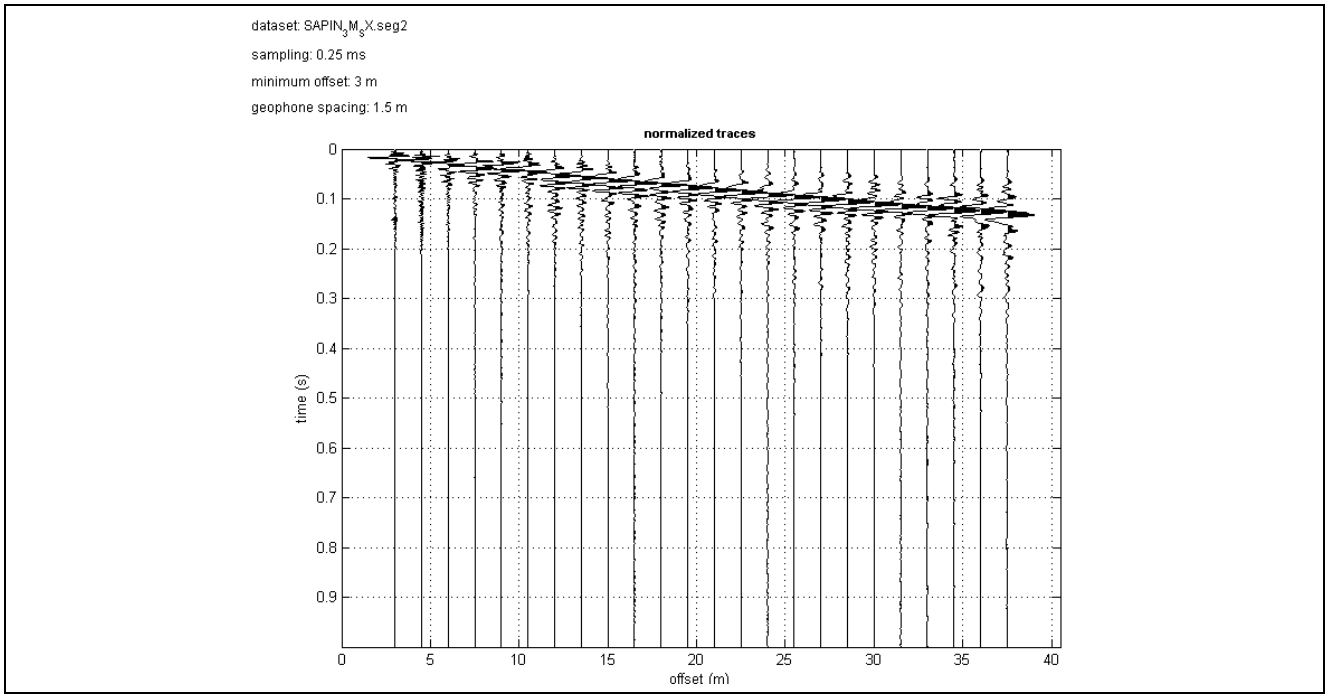


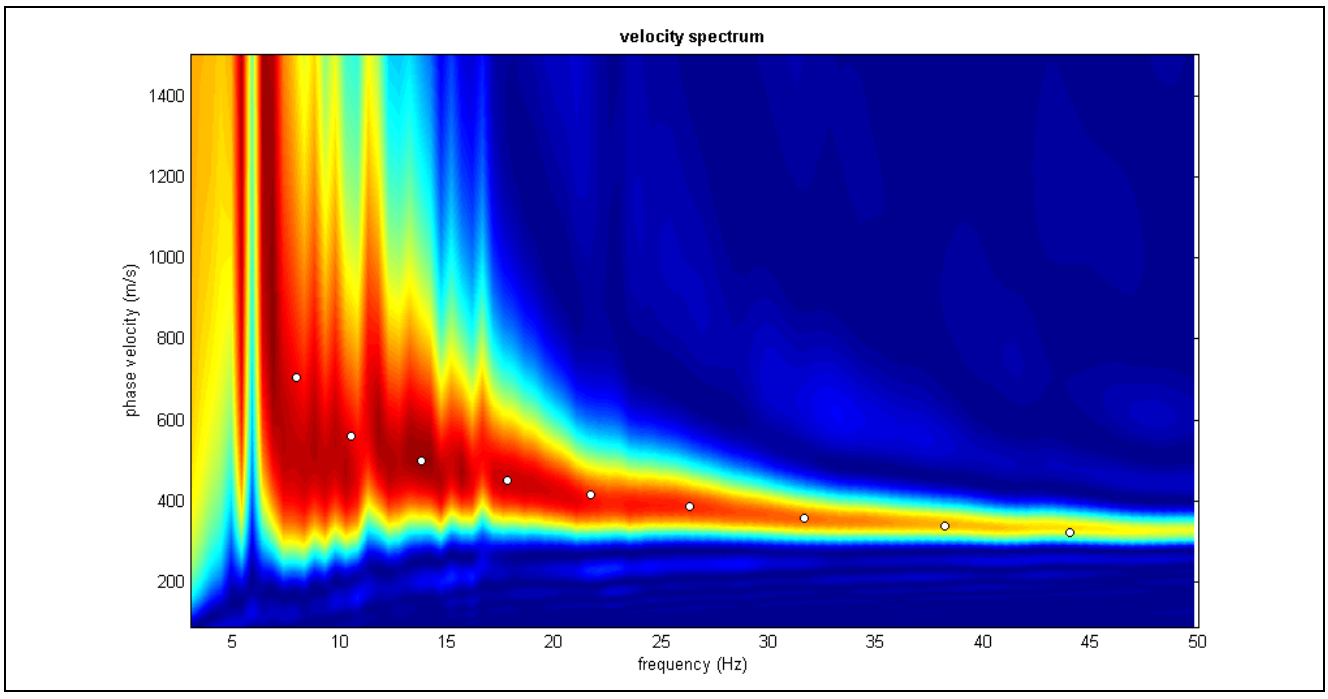
Fig. 6

4. ELABORAZIONE E RISULTATI INDAGINE MASW

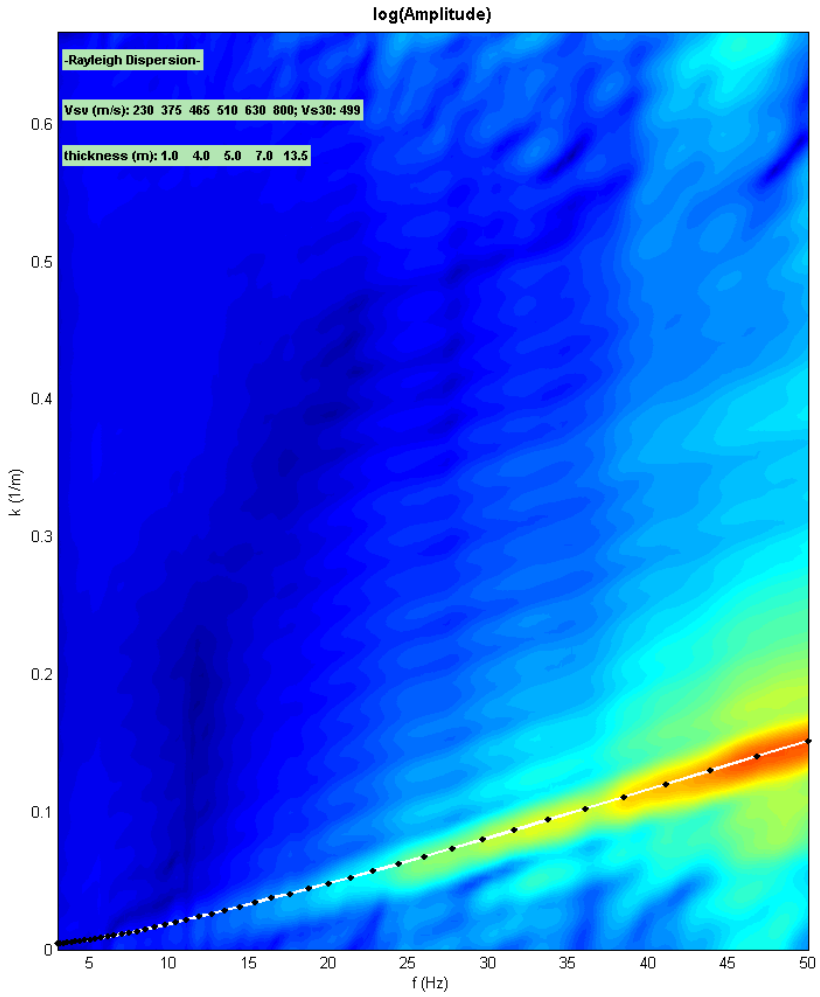
Nel seguente paragrafo vengono riportati i risultati ottenuti prendendo in considerazione 1 degli "scoppi" ritenuto più rappresentativo tra quelli realizzati nella modalità MASW.

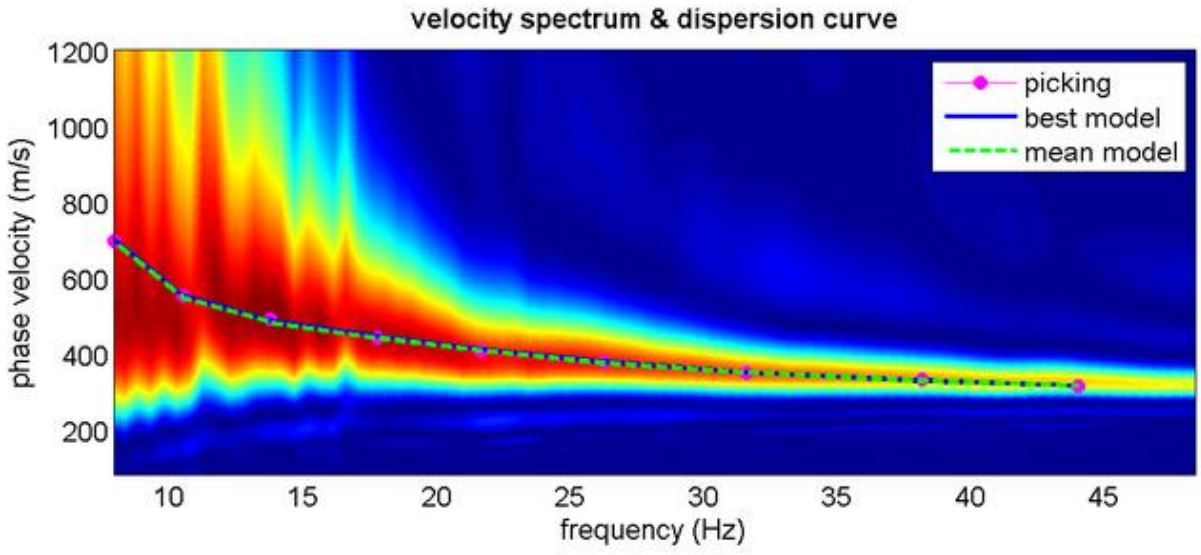
In particolare si riporta di seguito il grafico relativo alle tracce sperimentali acquisite dai vari geofoni con tempo di campionamento pari a 0,25 ms, lo **spettro di frequenza** ed il relativo **spettro di velocità** nel range 0 – 50 Hz con sovrapposizione dei singoli punti corrispondenti all'operazione di "picking" manuale.



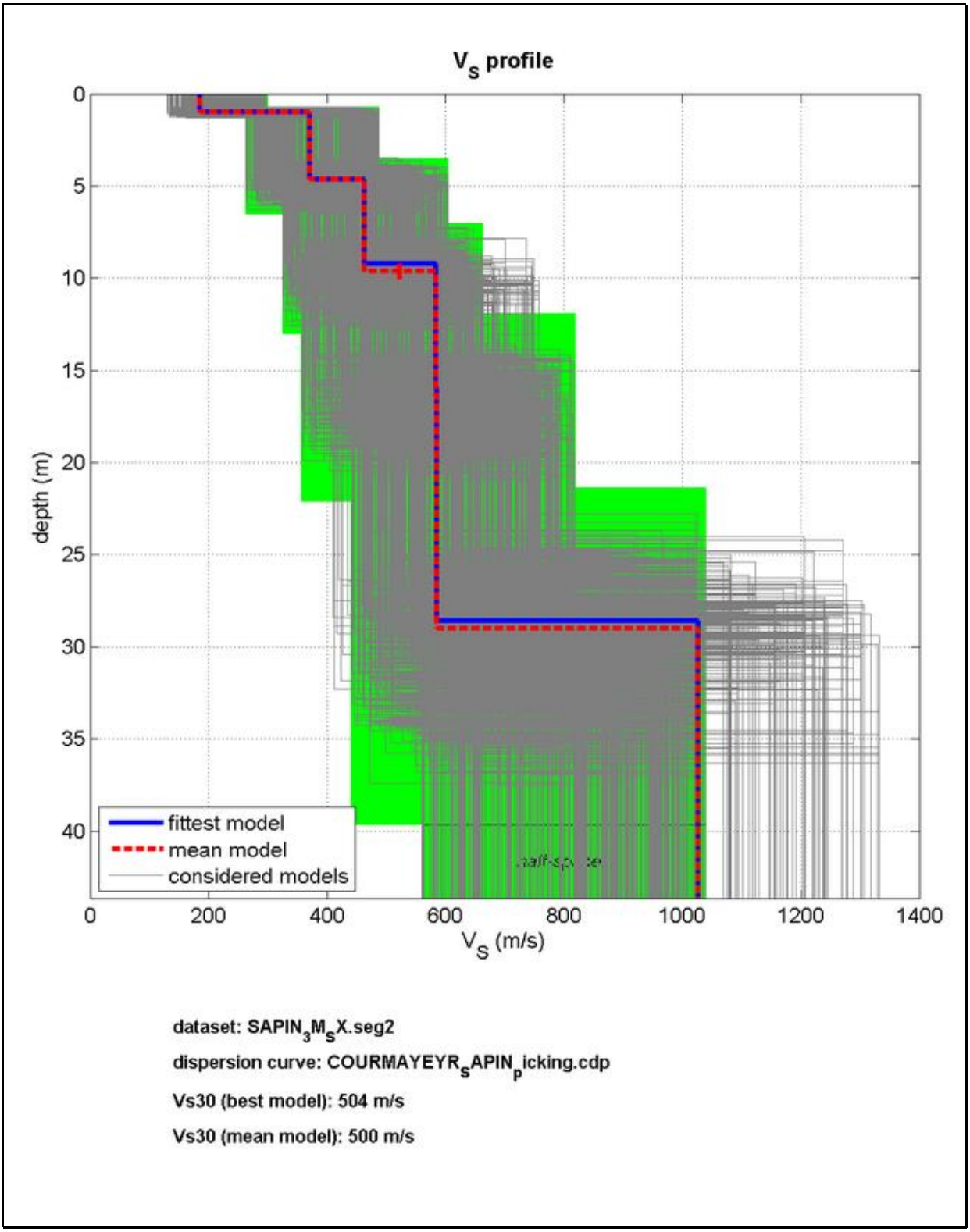


Di seguito viene presentata la **curva di modellazione** utilizzata sovrapposta **allo spettro di velocità nel dominio f/k** e successivamente la **curva di dispersione estratta** tramite operazione di "picking" manuale sovrapposta allo spettro di velocità.

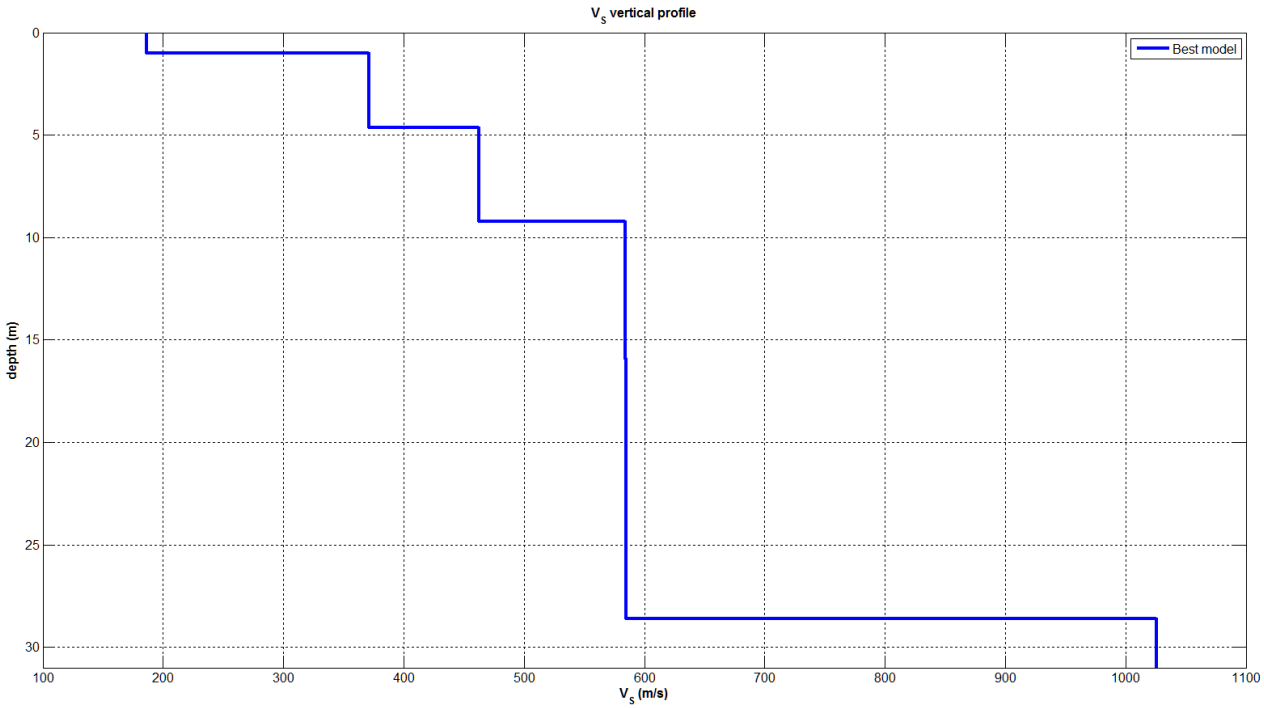




A seguire il profilo verticale delle onde di taglio ottenuto tramite fase di processing ed inversione.



Infine si riporta il profilo verticale delle onde di taglio riferito al “best model” ricavato dalla fase di inversione.



SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs30 CALCOLATO
	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s	
B		**504 m/s**

Vista l'entrata in vigore delle NTC 2018 si introduce il concetto di Vs equivalente. Tale valore di Vs è da calcolarsi quando il substrato rigido (Vs > 800 m/s) si colloca entro i 30 m dal piano di esecuzione dell'indagine.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad [3.2.1]$$

con:

h_i	spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$	velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N	numero di strati;
H	profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Nel caso in esame dal momento che il valore di 800 m/s viene superato solo a partire dai 28 m di profondità rispetto al piano di fondazione del piano del parcheggio ove verrà realizzata la nuova cabina elettrica, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ può essere considerata praticamente analoga a quella del parametro $V_{S,30}$.

5. DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DEL SITO

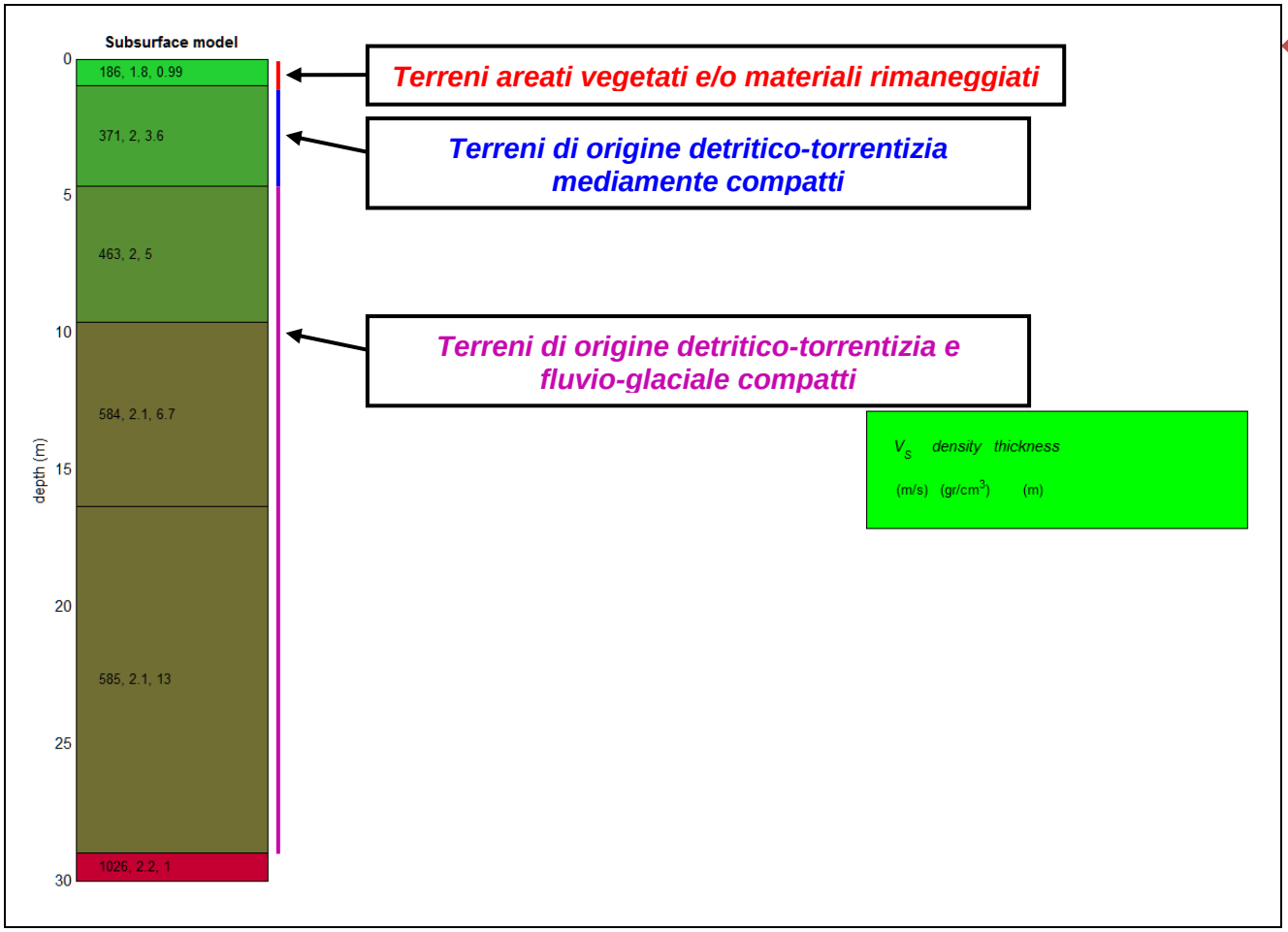
I risultati della prova sismica con metodologia MASW eseguita nel territorio comunale di Courmayeur, in Loc. Strada Grand Ru, per il progetto di "*REALIZZAZIONE NUOVA CABINA ELETTRICA*", ha evidenziato valori del parametro $V_{S,eq}$ compatibili con un suolo di **classe sismica "B"**, pari a **504 m/s**, così definita nella nuova normativa sismica: *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"*.

6. CARATTERIZZAZIONE GETECNICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLE FONDAZIONI DEI SOSTEGNI DELLA LINEA MT

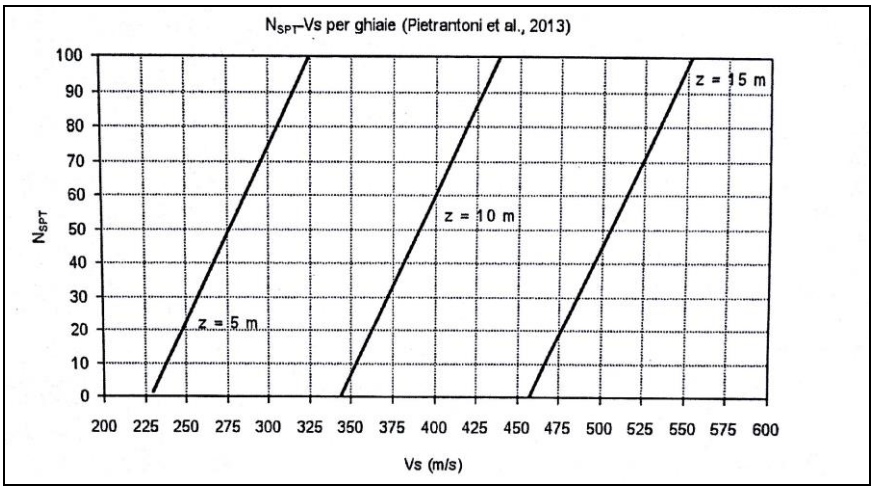
6.1 Modello stratigrafico

Il modello sismostratigrafico ottenuto indica la presenza di uno strato superficiale composto da terreni aerati e vegetati e/o materiali di riporto aventi uno spessore di circa 1,00 m, i quali sono caratterizzati da valori di Vs < 200 m/s. Immediatamente al di sotto di tale strato è presente un secondo strato caratterizzato da depositi detritico-torrentizi legati ad eventi alluvionali ad opera del T. de Tsapy, più addensati avente uno spessore di circa 4,00 m (Vs=371 m/s); la parte sottostante è formata da depositi di origine fluvio-glaciale nettamente più addensati, per uno spessore di circa 25 m (da 370 a 580 m/s) che si spinge pertanto fino a 28 m di profondità al di sotto del piano di esecuzione della prova. Il substrato roccioso dovrebbe trovarsi a profondità maggiori di 25 m circa.

Nella pagina seguente si riporta uno schema riepilogativo (sismo-stratigrafia) dei parametri geotecnici forniti dal programma e riconducibili ai vari sismostrati riconosciuti.

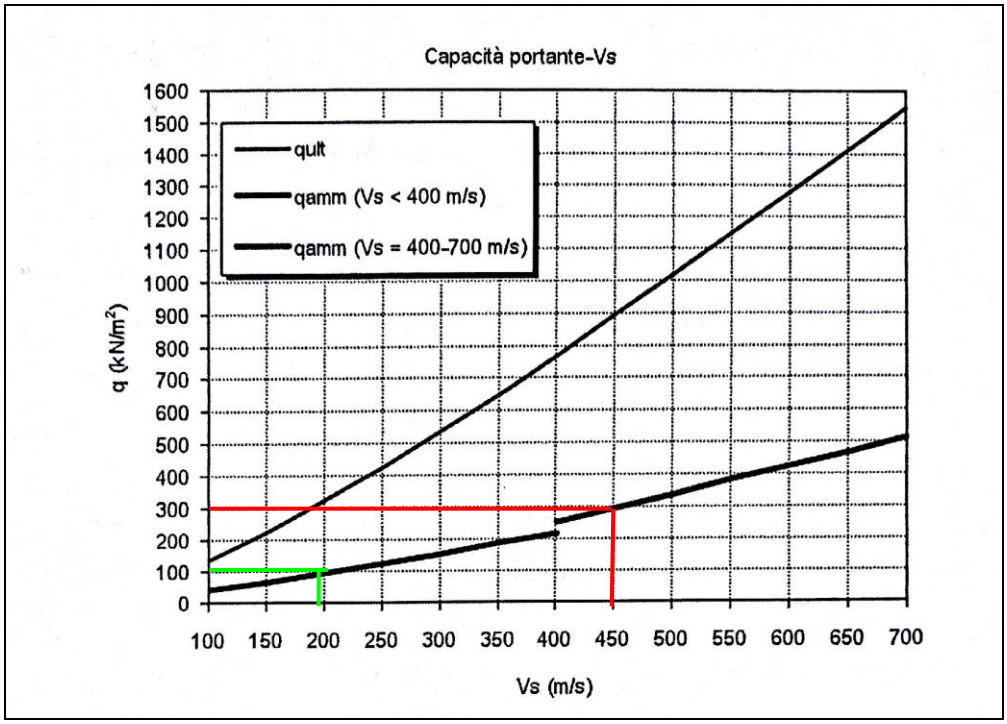


Per giungere alla caratterizzazione geotecnica (angolo di attrito interno e capacità portante) dei terreni interessati dalle fondazioni della cabina elettrica si è fatto riferimento alle interessanti correlazioni esistenti in letteratura tra i parametri geotecnici del terreno ed i valori di *Vs* ricavati in Geofisica applicata. Inizialmente si riporta di seguito a titolo puramente indicativo la correlazione proposta da Pietrantoni et al. nel 2013 tra la Vs (m/s) e l'indice N_{spt} per terreni ghiaiosi a diverse profondità.

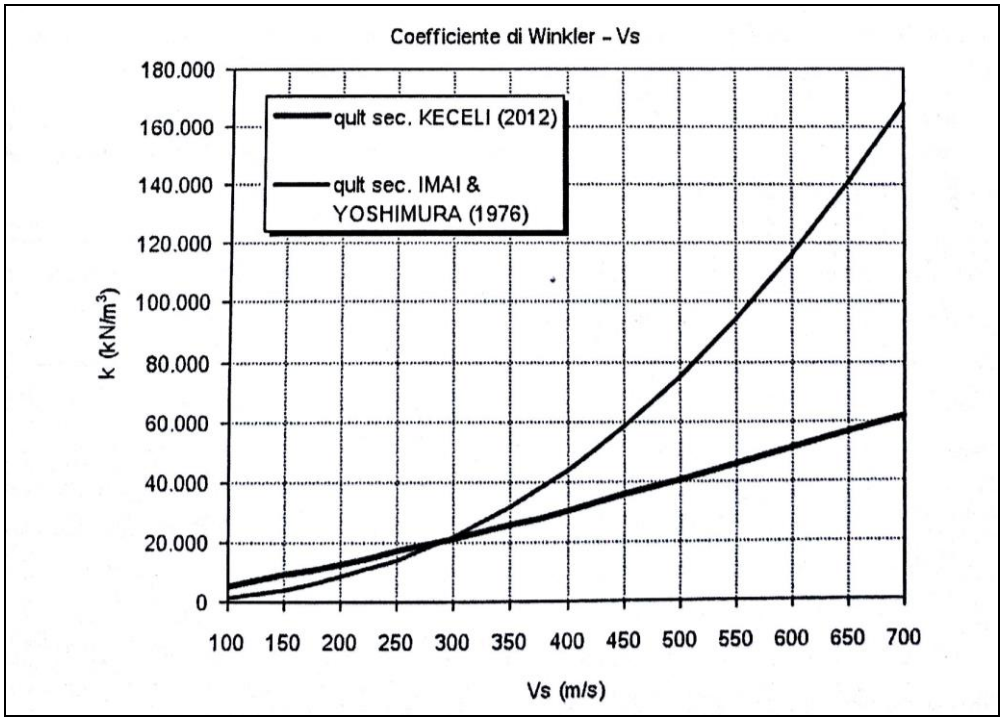


Nel caso specifico si può notare che per i terreni superficiali posti a profondità < 1 m su cui insisterà la platea della cabina elettrica, in base alla correlazione proposta è possibile associare un valore di Nspt pari a circa 10 colpi, considerando un valore di $\mathbf{Vs_{medio}}$ pari a 200 m/s. Per la coltre di sedimenti detritico-torrentizi e fluvio-glaciali posti a profondità > 5,0 m con $\mathbf{Vs_{medio}}$=500 m/s si ottengono valori di Nspt alti pari a 40 colpi.

Particolarmente interessante rappresenta la correlazione proposta da Imai e Yoshimura (1976) che lega la **capacità portante del terreno di fondazione alla Vs**. La valutazione della $q_{ult.}$ consente poi di calcolare il modulo di reazione del terreno (o coefficiente di Winkler) tramite alcune relazione empiriche (Bowles 1997 o Keceli 2012).



Andamento della capacità portante in funzione di Vs.



Andamento del coefficiente di Winkler in funzione di Vs

Nel caso specifico si può notare come la correlazione proposta dagli autori torni molto bene con la situazione reale, in quanto per il terreno più superficiale (terreno vegetale e materiali rimaneggiato) caratterizzato da Vs= circa 200 m/s si ottiene un valore di **Q_{amm}= 1,0-1,2 Kg/cm²**. Allo stesso modo per lo spessore di depositi fluvio-glaciali posto a profondità maggiori, considerando Vs_{medio}= 450 m/s, si ottiene un valore di **Q_{amm}= 2,80-3,00 Kg/cm²**.

Riepilogando, i depositi prevalentemente granulari indagati dovrebbero presentare le seguenti caratteristiche geotecniche (per il parametro relativo alla densità relativa (Dr) e al modulo di deformazione drenato (E'), i valori hanno carattere indicativo e sono frutto di correlazioni con Nspt note in letteratura -Terzaghi & Peck 1967 e D'Apollonia et al. 1970).

- Per lo strato di terreno posto ad una **profondità dal piano di prova compresa tra 0,00 – 1,50 m**:

Tipo di Materiale	***ϕ °***	***C'*** ***Kg/cmq***	***γ_{dry}*** ***t/mc***	***E'*** ***MPa***	***Densità relativa (%)***	***Capacità portante ammiss.*** ***Kg/cmq***
Depositi superficiali vegetali e materiali rimaneggiati	30-32	0	1.80-1.90	10-40	5-30	1,0-1,1

TABELLA A

- Per lo strato di terreno posto ad **una profondità dal piano campagna attuale maggiore di -1,50 m**:

Tipo di Materiale	***ϕ °***	***C'*** ***Kg/cmq***	***γ_{dry}*** ***t/mc***	***E'*** ***MPa***	***Densità relativa (%)***	***Capacità portante ammiss.*** ***Kg/cmq***
Depositi detritico-torrentizi e fluvio-glaciali compatti	33-35	0,05-0,2	1.90-2.1	40-75	50-90	2,2-2,5

TABELLA B

Per quanto concerne i parametri geotecnici riferiti allo strato di terreno più competente e portante, posto al di sotto dei primi metri di terreno rimaneggiato, corrispondente ai terreni che compongono la piana alluvionale di fondovalle ed in particolare il valore di coesione efficace (***c****), si specifica che tale coltre di terreno è caratterizzata da una frazione fine relativamente abbondante composta da sabbia/limosa ma con una componente argillosa pressoché nulla; pertanto è possibile assegnare ad essa un valore di coesione che possiamo definire soltanto "apparente" legata al buon grado di consolidazione dei depositi stessi, ed alla presenza di una notevole classazione dei clasti al loro interno, i quali immersi nella suddetta matrice fine favoriscono un buon grado di incastro tra le particelle granulari. Si tratta in ogni caso di un parametro da considerare apparente e valido solo per scavi temporanei di breve durata che tende a ridursi drasticamente in caso di forti precipitazioni e di presenza d'acqua lungo il fronte di scavo, vista l'assenza di argilla.

7. STUDIO DI COMPATIBILITA' CON LO STATO DI DISSESTO ESISTENTE

Il presente studio di compatibilità persegue l'obiettivo di valutare le conseguenze della realizzazione degli interventi in progetto sull'assetto geologico-geomorfologico e idrogeologico esistente, attraverso l'individuazione e l'analisi delle dinamiche gravitative e idrauliche che caratterizzano l'area d'intervento, e di definire la vulnerabilità dell'intervento da realizzare rispetto alle dinamiche geologiche attese, anche in relazione alla destinazione d'uso delle stesse, ed infine di individuare gli eventuali accorgimenti da adottare al fine di mitigare le condizioni di pericolosità e/o di vulnerabilità delle nuove opere. Al fine di giungere ad una caratterizzazione esaustiva dell'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei luoghi, lo scrivente ha provveduto, oltre all'esecuzione di diversi sopralluoghi, alla consultazione, come già evidenziato nel corso della relazione, dello Studio per la delimitazione degli Ambiti Inedificabili del Comune di Courmayeur.

Il quadro geologico – idrogeologico dell'area che si delinea alla luce dei rilievi effettuati direttamente in loco e dell'analisi del sopraccitato Studio conduce alle seguenti valutazioni in termini di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente:

- Individuazione della classificazione urbanistico-edilizia dell'intervento proposto

L'**intervento** si configura nuova costruzione di infrastruttura puntuale ed è ammissibile ai sensi della D.G.R. *n. 2939/2008*.

- Caratterizzazione dei vincoli presenti (in base agli artt. 35, 36 e 37 della l.r. n. 11/1998, oppure perimetrazione del P.A.I. in assenza delle cartografie degli ambiti inedificabili)

Dall'analisi delle Cartografie Prescrittive di Sintesi dello Studio per la delimitazione degli Ambiti Inedificabili ai sensi della L.R. 11/98, redatte dal collega Dr. Geol. GREGORI Fabrizio, si evincono le seguenti informazioni:

- Art. 35 – "Individuazione dei terreni sede di frana". Il sito di intervento non ricade in fasce soggette a vincolo.
- Art. 35/2 – "Individuazione dei terreni sede di fenomeni di trasporto di massa". Il sito di intervento rientra all'interno della **Fascia DF3** (Cartografie non ancora recepite dalla RAVA).
- Art. 36 – "Individuazione dei terreni a rischio d'inondazione". Il sito in esame rientra all'interno della **Fascia C a bassa pericolosità**.
- Art. 37 – "Individuazione dei terreni a rischio di valanghe o slavine". L'area in esame non ricade in fasce vincolate

- Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo

L'inserimento del sito all'interno delle Fasce C e DF3 è legato alla potenziale dinamica di dissesto attesa rappresentata dall'esondazioni di flussi dall'alveo del T. Tsapy che si situa ad una distanza di circa 50 m dal sito di intervento. Si tratta di un evento che, in base alla ricerca storica eseguita non risulta essersi verificato negli ultimi eventi alluvionali del 1993 e 2000.

- Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità

Si ritiene che l'intervento in progetto, sia compatibile con le dinamiche di dissesto attese, dal momento che esso non aumenta lo stato di pericolosità dei luoghi. Infatti l'intervento riguarderà la sola realizzazione di una cabina elettrica di forma compatta e impostata su una platea. La sua

realizzazione richiederà l'esecuzione di scavi di entità molto ridotta (1,0 max) che non andranno a modificare il quadro geomorfologico dell'area.

- **Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata, e definizione degli interventi di protezione adottati per ridurre la pericolosità del fenomeno, ove possibile, e/o la vulnerabilità dell'opera e valutazione della loro efficacia ed efficienza rispetto al fenomeno di dissesto ipotizzato**

Per quanto riguarda le dinamiche idrauliche che interessano il tratto conoide in oggetto si sottolinea che la cabina verrà realizzata in modo tale che il piano di calpestio rimarrà, a lavori finiti, sopraelevato di circa 20-30 cm rispetto al piano campagna attuale. Pertanto difficilmente essa potrà essere interessato da fenomeni di potenziale allagamento.

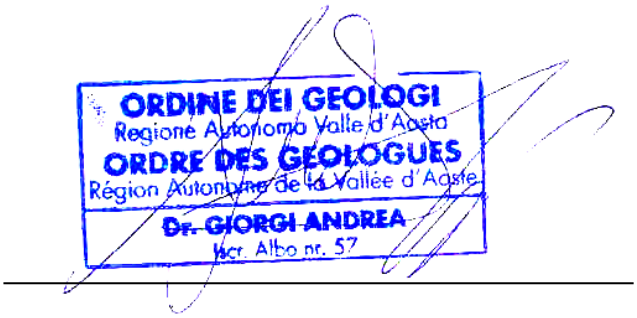
Alla luce del quadro sopra-esposto non si ritiene necessario realizzare opere di mitigazione della vulnerabilità dell'opera in progetto.

- **Conclusioni della verifica che dichiarino che l'intervento, così come progettato, risulta compatibile con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti ai sensi della L.R. n. 11/1998.**

In conclusione, in relazione a quanto sopraesposto, si ritiene che l'intervento in progetto, sia **COMPATIBILE con le condizioni di pericolosità indicate nelle cartografie degli ambiti inedificabili relative ai terreni sede di frana, a rischio di inondazione e a rischio di valanghe o slavine, redatte rispettivamente ai sensi degli art. 35 – 36 – 37 della L.R. n. 11/1998 e s.m.i.**

Va infine precisato che l'intervento stesso, per la sua stessa tipologia, non aumenta la pericolosità dei luoghi né aggrava le condizioni di rischio per le strutture/infrastrutture esistenti.

Il tecnico incaricato:
Dott. Geol. Andrea Giorgi



8. ALLEGATO FOTOGRAFICO



