

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

| | | | |
|---|--|---|--|
| NOME DELLA PROVINCIA PROVINCIA DI TORINO | | NOME DEI COMUNI/ASL COMUNE DI PRALI | |
| LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| CUP | TITOLO INTERVENTO REALIZZAZIONE DI SOTTOPASSO ALLA SCIOVIA CIATLET | | |
| CODICE OPERA 13L65PR1C | | | |
| Tavola n. 001 | TITOLO TAVOLA RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| DATA 16 gennaio 2016 | SCALA - | AREA PROGETTUALE ARCHITETTONICO | |
| FORMATO TAVOLA | CODICE GENERALE ELABORATO 13L65PR1C 0 0 E AH | | |
| NOME FILE 13L65PR1C_0_0_E_AH_01_CG_001 | | | |
| VERSIONE | DATA | DESCRIZIONE | |
| 0 | 16 gennaio 2016 | Prima redazione | |
| 1 | | | |
| | | | |
| | | | |
| PROGETTISTI | | TIMBRI - FIRME | |
|  <p>ROBERTO BERGERETTI ARCHITETTO STUDIO 10064 PINEROLO / VIA G.B. ROSSI, 7 / TEL. e FAX +39.0121.374.406 CELL. 335.8043.678 e mail: r.bergeretti@gmail.com</p> | | Responsabile del progetto: Arch. Roberto Bergeretti | |
| | | Responsabile dell'elaborato: Geol. Emilio Macchi | |
| ATI ESECUTRICE | | TIMBRI - FIRME | |
| | | Direttore Tecnico: | |
| ORGANISMO DI CONTROLLO | | S.C.R. PIEMONTE S.P.A. | |
| Responsabile di Commessa: | | Responsabile del Procedimento: Arch. Chiara SIAZZU | |

AUTOCAD ARCHITECTURE 2012 - SERIAL NUMBER 392-29284783

PROVINCIA DI TORINO

Realizzazione di sottopasso alla sciovia Ciatlet

Comune di Prali

Relazione geologica geotecnica

| Data | Comm. | N° | Rev | Descrizione | Elab. | Verificato | Approvato |
|------------|-------|------|-----|---------------|-----------|------------|-----------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 24-12-2014 | E | 1483 | 0 | Prima stesura | E. Macchi | E. Macchi | E. Macchi |

INDICE

| | | |
|---|--|----|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | CARATTERISTICHE E DESCRIZIONE DEL SITO DI INTERVENTO | 4 |
| 3 | SOLUZIONE DI INTERVENTO..... | 7 |
| 4 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO | 10 |
| 5 | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO | 12 |
| 6 | CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO | 15 |
| 7 | MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO | 19 |
| 8 | VALUTAZIONI CONCLUSIVE | 23 |
| | ALLEGATO A – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE | 26 |
| | ALLEGATO B – INDAGINE SISMICA..... | 27 |

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il progetto di un sottopasso in corrispondenza del palo 6 della sciovvia "Ciatlet" in comune di Prali (TO). L'intervento è finalizzato a permettere l'attraversamento in sicurezza dell'impianto agli sciatori che percorrono la pista di discesa ed il collegamento con Pian Alpet (stazione di arrivo della seggiovia Malzat-Pian dell'Alpet e stazione di partenza della seggiovia Pian dell'Alpet-Bric Rond).

Il sottopasso è previsto mediante posa di condotta in acciaio zincato di sezione semicircolare ribassata, avente le seguenti dimensioni: luce 6.76 m, freccia 4.98 m e lunghezza 15 m.

La presente relazione geologica e geotecnica è basata, oltre che sull'esame della documentazione di settore prodotta nell'ambito della progettazione esecutiva della seggiovia biposto "Malzat – Pian Alpet" (Relazione geologica e geotecnica, Studio Serte, giugno 2004), sulle risultanze della campagna geognostica appositamente eseguita (dicembre 2014), consistente in 4 prove penetrometriche con penetrometro dinamico medio leggero e in 3 registrazioni di microtremore sismico ambientale (H/V) tramite indagine sismica passiva HVSR.

Perr quanto riguarda l'inquadramento geologico ed i fenomeni gravitativi di versante si è fatto riferimento agli elaborati geologici di Piano Regolatore Intercomunale – Comunità Montana del Pinerolese, Subarea Val Germanasca, Comune di Prali (giugno 2012).

2 CARATTERISTICHE E DESCRIZIONE DEL SITO DI INTERVENTO

L'area di intervento è situata a quota 2340 m circa, nel versante orientato ad ovest, che dal Cappello di Envie (quota 2618 m) scende verso il fondovalle tra gli abitati di Malzat (quota 1475 m) e Prali (quota 1450 m). L'area di intervento è caratterizzata dalla presenza di vegetazione erbacea e di macchie arbustive riconducibili alla tipologia dell'arbusteto a rododendro ferrugineo e mirtilli, tipica di suoli molto acidi.



Figura 2.1/1 – Vista verso valle dal palo 6

Le coordinate dell'area di intervento (sistema WGS84 – UTM) sono le seguenti:

S2: N 44° 52'30.26" E 07° 3'47.44".

La pendenza media del versante è pari a circa 16°-20°.

La conformazione del versante è illustrata nelle figure che seguono.

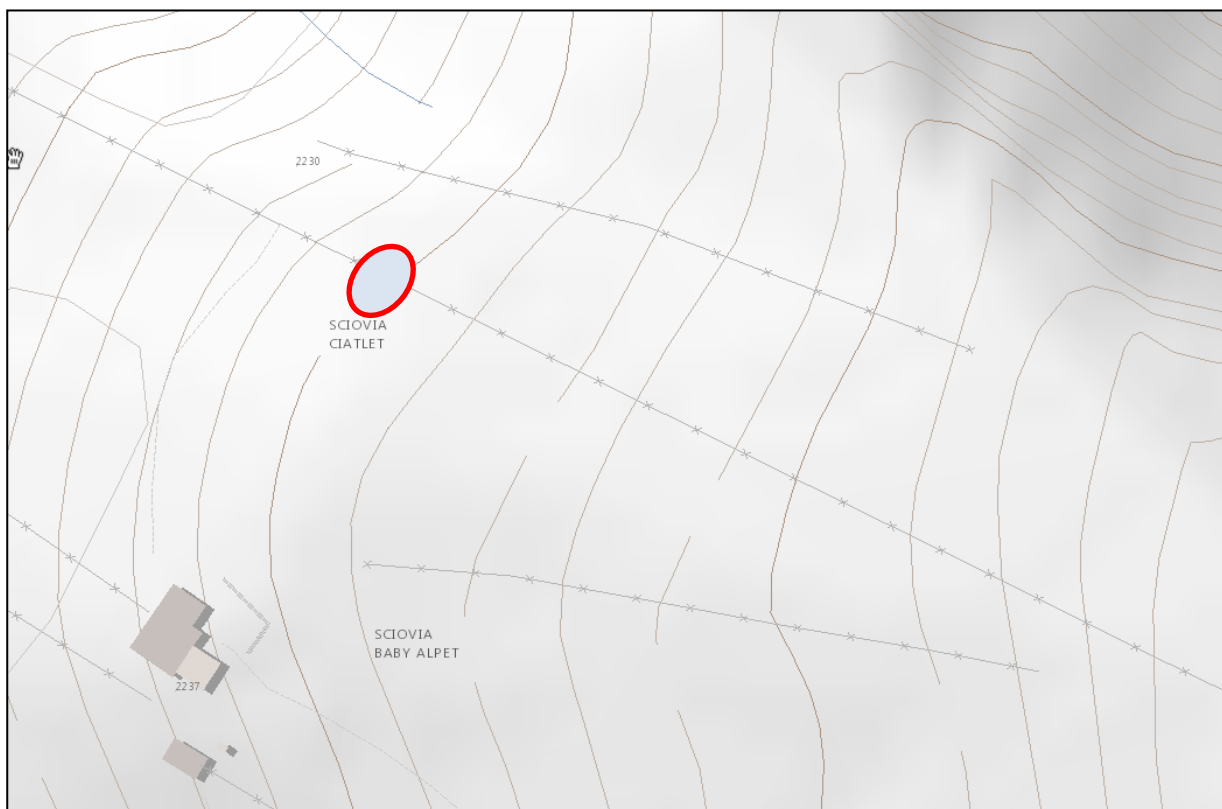
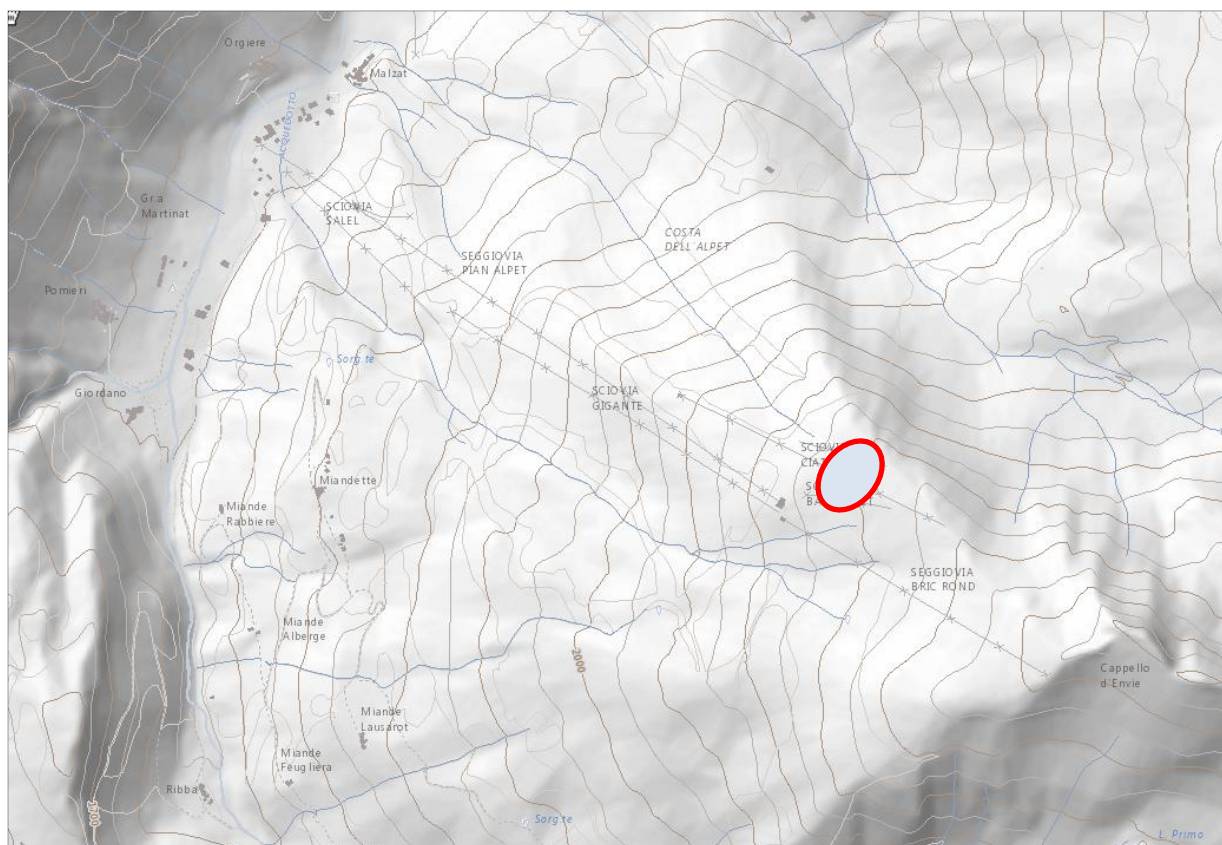


Figure 2.1/2-3



Figure 2.1/4

3 SOLUZIONE DI INTERVENTO

L'intervento, previsto a valle del palo 6 della scivola Ciatlet, consiste nella posa di una condotta portante in acciaio zincato con ondulazione T200. La dimensione del sottopasso è di 6.76 (larghezza utile) x 4.98 m (altezza utile) x 15 m (lunghezza in asse).

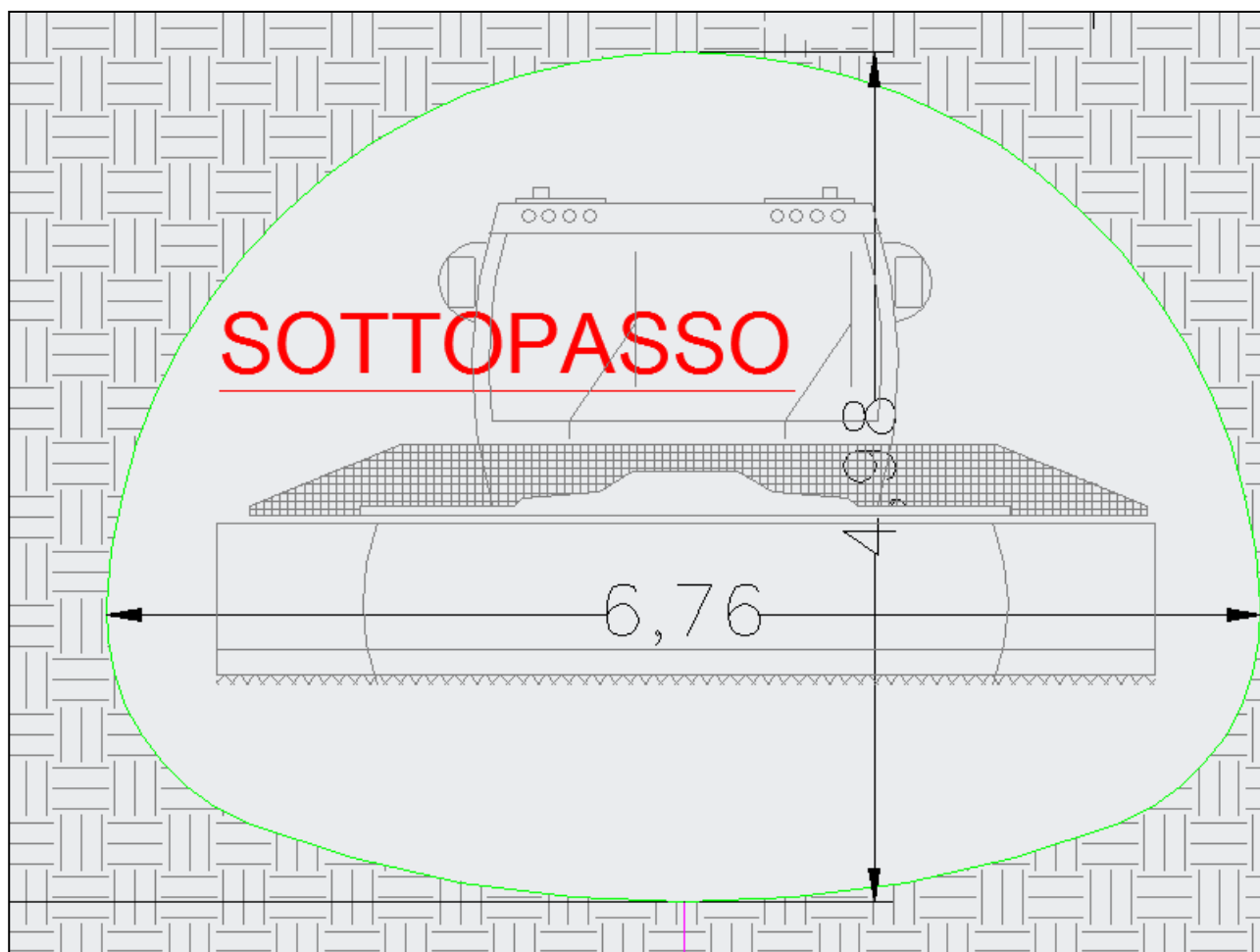


Figura 3.1/1

La posa della condotta richiede la realizzazione di uno scavo della profondità media, in asse condotta, di circa 7 m. Il ritombamento finale comporta una copertura con terreno di circa 1.5 m rispetto all'estradosso della condotta, calcolato in asse. I volumi di scavo, ricollocati in sito al termine dell'intervento, sono stati stimati in circa 4800 mc (vedi relazione di progetto).

I carichi sul terreno di fondazione, per metro lineare di sviluppo della condotta e considerando una larghezza pari alla larghezza della base di appoggio della condotta (6.76 m), sono i seguenti:

Carichi litostatici allo stato attuale

Altezza terreno in corrispondenza del lato di monte: 8.2 m

Altezza terreno in corrispondenza del lato di monte: 5.8 m

Peso di volume del terreno 1.8 t/mc

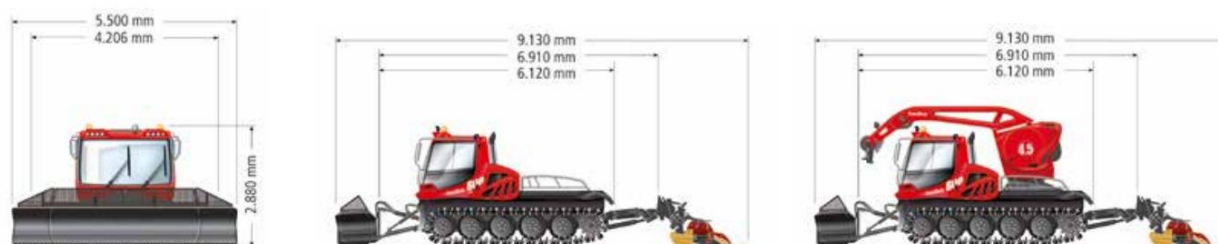
Peso totale del terreno: $(8.2 \text{ m} + 5.8 \text{ m})/2 \times 6.76 \text{ m} \times 1.8 \text{ t/mc} = 85.2 \text{ tonnellate}$

Carichi di progetto

Peso del terreno di riporto: $85.2 \text{ t} - (26.7 \text{ area interna condotta} \times 1.8 \text{ t/mc}) = 48.1 \text{ tonnellate}$

Peso proprio della condotta: 1.1 t

Carico mezzo battipista: 2.5 t (12.5 tonnellate / 5 m lunghezza cingoli)



Carico totale in progetto: 51.7

Per il confronto dei carichi non è stato considerato il carico neve, in quanto non vi è differenza tra la condizione attuale e quella di progetto.

I carichi in progetto risultano inferiori di circa 40 % rispetto ai carichi litostatici attuali; non sono dunque da prevedersi cedimenti o rotture nel terreno do fondazione.

Anche le tensioni residue, indotte dalle spinte sulle pareti laterali del manufatto, comportano un carico complessivo inferiore al carico litostatico attuale.

In fase di scavo per la posa della condotta, al fine di garantire la stabilità al palo 6 della sciovia Ciatlet, è prevista la realizzazione di una berlinese di micropali, sostenuta da due file di tiranti.

Il fronte della berlinese avrà una lunghezza di circa 5 m, e sarà collocata ad una distanza planimetrica di circa 5 m dal palo della sciovia. Per la realizzazione della berlinese si prevede di approntare un'area di lavoro ribassata di circa 2 m rispetto al terreno a monte.

Il fronte di scavo, lato monte, avrà un'altezza pari a circa 7 m. La lunghezza dei pali è prevista pari a 11 m: 7 m fuoriterra e 4 m immorsati nel terreno. L'interasse tra i pali sarà pari a circa 3 volte il loro diametro: sono previsti pali da 200/220 mm, con armatura tubolare in acciaio (diametro 168.3 mm e spessore 10 mm). La berlinese verrà ancorata al terreno di monte mediante realizzazione di due file di tiranti (tre tiranti per fila) a +3 m e +6 m dal piano finale di scavo. I tiranti, a tre trefoli da 45 tonnellate, avranno lunghezza di 11 m (fila a + 3 m) e 13 m (fila a + 6 m).

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico dell'area è caratterizzato dalla presenza di un basamento cristallino metamorfico appartenente al Massiccio del Dora Maira, che costituisce l'ossatura del versante idrografico destro, a cui è localmente sovrapposta la copertura di depositi superficiali quaternari.

Come indicato nella relazione geologica allegata al citato Piano Regolatore Intercomunale, *i litotipi del Dora Maira sono costituiti da gneiss minuti intensamente laminati e fratturati che di fatto non affiorano mai in quanto tutto il versante orientale è dislocato da imponenti fenomeni gravitativi che hanno obliterato e coperto la roccia in posto. I rari affioramenti individuati sono costituiti da ammassi rocciosi presumibilmente non in posto, ad eccezione forse di quelli presenti nell'incisione che si sviluppa a Sud degli impianti di risalita di Malzat. L'assetto strutturale è caratterizzato da una generalizzata immersione dei piani di scistosità verso W-SW con valori di inclinazione mediamente di 20°... I termini della copertura sono prevalentemente costituiti da prodotti eluvio-colluviali e detritico-eluviali che coprono con continuità i versanti, soprattutto quello orientale, presumibilmente per spessori valutabili da qualche decimetro fino ad alcuni metri.*

Nelle area di intervento il substrato cristallino (vedi figura che segue, stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – foglio 67 Pinerolo) è indicato come costituito da *"micascisti e gneiss minuti. Micascisti granatiferi; id. a granato e sismondina; id. con occhi di sismondina con lenti di gneiss occhiolati e di scisti grafitici incluse nel complesso"*.

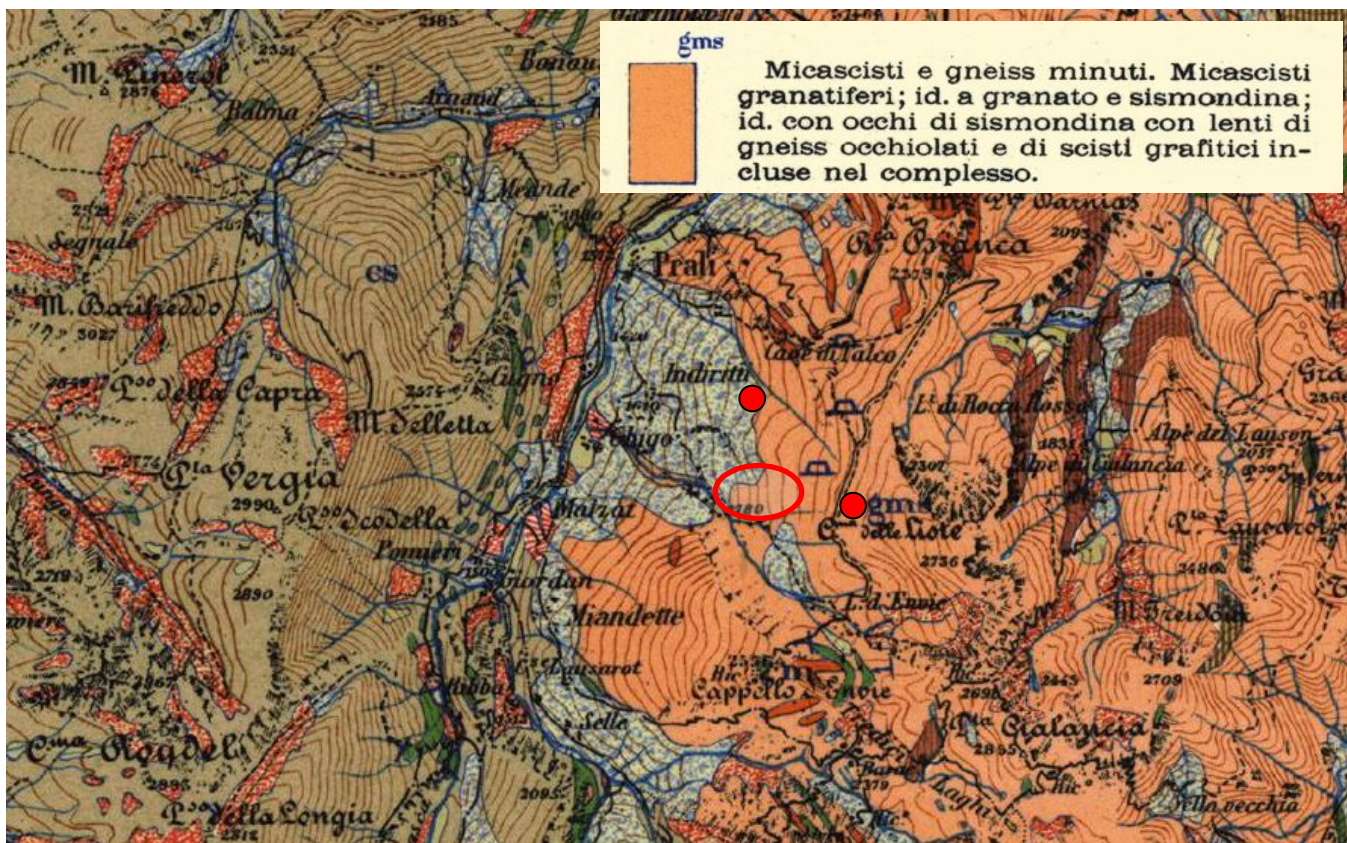


Figura 4/1 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 67 Pinerolo

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il versante entro il quale è previsto l'intervento in progetto è interessato da un imponente fenomeno gravitativo. Come indicato nella relazione geologica allegata al citato Piano Regolatore Intercomunale, *il fenomeno che interessa il versante occidentale del Cappello di Envie è caratterizzato da una evoluzione meno spinta (rispetto a quello della dorsale che unisce Punta Gardetta e Rocca Bianca). Sono distinguibili due fenomeni secondari di grandi dimensioni che hanno disarticolato il corpo principale in due settori, in corrispondenza dei quali si sono prodotte ulteriori dislocazioni. Di particolare interesse è il fenomeno secondario più settentrionale, assimilabile in grande ad un grosso colamento, che viene ad interessare il fondovalle compreso tra Malzat e Ghigo e che ha mostrato segni di riattivazione superficiali a monte di Ghigo. L'età probabilmente tardo olocenica non è determinabile con precisione; i rapporti con le forme conservate indicano tuttavia un'età minima relativa anteriore al terrazzamento dei conoidi".*

La carta Geomorfologica e dei dissesti (Elaborato 7.2 del Piano Regolatore) classifica l'area come interessata da fenomeni franosi quiescenti (vedi figura che segue).

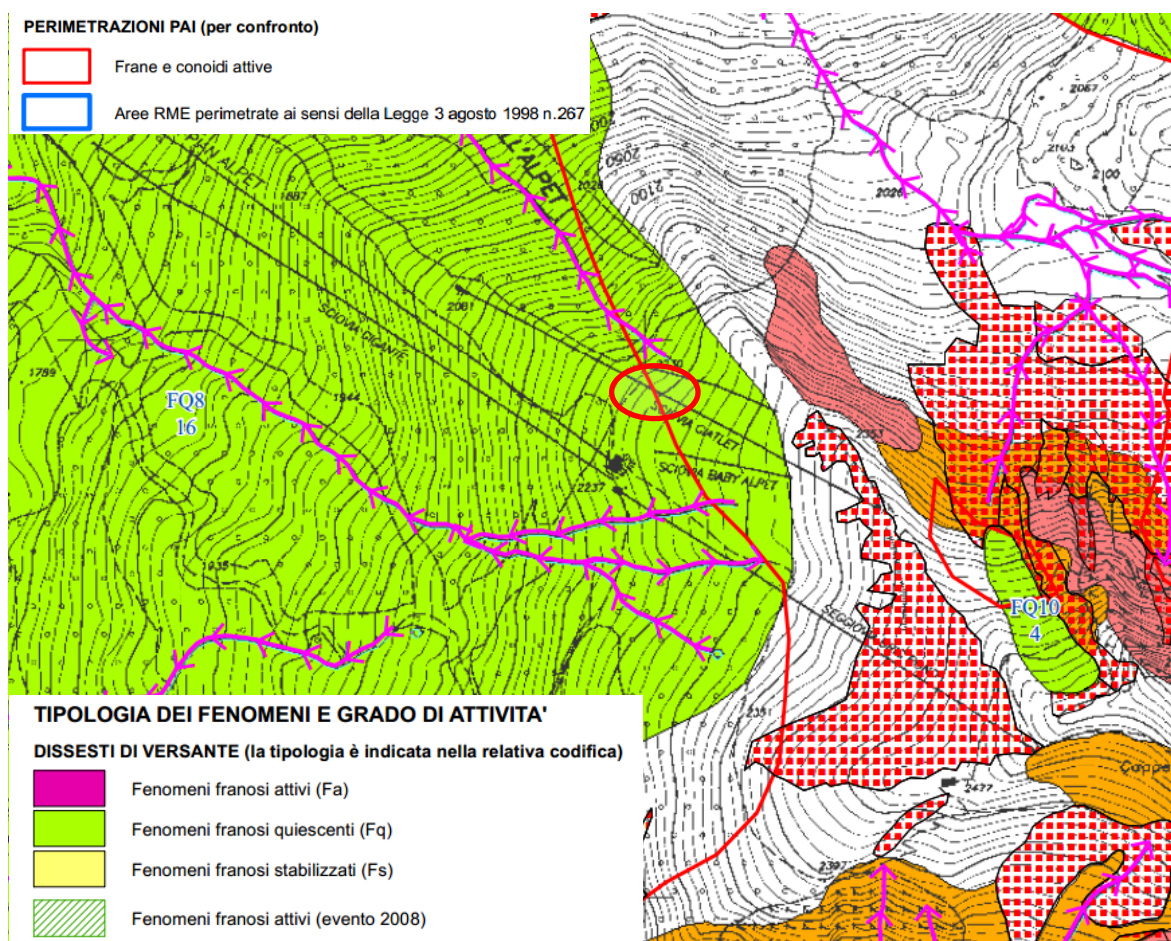


Figura 5/1 - Stralcio della Carta Geomorfologica e dei dissesti (Elab. 7.2 Piano Regolatore)

L'area risulta esterna rispetto alla perimetrazione PAI delle frane attive (vedi figura che segue).



Figura 5/2 - Stralcio della Cartografia PAI (Elab. 7.10 Piano Regolatore)

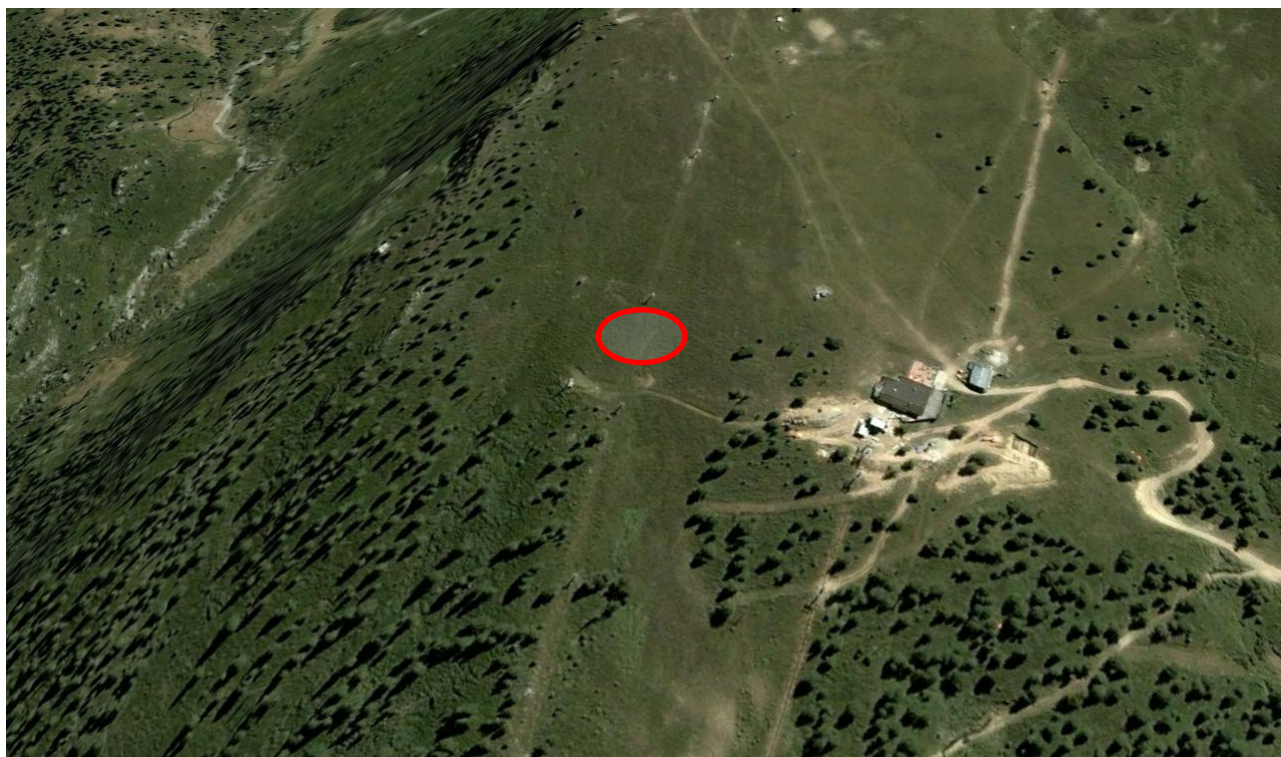


Figura 5/3 – Ubicazione del sito su foto satellitare

Rispetto alla **cartografia SIFraP** (Sistema Informativo Frane in Piemonte), il dataset di Arpa Piemonte rende disponibile le informazioni estratte dal SIFraP relative a fenomeni franosi di varia tipologia. Il SIFraP nasce come estensione del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato tra il 2002 ed il 2005, nonché come sviluppo dell'ultraventennale patrimonio di conoscenze del Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche nel campo dei fenomeni franosi. Il SIFraP è curato da un gruppo di funzionari tecnici all'interno del Centro per le Ricerche Territoriali e Geologiche di Arpa Piemonte ed i suoi obiettivi sono essenzialmente quelli di integrare, sviluppare ed aggiornare costantemente la base dati relativa all'inventario dei fenomeni franosi in Piemonte e rendere una sempre maggiore percentuale dei dati di cui sopra disponibili in rete tramite servizio WebGIS. Il dataset si compone dei seguenti livelli informativi: frane poligonali, frane lineari, frane puntuali, frane superficiali (poligonali e lineari) e ambiti di rilevamento.

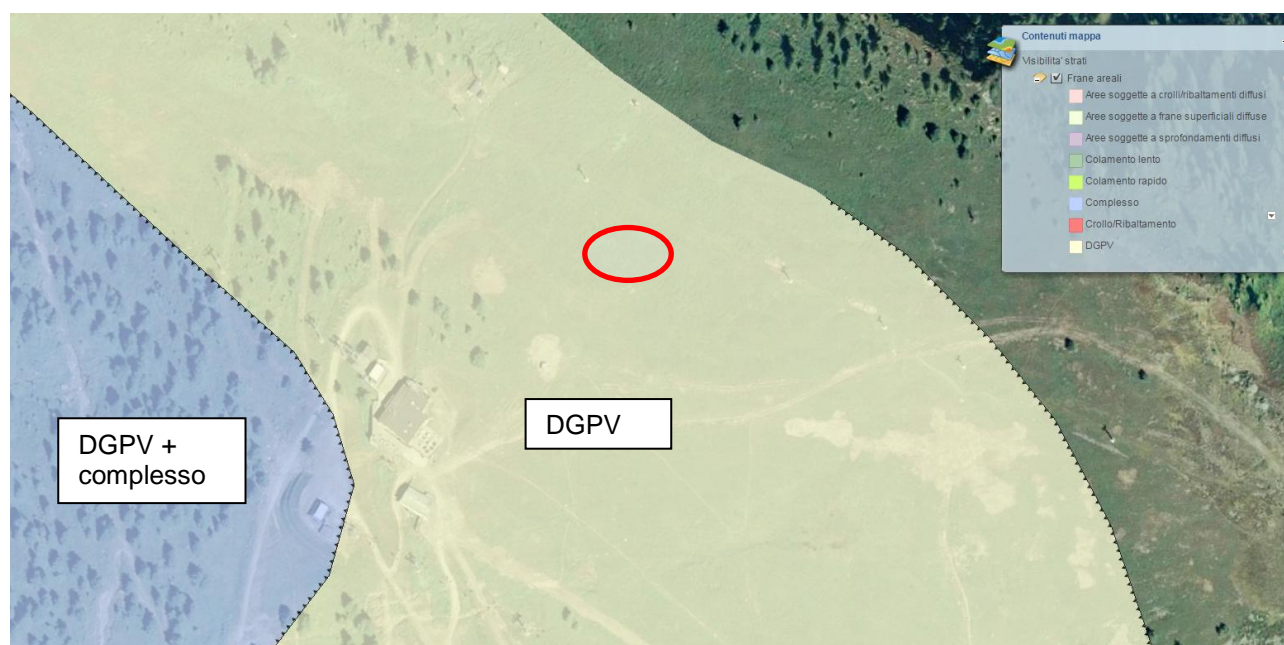


Figura 5/4 – Cartografia SIFraP su foto satellitare

L'area in cui ricade il sito di intervento rientra in un fenomeno di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante, ma risulta esterno al movimento complesso che interessa il settore più interno della DGPV.

I fenomeni sono sintetizzati nella tabella che segue.

| AREA (mq) | COD TIPOL | Data di osservazione | Identificativo della frana | Stato di attivita' | Tipologia di movimento | Valutazione movimento |
|-----------|-----------|----------------------|----------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 4093098 | 8 | n.d. | 10002401 | n.d. | DGPV | fotointerpretazione |
| 2900720 | 7 | 29/08/2001 | 10002402 | Quiescente | Complesso | fotointerpretazione |

6 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO

Con la Deliberazione della Giunta Regionale n.4-3084 del 12.12.2011 pubblicata sul Bollettino Ufficiale n.50 del 15.12.2011 è stato approvato l'aggiornamento e l'adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico - edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico ed è stata recepita la classificazione sismica di cui alla DGR n. 11-13058 del 19.01.2010.

Il Comune di Prali è classificato, in base alla citata DGR, in classe 3s. Con tale DGR si è provveduto all'aggiornamento ed all'adeguamento dell'elenco delle zone sismiche in virtù di quanto disposto con l'O.P.C.M. 3519/2006 e sulla base della proposta di classificazione conseguente ai risultati dello studio affidato al Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica in collaborazione con il Centro di Competenza Eucentre di Pavia. Di seguito si riportano i parametri sismici riferiti al sito di progetto.

Sito in esame (coordinate UTM-WGS84).

- latitudine: 44,875051 [°]
- longitudine: 7,063213 [°]
- Classe d'uso: I. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Vita nominale: 50 [anni]
- Tipo di interpolazione: Media ponderata

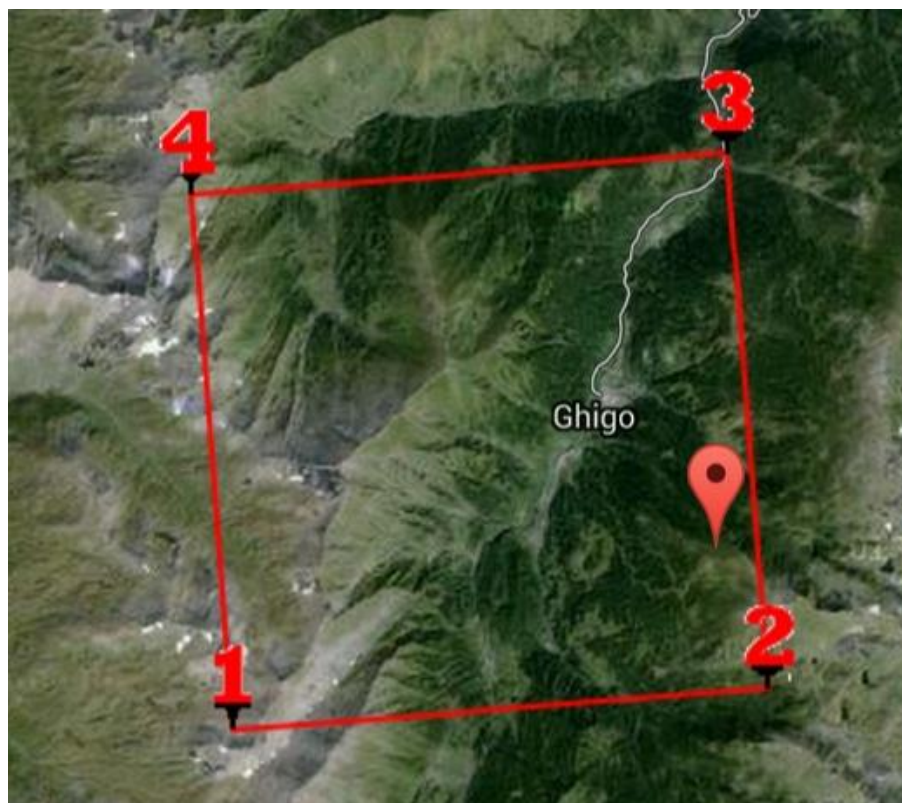


Figura 7/1 – Siti di riferimento

Siti di riferimento.

| | ID | Latitudine [°] | Longitudine [°] | Distanza [m] |
|--------|-------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Sito 1 | 14449 | 44,859050 | 7,000647 | 5360,1 |
| Sito 2 | 14450 | 44,862850 | 7,070989 | 1556,2 |
| Sito 3 | 14228 | 44,912700 | 7,065661 | 4080,0 |
| Sito 4 | 14227 | 44,908910 | 6,995349 | 6548,6 |

Sulla base dell'indagine sismica appositamente eseguita (vedi allegato), la categoria di suolo assegnabile ai terreni è la C.

Tabella 7/2 – Categorie di sottosuolo

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| 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 e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina). |
| E | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s). |

Tabella 7/3 – Categorie aggiuntive di sottosuolo

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| S1 | Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), 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. |
| S2 | Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti. |

I terreni presenti non rientrano nelle categorie aggiuntive S1 ed S2, e non comportano pericoli di liquefazione.

La costruzione, la cui vita nominale può essere identificata in 50 anni, è attribuibile alla classe II “affollamento normale. Assenza di funzioni pubbliche” cui corrisponde un coefficiente d’uso pari a 1. Il periodo di riferimento per l’azione sismica, corrispondente al prodotto della vita utile per il coefficiente d’uso, risulta pari a 50 anni.

Nella tabella che segue si riportano i valori di a_g , F_0 e T_c' corrispondenti agli stati limite di operatività, danno, salvaguardia della vita e provenienza collasso.

Tabella 7/4

| Stato Limite | Tr [anni] | a _g [g] | F _o | T _c [*] [s] |
|---|--------------|-----------------------|----------------|------------------------------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0,040 | 2,454 | 0,207 |
| Danno (SLD) | 50 | 0,053 | 2,427 | 0,228 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 475 | 0,133 | 2,469 | 0,267 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 975 | 0,167 | 2,497 | 0,276 |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica: | 50 | | | |

In tabella 7/5 si riportano infine i coefficienti sismici orizzontali e verticali, e l'accelerazione massima, per i diversi stati limite.

Tabella 7/5

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0,012 | 0,016 | 0,048 | 0,058 |
| kv | 0,006 | 0,008 | 0,024 | 0,029 |
| Amax [m/s ²] | 0,585 | 0,774 | 1,952 | 2,377 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,240 | 0,240 |

7 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO

Il modello litostratigrafico e geotecnico è stato definito sulla base della campagna geognostica effettuata per il presente progetto.

Tale campagna, effettuata nel dicembre 2014, è stata definita compatibilmente con la possibilità di accesso al sito su terreno innevato, raggiungibile unicamente con seggiovia.

Si sono pertanto effettuate n. 4 prove penetrometriche con penetrometro medio leggero (vedi allegato A), trasportabile in quota, disaggregato, con la seggiovia, e n. 3 registrazioni geosismiche (vedi allegato B).

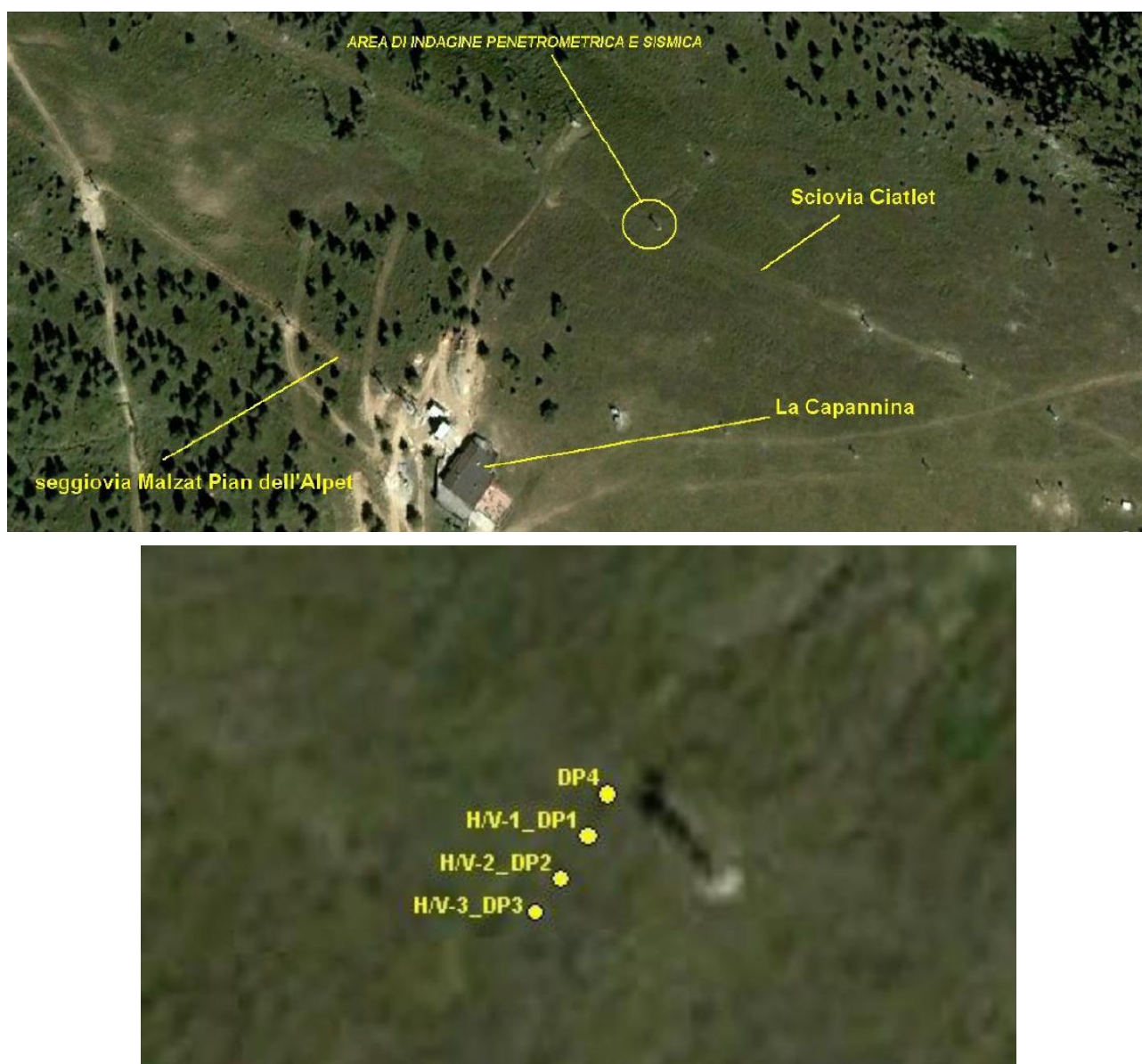


Figura 8/1 – Ubicazione delle indagini su foto aerea

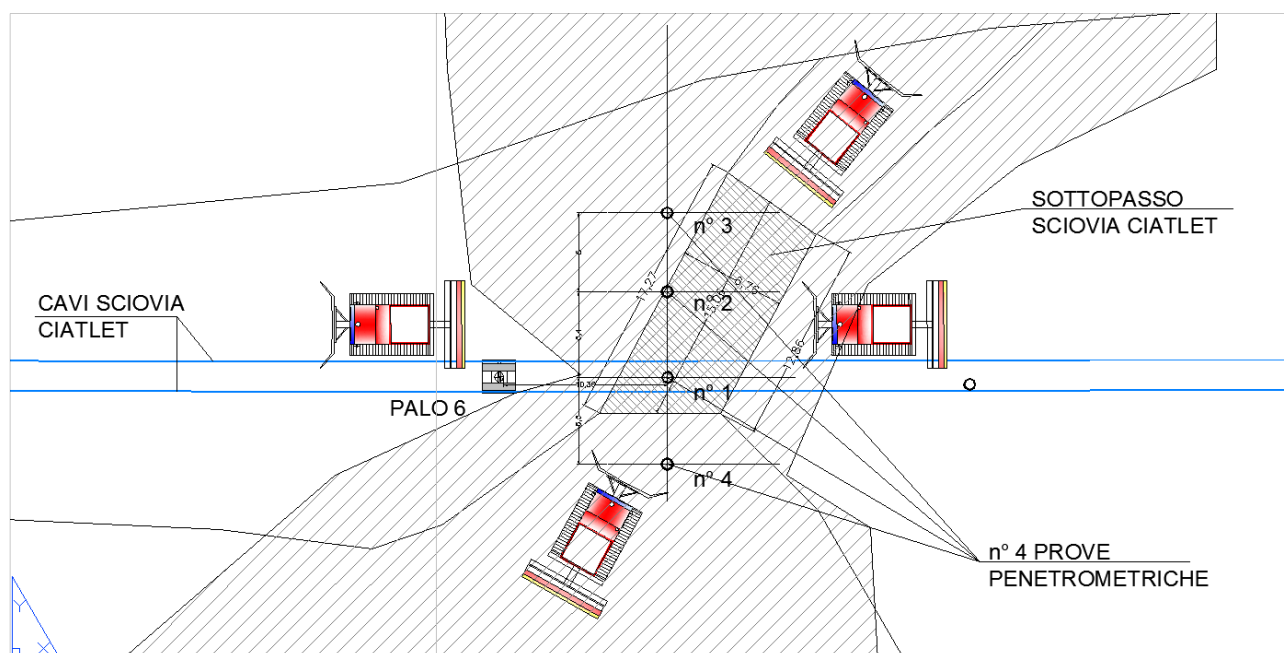


Figura 8/2 – Ubicazione delle indagini su rilievo planimetrico

Fino alla profondità di circa 3 m sono stati attraversati terreni sciolti, caratterizzati da un primo orizzonte costituito da terreno fine e poco addensato (circa 70 cm), seguito da sabbia con limo e ciottoli mediamente addensati, fino a 1.7 m. Oltre tale profondità, fino a 3 metri circa, si è registrato un ulteriore aumento della resistenza alla penetrazione.

In sintesi, per i terreni attraversati nei primi metri dalla prove penetrometriche, possono essere assunti i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di volume: 18 kN/m^3
- Angolo di attrito interno: $28-34^\circ$
- Coesione efficace: 0

Di seguito si riportano i risultati dell'elaborazione della prova n. 3 (risultata essere la più significativa),

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Meyerhof 1957 | 24.32 |
| [2] - Strato | 11 | 1.80 | 11 | Meyerhof 1957 | 74.99 |
| [3] - Strato | 23 | 2.80 | 23 | Meyerhof 1957 | 100 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Sowers (1961) | 28.28 |
| [2] - Strato | 11 | 1.80 | 11 | Sowers (1961) | 31.08 |
| [3] - Strato | 23 | 2.80 | 23 | Sowers (1961) | 34.44 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | --- |
| [2] - Strato | 11 | 1.80 | 11 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 12.80 |
| [3] - Strato | 23 | 2.80 | 23 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 26.68 |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Meyerhof ed altri | 13.24 |
| [2] - Strato | 11 | 1.80 | 11 | Meyerhof ed altri | 17.26 |
| [3] - Strato | 23 | 2.80 | 23 | Meyerhof ed altri | 20.10 |

L'indagine sismica passiva a stazione singola è stata realizzata mediante n. 3 misure di microtremore ambientale, H/V-1, H/V-2 e H/V-3, e della durata rispettivamente di 20, 20 e 16 minuti, per mezzo di tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Facendo riferimento alle prove penetrometriche eseguite e alle informazioni geologico-strutturali degli elaborati geologici allegati al PRGC, si sono riconosciuti schematicamente:

- un I strato sismico ascrivibile a depositi superficiali caratterizzati verosimilmente da terreno vegetale naturale poco o per nulla addensato, potente circa 1 m ÷ 1,5 m, poggianti su:
- un II strato sismico ascrivibile a depositi detritici eluvio-colluviali, potenti circa 6 m e a sua volta poggianti su:
- un III strato sismico ascrivibile a depositi gravitativi di versante, potenti mediamente circa 14 m ÷ 18 m e a sua volta poggianti su:
- un IV strato sismico ascrivibile verosimilmente alle prime porzioni dei materiali rocciosi del substrato litoide (*bedrock sismico*), via via progressivamente con la profondità sempre più compatto e "rigido":

Nelle tabelle che seguono sono rappresentate le suddivisioni schematiche in strati sismici del sottosuolo in esame per le registrazioni H/V-1 e H/V-2, e le relative Vs30.

H/V-1

| Strato sismico | Prof. [m] | Spessore Strato [m] | V _s [m/s] | Eventuale correlabilità a livello stratigrafico |
|----------------|--------------|---------------------|----------------------|---|
| I | 0 ÷ 1,50 | 1,50 | 110 | Depositi superficiali/terreno vegetale naturale |
| II | 1,50 ÷ 7,50 | 6,00 | 260 | Depositi detritici eluvio-colluviali |
| III | 7,50 ÷ 23,50 | 16,00 | 430 | Depositi gravitativi di versante |
| IV | > 23,50 | Inf. | 750 | Substrato litoide/bedrock sismico |

H/V-2

| Strato sismico | Prof. [m] | Spessore Strato [m] | V _s [m/s] | Eventuale correlabilità a livello stratigrafico |
|----------------|---------------|---------------------|----------------------|---|
| I | 0 ÷ 1,50 | 1,50 | 108 | Depositi superficiali/terreno vegetale naturale |
| II | 1,50 ÷ 7,50 | 6,00 | 250 | Depositi detritici eluvio-colluviali |
| III | 7,50 ÷ 23,50 | 16,00 | 460 | Depositi gravitativi di versante |
| IV | 23,50 ÷ 63,50 | 40,00 | 725 | Substrato litoide/bedrock sismico |
| V | > 63,50 | Inf. | 950 | Substrato litoide/bedrock sismico |

8 VALUTAZIONI CONCLUSIVE

L'area di intervento è situata a quota 2340 m circa, nel versante orientato ad ovest, che dal Cappello di Envie (quota 2618 m) scende verso il fondovalle tra gli abitati di Malzat (quota 1475 m) e Prali (quota 1450 m). L'area di intervento è caratterizzata dalla presenza di vegetazione erbacea e di macchie arbustive riconducibili alla tipologia dell'arbusteto a rododendro ferrugineo e mirtillo, tipica di suoli molto acidi.

L'assetto geologico dell'area è caratterizzato dalla presenza di un basamento cristallino metamorfico appartenente al Massiccio del Dora Maira, che costituisce l'ossatura del versante idrografico destro, a cui è localmente sovrapposta la copertura di depositi superficiali quaternari.

L'intero versante è sede di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV). L'area di intervento è esterna all'area di frana composita quiescente indicata nel SIFraP (Sistema Informativo Frane in Piemonte) e esterna alla perimetrazione PAI delle frane attive.

La campagna geognostica, effettuata nel dicembre 2014, è stata definita compatibilmente con la possibilità di accesso al sito su terreno innevato, raggiungibile unicamente con seggiovia; nelle attuali condizioni di innevamento (dicembre 2014) non è risultato possibile effettuare sondaggi geognostici.

Si sono pertanto effettuate n. 4 prove penetrometriche con penetrometro medio leggero, trasportabile in quota, disaggregato, con la seggiovia, e n. 3 registrazioni geosismiche.

In sintesi, per i terreni attraversati nei primi metri dalle prove penetrometriche, possono essere assunti i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di volume: 18 kN/m³
- Angolo di attrito interno: 28-34°
- Coesione efficace: 0

Le registrazioni sismiche del microtremore ambientale, eseguite per mezzo di tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico, hanno permesso di individuare la seguente sequenza sismica:

- un I strato sismico ascrivibile a depositi superficiali caratterizzati verosimilmente da terreno vegetale naturale poco o per nulla addensato, potente circa 1 m ÷ 1,5 m, poggianti su:
- un II strato sismico ascrivibile a depositi detritici eluvio-colluviali, potenti circa 6 m e a sua volta poggiante su:
- un III strato sismico ascrivibile a depositi gravitativi di versante, potenti mediamente circa 14 m ÷ 18 m e a sua volta poggiante su:
- un IV strato sismico ascrivibile verosimilmente alle prime porzioni dei materiali rocciosi del substrato litoide (*bedrock sismico*), via via progressivamente con la profondità sempre più compatto e “rigido”:

Tale interpretazione stratigrafica andrà verificata durante la fase esecutiva. Si consiglia, a riguardo, di iniziare i lavori partendo dal settore più distante rispetto alla sciovia, in modo da verificare direttamente le caratteristiche dei terreni di scavo al disotto dei primi 3 m e del terreno di posa della condotta; questo permetterà di definire con precisione l'angolo di scavo da assumere e l'eventuale soluzione per garantire la stabilità allo sbancamento previsto per la piazzola di lavorazione dei micropali e dei tiranti, nonché permetterà la verifica delle soluzioni progettuali prescelte.

Riguardo alle verifiche geotecniche dei terreni di fondazione della condotta, si evidenzia che non sono previsti cedimenti né rotture nel terreno, in quanto i carichi di progetto saranno inferiori ai carichi litostatici attuali (vedi capitolo 3).

Anche le tensioni residue, indotte dalle spinte sulle pareti laterali del manufatto, comportano un carico complessivo inferiore al carico litostatico attuale.

Al termine dei lavori il pendio in corrispondenza dell'attraversamento verrà ripristinato nella conformazione attuale, senza carichi aggiuntivi. A questo proposito si evidenzia la necessità di porre particolare cura nella costipazione del terreno di riporto e di prevedere una canaletta di drenaggio a monte per l'imitare le infiltrazioni di acqua di ruscellamento nello stesso terreno.

In fase di scavo per la posa della condotta, al fine di garantire la stabilità al palo 6 della sciovia Ciatlet, è prevista la realizzazione di una berlinese di micropali, sostenuta da due file di tiranti.

Il fronte della berlinese avrà una lunghezza di circa 5 m, e sarà collocata ad una distanza planimetrica di circa 5 m dal palo della sciovia. Per la realizzazione della berlinese si prevede di approntare un'area di lavoro ribassata di circa 2 m rispetto al terreno a monte.

Il fronte di scavo, lato monte, avrà un'altezza pari a circa 7 m. La lunghezza dei pali è prevista pari a 11 m: 7 m fuoriterza e 4 m immorsati nel terreno. L'interasse tra i pali sarà pari a circa 3 volte il loro diametro: sono previsti pali da 200/220 mm, con armatura tubolare in acciaio (diametro 168.3 mm e spessore 10 mm). La berlinese verrà ancorata al terreno di monte mediante realizzazione di due file di tiranti (tre tiranti per fila) a +3 m e +6 m dal piano finale di scavo. I tiranti, a tre trefoli da 45 tonnellate, avranno lunghezza di 11 m (fila a + 3 m) e 13 m (fila a + 6 m).

ALLEGATO A – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

| | |
|---|--|
| Committente: SCR Piemonte Cantiere: Palo 6 - Sciovia Ciatlet Località: Ghigo di Prali | |
|---|--|

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PENNY 30

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Rif. Norme | DIN 4094 |
| Peso Massa battente | 30 Kg |
| Altezza di caduta libera | 0.20 m |
| Peso sistema di battuta | 12 Kg |
| Diametro punta conica | 35.68 mm |
| Area di base punta | 10 cm ² |
| Lunghezza delle aste | 1 m |
| Peso aste a metro | 2.4 Kg/m |
| Profondità giunzione prima asta | 0.90 m |
| Avanzamento punta | 0.10 m |
| Numero colpi per punta | N(10) |
| Coeff. Correlazione | 1 |
| Rivestimento/fanghi | No |
| Angolo di apertura punta | 60 ° |

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... sapt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

| Tipo | Sigla di riferimento | peso della massa M (kg) | prof.max indagine battente (m) |
|-----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Leggero | DPL (Light) | $M \leq 10$ | 8 |
| Medio | DPM (Medium) | $10 < M < 40$ | 20-25 |
| Pesante | DPH (Heavy) | $40 \leq M < 60$ | 25 |
| Super pesante (Super Heavy) | DPSH | $M \geq 60$ | 25 |

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica

($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.20 \text{ m}$, avanzamento $\delta = 10 \text{ cm}$, punta conica
($\alpha = 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=30 \text{ cm}$, punta conica ($\alpha = 60^\circ$),
diametro D = 50.8 mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5 \text{ kg}$, altezza caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=20-30 \text{ cm}$, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{vo})} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_s \times C_T \times C_d$$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_s : Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d : Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_T : Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

dove $s_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .

- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck 1948-1967

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981. Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buissmann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15

-
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ...P2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

PENNY 30
 15/12/2014
 2.40 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|----------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|--|
| 0.10 | 3 | 0.857 | 1.02 | 1.19 | 51.08 | 59.64 |
| 0.20 | 6 | 0.855 | 2.04 | 2.39 | 101.93 | 119.27 |
| 0.30 | 3 | 0.853 | 1.02 | 1.19 | 50.85 | 59.64 |
| 0.40 | 4 | 0.851 | 1.35 | 1.59 | 67.65 | 79.51 |
| 0.50 | 4 | 0.849 | 1.35 | 1.59 | 67.50 | 79.51 |
| 0.60 | 4 | 0.847 | 1.35 | 1.59 | 67.35 | 79.51 |
| 0.70 | 5 | 0.845 | 1.68 | 1.99 | 84.00 | 99.39 |
| 0.80 | 5 | 0.843 | 1.68 | 1.99 | 83.82 | 99.39 |
| 0.90 | 5 | 0.842 | 1.67 | 1.99 | 83.64 | 99.39 |
| 1.00 | 5 | 0.840 | 1.58 | 1.89 | 79.18 | 94.29 |
| 1.10 | 13 | 0.788 | 3.86 | 4.90 | 193.19 | 245.17 |
| 1.20 | 12 | 0.836 | 3.79 | 4.53 | 189.25 | 226.31 |
| 1.30 | 14 | 0.785 | 4.14 | 5.28 | 207.14 | 264.03 |
| 1.40 | 21 | 0.733 | 5.80 | 7.92 | 290.24 | 396.04 |
| 1.50 | 23 | 0.731 | 6.34 | 8.68 | 317.16 | 433.76 |
| 1.60 | 21 | 0.730 | 5.78 | 7.92 | 288.93 | 396.04 |
| 1.70 | 21 | 0.728 | 5.77 | 7.92 | 288.29 | 396.04 |
| 1.80 | 26 | 0.726 | 7.12 | 9.81 | 356.14 | 490.33 |
| 1.90 | 36 | 0.675 | 9.16 | 13.58 | 458.10 | 678.92 |
| 2.00 | 33 | 0.673 | 7.97 | 11.84 | 398.52 | 591.99 |
| 2.10 | 44 | 0.622 | 9.81 | 15.79 | 490.67 | 789.32 |
| 2.20 | 46 | 0.620 | 10.23 | 16.50 | 511.72 | 825.19 |
| 2.30 | 41 | 0.619 | 9.10 | 14.71 | 455.00 | 735.50 |
| 2.40 | 50 | 0.617 | 11.07 | 17.94 | 553.55 | 896.95 |

| Prof. Strato (m) | NPDM | Rd (Mpa) | Tipo | Clay Fraction (%) | Peso unità di volume (KN/m³) | Peso unità di volume saturo (KN/m³) | Tensione efficace (KPa) | Coeff. di correlaz. con Nspt | Nspt | Descrizione |
|------------------|------|----------|------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------|------|-------------|
| 1 | 3 | 1.19 | Incoerente | 0 | 14.22 | 18.34 | 7.11 | 1 | 3 | Strato |
| 1.7 | 12 | 4.53 | Incoerente | 0 | 12.75 | 18.24 | 18.68 | 1 | 12 | Strato |
| 2.4 | 26 | 9.809999 | Incoerente | 0 | 12.75 | 18.24 | 27.61 | 1 | 26 | Strato |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| [1] - Strato | 3 | 1.00 | 3 | Meyerhof 1957 | 41.38 |
| [2] - Strato | 12 | 1.70 | 12 | Meyerhof 1957 | 77.09 |
| [3] - Strato | 26 | 2.40 | 26 | Meyerhof 1957 | 100 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|--------------|----------------------|
| [1] - Strato | 3 | 1.00 | 3 | De Mello | 28.32 |
| [2] - Strato | 12 | 1.70 | 12 | De Mello | 39.97 |
| [3] - Strato | 26 | 2.40 | 26 | De Mello | 46.37 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| [1] - Strato | 3 | 1.00 | 3 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | --- |
| [2] - Strato | 12 | 1.70 | 12 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 13.95 |
| [3] - Strato | 26 | 2.40 | 26 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 30.16 |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|
| [1] - Strato | 3 | 1.00 | 3 | Meyerhof ed altri | 14.22 |
| [2] - Strato | 12 | 1.70 | 12 | Meyerhof ed altri | 17.55 |
| [3] - Strato | 26 | 2.40 | 26 | Meyerhof ed altri | 20.50 |

PROVA ...P3

Strumento utilizzato...

PENNY 30

Prova eseguita in data

10/12/2014

Profondità prova

2.80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|----------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|--|
| 0.10 | 1 | 0.857 | 0.34 | 0.40 | 17.03 | 19.88 |
| 0.20 | 1 | 0.855 | 0.34 | 0.40 | 16.99 | 19.88 |
| 0.30 | 2 | 0.853 | 0.68 | 0.80 | 33.90 | 39.76 |
| 0.40 | 5 | 0.851 | 1.69 | 1.99 | 84.56 | 99.39 |
| 0.50 | 4 | 0.849 | 1.35 | 1.59 | 67.50 | 79.51 |
| 0.60 | 5 | 0.847 | 1.68 | 1.99 | 84.19 | 99.39 |
| 0.70 | 5 | 0.845 | 1.68 | 1.99 | 84.00 | 99.39 |
| 0.80 | 11 | 0.843 | 3.69 | 4.37 | 184.40 | 218.66 |
| 0.90 | 16 | 0.792 | 5.03 | 6.36 | 251.75 | 318.05 |
| 1.00 | 23 | 0.740 | 6.42 | 8.68 | 320.87 | 433.76 |
| 1.10 | 19 | 0.788 | 5.65 | 7.17 | 282.36 | 358.32 |
| 1.20 | 29 | 0.736 | 8.05 | 10.94 | 402.67 | 546.91 |
| 1.30 | 25 | 0.735 | 6.93 | 9.43 | 346.32 | 471.47 |
| 1.40 | 23 | 0.733 | 6.36 | 8.68 | 317.88 | 433.76 |
| 1.50 | 23 | 0.731 | 6.34 | 8.68 | 317.16 | 433.76 |
| 1.60 | 24 | 0.730 | 6.60 | 9.05 | 330.21 | 452.61 |
| 1.70 | 22 | 0.728 | 6.04 | 8.30 | 302.02 | 414.90 |
| 1.80 | 24 | 0.726 | 6.57 | 9.05 | 328.75 | 452.61 |
| 1.90 | 33 | 0.675 | 8.40 | 12.45 | 419.92 | 622.35 |
| 2.00 | 23 | 0.723 | 5.97 | 8.25 | 298.38 | 412.60 |
| 2.10 | 23 | 0.722 | 5.95 | 8.25 | 297.75 | 412.60 |
| 2.20 | 33 | 0.670 | 7.93 | 11.84 | 396.70 | 591.99 |
| 2.30 | 23 | 0.719 | 5.93 | 8.25 | 296.50 | 412.60 |
| 2.40 | 23 | 0.717 | 5.92 | 8.25 | 295.89 | 412.60 |

| | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|--------|--------|
| 2.50 | 31 | 0.666 | 7.40 | 11.12 | 370.19 | 556.11 |
| 2.60 | 36 | 0.664 | 8.58 | 12.92 | 428.97 | 645.80 |
| 2.70 | 49 | 0.613 | 10.77 | 17.58 | 538.68 | 879.01 |
| 2.80 | 50 | 0.611 | 10.97 | 17.94 | 548.41 | 896.95 |

| Prof. Strato (m) | NPDM | Rd (Mpa) | Tipo | Clay Fraction (%) | Peso unità di volume (KN/m³) | Peso unità di volume saturo (KN/m³) | Tensione efficace (KPa) | Coeff. di correlaz. con Nspt | Nspt | Descrizione |
|------------------|------|----------|------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------|------|-------------|
| 0.7 | 1 | 0.4 | Incoerente | 0 | 12.75 | 18.24 | 4.46 | 1 | 1 | Strato |
| 1.8 | 11 | 4.37 | Incoerente | 0 | 12.75 | 18.24 | 15.94 | 1 | 11 | Strato |
| 2.8 | 23 | 8.25 | Incoerente | 0 | 12.75 | 18.24 | 29.33 | 1 | 23 | Strato |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Meyerhof 1957 | 24.32 |
| [2] - Strato | 11 | 1.80 | 11 | Meyerhof 1957 | 74.99 |
| [3] - Strato | 23 | 2.80 | 23 | Meyerhof 1957 | 100 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Sowers (1961) | 28.28 |
| [2] - Strato | 11 | 1.80 | 11 | Sowers (1961) | 31.08 |
| [3] - Strato | 23 | 2.80 | 23 | Sowers (1961) | 34.44 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | --- |
| [2] - Strato | 11 | 1.80 | 11 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 12.80 |
| [3] - Strato | 23 | 2.80 | 23 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 26.68 |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Meyerhof ed altri | 13.24 |
| [2] - Strato | 11 | 1.80 | 11 | Meyerhof ed altri | 17.26 |
| [3] - Strato | 23 | 2.80 | 23 | Meyerhof ed altri | 20.10 |

PROVA ...P4

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova

PENNY 30
15/12/2014
1.10 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|----------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|--|
| 0.10 | 1 | 0.857 | 0.34 | 0.40 | 17.03 | 19.88 |
| 0.20 | 1 | 0.855 | 0.34 | 0.40 | 16.99 | 19.88 |
| 0.30 | 2 | 0.853 | 0.68 | 0.80 | 33.90 | 39.76 |
| 0.40 | 6 | 0.851 | 2.03 | 2.39 | 101.47 | 119.27 |
| 0.50 | 4 | 0.849 | 1.35 | 1.59 | 67.50 | 79.51 |
| 0.60 | 5 | 0.847 | 1.68 | 1.99 | 84.19 | 99.39 |
| 0.70 | 12 | 0.845 | 4.03 | 4.77 | 201.60 | 238.54 |
| 0.80 | 22 | 0.743 | 6.50 | 8.75 | 325.08 | 437.32 |
| 0.90 | 25 | 0.742 | 7.37 | 9.94 | 368.51 | 496.96 |
| 1.00 | 23 | 0.740 | 6.42 | 8.68 | 320.87 | 433.76 |
| 1.10 | 50 | 0.638 | 12.03 | 18.86 | 601.60 | 942.95 |

| Prof. Strato (m) | NPDM | Rd (Mpa) | Tipo | Clay Fraction (%) | Peso unità di volume (KN/m³) | Peso unità di volume saturo (KN/m³) | Tensione efficace (KPa) | Coeff. di correlaz. con Nspt | Nspt | Descrizione |
|------------------|------|----------|------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------|------|-------------|
| 0.6 | 1 | 0.4 | Incoerente | 0 | 12.75 | 18.24 | 3.83 | 1 | 1 | Strato |
| 1.1 | 12 | 4.77 | Incoerente | 0 | 12.75 | 18.24 | 10.84 | 1 | 12 | Strato |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P4

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.60 | 1 | Meyerhof 1957 | 24.43 |
| [2] - Strato | 12 | 1.10 | 12 | Meyerhof 1957 | 80.8 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|--------------|----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.60 | 1 | De Mello | 18.85 |
| [2] - Strato | 12 | 1.10 | 12 | De Mello | 40.27 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.60 | 1 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | --- |
| [2] - Strato | 12 | 1.10 | 12 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 13.95 |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|-------------|------|------------------|----------------------------------|--------------|---------------|
|-------------|------|------------------|----------------------------------|--------------|---------------|

| | | | | | |
|--------------|----|------|----|-------------------|-------|
| [1] - Strato | 1 | 0.60 | 1 | Meyerhof ed altri | 13.24 |
| [2] - Strato | 12 | 1.10 | 12 | Meyerhof ed altri | 17.55 |

PROVA ...P1

Strumento utilizzato... PENNY 30
Prova eseguita in data 19/12/2014
Profondità prova 1.60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|----------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|--|
| 0.10 | 1 | 0.857 | 0.34 | 0.40 | 17.03 | 19.88 |
| 0.20 | 1 | 0.855 | 0.34 | 0.40 | 16.99 | 19.88 |
| 0.30 | 2 | 0.853 | 0.68 | 0.80 | 33.90 | 39.76 |
| 0.40 | 2 | 0.851 | 0.68 | 0.80 | 33.82 | 39.76 |
| 0.50 | 5 | 0.849 | 1.69 | 1.99 | 84.37 | 99.39 |
| 0.60 | 5 | 0.847 | 1.68 | 1.99 | 84.19 | 99.39 |
| 0.70 | 3 | 0.845 | 1.01 | 1.19 | 50.40 | 59.64 |
| 0.80 | 8 | 0.843 | 2.68 | 3.18 | 134.11 | 159.03 |
| 0.90 | 11 | 0.842 | 3.68 | 4.37 | 184.01 | 218.66 |
| 1.00 | 22 | 0.740 | 6.14 | 8.30 | 306.92 | 414.90 |
| 1.10 | 23 | 0.738 | 6.40 | 8.68 | 320.11 | 433.76 |
| 1.20 | 25 | 0.736 | 6.94 | 9.43 | 347.13 | 471.47 |
| 1.30 | 33 | 0.685 | 8.52 | 12.45 | 426.03 | 622.35 |
| 1.40 | 24 | 0.733 | 6.63 | 9.05 | 331.71 | 452.61 |
| 1.50 | 26 | 0.731 | 7.17 | 9.81 | 358.53 | 490.33 |
| 1.60 | 50 | 0.630 | 11.87 | 18.86 | 593.64 | 942.95 |

| Prof. Strato (m) | NPDM | Rd (Mpa) | Tipo | Clay Fraction (%) | Peso unità di volume (KN/m³) | Peso unità di volume saturo (KN/m³) | Tensione efficace (KPa) | Coeff. di correlaz. con Nspt | Nspt | Descrizione |
|------------------|------|----------|------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------|------|-------------|
| 0.7 | 1 | 0.4 | Incoerente | 0 | 13.24 | 18.24 | 4.63 | 1 | 1 | Strato |
| 1.6 | 8 | 3.18 | Incoerente | 0 | 12.75 | 18.24 | 15.01 | 1 | 8 | Strato |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Meyerhof 1957 | 24.29 |
| [2] - Strato | 8 | 1.60 | 8 | Meyerhof 1957 | 64.31 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|--------------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Sowers (1961) | 28.28 |
| [2] - Strato | 8 | 1.60 | 8 | Sowers (1961) | 30.24 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|--------------|------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | --- |
| [2] - Strato | 8 | 1.60 | 8 | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 9.33 |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|--------------|------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|
| [1] - Strato | 1 | 0.70 | 1 | Meyerhof ed altri | 13.24 |
| [2] - Strato | 8 | 1.60 | 8 | Meyerhof ed altri | 16.28 |

DIAGRAMMA NUMERICO E TABELLA VALORI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°1

Committente: Ecoplan srl

Località: Malzat-Prali (TO)

Cantiere: Impianti di risalita

Data: 10/12/2014

Falda: non presente

Profondità prova: 1,60 m

Responsabile: Dott. Geol. Duccio Ivo Platone

Operatore: Dott. Geol. Marco Di Cosmo



CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO MEDIO-LEGGERO COMPAC PENNI 30

lunghezza aste: m 1,00

peso aste/metro: kg/m 2,93

altezza di caduta maglio: m 0,20

peso massa battente: kg 30,00

peso sistema battuta: kg 12,50

intervallo lettura colpi: cm 10,00

diametro p.ta: mm 35,68

area base p.ta: cm² 10

angolo apertura p.ta: 60°

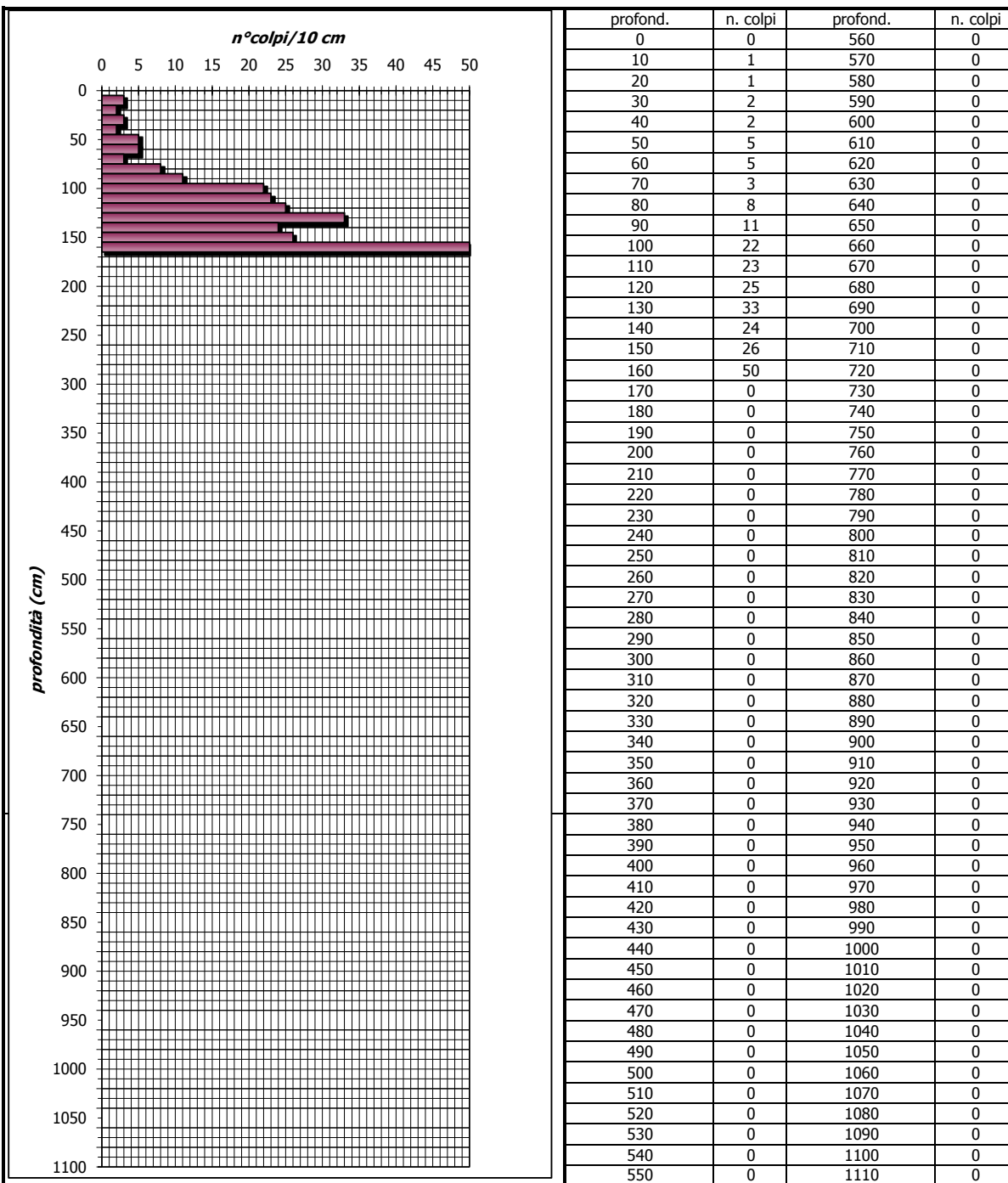


DIAGRAMMA NUMERICO E TABELLA VALORI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°2

Committente: Ecoplan srl

Località: Malzat-Prali (TO)

Cantiere: Impianti di risalita

Data: 10/12/2014

Falda: non presente

Profondità prova: 2,40 m

Responsabile: Dott. Geol. Duccio Ivo Platone

Operatore: Dott. Geol. Marco Di Cosmo



CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO MEDIO-LEGGERO COMPAC PENNI 30

lunghezza aste: m 1,00

peso aste/metro: kg/m 2,93

altezza di caduta maglio: m 0,20

peso massa battente: kg 30,00

peso sistema battuta: kg 12,50

intervallo lettura colpi: cm 10,00

diametro p.ta: mm 35,68

area base p.ta: cm² 10

angolo apertura p.ta: 60°

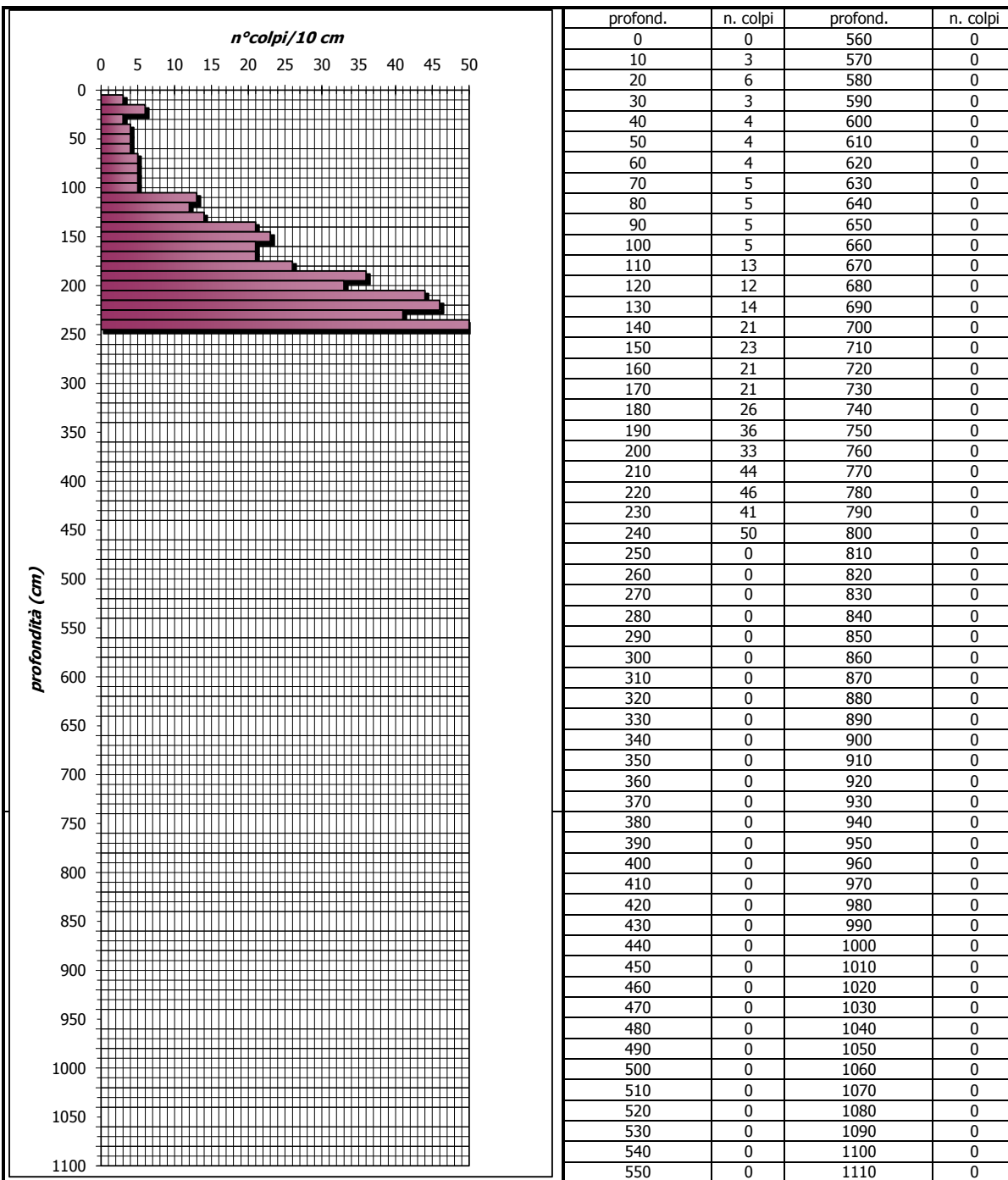


DIAGRAMMA NUMERICO E TABELLA VALORI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°3

Committente: Ecoplan srl

Località: Malzat-Prali (TO)

Cantiere: Impianti di risalita

Data: 10/12/2014

Falda: non presente

Profondità prova: 2,80 m

Responsabile: Dott. Geol. Duccio Ivo Platone

Operatore: Dott. Geol. Marco Di Cosmo



CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO MEDIO-LEGGERO COMPAC PENNI 30

lunghezza aste: m 1,00

peso aste/metro: kg/m 2,93

altezza di caduta maglio: m 0,20

peso massa battente: kg 30,00

peso sistema battuta: kg 12,50

intervallo lettura colpi: cm 10,00

diametro p.ta: mm 35,68

area base p.ta: cm² 10

angolo apertura p.ta: 60°

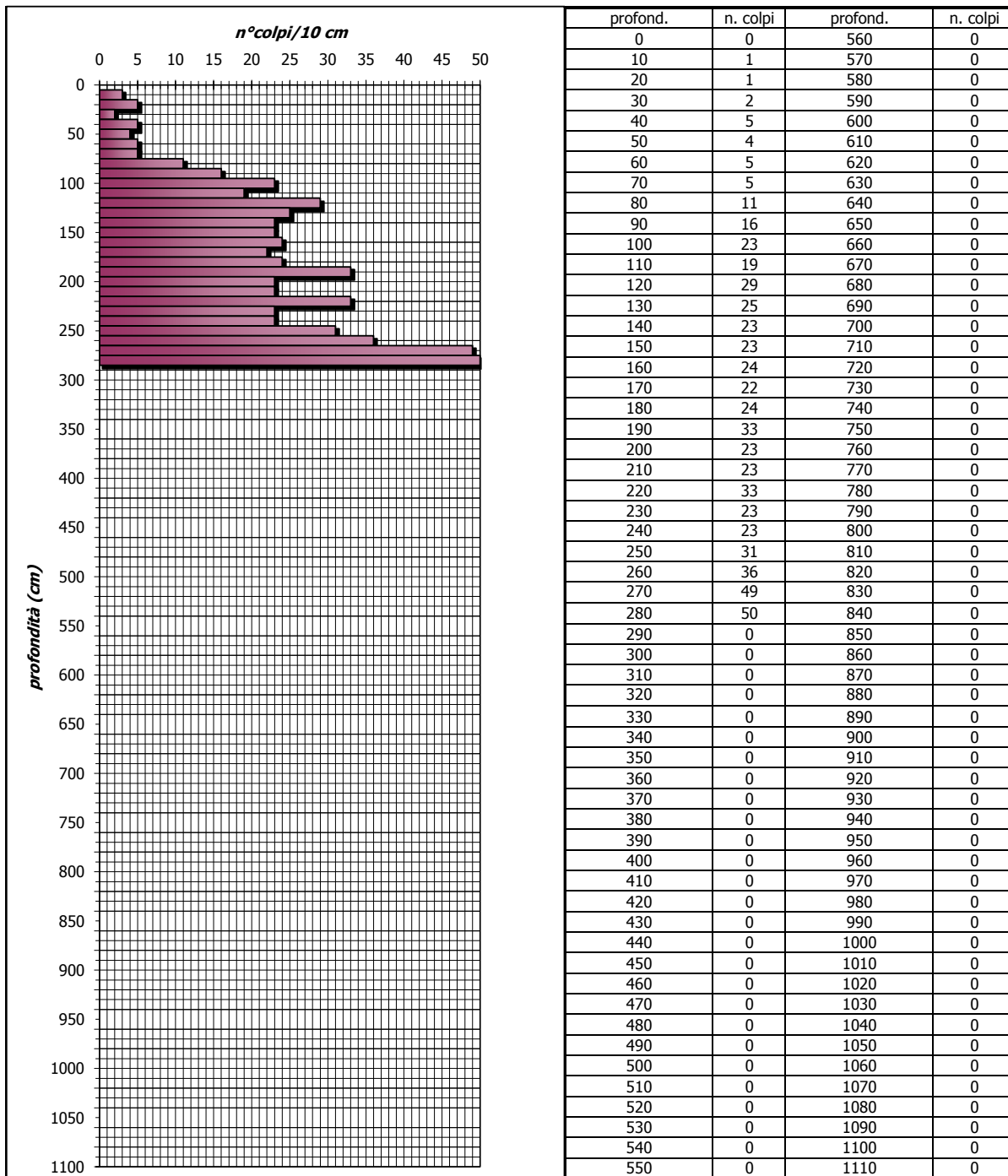


DIAGRAMMA NUMERICO E TABELLA VALORI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°4

Committente: Ecoplan srl

Località: Malzat-Prali (TO)

Cantiere: Impianti di risalita

Data: 10/12/2014

Falda: non presente

Profondità prova: 1,10 m

Responsabile: Dott. Geol. Duccio Ivo Platone

Operatore: Dott. Geol. Marco Di Cosmo



CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO MEDIO-LEGGERO COMPAC PENNI 30

lunghezza aste: m 1,00

peso aste/metro: kg/m 2,93

altezza di caduta maglio: m 0,20

peso massa battente: kg 30,00

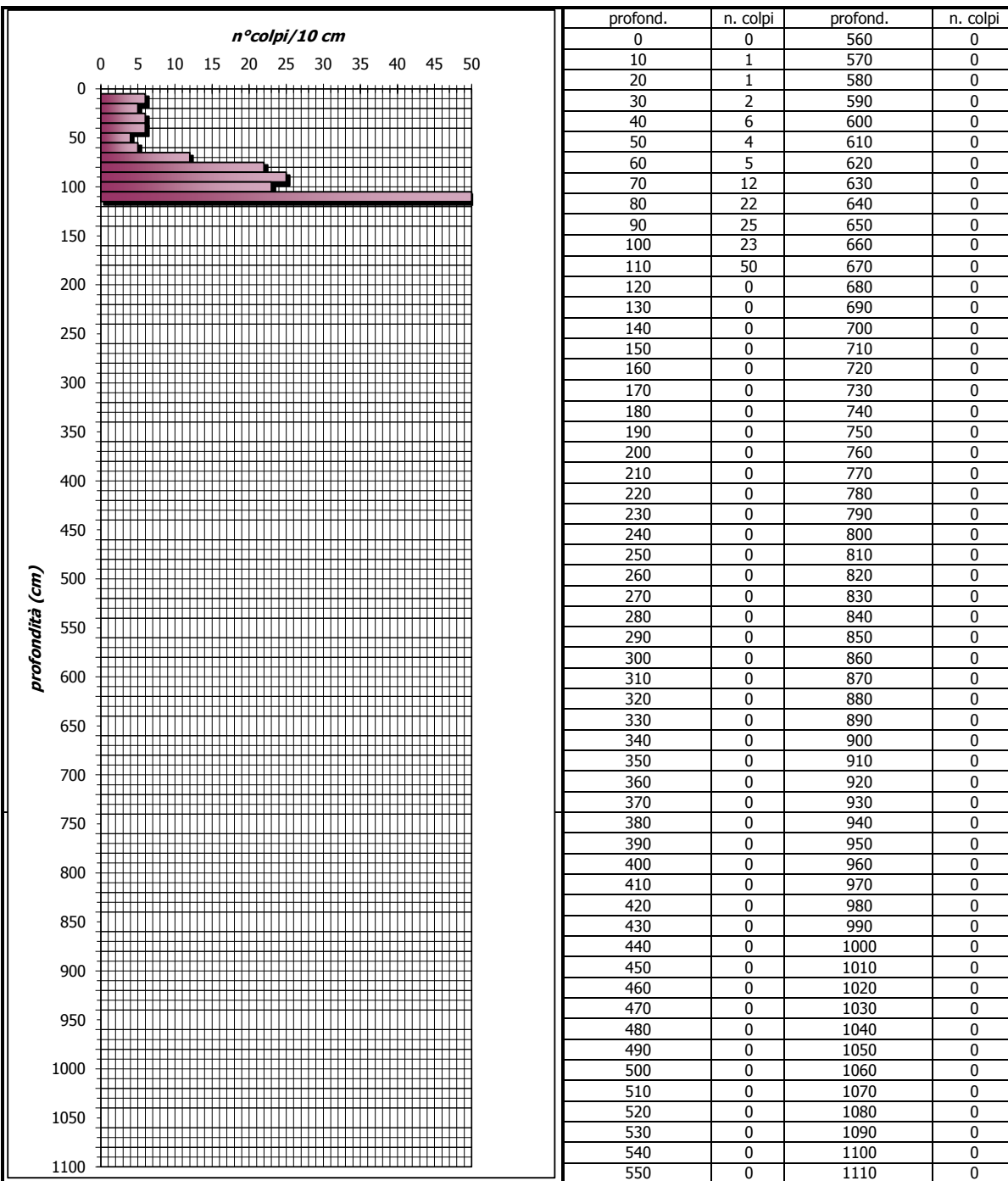
peso sistema battuta: kg 12,50

intervallo lettura colpi: cm 10,00

diametro p.ta: mm 35,68

area base p.ta: cm² 10

angolo apertura p.ta: 60°



ALLEGATO B – INDAGINE SISMICA



DOTT. GEOL. DUCCIO IVO PLATONE

*Geologia – Geotecnica – Idrogeologia – Rilevamento geologico e geomorfologico
– Cartografia geologica – Geologia strutturale – Fotogeologia – Prove
Penetrometriche Dinamiche – Rilievi Topografici – Indagini sismiche passive HVSR*

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

COMUNE DI PRALI

Oggetto

REALIZZAZIONE DI SOTTOPASSO

ALLA SCIOVIA CIATLET

RELAZIONE DI INDAGINE SISMICA HVSR



Asti, dicembre 2014



P.S. STUDIO progettazione sostenibile

Piazzetta San Brunone, 2 – 14100 ASTI. ☎ Tel.: 0141212110; Fax: 0141354804
Cell. 3395632797-3497107156. P.IVA: 01317070058 ; C.F. :PLTDCV74L11A479Q
email: duccio.platone@geologipiemonte.it; duccioivo.platone@psstudio.it;
email certificata (PEC): duccioivo.platone@epap.sicurezza postale.it
<http://www.studiodigeologia.net>; <http://www.psstudio.it>

INDICE

| | |
|--|----|
| Indice | 2 |
| 1. Premessa e ubicazione indagine..... | 3 |
| 2. Indagine sismica passiva HVSR | 3 |
| 2.1. STRUMENTAZIONE E PROCEDURA DI ANALISI | 5 |
| 2.2. FREQUENZE DI RISONANZA, STIMA DELLE $V_{s,30}$ E CATEGORIA DI SUOLO | 6 |
| 2.2.1. Frequenze di risonanza | 6 |
| 2.2.2. Stima delle $V_{s,30}$ e Categoria di suolo | 9 |
| 3. Conclusioni..... | 11 |
| Allegato – Indagine sismica HVSR..... | 12 |

1. PREMESSA E UBICAZIONE INDAGINE

Ai sensi del **D.M. 14/01/2008 (§ 3.2.2. NTC-08)** le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione, costituendo l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle stesse.

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, quale è il caso in esame, per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. La definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, è basata sulla velocità delle onde sismiche di taglio $V_{s,30}$, che costituisce un parametro correlato alla velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni; la $V_{s,30}$, che rappresenta una velocità equivalente, è espressa dalla seguente formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (1)$$

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata tramite metodi semplificati.

Su incarico della ECOPLAN S.R.L. il 10 dicembre 2014 si è proceduto alla stima delle $V_{s,30}$ eseguendo un’indagine sismica passiva a stazione singola nel Comune di Prali (TO), in località Borgo Malzat, presso la Nuova 13 Laghi Prali Ski Area e più precisamente in corrispondenza della sciovvia Ciatlet ad una quota di circa 2230 m s.l.m., ad integrazione di studi e indagini geologiche, geotecniche e sismiche propedeutiche alla progettazione di un sottopasso in corrispondenza della sciovvia Ciatlet.

Lo scrivente ha eseguito sul sito in esame (**Figg. 1 e 2**), un’indagine sismica passiva a stazione singola costituita da n°3 misure di microtremore ambientale, **H/V-1, H/V-2 e H/V-3** (si veda **Allegato**) della durata rispettivamente di 20 minuti, di 20 minuti e di 16 minuti, per mezzo di un *tromografo* digitale portatile progettato specificamente per l’acquisizione del rumore sismico.

2. INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR

L’individuazione della categoria di suolo di fondazione è possibile, dunque, mediante metodi semplificati, quali ad esempio la sismica passiva col metodo dei rapporti spettrali orizzontali e verticali HVSR (LANGSTON, 1979; NAKAMURA, 1989), detta anche tecnica di NAKAMURA. Essa è la metodologia di analisi dei microtremori più usata per stimare la risposta sismica di un sito in termini di frequenza fondamentale e amplificazione. Entrambe queste caratteristiche dipendono dalla struttura geologica e dalle proprietà geotecniche e/o geomeccaniche del terreno dell’area oggetto di studio.

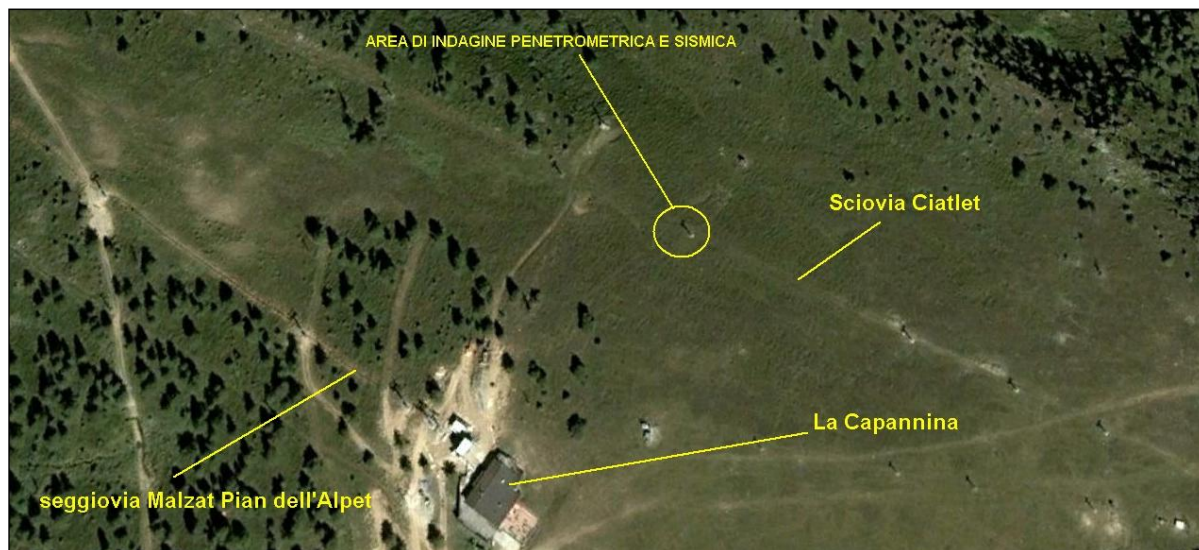


Fig. 1: ubicazione dell'indagine geofisica (immagine tratta da *google earth*).

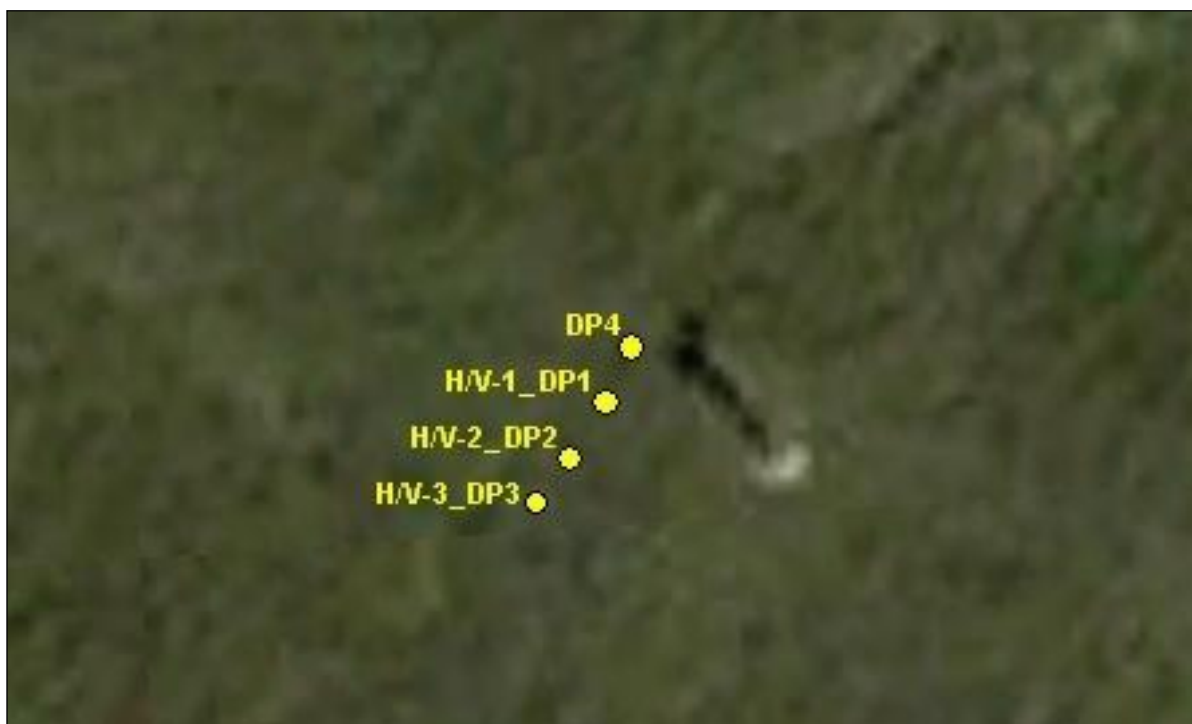


Fig. 2: dettaglio ubicazione dell'indagine geognostica e geofisica (immagine tratta da *google earth*).

Il rumore sismico diffuso, non puntuale e sufficientemente lontano, agisce come sorgente di eccitazione, più o meno come la luce bianca diffusa dalla nebbia illumina gli oggetti più vicini all'osservatore, eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e permettendo un percezione chiara degli oggetti vicini anche nella nebbia stessa che di per sé nasconde tutto ovvero mascherando (tagliando) le informazioni lontane.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto risonanza, dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica, che può corrispondere a un passaggio tra uno strato e l'altro. Per strato, in sismica, si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti (non sempre né necessariamente coincidenti con quelle litologiche) per un contrasto di

impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

L'analisi dei dati ottenuti (vedi **Allegato**), fornisce una stima molto attendibile della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo nei primi 30 metri al di sotto delle fondazioni e, pertanto, la categoria di suolo di fondazione.

2.1. STRUMENTAZIONE E PROCEDURA DI ANALISI

Lo strumento (*Tromino®*, Micromed spa, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso; le caratteristiche tecniche sono riportate nell'**Allegato**) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alta risoluzione orientati ortogonalmente N-S, E-W e Up-Down (verticalmente). I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz.

L'apparecchio mediante i tre velocimetri elettrodinamici ortogonali acquisisce 3 modi di vibrazione diversi, che possono venire poi confrontati e ricostruiti in una curva che esprime la differenza dei movimenti orizzontali rispetto ai movimenti verticali espressa come amplificazione.

Le misure acquisite sono campionate in una finestra temporale (*time window*); su queste finestre viene effettuata una trasformazione di Fourier (FFT) in modo da ottenere una rappresentazione grafica con asse x in Hertz (Hz) ed in asse y in una fattore di amplificazione delle misure orizzontali rispetto a quelle verticali.

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura descritta in CASTELLARO *et al.* (2005), con parametri:

- ↳ larghezza delle finestre d'analisi 20 s;
- ↳ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;

Le ragioni per la scelta del lisciamento triangolare al posto del lisciamento KONNO E OMACHI (1998) proposto dalle linee guida SESAME (2005) risiedono nel fatto che questo ultimo non dà alcuna differenza statisticamente rilevante rispetto al lisciamento triangolare, pertanto si è deciso di adottare il lisciamento più semplice.

Le curve H/V sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di RAYLEIGH e di LOVE nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico (curva blu, *synthetic H/V*) più vicino alle curve sperimentali (curva rossa, *Average H/V*). Mediante, infatti, la sovrapposizione di una curva teorica (curva blu) alla curva acquisita dallo strumento (curva rossa), CASTELLARO E MULARGIA (2009) hanno dimostrato che si può determinare con una precisione confrontabile con quella di altri metodi, la velocità media (armonica) delle onde sismiche fino ad almeno 30-50 m, se non oltre.

L'inversione delle curve H/V e la loro sovrapposizione, secondo CASTELLARO, **è possibile ed univoca solo se la curva è agganciata ad una discontinuità sismica (vincolo) la cui profondità è nota con altri metodi** (indagini sismiche o geologico – geotecniche quali indagini in sito, sondaggi, prove penetrometriche o pozzetti esplorativi, attestanti su geomateriali compatti). Infatti, con l'analisi degli spettri H/V *"In presenza di un picco di risonanza ben individuato e nota la profondità del riflettore che dà la risonanza, è inoltre*

possibile ottenere una stima di massima della velocità media delle onde di taglio delle coperture. Infine possono costituire un valido ausilio nell'interpretazione e validazione dei risultati ottenuti con altre prove" ("Valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva" SEBASTIANO FOTI, FILIPPO SANTUCCI DE MAGISTRIS, FRANCESCO SILVESTRI, CLAUDIO EVA in *Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" 2008* – Supplemento alla rivista Ingegneria sismica, Anno XXVIII - n. 2 - 2011).

Nel caso in questione tale vincolo (si ricorda fornito dalla profondità di un riflettore sismico noto e il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V, CASTELLARO E MULARGIA-2007) è emerso dal confronto con un'indagine geognostica consistita in n°4 prove penetrometriche dinamiche eseguita anch'essa dal sottoscritto (cui si rimanda per l'esamina dei particolari di interesse).

2.2. FREQUENZE DI RISONANZA, STIMA DELLE $V_{s,30}$ E CATEGORIA DI SUOLO

Attraverso tale indagine sismica, si stima come richiesto dalla normativa vigente la $V_{s,30}$ al di sotto del piano di fondazione e la conseguente categoria sismica di suolo di fondazione, partendo dalla determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (f_r).

2.2.1. Frequenze di risonanza

Facendo riferimento alle indagini geognostiche eseguite (prove penetrometriche **DP1, DP2, DP3 e DP4**), e alle generali ed importanti informazioni geologico – strutturali e geomorfologiche degli elaborati geologici allegati al PRGC del Comune di Prali, si sono riconosciuti, pertanto, schematicamente:

- un I strato sismico ascrivibile a depositi superficiali caratterizzati verosimilmente da terreno vegetale naturale poco o per nulla addensato, potente circa 1 m ÷ 1,5 m, poggianti su:
- un II strato sismico ascrivibile a depositi detritici eluvio-colluviali, potenti circa 6 m e a sua volta poggianti su:
- un III strato sismico ascrivibile a depositi gravitativi di versante, potenti mediamente circa 14 m ÷ 18 m e a sua volta poggianti su:
- un IV strato sismico ascrivibile verosimilmente alle prime porzioni dei materiali rocciosi del substrato litoide (*bedrock sismico*), via via progressivamente con la profondità sempre più compatto e "rigido":

Ogni passaggio tra i differenti strati sismici corrisponde ad una frequenza di risonanza (Figg. 3 e 4); una prima frequenza è riconoscibile dai picchi H/V a circa **18 Hz ÷ 20 Hz** corrispondente al passaggio (1,5 m circa di profondità) dal I al II strato sismico. Successivamente, si registra una seconda frequenza di risonanza, tra circa **8 Hz ÷ 10 Hz** corrispondente al passaggio (7,5 m circa di profondità) dal II al III strato sismico. A seguire, si registra una terza frequenza di risonanza, tra circa **4,5 Hz ÷ 5,5 Hz**, corrispondente al passaggio (24 m circa di profondità) dal III al IV strato sismico. Infine, si registra una quarta frequenza di risonanza, a circa **1,7 Hz**, corrispondente al passaggio (oltre il centinaio di metri

di profondità) all'interno del bedrock a porzioni verosimilmente più "rigide" e con velocità delle onde sismiche più elevate.

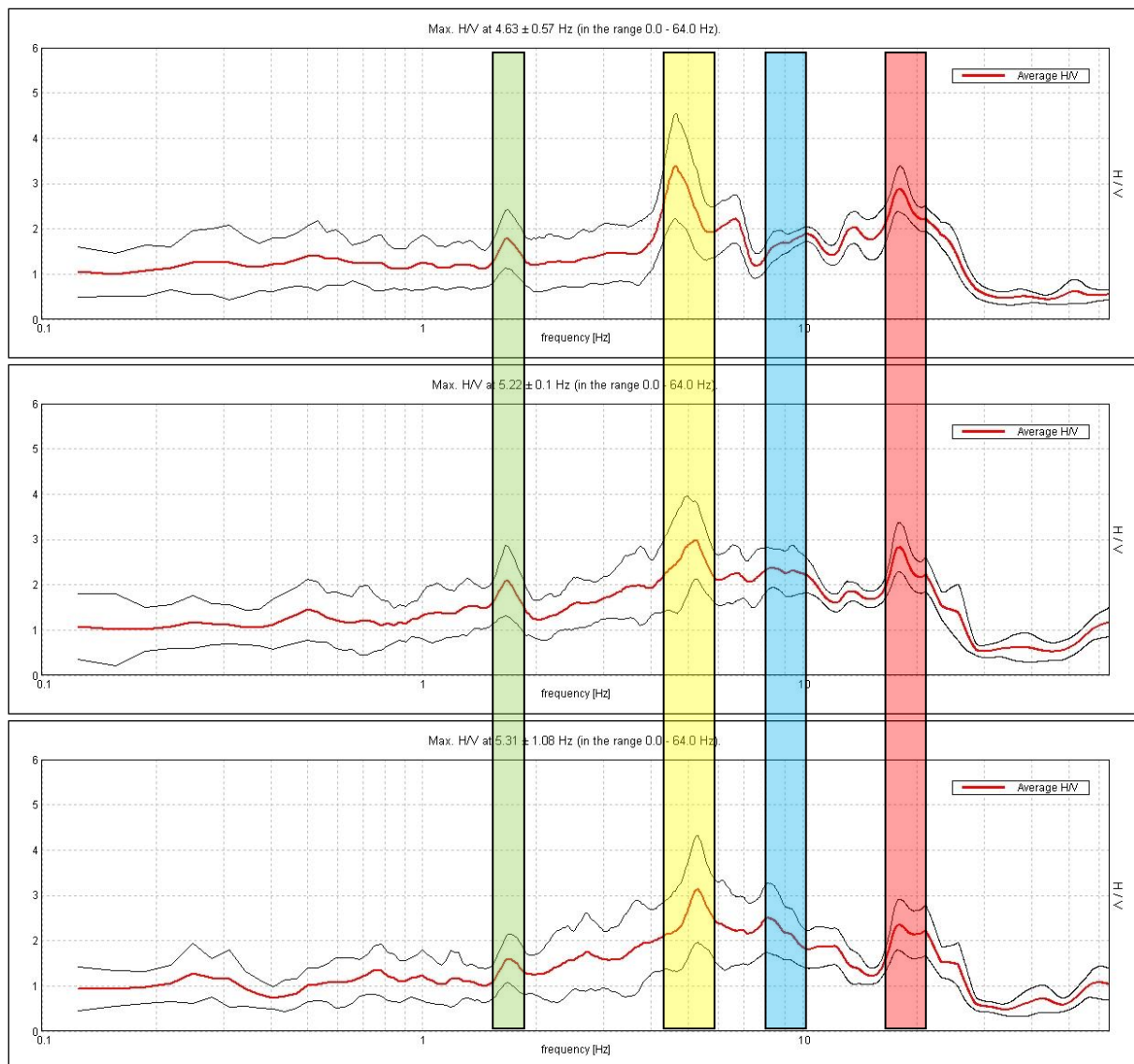


Fig. 3: tracce dei rapporti H/V rispettivamente dall'alto verso il basso nelle H/V-1_2_3 (curve sperimentali in rosso); in colore semitrasparente le quattro fasce comprendenti l'intervallo di frequenza di risonanza del terreno in esame.

Che si sia raggiunto con questa ultima frequenza il materiale più rigido e con maggiori velocità delle onde sismiche lo dimostra la traccia pressoché piatta con ampiezza intorno a 1 e con assenza di picchi ulteriori, significativa di assenza di risonanza. Ai fini, tuttavia, della caratterizzazione sismica del suolo di fondazione (30 al di sotto del piano di fondazione) l'interpretazione non è stata spinta fino a tali profondità.

Ogni picco osservato nel grafico corrisponde, dunque, ad una frequenza di risonanza del sito; generalmente ne è presente uno solo principale, ma più contrasti di impedenza a profondità sensibilmente diverse ne generano altrettanti.

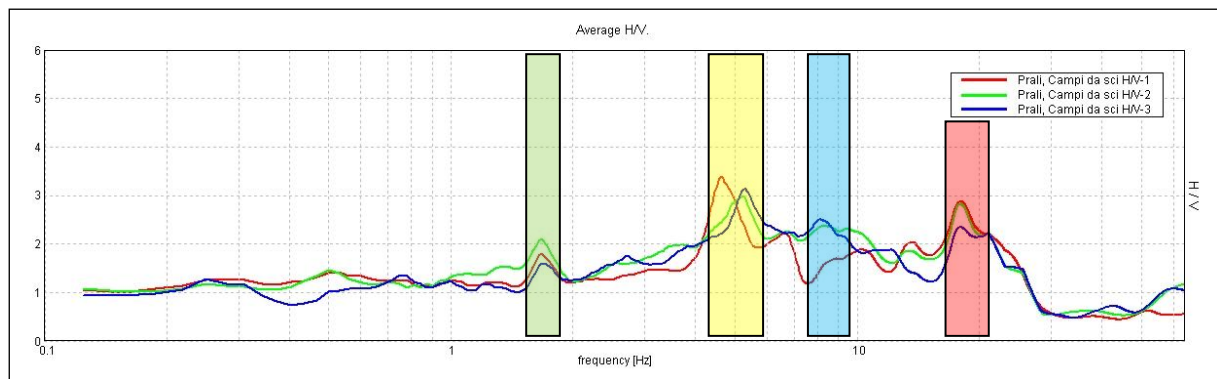


Fig. 4: sovrapposizione delle tracce dei rapporti H/V rispettivamente dall'alto verso il basso nelle H/V-1_2_3; in colore semitrasparente le quattro fasce comprendenti l'intervallo di frequenza di risonanza del terreno in esame.

La frequenza fondamentale di risonanza del sito si riconosce pertanto nella fascia (Figg. 3 e 4):

❖ **4,5 Hz ÷ 5,5 Hz**, frequenze di risonanza che rendono maggiormente vulnerabili strutture di altezze **6 m < h < 16 m**;

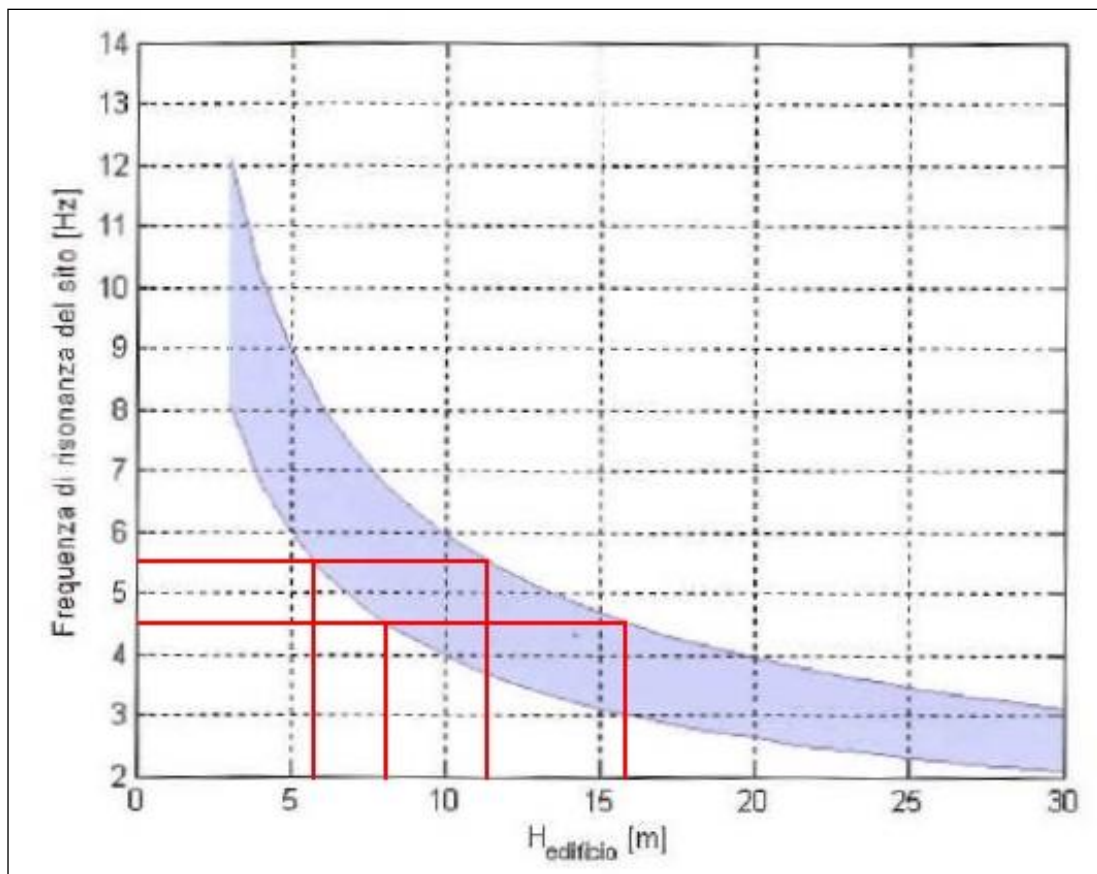


Fig. 5: Relazione tipica tra la frequenza del primo modo flessionale di vibrare e l'altezza di una struttura (da CASTELLARO S. 2008).

In prima approssimazione, infatti, la frequenza di risonanza di una struttura è legata all'altezza della stessa; nei casi, reali tuttavia, le relazioni sono più complesse e in Fig. 5 sono rappresentate le frequenze attese per il primo modo flessionale di vibrare delle strutture in c.a. in funzione della loro altezza.

IL PROGETTISTA, PERTANTO, CONTROLLI CHE LA RISONANZA (O SUO MODO DI VIBRARE FONDAMENTALE) DELLA STRUTTURA SIA A FREQUENZE MINORI DI QUELLE DEL SITO, E COMUNQUE LONTANA DAL PICCO POICHÉ IN CASO DI DANNEGGIAMENTO LA FREQUENZA PROPRIA DELL'EDIFICIO DIMINUISCE E INOLTRE NEL SOTTOSUOLO POSSONO MANIFESTARSI MODI DI VIBRARE SUPERIORI, ANCORA ENERGETICI E NON RISCONTRABILI CON IL METODO DEI MICROTREMORI.

Va, infatti, ricordato che la frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (f_r) "costituisce il parametro fondamentale per il progettista strutturale che deve evitare il rischio della doppia risonanza, vera causa di distruzione durante i terremoti" (CASTELLARO ET AL., 2005)¹.

2.2.2. Stima delle $V_{s,30}$ e Categoria di suolo²

Le curve sperimentali (curve registrate) vengono modellate tramite le equazioni del **modello 1-D di sottosuolo** nella formulazione THOMSON-HASKELL-DUNKIN (trattato in BEN-MENACHEM & SINGH, 1981, *Seismic waves and sources*) con un codice di calcolo proprietario "Grilla" MICROMED. Il processo del software è iterativo ed attraverso piccole modifiche di profondità e velocità si riesce a "fittare" ovvero modellare la curva teorica in modo da seguire la curva acquisita in campagna ottenendo le velocità e gli spessori degli strati successivi. Per poter svolgere questa operazione, si deve attribuire ad ogni strato "sismico" un peso di volume, ed un modulo di Poisson (entrambi questi valori possono essere assunti di ragionevole massima in funzione dei dati stratigrafici a disposizione): la valutazione della $V_{s,30}$ che ne deriva è robusta e poco sensibile ad eventuali errori locali. Tali valori di $V_{s,30}$ non possono essere comunque usate per scopi diversi dall'ottenere $V_{s,30}$, in quanto approssimate. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) del primo strato evidenziabile dallo strumento relativa alle onde S è pari a:

$$f_r = V_s / (4H) \quad (2)$$

dove **H** è la minima profondità di tale contrasto.

Qui di seguito vengono rappresentate nelle **Tabelle 1 e 2** le suddivisioni schematiche in strati sismici del sottosuolo in esame per le sole registrazioni sismiche **H/V-1 e H/V-2** le relative $V_{s,30}$.

| Strato sismico | Prof. [m] | Spessore Strato [m] | V_s [m/s] | Eventuale correlabilità a livello stratigrafico |
|----------------|--------------|---------------------|-------------|---|
| I | 0 ÷ 1,50 | 1,50 | 110 | Depositi superficiali/terreno vegetale naturale |
| II | 1,50 ÷ 7,50 | 6,00 | 260 | Depositi detritici eluvio-colluviali |
| III | 7,50 ÷ 23,50 | 16,00 | 430 | Depositi gravitativi di versante |
| IV | > 23,50 | Inf. | 750 | Substrato litoide/bedrock sismico |

Tabella 1: velocità delle onde di taglio negli strati sismici (H/V-1)

Applicando la (1): $V_{s,30}$ (0 ÷ 30) = 363 m/s;

¹ CASTELLARO S., MULARGIA F., ROSSI P. (2005): *Effetti di sito e $V_{s,30}$: una risposta alla normativa antisismica* (Il Geologo dell'Emilia Romagna).

² L'interpretazione dell'indagine sismica è stata eseguita esclusivamente sulle registrazioni **H/V-1 e H/V-2** in quanto le migliori delle tre effettuate; va, infatti, segnalato che **H/V-3** ha evidenziato eccessivi disturbi esterni (rumori antropici o spike) che ne hanno reso l'interpretazione più articolata e pertanto considerata inattendibile.

| Strato sismico | Prof. [m] | Spessore Strato [m] | V_s [m/s] | Eventuale correlabilità a livello stratigrafico |
|----------------|---------------|---------------------|-------------|---|
| I | 0 ÷ 1,50 | 1,50 | 108 | Depositi superficiali/terreno vegetale naturale |
| II | 1,50 ÷ 7,50 | 6,00 | 250 | Depositi detritici eluvio-colluviali |
| III | 7,50 ÷ 23,50 | 16,00 | 460 | Depositi gravitativi di versante |
| IV | 23,50 ÷ 63,50 | 40,00 | 725 | Substrato litoide/bedrock sismico |
| V | > 63,50 | Inf. | 950 | Substrato litoide/bedrock sismico |

Tabella 2: velocità delle onde di taglio negli strati sismici (H/V-2)

Applicando la (1): $V_{s,30} (0 \div 30) = 367 \text{ m/s}$;

Le $V_{s,30}$ ricavate dei rispettivi strati sismici sono in accordo con i dati bibliografici esposti nella Fig. 6.

| TIPO DI SUOLO | V_s min [m/s] | V_s media [m/s] | V_s max [m/s] |
|--|-----------------|-------------------|-----------------|
| ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto poco fratturate) | 1400 | 1620 | - |
| ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturati) | 700 | 1050 | 1400 |
| SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia) | 375 | 540 | 700 |
| ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose) | 200 | 290 | 375 |
| TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere). | 100 | 150 | 200 |

Fig. 6: velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo (cfr. BORCHERT, 1994)

Va, tuttavia, evidenziato che:

- le $V_{s,30}$ si intendono “al di sotto del piano di fondazione”; in linea di prima approssimazione, è possibile indicare una stima delle $V_{s,30}$ a profondità di posa delle fondazioni differenti. Per quanto detto sopra, riapplicando la (1) e facendo una media delle due registrazioni, si ottiene:

$$V_{s,30} \text{ media H/V-1 e H/V-2 } (0 \div 30) = 365 \text{ m/s}$$

$$V_{s,30} \text{ media H/V-1 e H/V-2 } (3 \div 33) = 451 \text{ m/s}$$

$$V_{s,30} \text{ media H/V-1 e H/V-2 } (7 \div 37) = 533 \text{ m/s}$$

- Visto che qualsiasi misura è affetta da errore statistico dovuto alla somma delle incertezze di tutte le singole variabili in gioco, la stima delle $V_{s,30}$ in fisica non può non tenerne conto. Dalla applicazione matematica della formula della propagazione degli errori si può, dunque, definire una cautelativa e generale deviazione standard corrispondente a circa il 15%.

$$V_{s,30} \text{ media } H/V-1 \text{ e } H/V-2 (0 \div 30) = 365 \text{ m/s} \pm 15\% = 365 \text{ m/s} \pm 55 \text{ m/s};$$

$$V_{s,30} \text{ media } H/V-1 \text{ e } H/V-2 (3 \div 33) = 451 \text{ m/s} \pm 15\% = 451 \text{ m/s} \pm 68 \text{ m/s};$$

$$V_{s,30} \text{ media } H/V-1 \text{ e } H/V-2 (7 \div 37) = 533 \text{ m/s} \pm 15\% = 533 \text{ m/s} \pm 80 \text{ m/s};$$

I risultati della complessa interpretazione delle registrazioni effettuate hanno permesso allo scrivente di concludere che, assumendo cautelativamente il limite inferiore della deviazione standard, i depositi in esame ricadrebbero in termini di $V_{s,30}$ in :

$$\diamond V_{s,30}(0 \div 30) = 365 \text{ m/s} - 55 \text{ m/s} = 310 \text{ m/s} \rightarrow \text{Categoria C};$$

Categoria 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 e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

$$\diamond V_{s,30}(3 \div 33) = 451 \text{ m/s} - 68 \text{ m/s} = 383 \text{ m/s} \text{ Categoria B};$$

$$\diamond V_{s,30}(7 \div 37) = 533 \text{ m/s} - 80 \text{ m/s} = 453 \text{ m/s} \text{ Categoria B};$$

Categoria 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 e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

3. CONCLUSIONI

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del suolo di fondazione nei primi 30 m dal p.c., i depositi in esame ricadrebbero cautelativamente nella **Categoria C**. Se si considerano, come da normativa vigente, le velocità delle onde di taglio $V_{s,30}$ nei primi 30 m al di sotto di un piano di fondazione, posto ipoteticamente a quote più profonde di -3 m dal p.c., si ricadrebbe invece nella **Categoria B**.

Ai fini della progettazione, a seguito di tale indagine è possibile individuare con ragionevole attendibilità la presenza di un substrato roccioso (bedrock sismico) a partire da profondità di -20 m ÷ -25 m dal p.c. attuale. A tal proposito si ricorda di porre particolare attenzione al rischio della doppia risonanza, tenendo presente la frequenza fondamentale di risonanza (**4,5 Hz ÷ 5,5 Hz**) del terreno registrata durante le indagini, nonché le altre frequenze di risonanza.

Asti, dicembre 2014

Dott. Geol. Duccio Ivo Platone

N. 574 dell'Ordine dei Geologi del Piemonte



ALLEGATO – INDAGINE SISMICA HVSR

STRUMENTAZIONE: CARATTERISTICHE TECNICHE

| | | |
|------------------------|--|---|
| 1 Tromino® | Numero di serie | TRZ – 0086/01 – 10 |
| | <p>Strumento ultraportatile (10 x 14 x 7 cm, < 1 kg) tutto in uno progettato specificamente per la misura dei microtremori e delle vibrazioni.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trasduttori • amplificatori • digitalizzatore • pre-analizzatore • memoria flash • alimentazione (2 batterie alcaline AA da 1.5 V) • 2 set di piedini per accoppiamento al suolo banda di lavoro 0,1-200 Hz <p>tutto nello stesso contenitore, assenza totale di cavi esterni per eliminare vibrazioni indotte.</p> <p><i>Produttore: Micromed s.p.a., Via Giotto 1 – Mogliano V.to (TV)</i> www.tromino.it; www.micromed-it.com</p> | |
| | Trasduttori | 3 canali velocimetrici per microtremore sismico ambientale (saturazione ± 1.2 mm/s in banda); Velocimetri elettrodinamici tricomponenti (N-S, E-W, verticale) |
| | Range di frequenze di attività strumentale | 0,1 Hz ÷ 250 Hz |
| | Frequenza di campionamento | frequenze di campionamento 128, 256, 512 Hz su tutti i canali; adottata 128 Hz. |
| | Taratura | Effettuata su tavola piezoelettrica calibrata all'interferometro laser |
| | Accoppiamento col terreno | Diretto, ad appoggio |
| Software Grilla | <p>Per l'immagazzinamento dei tracciati acquisiti e la loro analisi nei domini del tempo e della frequenza.</p> <p><i>Produttore: Silvia Castellaro per conto di Micromed s.p.a.</i> <i>Via Giotto 1 – Mogliano V.to (TV)</i> www.tromino.it; www.micromed-it.com;</p> | |



Tromino® della ditta MICROMED S.R.L

INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-1

Cantiere: Nuova 13 Laghi Prali Ski Area Sciovia Ciatlet; **Località:** Borgata Malzat, Prali (TO)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 10/12/14 12:53:20 End recording: 10/12/14 13:13:22

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

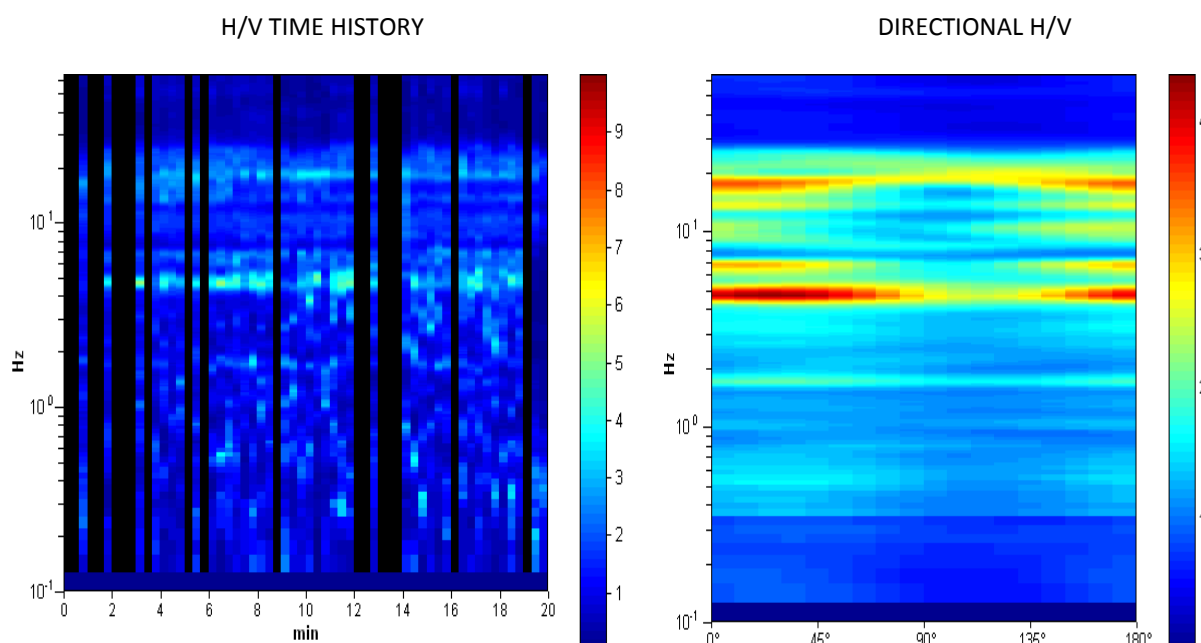
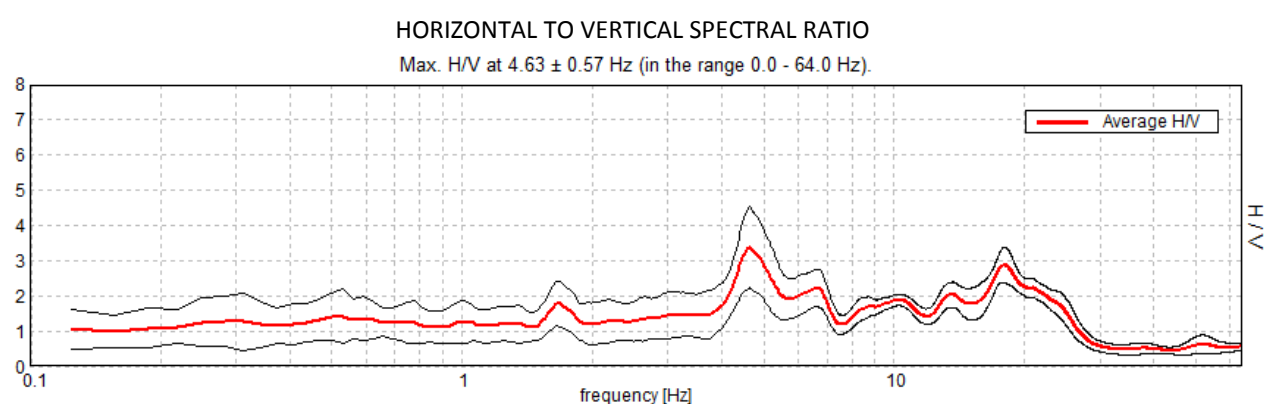
Trace length: 0h20'00". Analyzed 70% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

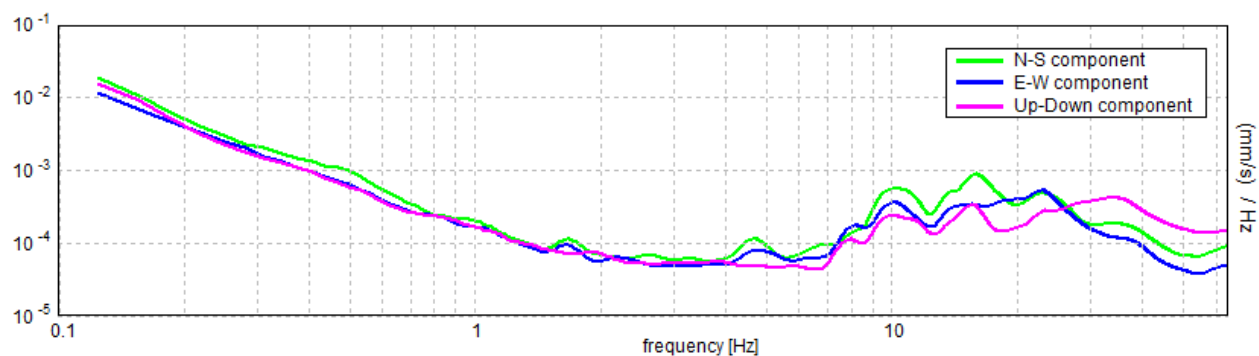
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

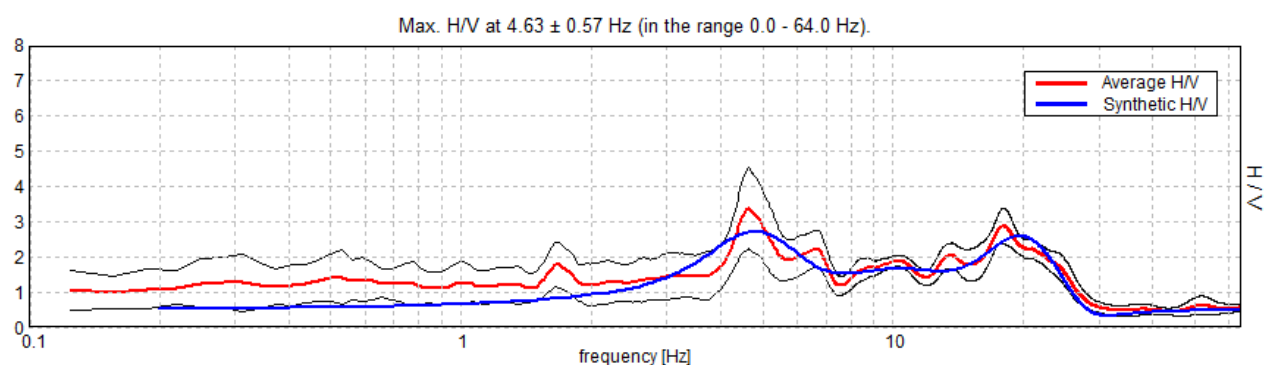
Smoothing: 10%



SINGLE COMPONENT SPECTRA

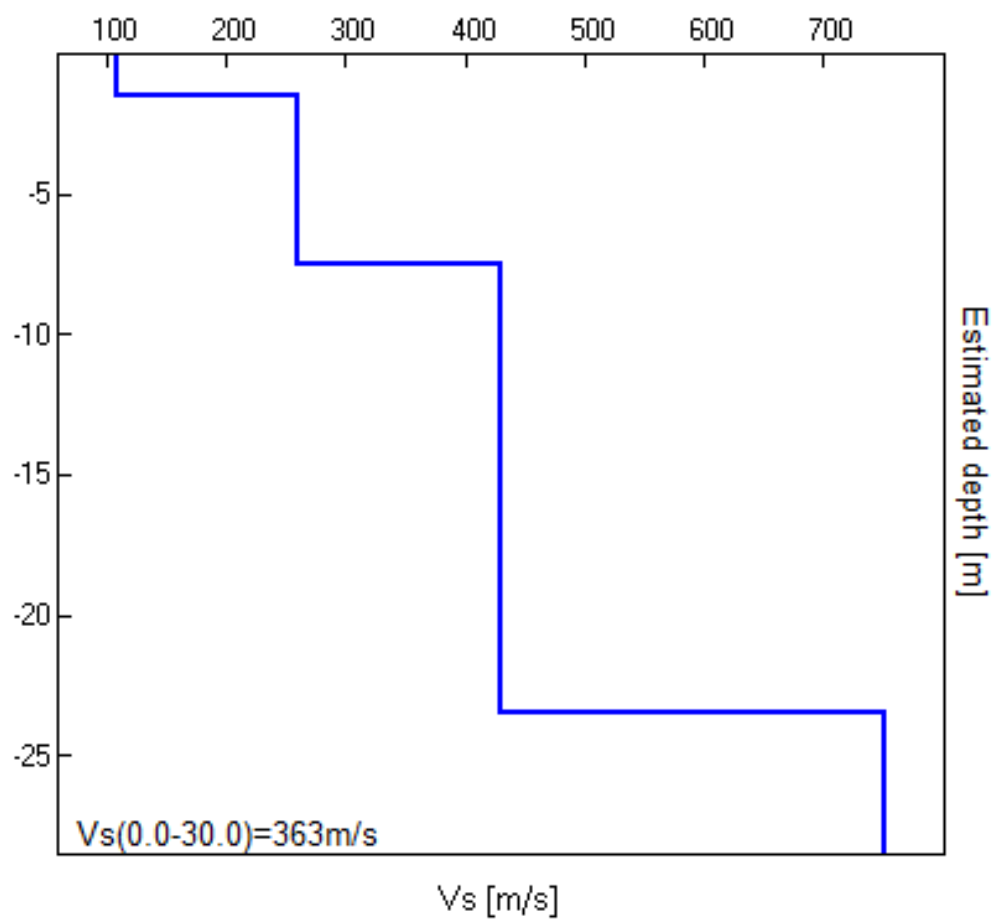


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 1.50 | 1.50 | 110 | 0.35 |
| 7.50 | 6.00 | 260 | 0.30 |
| 23.50 | 16.00 | 430 | 0.30 |
| inf. | inf. | 750 | 0.25 |

$V_s(0.0-30.0)=363\text{m/s}$



H/V-1 presso DP1

According to the SESAME, 2005³ guidelines]

Max. H/V at 4.63 ± 0.57 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 4.63 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 3885.0 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 223 times | OK | |

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|--------------------|----|--|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 3.969 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 7.094 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 3.38 > 2 | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.04985 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.2268 < 0.23125$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.5696 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq.range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

³ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti

I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.

INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-2

Cantiere: Nuova 13 Laghi Prali Ski Area Sciovia Ciatlet; **Località:** Borgata Malzat, Prali (TO)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 10/12/14 13:26:45

End recording: 10/12/14 13:46:46

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00".

Analyzed 38% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

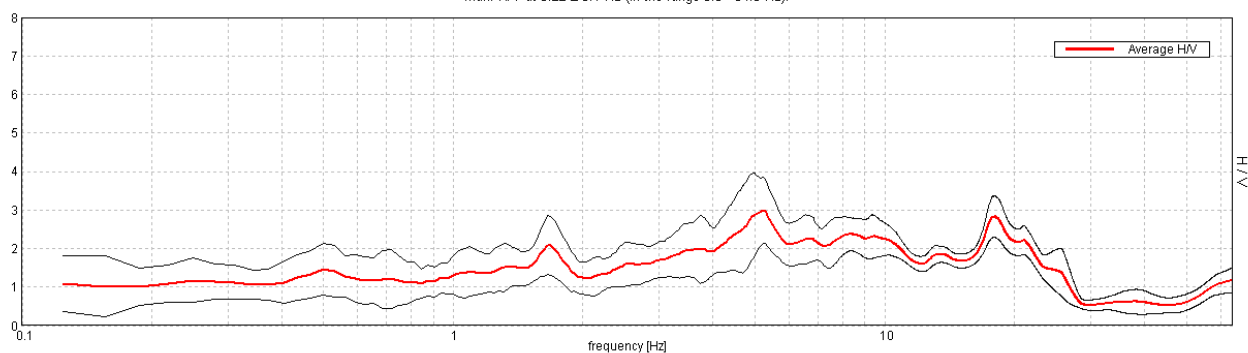
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

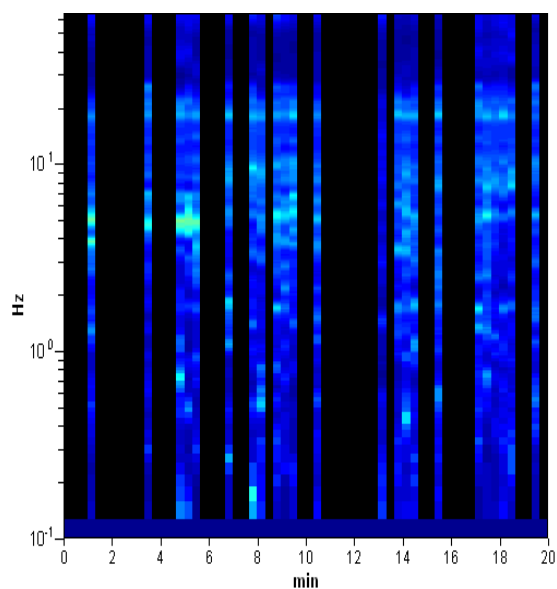
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

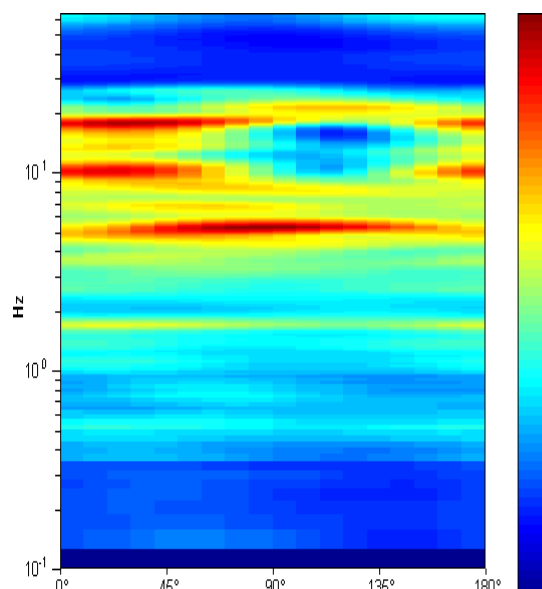
Max. H/V at 5.22 ± 0.1 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



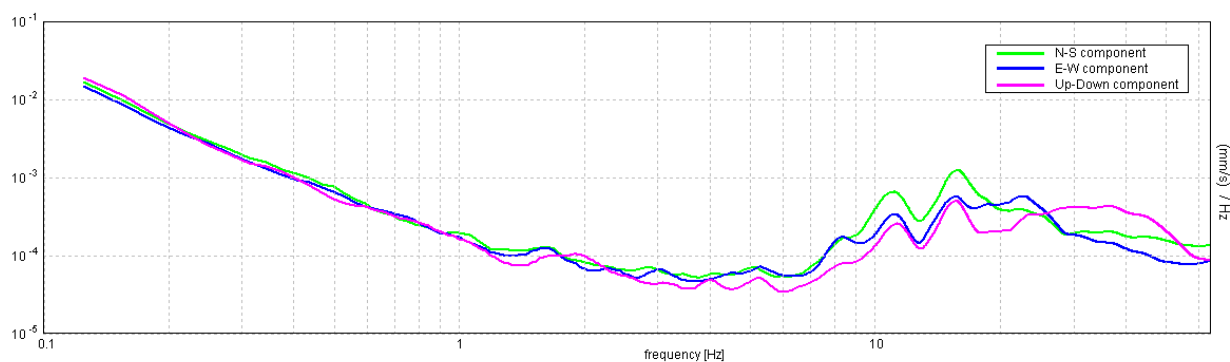
H/V TIME HISTORY



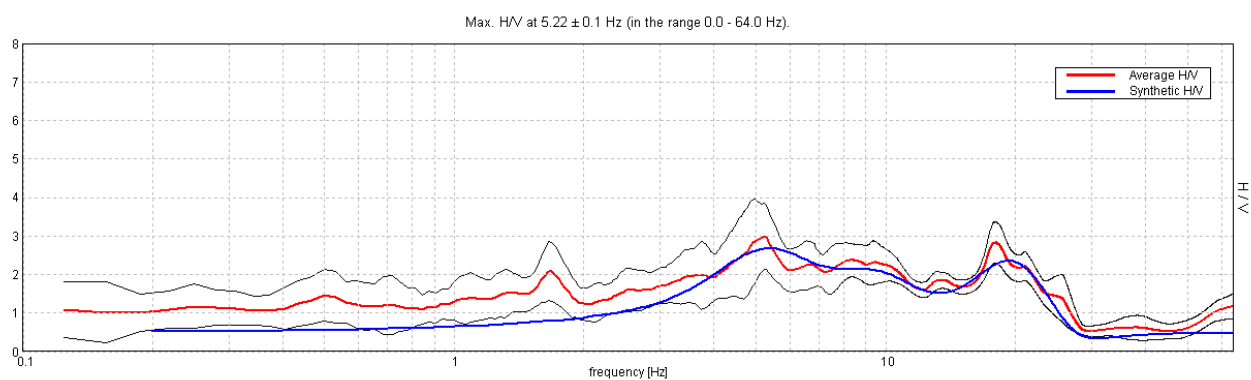
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

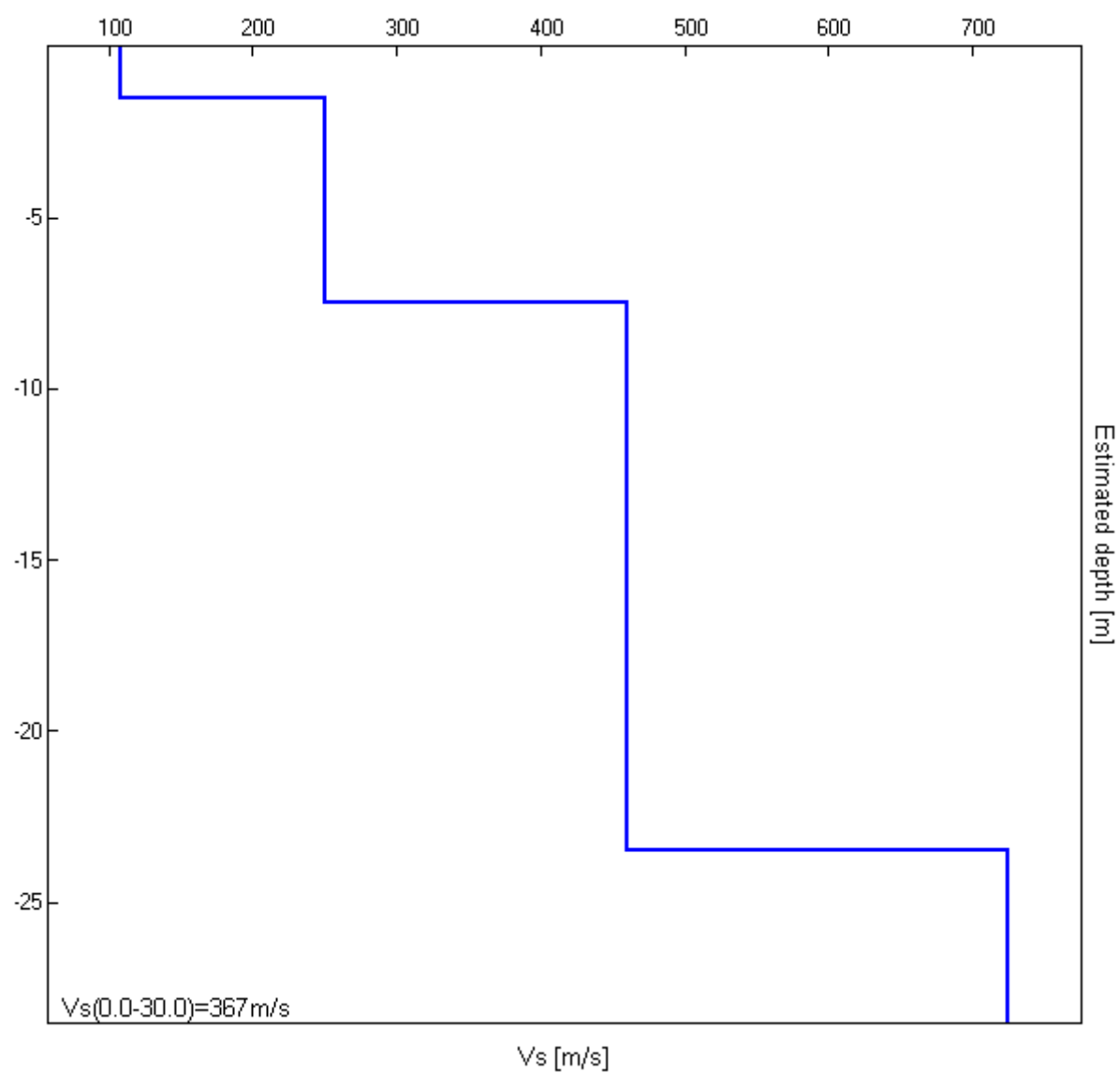


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 1.50 | 1.50 | 108 | 0.35 |
| 7.50 | 6.00 | 250 | 0.30 |
| 23.50 | 16.00 | 460 | 0.30 |
| inf. | inf. | 725 | 0.25 |

$V_s(0.0-30.0)=367\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005⁴ guidelines]

Max. H/V at 5.22 ± 0.1 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 5.22 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 2400.6 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 252 times | OK | |

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|--------------------|----|----|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 2.406 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | | | NO |
| $A_0 > 2$ | 2.98 > 2 | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.00922 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.04811 < 0.26094 | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.4083 < 1.58 | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq.range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 f_0 | 0.2 f_0 | 0.15 f_0 | 0.10 f_0 | 0.05 f_0 |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

⁴ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti

I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.

INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-3

Cantiere: Nuova 13 Laghi Prali Ski Area Sciovia Ciatlet; **Località:** Borgata Malzat, Prali (TO)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 10/12/14 13:52:54

End recording: 10/12/14 14:08:55

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00".

Analyzed 23% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

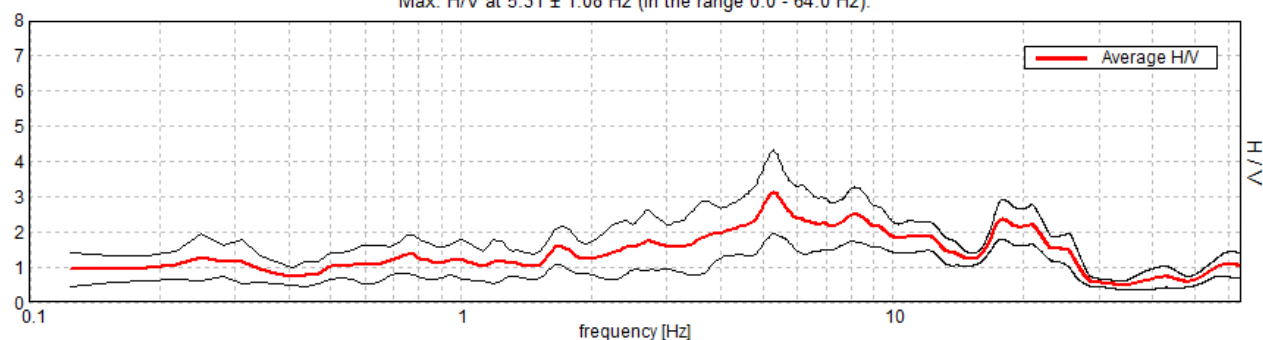
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

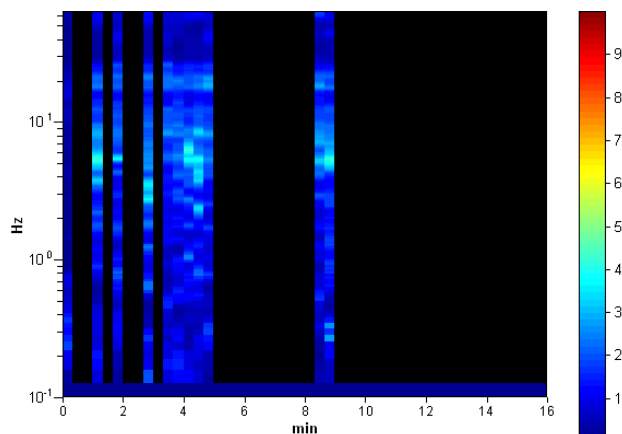
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

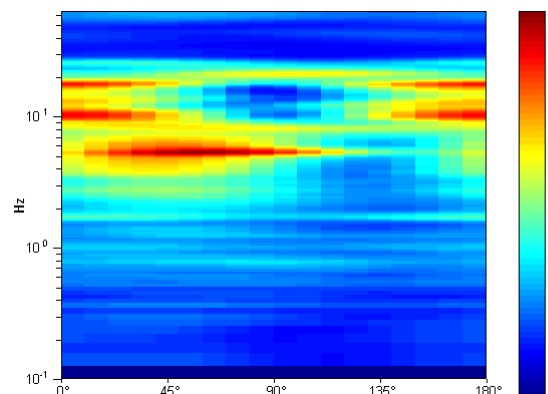
Max. H/V at 5.31 ± 1.08 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



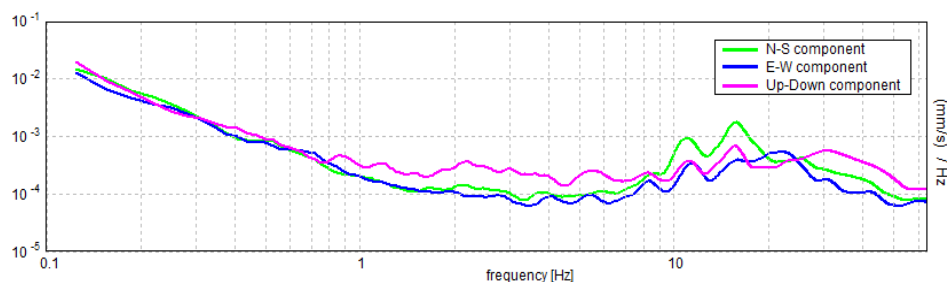
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005⁵ guidelines]

Max. H/V at 5.31 ± 1.08 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

| Criteria for a reliable HVSR curve | | | | | |
|--|--|-----------|------------|------------|------------|
| [All 3 should be fulfilled] | | | | | |
| $f_0 > 10 / L_w$ | $5.31 > 0.50$ | OK | | | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $1168.8 > 200$ | OK | | | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 256 times | OK | | | |
| Criteria for a clear HVSR peak | | | | | |
| [At least 5 out of 6 should be fulfilled] | | | | | |
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 3.094 Hz | OK | | | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 13.0 Hz | OK | | | |
| $A_0 > 2$ | $3.14 > 2$ | OK | | | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.08717 < 0.05$ | | | NO | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.4631 < 0.26563$ | | | NO | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.5071 < 1.58$ | OK | | | |
| L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{H/V}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$ | window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ H/V peak amplitude at frequency f_0 H/V curve amplitude at frequency f frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ | | | | |
| Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
| Freq.range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

⁵ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti

I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.