REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI SAVONA
COMUNI DI BORMIDA e RIALTO

Parco Eolico "Sella Chioggia"
N.C.T. Comune di Bormida Foglio 20 Comune di Rialto Foglio 2
RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SUOLO EX N.C.T. 08 – E.C.7- E.C.8

COMMITTENTE: LIGURE EOLICA S.R.L. VIA XX SETTEMBRE 48/11 – 16121 GENOVA	per presa visione
PROGETTISTA: STUDIOELB INGEGNERI ASSOCIATI C.SO TORINO 17/6 – 16129 GENOVA	per presa visione

	rif. M11ER
Il Tecnico Incaricato Dott. Geol. Marco Orsi Dottore di Ricerca in Scienze Ambientali Ordine dei Geologi del Piemonte n.287 C.so Viganò 5 - 15011 Acqui Terme (AL) tel.: 0144-321225 fax 0144-980163 cell:348-5835102 *E-mail*: studio@geolorsi.it	 Acqui Terme, ottobre 2011

Premessa

La Società Liguria Eolica S.r.l., ha in progetto la realizzazione del Parco Eolico "Sella Chioggia" in loc. Bric Chioggia, comuni di Bormida e Rialto SV.

L'intervento si concretizzerà sui terreni censiti al catasto terreni in vari mappali del Foglio 20 per il Comune di Bormida e dei Foglio 2 per il Comune di Rialto, tramite la costruzione di due torri eoliche denominate S1 ed S2 e dei relativi cavidotti di collegamento al punti di consegna presso S2.

Lo STUDIOELB Ingegneri Associati di Genova è stato incaricato della Progettazione Generale dell'intervento.

Nel contempo lo Scrivente è stato incaricato di procedere agli studi geologici e geotecnici opportuni così supportando la Progettazione Generale con le valutazioni geologico geotecniche necessarie ai sensi del D.M. 11/03/1988 e del recente D.M. 14/01/2008 "T.U. sulle Costruzioni", nonché di fornire una valutazione sulle eventuali minimizzazioni della pericolosità geomorfologica insistente sull'area da realizzarsi contemporaneamente alla luce della classificazione dell'area di intervento contenuta nel vigente P.R.G.C.

In considerazione dell'incidenza e della pericolosità delle situazioni progettuali evidenziate dai colloqui preliminari, delle condizioni al contorno e nel rispetto degli standard di lavoro previsti nella normativa di riferimento, l'indagine è stata articolata come segue:

- *sopralluoghi preliminari necessari a prendere visione dello stato dei luoghi e raccogliere tutta la documentazione occorrente nel mese di ottobre 2011;*
- *analisi di tutta la documentazione ed i dati pregressi prodotti dallo Scrivente sull'area, su aree contigue e/o assimilabili;*
- *analisi della documentazione geologica idrogeologica ed idraulica già esistente a supporto del vigente strumento urbanistico del Comune di Bormida e disponibile presso gli uffici comunali;*
- *analisi delle risultanze di una campagna di indagine eseguita dallo Scrivente nel settembre 2010 per i primi quattro aerogeneratori del limitrofo parco eolico di Madonna della Neve (rif. M10CN) costituita dal rilievo di dettaglio delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito, integrata integrata dall'esecuzione nel vari tempi di progetto di:*

  - *3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (SA3-1; SA3-2; SA4)*
  - *2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (rif. G06E)*
  - *6 prove penetrometriche dinamiche continue con DPM30 (rif.G06E)*
  - *4 Sondaggi Sismici Verticali SSV con il metodo dell'analisi dei microtremori ambientali (H/V method)*
  - *1 indagine di sismica a rifrazione (rif.G09AE)*

  volti a ricavare il dato geologico-stratigrafico sulla verticale dei sedimi di intervento ed a fornire una caratterizzazione sismica del sito di intervento ai sensi delle vigenti normative.

Si è infine proceduto ad una rielaborazione di tutto quanto emerso nel presente lavoro, arrivando a produrre una proposta per l'esecuzione dei lavori in progetto coerente con la situazione evidenziata dalle indagini eseguite; tale proposta contiene nello specifico sia le indicazioni per la mitigazione della pericolosità geomorfologica puntuale insistente sull'area ai sensi della normativa geologica d'uso del territorio contenuta nel vigente P.R.G.C. che le indicazioni geologico geotecniche indispensabili alla progettazione di fase preliminare ai sensi del disposto del D.M. 11/03/1988 e succ. NN.II. così come del successivo T.U. 14/01/2008.

Inquadramento generale

Geomorfologia, geologia ed idrogeologia

Inquadramento geografico

L'area in esame è ubicata sul crinale dell'Appennino ligure, nell'entroterra della riviera di ponente circa in corrispondenza di Finale, in un tratto di spartiacque subrettilineo, lungo circa 6 km. ed orientato Est-Ovest compreso tra la vetta di Pian dei Corsi (m. 1.028 s.l.m.) ad Est, e Bric Settepani (m. 1.386 s.l.m.) ad Ovest.

Geomorfologia

La località puntuale della Sella Chioggia è ubicata circa a metà di detto tratto di crinale, ove esso ha la quota di circa m. 960 s.l.m., così realizzando una morfologia ad ampia sella con pendenze trasversali –in direzione Est Ovest- molto dolci, e pendenze longitudinali –in direzione Nord Sud- molto più accentuate.

In particolare il versante settentrionale, adriatico padano, ospita per grande estensione a forma di ventaglio, la porzione iniziale del bacino del fiume Bormida, nei suoi tre rami del Bormida di Mallare, più a levante; del Bormida di Pallare, centrale; del rio Osiglietta e quindi del Bormida di Millesimo, più a ponente, tutti con decorso e confluenza circa verso Nord. La pendenza media del tratto iniziale del descritto bacino adriatico, nei pressi della linea di crinale, varia dal 30% al 40% circa.

Il versante meridionale, tirrenico, ospita la porzione iniziale del bacino del rio Pora, di molto più modesta estensione e di acclività più accentuate, con asta principale orientata dapprima da NO verso SE (fino a Calice Ligure) e quindi da NNO verso SSE fino al recapito terminale presso Finale; la distanza planimetrica tra la località di progetto e la costa ligure di tale tratto è di km.12, il dislivello, come detto, di m. 960. La pendenza media del tratto inziale del descritto bacino tirrenico, nei pressi della linea di crinale, varia dal 40% al 50% circa.

Nè nell'area puntuale in esame, ma neppure per ampio raggio all'intorno, si notano tracce di dissesti in atto o pregressi; in accordo, la carta tematica dell'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici, qui allegata, evidenzia l'assenza di locali criticità, ed anzi la più vicina area problematica in tal senso, peraltro di ridotta estensione, è ivi rilevata ad una distanza di circa km.1,5 a NNE della chiesetta di Madonna della Neve.

Geologia

Il substrato roccioso della località puntuale appartiene ella Formazione degli Scisti di Gorra che interessa entrambi i versanti della sella per almeno un paio di chilometri di larghezza; a levante essa viene in contatto stratigrafico con la soprastante Formazione dei Porfiroidi del Melogno; a ponente essa è in contatto tettonico con lenti della Formazione di Eze.

La Formazione degli Scisti di Gorra appartiene al tegumento permo carbonifero delle unità Brianzonesi; essa è composta da quarzoscisti, scisti quarzoso sericitici, scisti cloritici, micascisti e scisti gneissici derivanti da protoliti arenaceo argillosi deposti durante la detrizione del basamento ercinico (permiano) e successivamente interessati da un metaformismo di basso grado (scisti verdi) in età alpina.

Il substrato è generalmente assai vicino alla superficie, od addirittura affiorante in più punti dell'immediato circondario; in particolare esso è visibile per esteso tratto lungo il ciglio di monte della strada provinciale n.23 che quivi segue grosso modo la descritta linea di crinale

tenendosi appena a Sud di essa; ma lo stesso substrato affiora anche sul versante settentrionale della sella lungo -ad esempio- una mulattiera che si diparte dalla chiesetta di Madonna della neve con decorso verso NE e verso Est; ed affiora anche sul versante meridionale della sella, lungo –ad esempio- una mulattiera che, dalla stessa chiesetta scende, con decorso verso ESE nel bacino del rio Pora.

I frequenti e ravvicinati affioramenti del substrato sottendono una esigua potenza della coltre detritica eluvio colluviale, specie in detta zona pericrinalica che qui interessa; in particolare gli affioramenti esistenti sul ciglio della S.P. 23 si trovano pochi metri a S rispetto alla zona di imposta delle fondazioni dell'aerogeneratore A2, oltrechè essere rappresentativi della situazione strutturale di tutta l'area presa in esame.

Idrogeologia

Il reticolo idrografico ha andamento dendritico ed è alimentato esclusivamente dalle acque meteoriche superficiali; i terreni di copertura hanno una permeabilità piuttosto bassa (solitamente dell'ordine di $10^{-5} – 10^{-6}$ m/sec), e favoriscono quindi il ruscellamento piuttosto che l'infiltrazione; inoltre non si riscontra, vista anche la posizione altimetricamente e morfologicamente elevata del sito, la presenza di sorgenti naturali; l'opera in progetto, che non comporta modificazioni e/o interventi sul reticolo idrografico, non andrà quindi ad interferire con il naturale regime delle acque superficiali.

Resta inteso che le pur limitatissime piste di accesso e le piazzole dovranno essere dotate di idonei sistemi di raccolta e di canalizzazione delle acque meteoriche; altresì i terreni interessati da scavi e da riporti andranno protetti dall'erosione superficiale mediante opportuni interventi di ingegneria naturalistica.

Il substrato roccioso presenta una permeabilità ancora più bassa e discontinua ($10^{-6} – 10^{-7}$ m/sec), limitata alle zone di maggior fratturazione ed in diminuzione con la profondità per effetto del carico litostatico; non si prevede comunque alcuna interazione dell'opera in progetto con l'eventuale presenza di falde acquifere subsuperficiali o profonde.

Documentazione cartografica

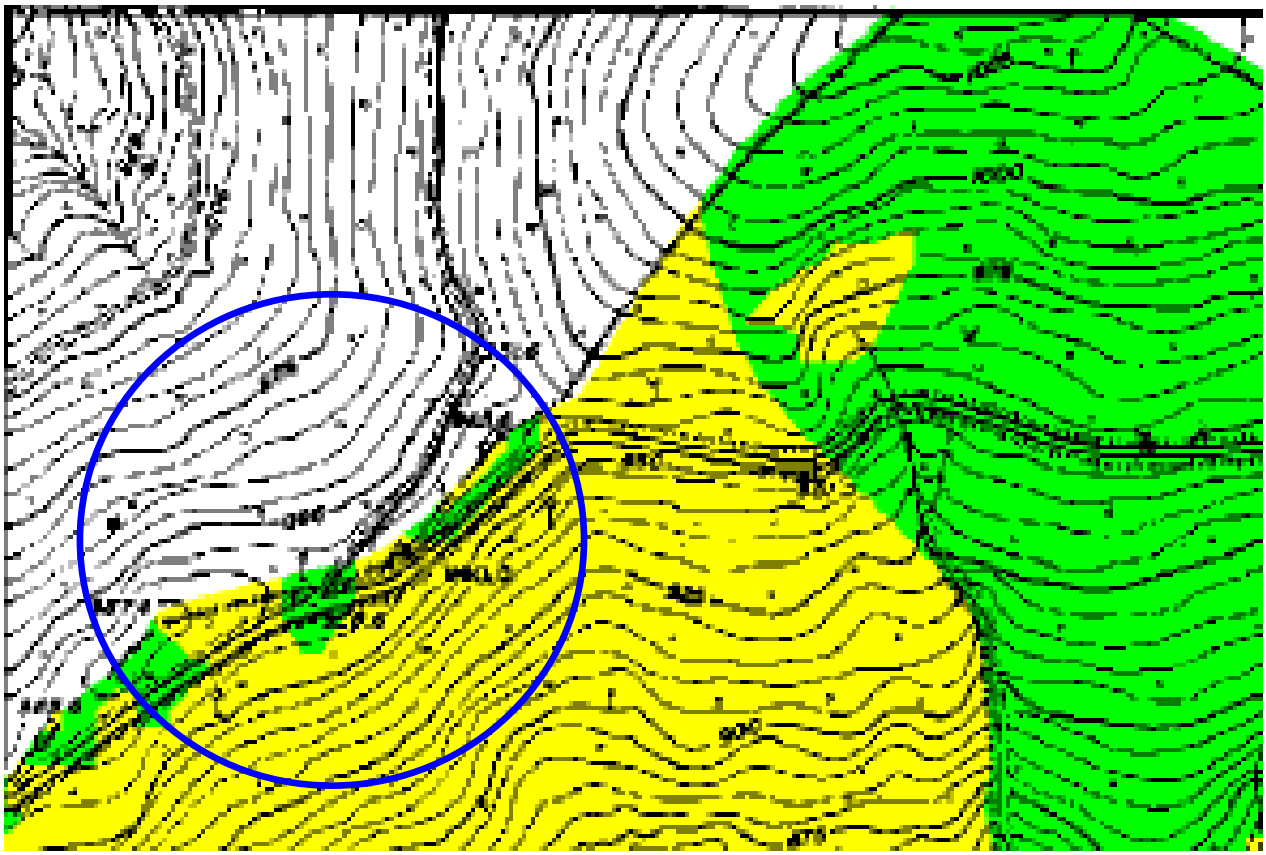


Fig.1 – Estratto del Piano 189/98 scala 1:10.000	L' area in studio è evidenziata dal perimetro blu

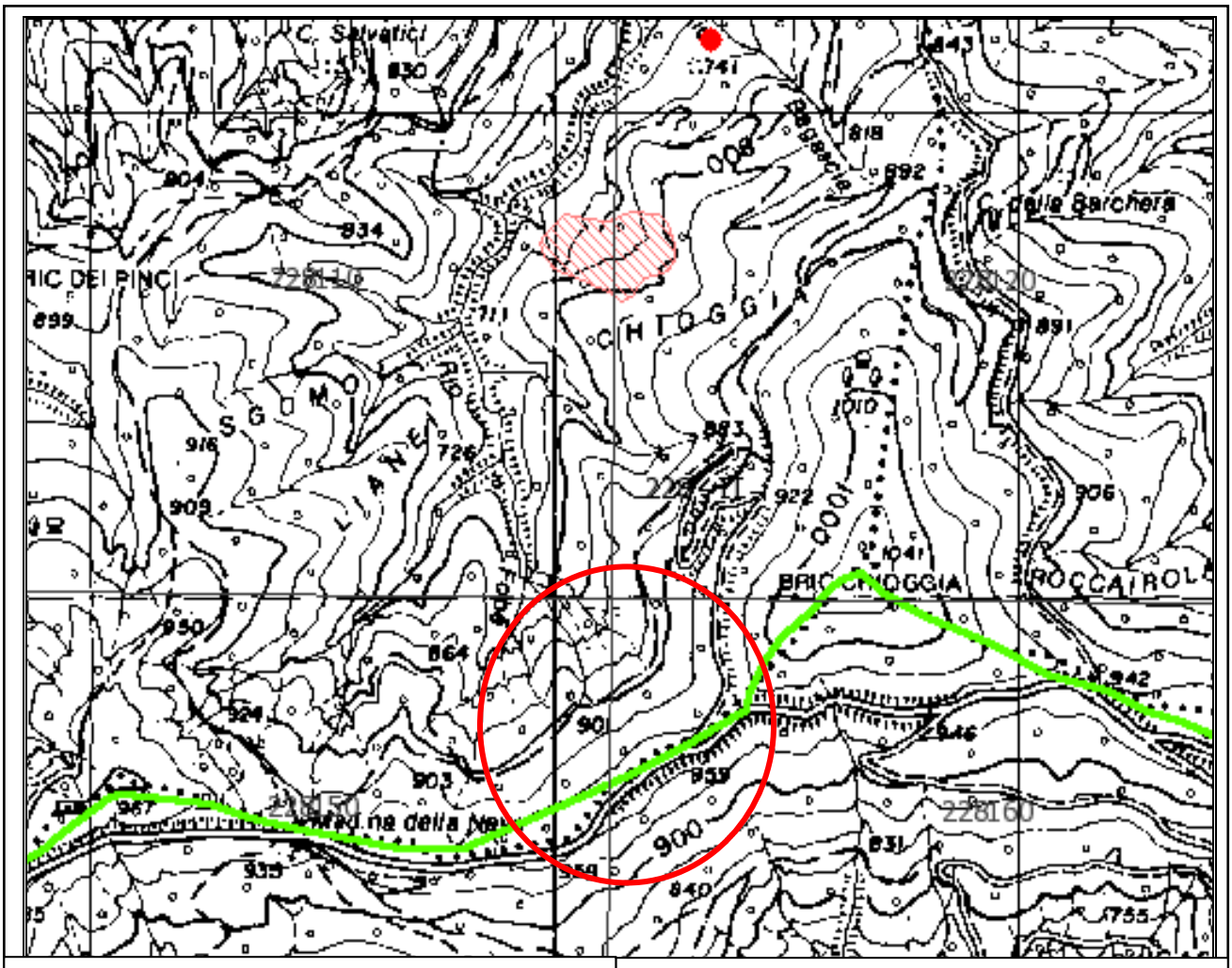
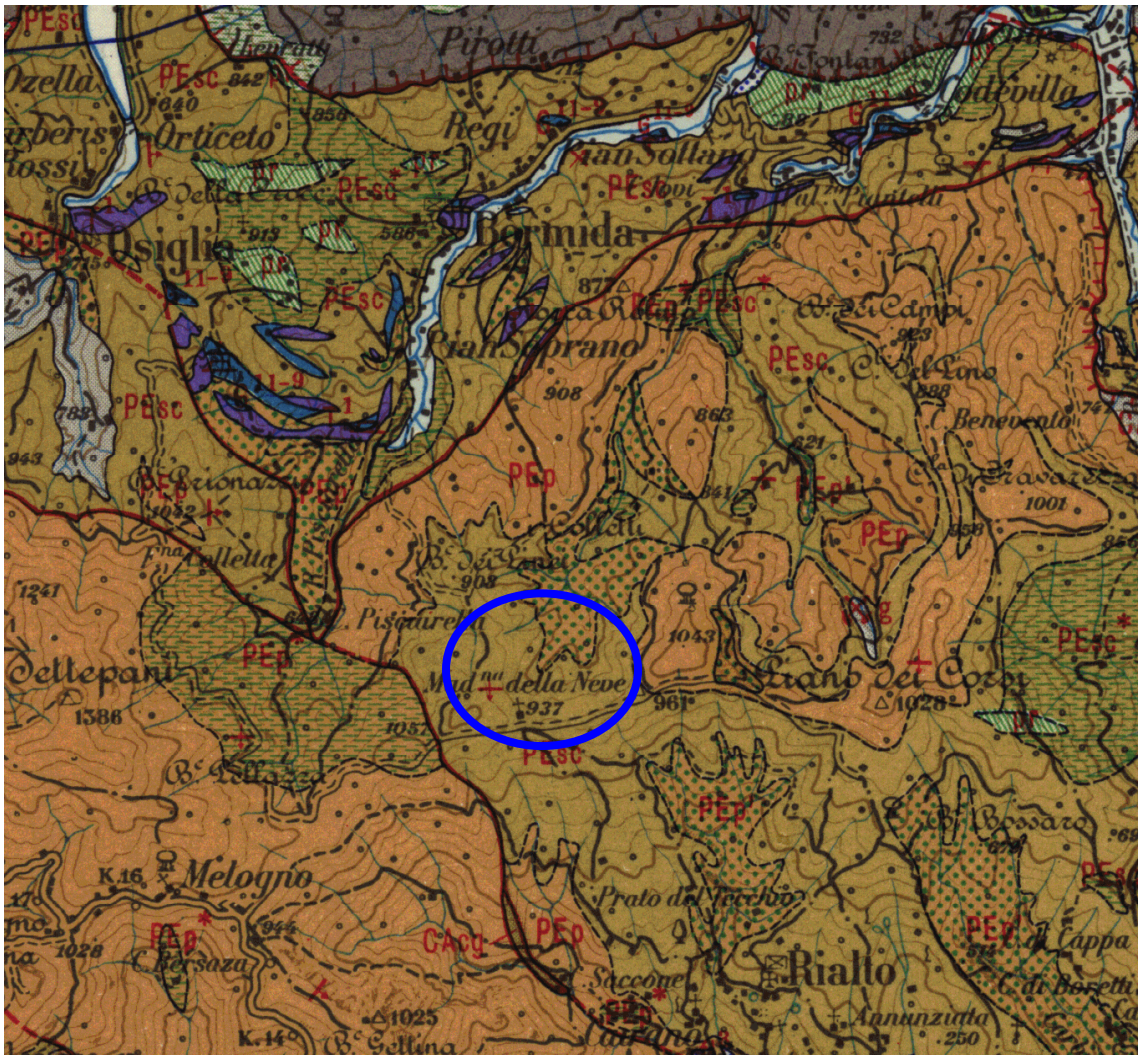


Fig.2 – Estratto Atlante dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici (PAI)
scala 1:25.000

L' area in studio è evidenziata dal perimetro rosso


Pirotti
Regi
Bormida
Rialto
Melogno
Prato del Vacchio
Monte della Neve
937
Cima dei Corsi
Cima del Campi
Cima del Lupo
Cima Bessaro
Cima di Cappa
Cima di Borelli
Annunziata
Sassone
Cima Bric Campo
Cima Bric Cavallo
Cima Bric Cavalletta
Cima Bric Pisquarello
Cima Bric Cavalli
Cima Bric Cavalla
Cima Bric Cavalletta

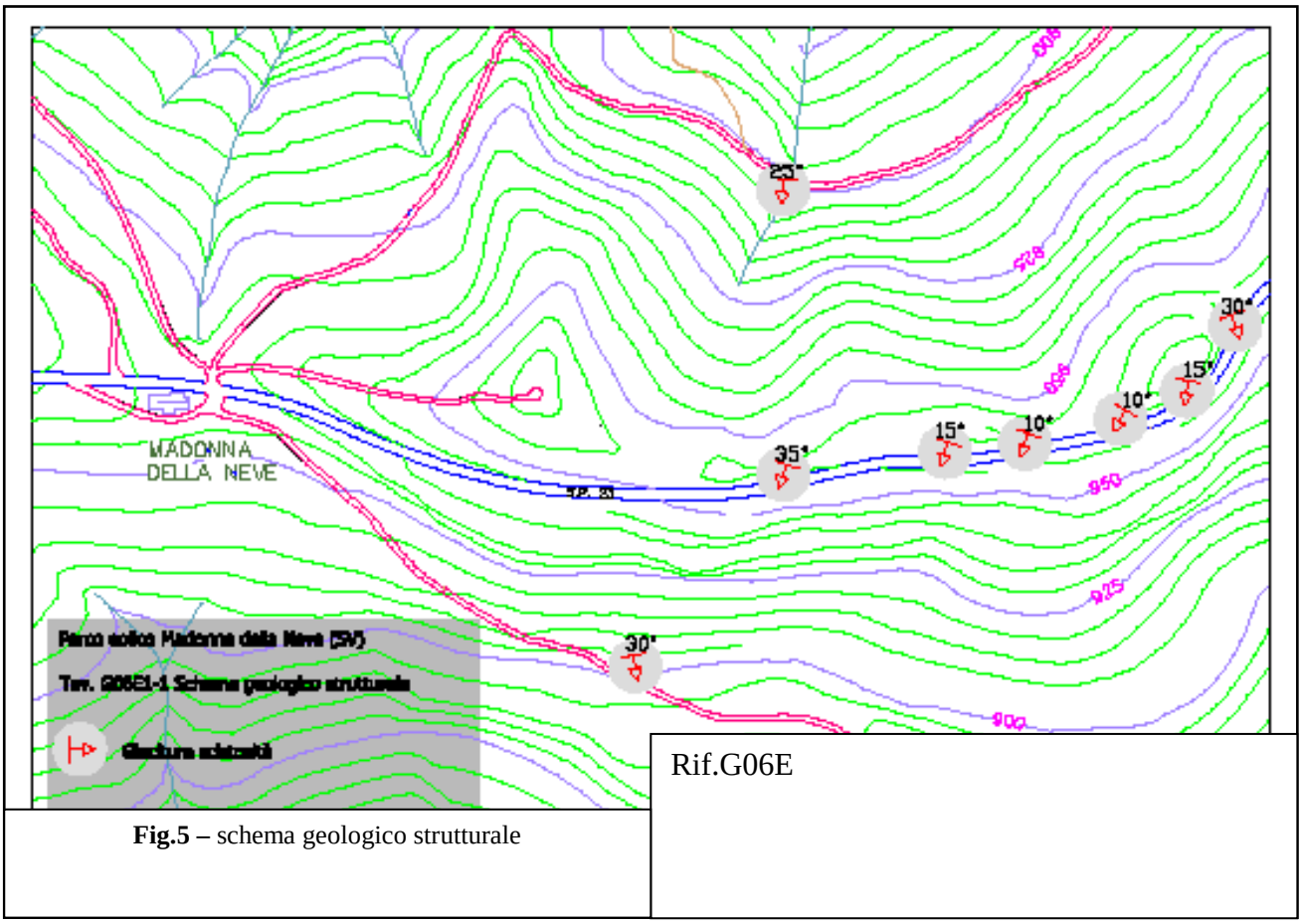


Fig.5 – schema geologico strutturale

Rif.G06E

Fattibilità normativa

Negli intendimenti della Spett.le Committenza vi è la realizzazione del parco eolico "Sella Chioggia" che prevede l'installazione di due aerogeneratori (S1 e S2) in località Bric Chioggia su terreni compresi tra i comuni di Bormida e Rialto SV (cfr. documentazione progettuale*).*

Vincolo idrogeologico
La zona di intervento ricade fra quelle sottoposte a vincolo idrogeologico (ex R.D. 30/12/1923 e L.R. n. 4/1999) così come desunto dall'analisi dalla Cartografia originale del Vincolo dei Terreni per scopi idrogeologici Imposto ai sensi dell'art. I del R.D. 30/12/1923 n. 3267 (Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste – Milizia Nazionale Forestale – Centuria di Savona – Provincia di Savona).

Piano 180/98 (Autorità di Bacino Regione Liguria)
La pianificazione di bacino per la tutela dal rischio idrogeologico nei bacini idrografici della Provincia di Savona scolanti nel Mar Tirreno è stata sviluppata ai sensi del comma 1, dell'art. 1, del d.l. 11 giugno 1998 n.180 convertito, con modificazioni, in legge 3 agosto 1998 n.267.

Tale pianificazione costituisce piano stralcio di bacino ai sensi del comma 6 ter, dell'art.17 della l. n. 18 maggio 1989 n.183 relativo ai settori funzionali individuati dal comma 3 dello stesso art.17.

Ha inoltre valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso relative alle aree suscettibili di dissesto idrogeologico finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio.

L'area di intervento ricade marginalmente nell'Ambito di Bacino di rilievo regionale del torrente Pora (versione ottobre 2003).

PAI (Piano stralcio di Assetto Idrogeologico dell'AdB del Po')
L'attuale quadro programmatico attinente l'assetto e le criticità idrogeologiche per quanto attiene il versante padano fa riferimento al Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po' (ex Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter).

L'analisi delle aree interessate dall'intervento proposto desunta dall'osservazione della cartografia tematica dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto, disponibile alla scala 1:25000 (Foglio 228 - II – Mallare) evidenzia l'assenza di elementi di dissesto e di criticità idrogeologiche con l'eslusione di un piccolo dissesto puntuale riportato nella cartografia PAI non cartografabile ma di cui non appare evidenza di campagna al momento dell'esecuzione delle indagini.

Eventuali piccole criticità puntuali verranno comunque gestite a livello di realizzazione del cavidotto di collegamento al punto di consegna la cui realizzazione appare comunque sempre

assentibile ai sensi dell'Art.9 del P.A.I. in quanto classificabile come Infrastruttura lineare non altrimenti localizzabile.

Rilevamento geologico

Il rilevamento geologico compiuto sui citati affioramenti permette di ricostruire la seguente situazione:

- il substrato roccioso è caratterizzato da un assetto pressoché isoclinale, con una superficie assai evidente (la scistosità) che materializza i fianchi di pieghe molto serrate o isoclinali; questa superficie è da considerare una superficie composita che ha trasposto, in virtù degli elevati tassi di deformazione di tipo duttile connessi con il metamorfismo, l'originaria superficie di stratificazione;

- la giacitura di questa superficie ha direzione variabile tra WNW-ESE e WSW-ENE ed immerge verso S con inclinazioni comprese tra 10° e 30°; come si può osservare sull'allegato schema strutturale (tavola G01), questa giacitura è quindi, per quanto riguarda la zona di imposta delle fondazioni dei due aerogeneratori, in condizioni di reggipoggio.

- si osserva anche la presenza di sistemi di fratture che interessano l'ammasso roccioso; tra questi mostrano una certa persistenza due famiglie di fratture subverticali subortogonali tra loro che sono da ritenersi connesse alla tettonica distensiva delle fasi tardo orogenetiche delle Alpi liguri.

Progettazione geologico geotecnica

La presente Relazione Geologica si pone quindi quale strumento preliminare per la realizzazione del progetto in parola ai sensi del disposto del D.M 11-03-1988 e succ. NN.II, così come del successivo T.U. 14/01/2008.

La presente Relazione Geologica, si pone inoltre come strumento di analisi puntuale delle situazioni di rischio idrogeologico e geomorfologico connesse con la realizzazione del progetto in parola arrivando ad esprimere una valutazione sul corretto inserimento delle opere in progetto nel comparto geostatico in questione.

Piano di indagine
(rif. M10CN)

Per arrivare a determinare tutto quanto sopra discusso si sono acquisite le risultanze di indagini pregresse (rif. G06E - G09AE) per una campagna di accertamenti geognostici complessiva così strutturata:

1. rilievo di dettaglio delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito;

2. analisi e studio di indagini di dettaglio pregresse eseguite dallo Scrivente in aree limitrofe al sito in esame o ad esso ben assimilabili tra cui 2 sondaggi geognosti a carotaggio continuo c.c.; a suo tempo eseguiti presso A1 e A2 (rif.G06E);

3. esecuzione di 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo c.c. (2 presso A3 e 1 presso A4) a determinare la stratigrafia di dettaglio degli orizzonti interessati dalle opere in progetto;

4. esecuzione di 23 prove Standard Penetration Test (SPT) a varie quote entro i sondaggi a c.c (rif. G09AE).;

5. posa di 3 tubi piezometrici entro i primi fori sub 3) onde consentire un monitoraggio in continuo della prima falda freatica;

6. esecuzione di 6 prove penetrometriche dinamiche continue con DPM30 (rif. G06E), volte a ricavare il dato geologico-stratigrafico sulla verticale dei sedimi di intervento ed a valutare le caratteristiche geotecniche degli orizzonti attraversati;

7. esecuzione nei fori sub 3) e 6) e nelle captazioni all'intorno di misure piezometriche speditive al momento dell'esecuzione delle indagini e nei giorni immediatamente successivi per monitorare la eventuale presenza e soggiacenza della falda;

8. interpretazione di 4 Sondaggi Sismici Verticali SSV, mediante una tecnica di nuovissima concezione (analisi dei microtremori ambientali H/V method) ad estendere in profondità le risultanze delle indagini dirette eseguite e a fornire una stima sulla caratteristiche elastiche dei terreni interessati.

9. esecuzione sulle serie litoidi affioranti all'intorno del sito in esame di una caratterizzazione geomeccanica secondo il modello proposto da Bieniawski (1989) per arrivare a produrre l'indice di classificazione dell'ammasso roccioso RMR.

Risultanze delle indagini eseguite

Sondaggi a carotaggio continuo (rif. M10CN)
Si sono analizzate le risultanze di 3 sondaggi a carotaggio continuo (rif. M10CN) di cui 2 in A3 e 1 in A4.

Sondaggi SA3-1 e SA3-2
Tutte le schede e i diagrammi relativi alle prove eseguite sono disponibili in allegato; si tenga presente che

a) si è operato nelle due piazzole degli aerogeneratori in progetto; i sondaggi SA3-1 ed SA3-2 presso la piazzola A3, mentre SA4 presso la piazzola A4;

b) per tutti i riferimenti di quota citati nelle schede di prova si è utilizzato il livello del piano campagna (p.c.) al momento dell'esecuzione delle indagini e prima di qualsiasi intervento di sbancamento e/o riporto così come rilevato nelle planimetrie di Stato di Fatto (cfr. documentazione progettuale).

Entrambi i sondaggi hanno attraversato un orizzonte di depositi eluvio colluviali costituito da limi sabbiosi compatti con abbondanti clasti regolari sferici fino a -2.10 in SA3-1 e – 2.00 in SA3-2; tale orizzonte appare caratterizzato da un livello via via più compatto verso il letto

Al di sotto di questo livello si entra nelle serie rocciose costituite da scisti quarzo sericitici grigio verdastri alterati e moderatamente fratturati per i primi 70 e 40 cm per raggiungere le serie litoidi a maggiore compattezza e minore fratturazione.

L'inclinazione della stratificazione appare, dall'analisi delle carote, contenuta entro i 20° 30° mentre i valori di RQD si mantengono superiori al 50 %; fanno eccezione alcuni tratti ove la presenza di fratture beanti sub verticali e la scistosità riduce la qualità della roccia.

Sondaggio SA4
N.B. SA4 è stato eseguito nella piazzola A4.

Il sondaggio ha rilevato una situazione stratigrafica sostanzialmente assimilabile a quella indagata da SA3-1 ed SA3-2 con il top delle serie rocciose in posto sostanzialmente orizzontale (-1.50).

Le caratteristiche composizionali degli orizzonti attraversati ricalcano fedelmente quelli attraversati dai sondaggi precedenti.

Penetrometrie dinamiche (rif. M10CN)

La prova P1, (cfr. schede di prova e metodologia riportate nella *Relazione sulle indagini eseguite*), eseguita presso A1, ha rinvenuto un primo orizzonte rappresentato dalle coltri eluvio colluviali a media consistenza, fino a 0.40 m dal locale p.c. (Unità Litostratigrafica 1).

Al di sotto, la prova ha riscontrato subito una certa difficoltà all'infissione; dovuta al reperimento del top delle serie litoidi mediamente resistenti (U.L.2). La prova è terminata a –- 0.50 m dovuta al rifiuto all'avanzamento del dispositivo di infissione.

Le prove P2, P3, P4 eseguite sempre presso la torre A1, hanno rinvenuto U.L.1 rispettivamente sino a –0.60 m; - 0.90 m e – 1.00 m; al di sotto è stato riscontrato il top degli scisti quarzo sericitici (U.L.2) sino a – 0.80 m, -1.10 m e –1.10 m, dove la prova è terminata per il rifiuto all'avanzamento del dispositivo di infissione.

Le prove P5 e P6, eseguite presso la torre A2, hanno riscontrato una certa analogia con le precedenti, rilevando U.L.1 entrambe sino a –0.80 m; le prove sono terminate a –0.90 m reperendo il top del substrato litoide.

Rilievo piezometrico dei luoghi

Al momento dell'esecuzione delle indagini penetrometriche, non è stato riscontrato alcun livello della falda all'interno del foro di prova.

In SA3-2 è stato rilevato un livello di a acqua a quota –1,50 m, mentre a in SA4 il livello è a – 8.50 m di profondità; in entrambi i casi dovrebbe essere acqua residua di sondaggio, anche perché la roccia risulta molto poco permeabile.

Classificazione delle serie rocciose secondo Bieniawski (rif. M10CN)

Sulle serie litoidi affioranti all'intorno e sui campioni prelevati dai carotaggi eseguiti nel sito in esame è stata eseguita una caratterizzazione geomeccanica secondo il modello proposto da Bieniawski (1989) per arrivare a produrre l'indice di classificazione dell'ammasso roccioso RMR.

Data la natura dell'ammasso in questione, che appartiene al tegumento permo carbonifero delle unità Brianzonesi, composto prevalentemente da scisti quarzoso sericitici, derivanti da protoliti arenaceo argillosi deposti durante la detrizione del basamento ercinico (permiano) e successivamente interessati da un metaformismo di basso grado (scisti verdi) in età alpina si sono eseguite le determinazione e le misure sui livelli meno competenti e queste le si sono ritenute caratterizzazione valida d'ammasso.

Tale classificazione ha fornito i seguenti risultati:

LITOTIPO SCISTOSO QUARZO-SERICITICO MEDIAMENTE RESISTENTE

Parametro	Descrizione Parametro	Valore		Punteggio
//	direzione di immersione	favorevole		-2
//	inclinazione della stratificazione	favorevole		//
R1	Resistenza a compressione monoassiale da prova schlerometrica in situ	≅ 10 Mpa per gli strati più alterati		2
R2	RQD da Priest e Hudson (1976)	50%< RQD <75%		13
R3	Spaziatura delle discontinuità	6cm< s < 20 cm		8
R4	Condizioni delle discontinuità (A+B+C+D+E)			20
A	Lunghezza	1m < L < 3m	4	
B	Apertura	0.1<A < 1mm	4	
C	Rugosità	rugosa	5	
D	Riempimento	Materiale tenero <5mm	2	
E	Alterazione	Leggermente alterato	5	
R5	Condizioni idrauliche	umido		10
			Indice RMR	**51**

Tale valore porta a classificare l'ammasso roccioso in questione come appartenente alla III Classe di Bieniawski "**Roccia Discreta**".

Sondaggi Sismici Verticali SSV – risultati (rif. M10CN)

Nel sito indagato sono stati eseguiti 4 Sondaggi Sismici Verticali, dei quali 3 ubicati presso A1 (SSV1-SSV2-SSV3) ed 1 presso A2 (SSV4).

I grafici della misura eseguiti sono riportati nella *Relazione sulle indagini eseguite* ove è possibile vedere sia lo spettro delle 3 componenti X, Y e Z dei microtremori misurati sia l'analisi del rapporto H/V alle varie frequenze di interesse, mentre le schede di prova in esteso secondo le linee guida del progetto europeo Sesame sono riportate in allegato.

Si noti bene che in presenza di un primo punto di taratura diretta in situ come quelli qui utilizzati per le interpretazioni (H/V vincolato) le profondità che verranno qui di seguito esposte sono suscettibili di un errore di ± 7%.

Le misure mostrano una certa analogia della curva H/V, evidenziando una prima struttura compresa tra 32 Hz ≈ 1,00 ed i 42 Hz ≈ 0,50 rappresentato dal passaggio dalle coltri eluvio colluviali (U.L.1) al substrato litoide mediamente alterato; di seguito la curva mostra una netta una certa linearità interpretabile come il bedrock più compatto e dotato di Vs maggiori; tale andamento si estende sino a 2-3 Hz che corrispondono a profondità dell'ordine dei 50 m quindi ben maggiori di quelle di interesse per la presente indagine.

Sismica a rifrazione (rif.G09AE)

Il rilevamento geologico di superficie è stato integrato da una prospezione sismica a rifrazione, ubicata nei pressi dell'aerogeneratore A3 (vedi tav. 02 e tav. G01); i risultati di questa indagine indiretta sono esposti nella tavola G03 ed evidenziano una situazione con tre strati con andamento subparallelo al piano campagna:

- il primo strato ha le caratteristiche sismiche di una coltre eluvio colluviale sciolta, asciutta ed areata (Vp 300 m/s circa), con spessore di circa 1.5 m;

- il secondo strato costituisce il passaggio graduale dalla coltre eluvio colluviale al substrato roccioso; detto substrato si presenta a tetto abbastanza alterato e fratturato, ove la persistenza e la spaziatura ravvicinata della scistosità, in condizioni di ridotto carico litostatico, favoriscono i processi di alterazione, con locale scadimento delle caratteristiche geomeccaniche (Vp= 750 m/s circa) ; lo spessore di questo strato varia dai 4 ai 5 metri;

- il terzo strato è il substrato roccioso sano, e mostra valori di velocità sismica tipici di questo tipo di rocce scistose (Vp= 1900 m/s).

Caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica ed idrogeologica dei terreni

Suddivisione litostratigrafica
MODELLO GEOLOGICO Preliminare ex T.U. 14/01/2008

SA3-1	**SA3-2**	**SA4**	
0,00 m	**0,00 m**	**0,00 m**	
Unità Litostratigrafica 1 *Coltri eluvio colluviali costituite da limi sabbiosi compatti con abbondanti clasti*			
-2.10 m	**-2.00 m**	**-1.50 m**	
Unità Litostratigrafica 2 *Cappellaccio d'alterazione del substrato litoide*			
-2,80 m	**-2.40 m**	**-1,70 m**	
Unità Litostratigrafica 3 *Top delle serie litoidi ascrivibili agli Scisti di Gorra*			
-15,00 m Fondo foro	- **10.00** Fondo foro	**-15,00 m** Fondo foro	

Tab.1 Modello Geologico

Situazione piezometrica dei luoghi
I dati e le misurazioni eseguite nei fori di prova non hanno riscontrato la presenza di un livello piezometrico a quote interferenti con le strutture fondazionali in progetto.

Pur non essendo stato rilevato un livello piezometrico interferente con le fondazioni più avanti esaminate, in ottica di miglior sicurezza, i calcoli di capacità portante più avanti esposti risolvono tale problema, sempre tenendo conto della presenza di un ipotetico livello piezometrico posto all'altezza del piano fondazionale.

Caratterizzazione geotecnica degli orizzonti attraversati

MODELLO GEOTECNICO Preliminare ex T.U. 14/01/2008 in termini di parametri caratteristici Fk

Da questi valori di prova, in base alle formule di uso comune disponibili in letteratura, si possono assegnare alle coltri in esame, i seguenti parametri meccanici, relativi a terreni di tipo granulare, così come desunti da Meyerhof, ed i corrispondenti valori dei fattori di capacità portante di Terzaghi (Nc, Nq, ed Nγ) così come calcolati da Vesic (1975) e ripresi da Lancellotta (1987); la densità relativa del materiale Dr calcolata sulla base dei valori di Nspt e delle pressione geostatica verticale efficace σ'_{v0}ed il Coef. di sottofondo kWinkler (NAVFAC-DM1 1986) per una fondazione standard larga 1 m; in ultimo si noti bene che nei terreni granulari la coesione efficace c' viene sempre posta cautelativamente pari a 5 kPa quale 5° percentile inferiore delle coesioni efficaci misurate dallo Scrivente in laboratorio, per terreni analoghi a quello qui esaminato.

Unità litostratigrafica 1 – *coltri eluvio colluviali*

<Nspt>≅ 16,5 <Rpd >≅ 49 da cui:

γ ≅18 kNt/m^3 Φ =28° c' = 5 kPa

Dr =70%

Nc =25.65 K Winkler =3.1 kg/ cm^3

Nq =14.59

Nγ =16.53

Unità Litostratigrafica 2 - *top delle serie degli scisti quarzo sericitici – Scisti di Gorra*

RMRbase = 51

Φ' =30.5 °

c' =255 kPa

N c =31.37

Nq =19.48

Nγ =24.13

Ed= 2 GPa **N.B. per RMR$_{base}$>50** relazione di Bieniawski (1978)

Sismicità dell'area
(rif. M10CN)

Classificazione per aree omogenee
Opcm 3274/03
La recente normativa antisismica, " *Allegato alla D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 O.P.C.M. 3519/2006 – Nuova Classificazione sismica del territorio della regione Liguria"*, inserisce l'area in esame in classe 3 sotto-zona 3B (ag_{max}= 0.100g).

Opcm 3519/06
la seguente dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 24/04/2006 individua i valori di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale su di apposita cartografia prodotta dall'INGV –griglia di riferimento pari a 0.05° poi infittita a 0.02°- espressi in termini di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.

Tale cartografia per il sito in esame fornisce il seguente valore:
Accelerazione del suolo, riferita a suoli rigidi ag_{max}= 0.100g con probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni

Classificazione sismica di sito preliminare

Vs30
Dalle indagini eseguite si è potuta stimare una
Vs30 ≈ 815 m/s

Vs media delle coltri presenti
Dalle indagini eseguite si è potuta calcolare una Vs media riferita al pacco di sedimento sovrastante il substrato sismico
<Vs> = 160 m/s

Frequenza di risonanza specifica dei terreni
L'analisi del tracciato della curva H/V mostra chiaramente un picco principale di risonanza dei terreni investigati collocato tra 32 Hz e 42 Hz con alcuni picchi di minore entità compresi a frequenze minori.

Dati tali frequenze principali di risonanza dovrà essere cura degli strutturisti evitare l'insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno/struttura potenzialmente assai pericolosi e distruttivi.

Controllo Stratigrafico e Topografico ex NTC08
Nelle NTC08 la definizione dell'azione sismica è valutata in primis in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (cat. A) e superficie orizzontale (Cat. T1) così come ricavabile dalla Opcm 3519/06.
Viene poi introdotta la necessità di valutare sia la categoria stratigrafica di sottosuolo che le condizioni topografiche di sito (Tab. 3.2.II, III e IV NTC08) intesi come modificatori della risposta sismica orizzontale mentre per le Zone 3 e 4 quali quelle in esame si esclude esplicitamente l'esame delle componenti verticali.

In rapporto a tali classificazioni la zona oggetto di intervento può essere così classificata:

Tabella 3.2.II e V – *Categorie di sottosuolo e massimo valore corrispondente di Ss*

Categoria	**Descrizione**	Max coef. di Amplificazione Stratigrafica **Ss**
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.	1.0

Considerate le caratteristiche topografiche dell'area:

Tabella 3.2.IV e VI – *Categorie topografiche e Valore del coef. di amplificazione*

Categoria	**Descrizione**	Coef. di Amplificazione Topografica **St**
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$	1.2
Note applicative		
a)	le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m	
b)	le suesposte categorie topografiche si riferiscono a ubicazioni in prossimità della sommità o della cresta mentre il coef. di amplificazione topografica decresce linearmente con l'altezza del pendio fino a diventare pari all'unità alla base dello stesso	

Liquefazione dei terreni

Ai sensi della vigente normativa la verifica della possibilità di liquefazione dei terreni in condizione sismica può essere omessa, in alcuni casi tra cui caso di accelerazione massima attesa in condizioni di campo libero $a_g < 0.1$ g quale quella del sito in esame (cfr. NTC 08 § 7.11.3.4.2).

Analisi Sismica Pseudostatica

La valutazione dell'azione sismica equivalente può essere condotta in condizioni pseudostatiche (cfr. NTC 08 § 7.11.3.5.2).secondo le equazioni seguenti

$$P_{sismica\ h} = W\ K_h \qquad \text{e} \qquad P_{sismica\ v} = W\ K_v$$

con dati i due coef. di spinta orizzontale e verticale K_h e K_v

$$K_h = B_m \frac{a_{max}}{g} \qquad \text{con} \qquad a_{max} = a_g\ S_S\ S_T$$

$$B_m = 0.2\ per\ a_g \leq 0.1$$

e

$$K_v = \pm \frac{1}{2} K_h$$

i valori di Kh e Kv corrispondenti vengono poi forniti più avanti per le varie combinazioni di SLU e SLE considerati.

N.B.

contributo di spinta verticale comunque da trascurarsi all'interno delle Zone 3 e 4 (cfr. NTC 08 § 7.11.3.5.2)

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** http://www.geostru.com/geoapp

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,244570 [°]

longitudine: 8,233634 [°]

Classe d'uso: IV. Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17351	44,266040	8,183114	4678,5
Sito 2	17352	44,269150	8,252735	3128,0
Sito 3	17574	44,219230	8,257135	3383,1
Sito 4	17573	44,216140	8,187455	4850,9

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T3

Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	60	0,031	2,561	0,204
Danno	63	101	0,039	2,602	0,226

(SLD)					
Salvaguardia della vita (SLV)	10	949	0,098	2,577	0,315
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1950	0,129	2,573	0,329

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,200	0,007	0,004	0,363	0,200
SLD	1,000	1,000	1,200	0,009	0,005	0,455	0,200
SLV	1,000	1,000	1,200	0,024	0,012	1,154	0,200
SLC	1,000	1,000	1,200	0,042	0,021	1,515	0,270

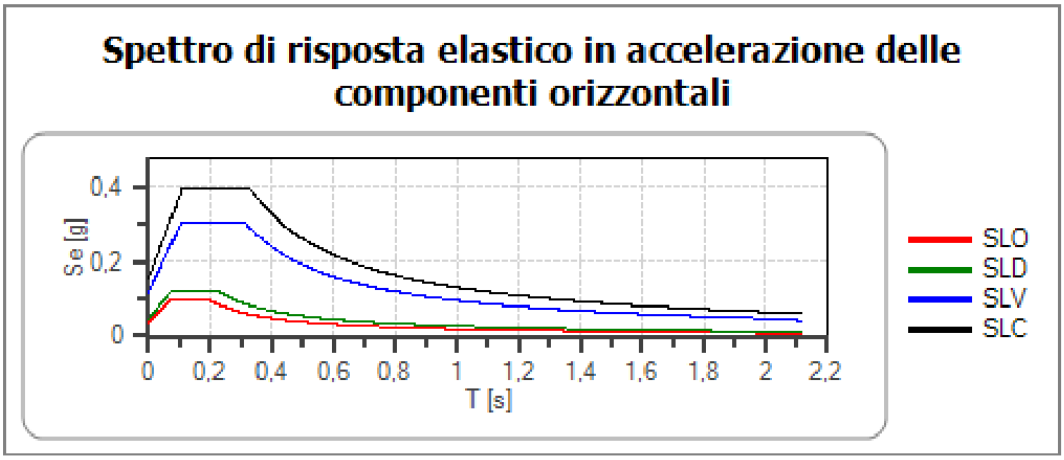
Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50
Geostru software - www.geostru.com

Spettri di risposta

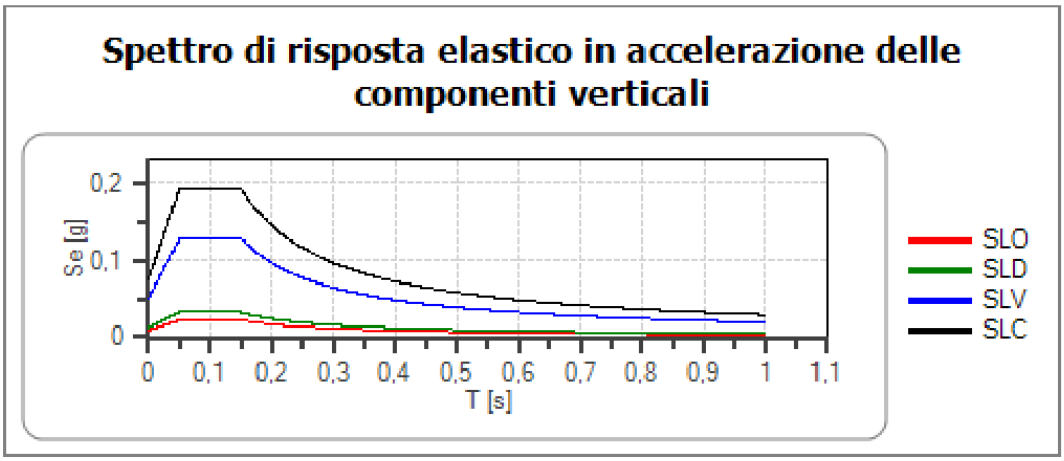
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico η = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,031	2,561	0,204	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,068	0,204	1,724
SLD	2	0,039	2,602	0,226	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,075	0,226	1,755
SLV	2	0,098	2,577	0,315	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,105	0,315	1,992
SLC	2	0,129	2,573	0,329	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,110	0,329	2,115



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,031	2,561	0,204	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,039	2,602	0,226	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,098	2,577	0,315	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,129	2,573	0,329	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

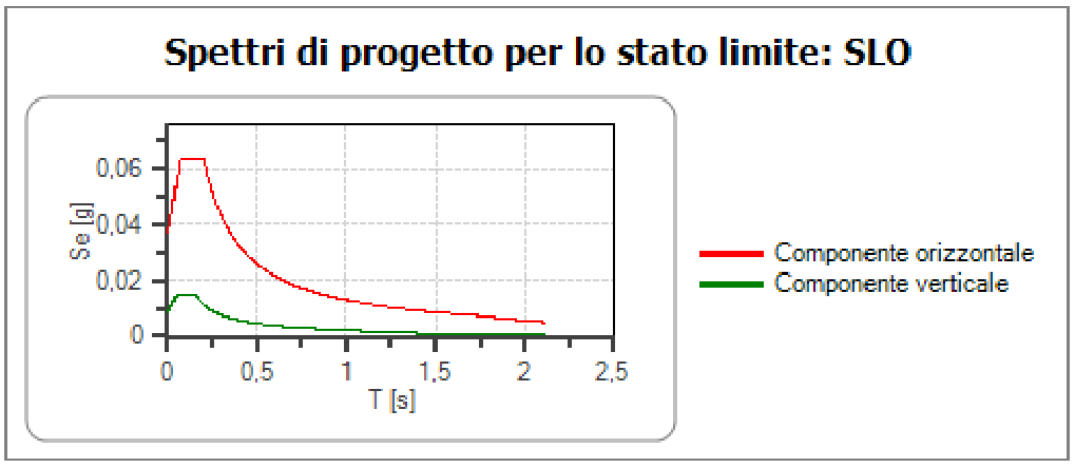
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

η per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

η per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,031	2,561	0,204	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,068	0,204	1,724
SLO verticale	2	0,031	2,561	0,204	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000

Conclusioni

La Spett.le Committenza ha in progetto il Parco Eolico Sella Chioggia, mediante l'installazione di due nuovi aerogeneratori; il lotto di terreno su cui si svilupperà l'intervento risulta censito al N.C.T. ai Foglio 20 del comune di Bormida SV e ai Foglio 2 del Comune di Rialto SV.

Ad opera dello Scrivente, ai sensi del vigente disposto normativo, è stato quindi effettuato uno studio sui luoghi teso alla valutazione sul corretto inserimento delle opere in progetto, nel comparto geostatico in questione ai sensi del disposto della normativa di utilizzo del territorio ed una modellizzazione geologico geotecnica preliminare del sottosuolo dell'intervento ai sensi dalla vigente normativa (D.M. 11/03/1988 e T.U. 14/01/2008) mutuandola dalle dettagliate indagini a suo tempo eseguite per la realizzazione dei 4 aereogeneratori del limitrofo parco eolico "Madonna della Neve".

I rilievi e le indagini eseguite consentono di affermare che:

- il sito di intervento appare al di fuori dei dissesti evidenziati nella cartografia geologica prodotta a supporto degli strumenti di gestione territoriale vigenti; la situazione stratigrafica dei luoghi è schematizzabile come la sovrapposizione di un sottile orizzonte di coltri di copertura superficiale di origine eluvio colluviale giacente su di un substrato litoide metamorfico a miglior compattezza
- non è stato riscontrato un livello della falda superficiale nei fori di prova interferente con le realizzazioni in progetto;;
- le peculiarità stratigrafiche e giaciturali dei luoghi sono da considerarsi non predisponenti per movimenti gravitativi a larga scala; tuttavia per le coltri in esame restano possibili fenomeni di saturazione temporanea immediatamente dopo periodi di intense precipitazioni atmosferiche che portano ad un sensibile scadimento delle caratteristiche dei materiali;
- il modello geologico preliminare di intervento è stato derivato dalle risultanze delle indagini eseguite per la realizzazione dei primi 4 aerogeneratori (rif. M10CN);
- il modello geotecnico preliminare di intervento è stato derivato dalle risultanze delle indagini eseguite per la realizzazione dei primi 4 aerogeneratori (rif. M10CN);
- la caratterizzazione sismica di sito preliminare è stato derivato dalle risultanze delle indagini eseguite per la realizzazione dei primi 4 aerogeneratori (rif. M10CN).

La relazione geologica a corredo del progetto definitivo dei due nuovi aerogeneratori richiederà l'esecuzione di due sondaggi a carotaggio rispettivamente ubicati sulle postazioni S1 ed S2, corredati di attrezzaggi per le prove Down-hole, ed integrati con le stesse prove geotecniche già eseguite nell'ambito delle indagini relative agli aerogeneratori esistenti.

Il presente lavoro si compone di 23 pagine compresa la presente e di 1 allegato grafico

Acqui Terme, ottobre 2011

Dott. Geol. Marco ORSI

REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI SAVONA
COMUNI DI BORMIDA e RIALTO

Parco Eolico "Sella Chioggia"
N.C.T. Comune di Bormida Foglio 20 Comune di Rialto Foglio 2
RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SUOLO EX N.C.T. 08 – E.C.7- E.C.8

Allegato 1 – Documentazione Fotografica

Allegato 2 – Penetrometrie – schede di prova

Allegato 3 – Sondaggi Sismici– schede di prova

Allegato 4 – Penetrometrie – metodologia

Allegato 5- Sondaggi Sismici Verticali – metodologia

COMMITTENTE: LIGURE EOLICA S.R.L. VIA XX SETTEMBRE 48/11 – 16121 GENOVA	per presa visione
PROGETTISTA: STUDIOELB INGEGNERI ASSOCIATI C.SO TORINO 17/6 – 16129 GENOVA	per presa visione

	rif. M11ER
Il Tecnico Incaricato Dott. Geol. Marco Orsi Dottore di Ricerca in Scienze Ambientali Ordine dei Geologi del Piemonte n.287 C.so Viganò 5 - 15011 Acqui Terme (AL) tel.: 0144-321225 fax 0144-980163 cell:348-5835102 *E-mail*: studio@geolorsi.it	ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE MARCO ORSI GEOLOGO A.P. SEZ. A N. 287 ALBO PROFESSIONALE Acqui Terme, ottobre 2011

Allegato 1 – Documentazione Fotografica



Foto 1, F1 tav. G01; la superficie di scistosità, fittamente spaziata, caratterizza l'assetto dell'affioramento (l'asta di riscontro è alta 2 m); giacitura scistosità 120/15 S



Foto 2, F2 tav. G01; bande quarzose evidenziano nuclei di pieghe parassite con asse suborizzontale a scala pluridecimetrica



Foto 3, F3 tav. G01; diedro tra due sistemi di fratture subverticali (80/80 S, parallelo al fronte dell'affioramento, e 130/80 SE); si può anche osservare l'esigua potenza del terreno di copertura.



Foto 4 - cassa 1: m 0,00/5,00 Sondaggio G06E-SA1



Foto 5 - cassa 2: m 5,00/10,00 Sondaggio G06E-SA1



Foto 6- cassa 3: m 10,00/15,00 fine sondaggio G06E-SA1



Foto 7- cassa 1: m 0.00/ 5.00 Sondaggio G06E-SA2



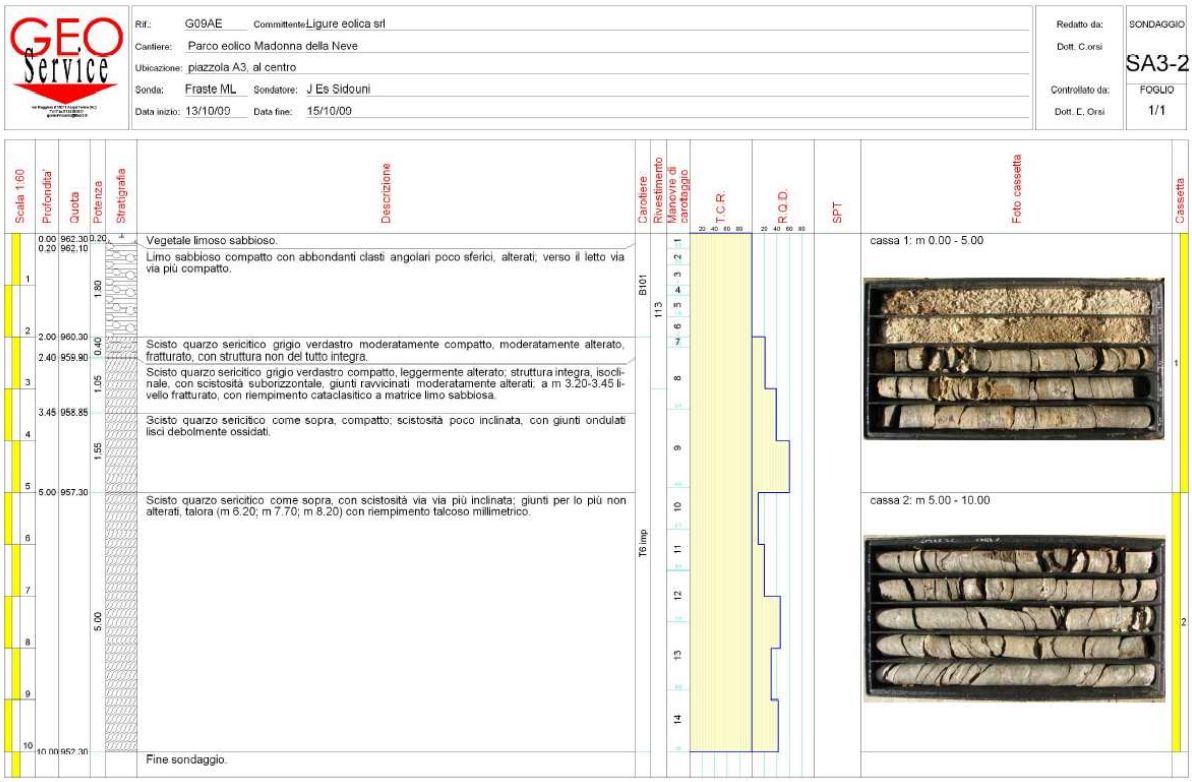
Foto 8 - cassa 2: m 5.00/10.00 Sondaggio G06E-SA2



Foto 9 - cassa 3: m 10.00/14.70 fine sondaggio G06E-SA2



Sondaggio SA3-1



Sondaggio SA3-2



Sondaggio SA4

Allegato 2 – penetrometrie – schede di prova

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°1

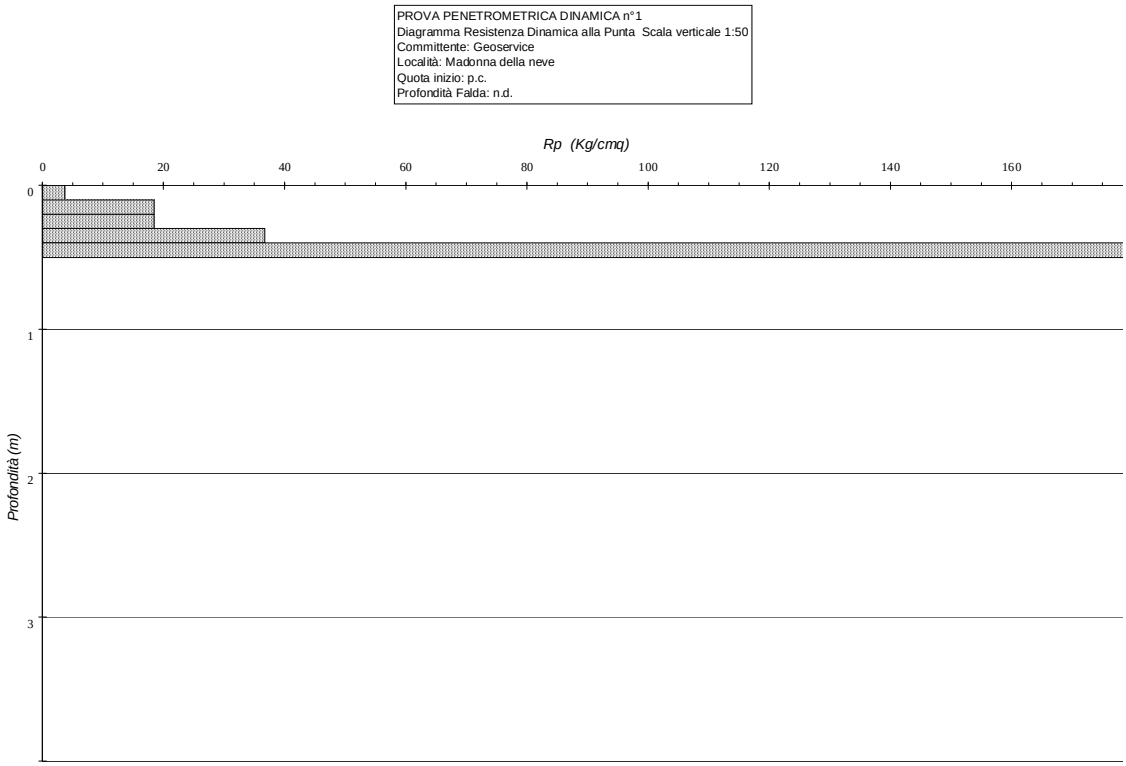
Tabella valori Np (colpi) e Rp (Kg/cmq)

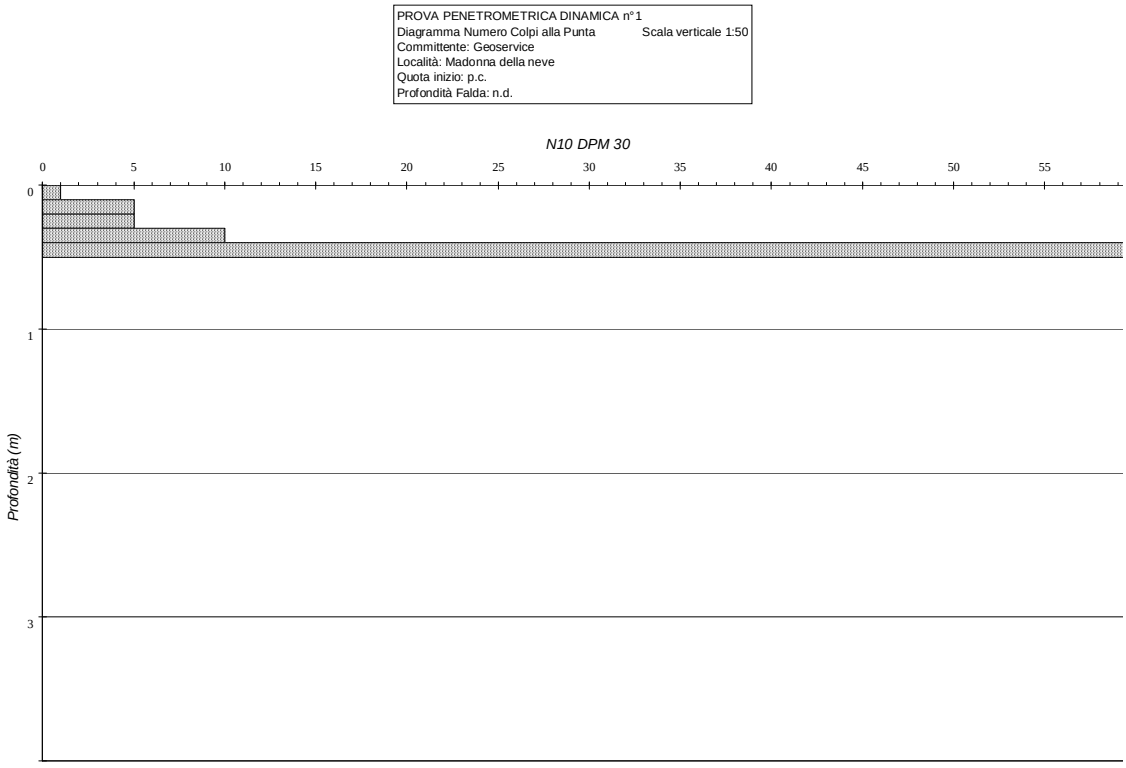
Committente: Geoservice — Rivestimento: No

Località: Madonna della neve — Quota inizio: p.c.

Note: P1 8 m a monte Centro A1 — Profondità falda: n.d.

Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste	Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste
0,0 - 0,1	1	3,7	1	1,0 - 1,1			3
0,1 - 0,2	5	18,4	1	1,1 - 1,2			3
0,2 - 0,3	5	18,4	1	1,2 - 1,3			3
0,3 - 0,4	10	36,7	1	1,3 - 1,4			3
0,4 - 0,5	60	220,4	1	1,4 - 1,5			3
0,5 - 0,6			1	1,5 - 1,6			3
0,6 - 0,7			1	1,6 - 1,7			3
0,7 - 0,8			1	1,7 - 1,8			3
0,8 - 0,9			2	1,8 - 1,9			4
0,9 - 1,0			2	1,9 - 2,0			4


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°1
Diagramma Resistenza Dinamica alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.
Rp (Kg/cmq)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
Profondità (m)
0
1
2
3


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°1
Diagramma Numero Colpi alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.
N10 DPM 30
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
Profondità (m)
0
1
2
3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°2

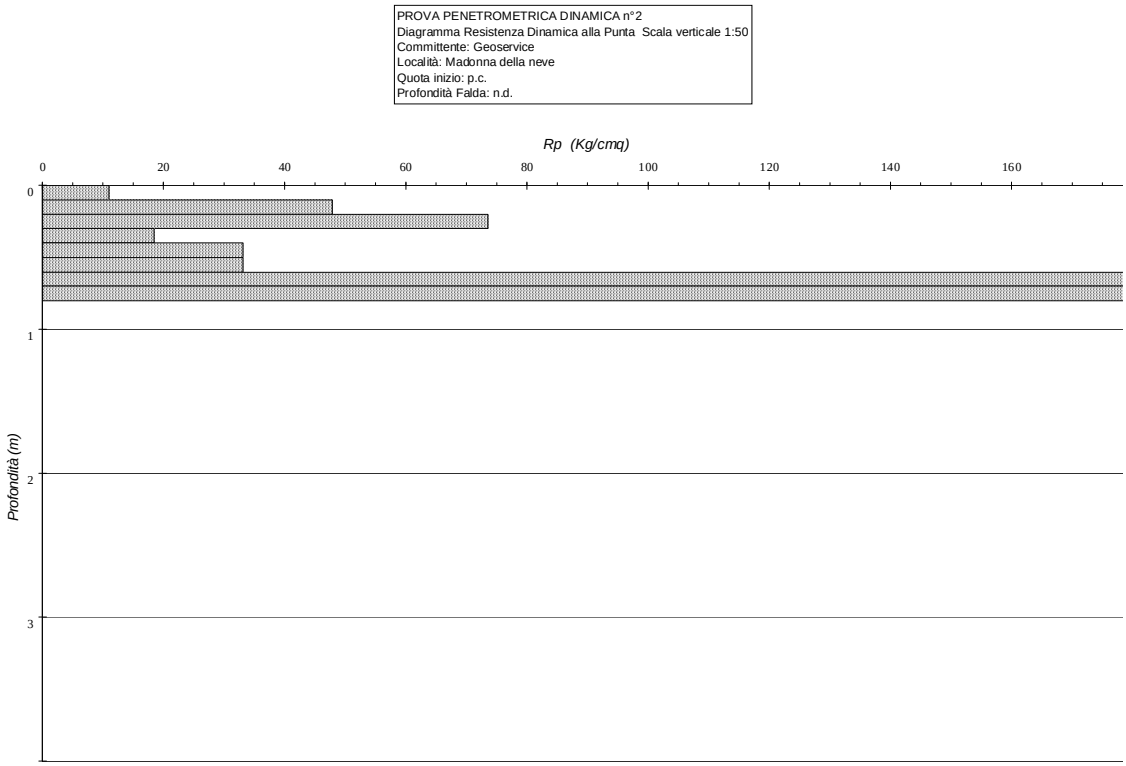
Tabella valori Np (colpi) e Rp (Kg/cmq)

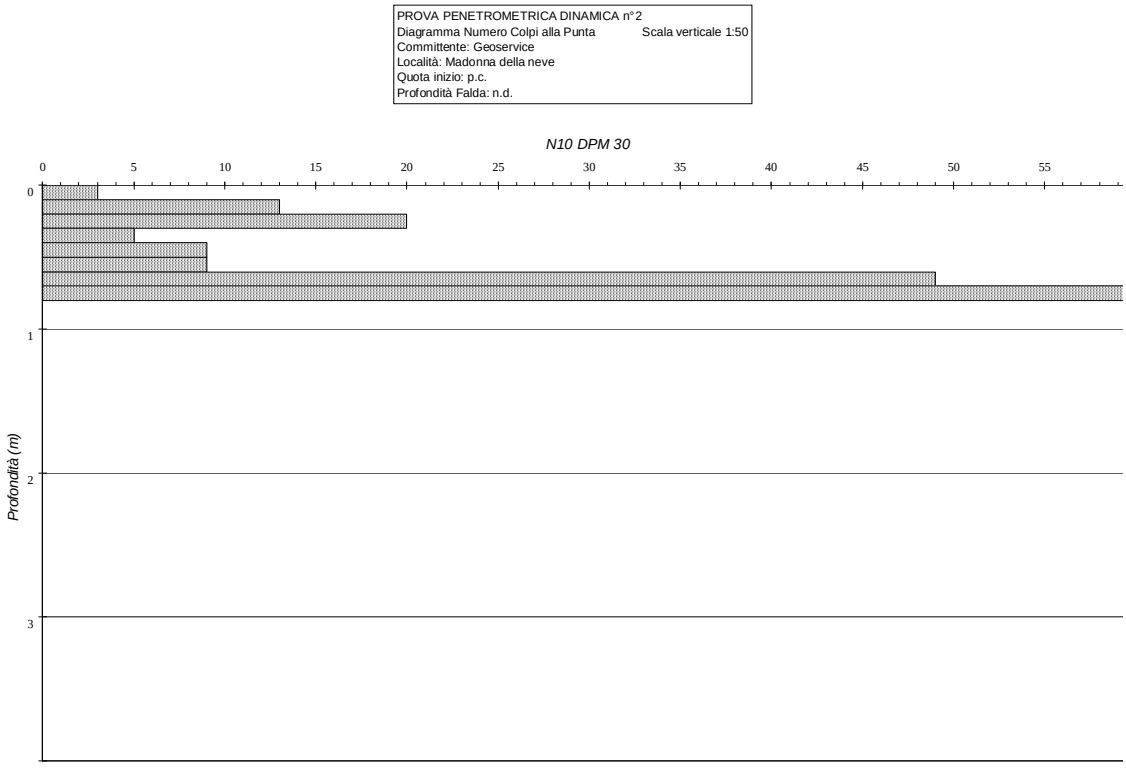
Committente: Geoservice — Rivestimento: No

Località: Madonna della neve — Quota inizio: p.c.

Note: P2 8 m a monte Centro A1 — Profondità falda: n.d.

Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste	Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste
0,0 - 0,1	3	11,0	1	2,0 - 2,1			3
0,1 - 0,2	13	47,8	1	2,1 - 2,2			3
0,2 - 0,3	20	73,5	1	2,2 - 2,3			3
0,3 - 0,4	5	18,4	1	2,3 - 2,4			3
0,4 - 0,5	9	33,1	1	2,4 - 2,5			3
0,5 - 0,6	9	33,1	1	2,5 - 2,6			3
0,6 - 0,7	49	180,0	1	2,6 - 2,7			3
0,7 - 0,8	60	220,4	1	2,7 - 2,8			3
0,8 - 0,9			2	2,8 - 2,9			4
0,9 - 1,0			2	2,9 - 3,0			4
1,0 - 1,1			2	3,0 - 3,1			4
1,1 - 1,2			2	3,1 - 3,2			4
1,2 - 1,3			2	3,2 - 3,3			4
1,3 - 1,4			2	3,3 - 3,4			4
1,4 - 1,5			2	3,4 - 3,5			4
1,5 - 1,6			2	3,5 - 3,6			4
1,6 - 1,7			2	3,6 - 3,7			4
1,7 - 1,8			2	3,7 - 3,8			4
1,8 - 1,9			3	3,8 - 3,9			5
1,9 - 2,0			3	3,9 - 4,0			5


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°2
Diagramma Resistenza Dinamica alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.
Rp (Kg/cmq)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
Profondità (m)
0
1
2
3


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°2
Diagramma Numero Colpi alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.
N10 DPM 30
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
Profondità (m)
0
1
2
3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°3

Tabella valori Np (colpi) e Rp (Kg/cmq)

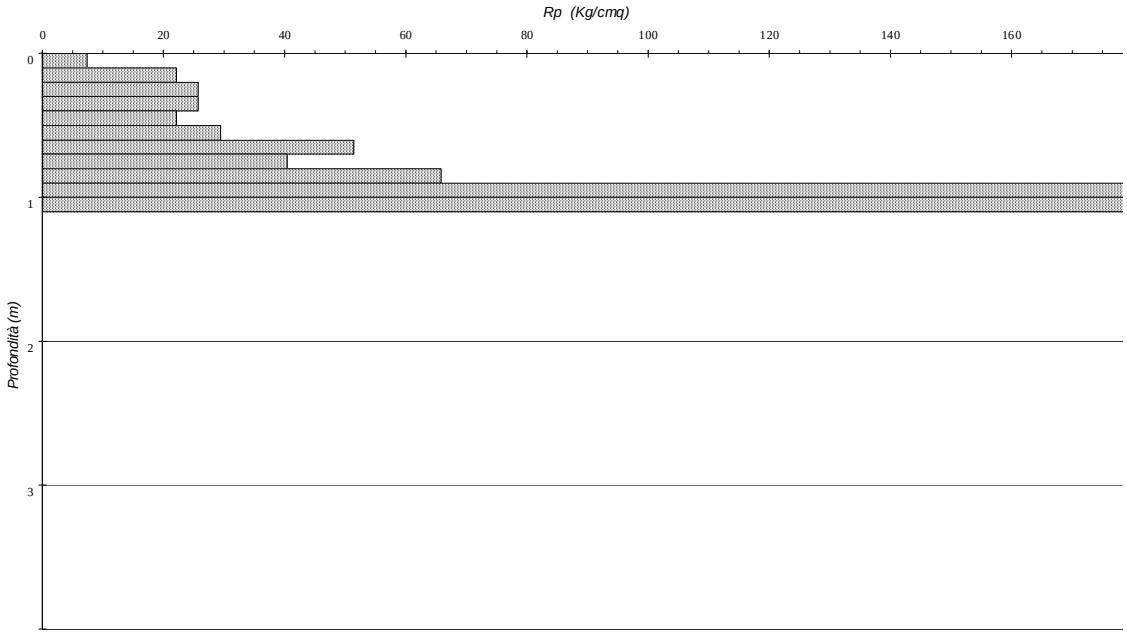
Committente: Geoservice — Rivestimento: No

Località: Madonna della neve — Quota inizio: p.c.

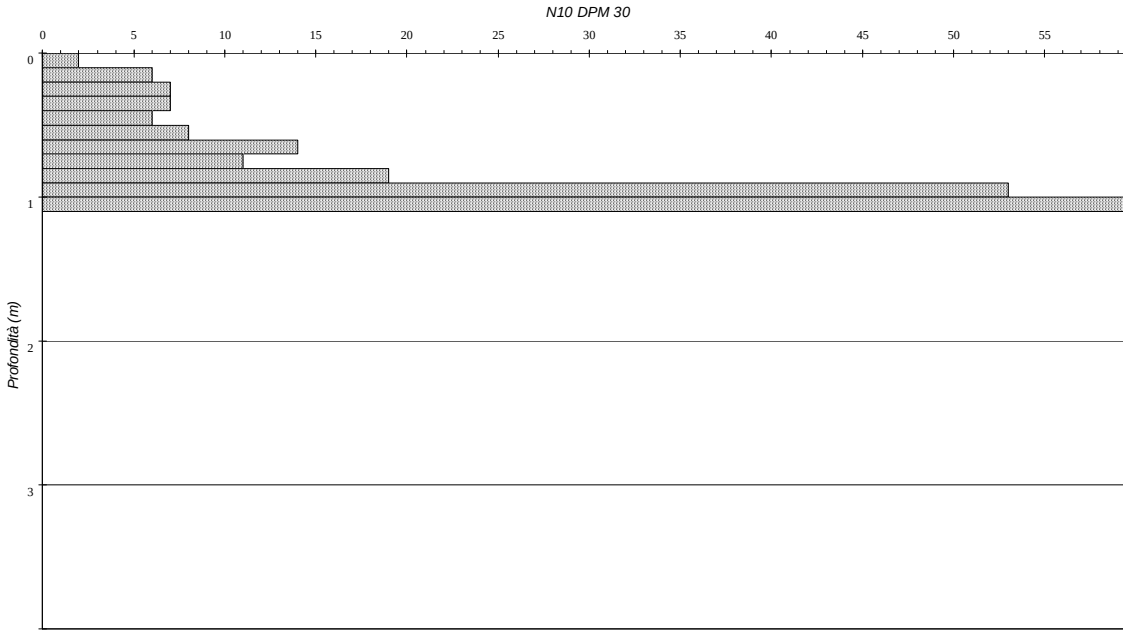
Note: P3 8 metri a valle Centro A1 — Profondità falda: n.d.

Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste	Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste
0,0 - 0,1	2	7,3	1	2,0 - 2,1			3
0,1 - 0,2	6	22,0	1	2,1 - 2,2			3
0,2 - 0,3	7	25,7	1	2,2 - 2,3			3
0,3 - 0,4	7	25,7	1	2,3 - 2,4			3
0,4 - 0,5	6	22,0	1	2,4 - 2,5			3
0,5 - 0,6	8	29,4	1	2,5 - 2,6			3
0,6 - 0,7	14	51,4	1	2,6 - 2,7			3
0,7 - 0,8	11	40,4	1	2,7 - 2,8			3
0,8 - 0,9	19	65,8	2	2,8 - 2,9			4
0,9 - 1,0	53	183,5	2	2,9 - 3,0			4
1,0 - 1,1	60	207,7	2	3,0 - 3,1			4
1,1 - 1,2			2	3,1 - 3,2			4
1,2 - 1,3			2	3,2 - 3,3			4
1,3 - 1,4			2	3,3 - 3,4			4
1,4 - 1,5			2	3,4 - 3,5			4
1,5 - 1,6			2	3,5 - 3,6			4
1,6 - 1,7			2	3,6 - 3,7			4
1,7 - 1,8			2	3,7 - 3,8			4
1,8 - 1,9			3	3,8 - 3,9			5
1,9 - 2,0			3	3,9 - 4,0			5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°3
Diagramma Resistenza Dinamica alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°3
Diagramma Numero Colpi alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°4

Tabella valori Np (colpi) e Rp (Kg/cmq)

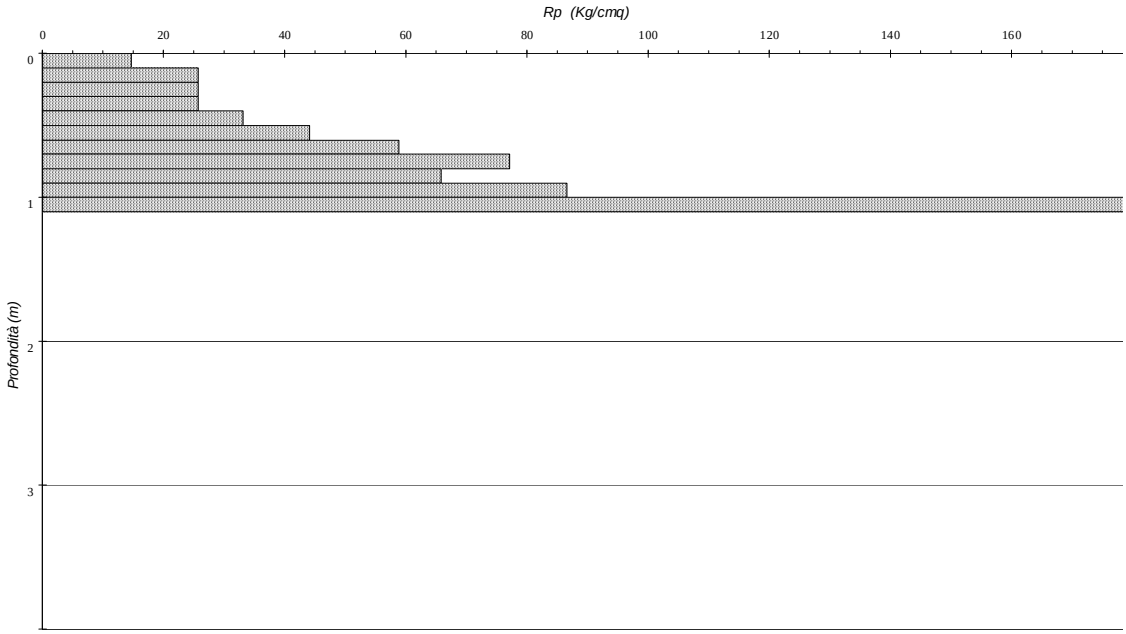
Committente: Geoservice — Rivestimento: No

Località: Madonna della neve — Quota inizio: p.c.

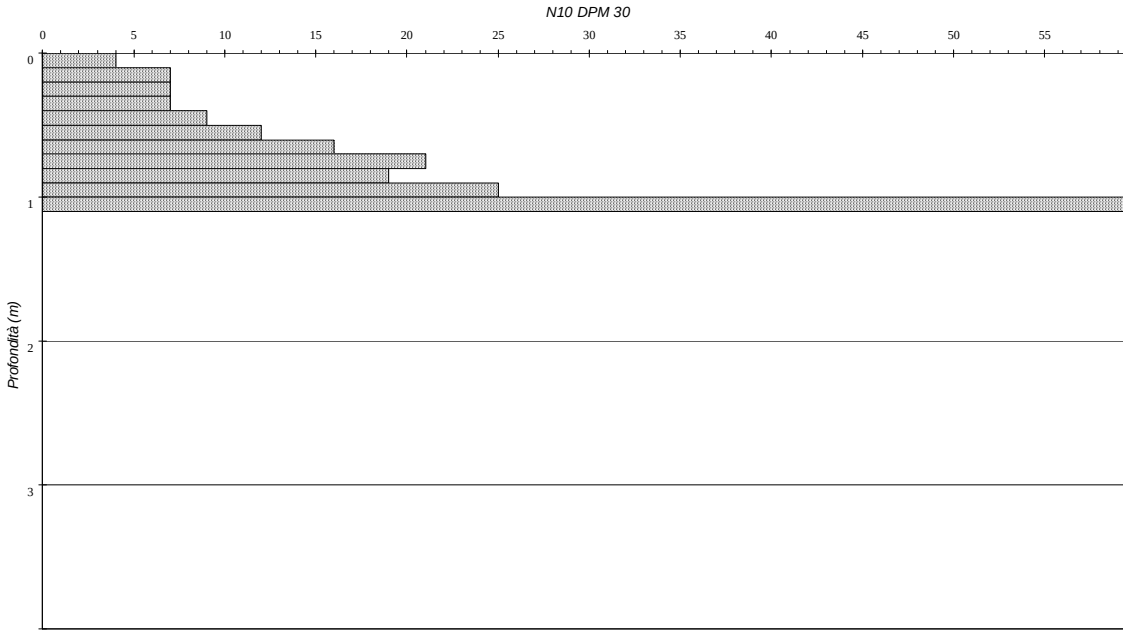
Note: P4 presso sondaggio Centro A1 — Profondità falda: n.d.

Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste	Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste
0,0 - 0,1	4	14,7	1	2,0 - 2,1			3
0,1 - 0,2	7	25,7	1	2,1 - 2,2			3
0,2 - 0,3	7	25,7	1	2,2 - 2,3			3
0,3 - 0,4	7	25,7	1	2,3 - 2,4			3
0,4 - 0,5	9	33,1	1	2,4 - 2,5			3
0,5 - 0,6	12	44,1	1	2,5 - 2,6			3
0,6 - 0,7	16	58,8	1	2,6 - 2,7			3
0,7 - 0,8	21	77,1	1	2,7 - 2,8			3
0,8 - 0,9	19	65,8	2	2,8 - 2,9			4
0,9 - 1,0	25	86,5	2	2,9 - 3,0			4
1,0 - 1,1	60	207,7	2	3,0 - 3,1			4
1,1 - 1,2			2	3,1 - 3,2			4
1,2 - 1,3			2	3,2 - 3,3			4
1,3 - 1,4			2	3,3 - 3,4			4
1,4 - 1,5			2	3,4 - 3,5			4
1,5 - 1,6			2	3,5 - 3,6			4
1,6 - 1,7			2	3,6 - 3,7			4
1,7 - 1,8			2	3,7 - 3,8			4
1,8 - 1,9			3	3,8 - 3,9			5
1,9 - 2,0			3	3,9 - 4,0			5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°4
Diagramma Resistenza Dinamica alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°4
Diagramma Numero Colpi alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.



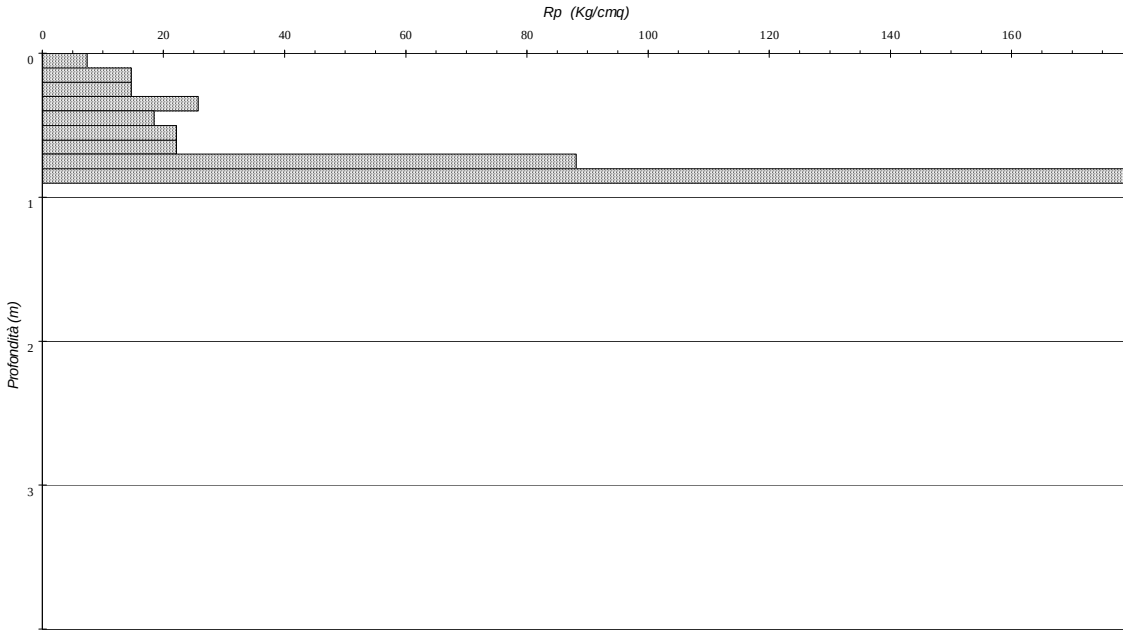
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°5

Tabella valori Np (colpi) e Rp (Kg/cmq)

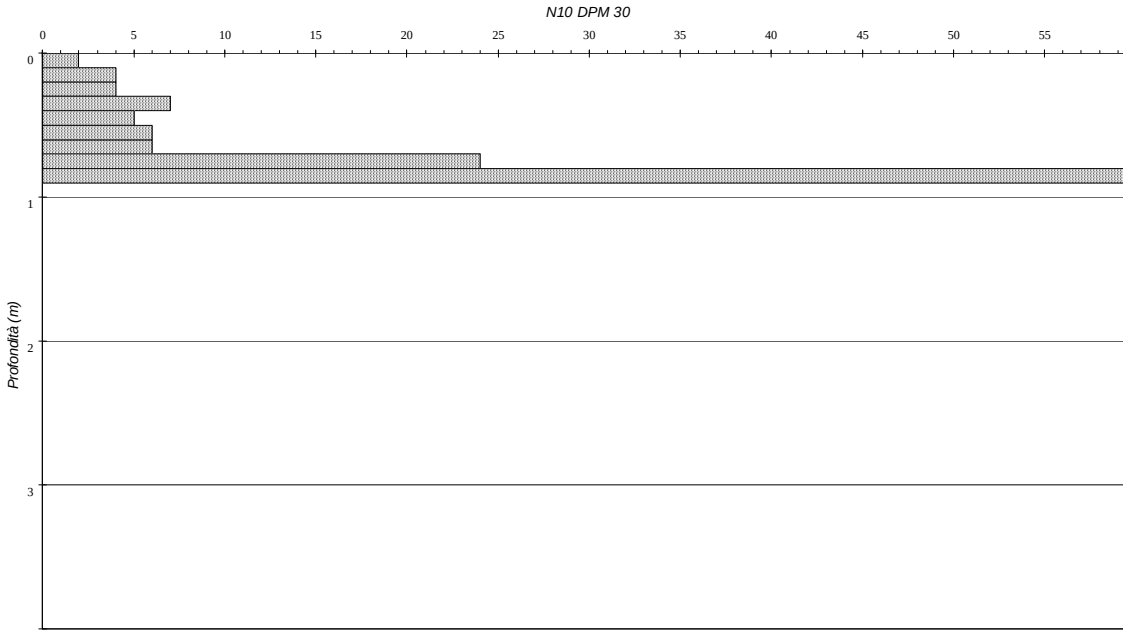
Committente: Geoservice	Rivestimento: No
Località: Madonna della neve	Quota inizio: p.c.
Note: P5 8 metri a monte Centro A2	Profondità falda: n.d.

Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste	Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste
0,0 - 0,1	2	7,3	1	2,0 - 2,1			3
0,1 - 0,2	4	14,7	1	2,1 - 2,2			3
0,2 - 0,3	4	14,7	1	2,2 - 2,3			3
0,3 - 0,4	7	25,7	1	2,3 - 2,4			3
0,4 - 0,5	5	18,4	1	2,4 - 2,5			3
0,5 - 0,6	6	22,0	1	2,5 - 2,6			3
0,6 - 0,7	6	22,0	1	2,6 - 2,7			3
0,7 - 0,8	24	88,2	1	2,7 - 2,8			3
0,8 - 0,9	60	207,7	2	2,8 - 2,9			4
0,9 - 1,0			2	2,9 - 3,0			4
1,0 - 1,1			2	3,0 - 3,1			4
1,1 - 1,2			2	3,1 - 3,2			4
1,2 - 1,3			2	3,2 - 3,3			4
1,3 - 1,4			2	3,3 - 3,4			4
1,4 - 1,5			2	3,4 - 3,5			4
1,5 - 1,6			2	3,5 - 3,6			4
1,6 - 1,7			2	3,6 - 3,7			4
1,7 - 1,8			2	3,7 - 3,8			4
1,8 - 1,9			3	3,8 - 3,9			5
1,9 - 2,0			3	3,9 - 4,0			5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°5
Diagramma Resistenza Dinamica alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°5
Diagramma Numero Colpi alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°6

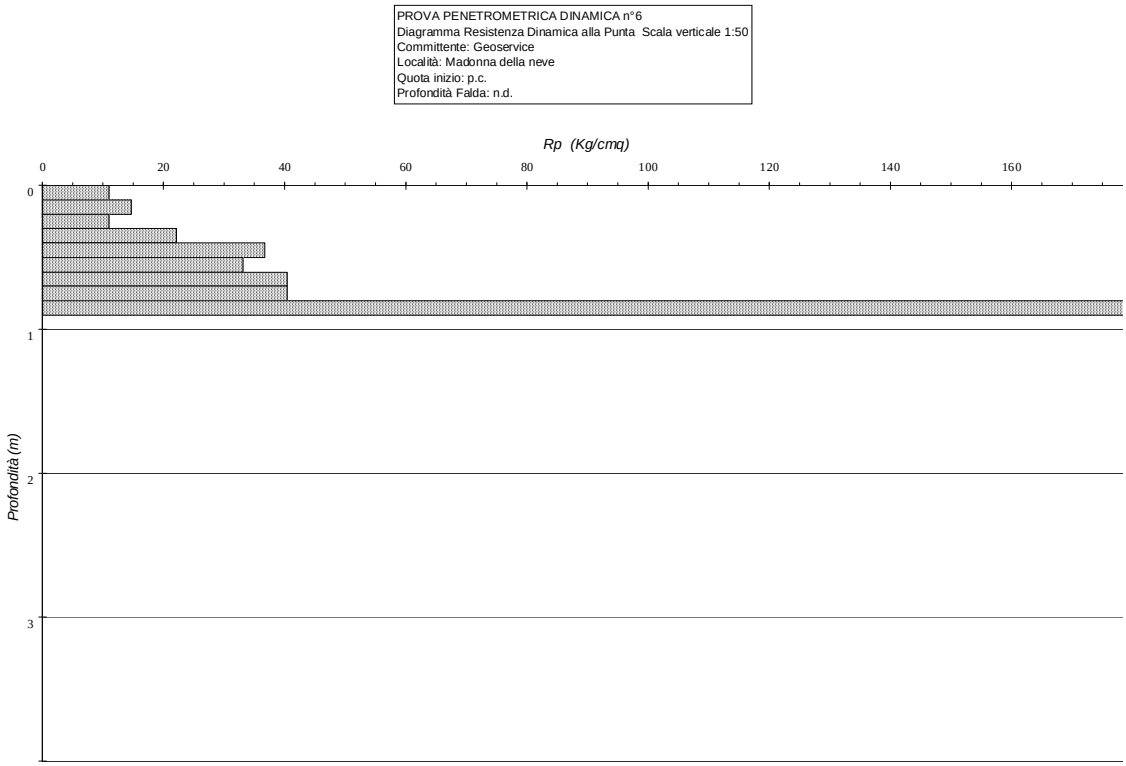
Tabella valori Np (colpi) e Rp (Kg/cmq)

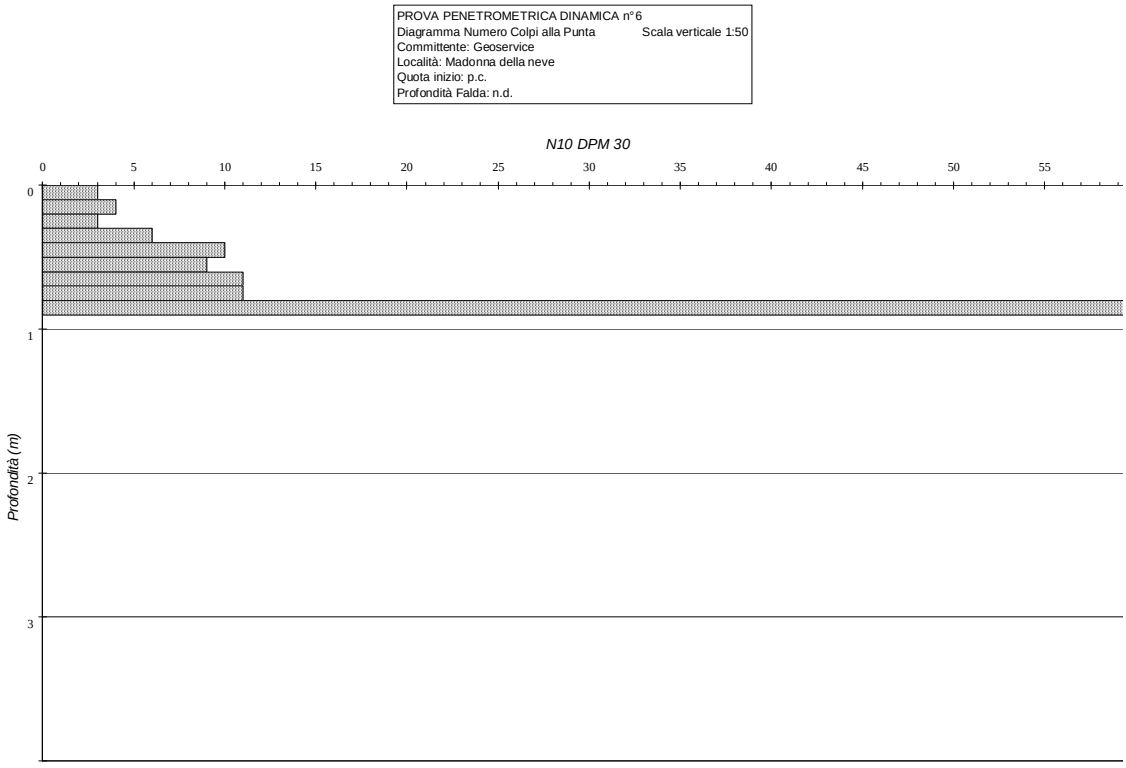
Committente: Geoservice — Rivestimento: No

Località: Madonna della neve — Quota inizio: p.c.

Note: P5 8 metri a valle Centro A2 — Profondità falda: n.d.

Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste	Profondità (m)	N10 (colpi)	Rp (Kg/cmq)	N°aste
0,0 - 0,1	3	11,0	1	2,0 - 2,1			3
0,1 - 0,2	4	14,7	1	2,1 - 2,2			3
0,2 - 0,3	3	11,0	1	2,2 - 2,3			3
0,3 - 0,4	6	22,0	1	2,3 - 2,4			3
0,4 - 0,5	10	36,7	1	2,4 - 2,5			3
0,5 - 0,6	9	33,1	1	2,5 - 2,6			3
0,6 - 0,7	11	40,4	1	2,6 - 2,7			3
0,7 - 0,8	11	40,4	1	2,7 - 2,8			3
0,8 - 0,9	60	207,7	2	2,8 - 2,9			4
0,9 - 1,0			2	2,9 - 3,0			4
1,0 - 1,1			2	3,0 - 3,1			4
1,1 - 1,2			2	3,1 - 3,2			4
1,2 - 1,3			2	3,2 - 3,3			4
1,3 - 1,4			2	3,3 - 3,4			4
1,4 - 1,5			2	3,4 - 3,5			4
1,5 - 1,6			2	3,5 - 3,6			4
1,6 - 1,7			2	3,6 - 3,7			4
1,7 - 1,8			2	3,7 - 3,8			4
1,8 - 1,9			3	3,8 - 3,9			5
1,9 - 2,0			3	3,9 - 4,0			5


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°6
Diagramma Resistenza Dinamica alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.
Rp (Kg/cmq)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
Profondità (m)
0
1
2
3


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°6
Diagramma Numero Colpi alla Punta Scala verticale 1:50
Committente: Geoservice
Località: Madonna della neve
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: n.d.
N10 DPM 30
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
Profondità (m)
0
1
2
3

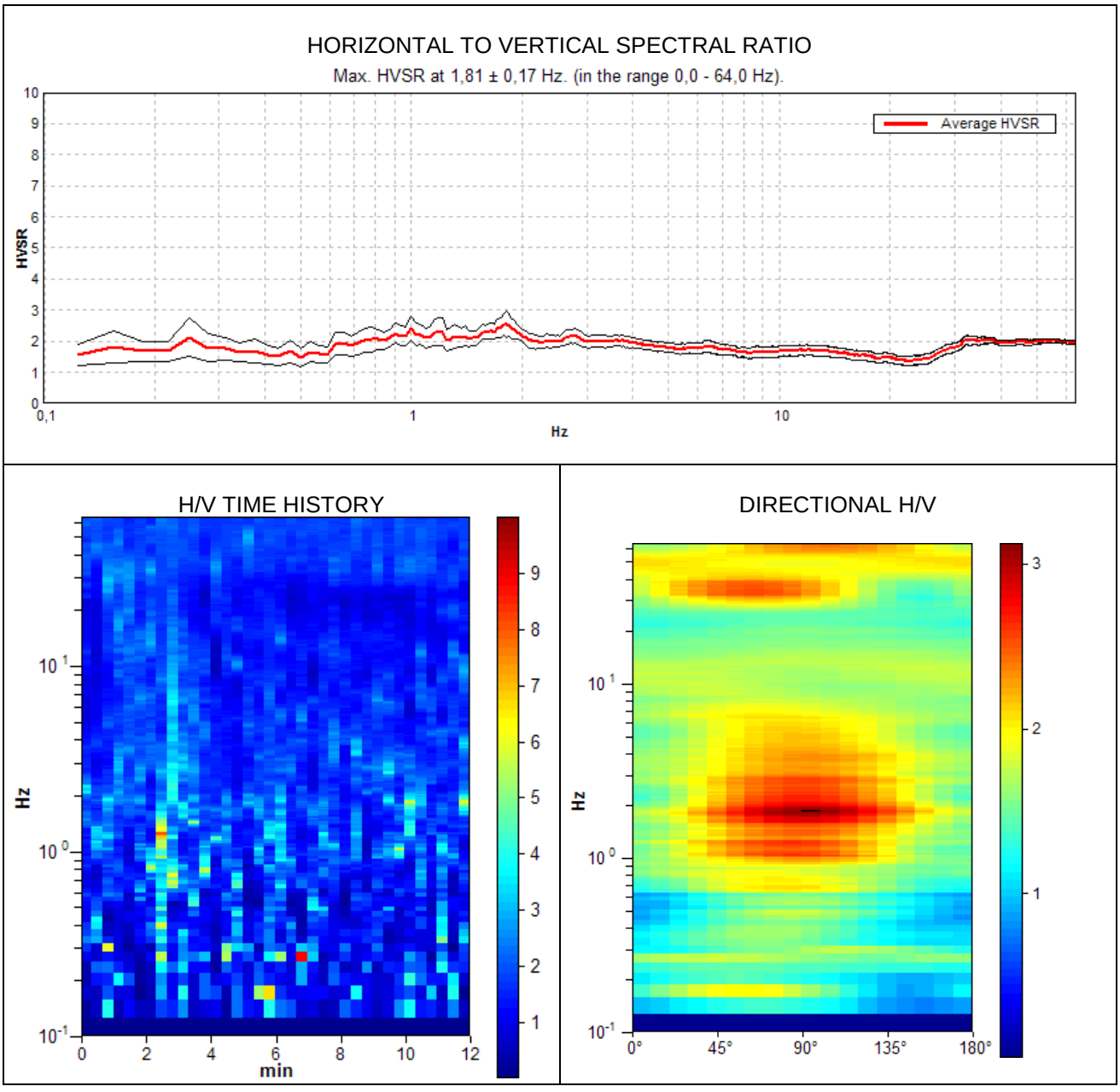
Allegato 3 -Sondaggi Sismici Verticali – schede di prova

G06E MELOGNO, SSV1 (presso A1)

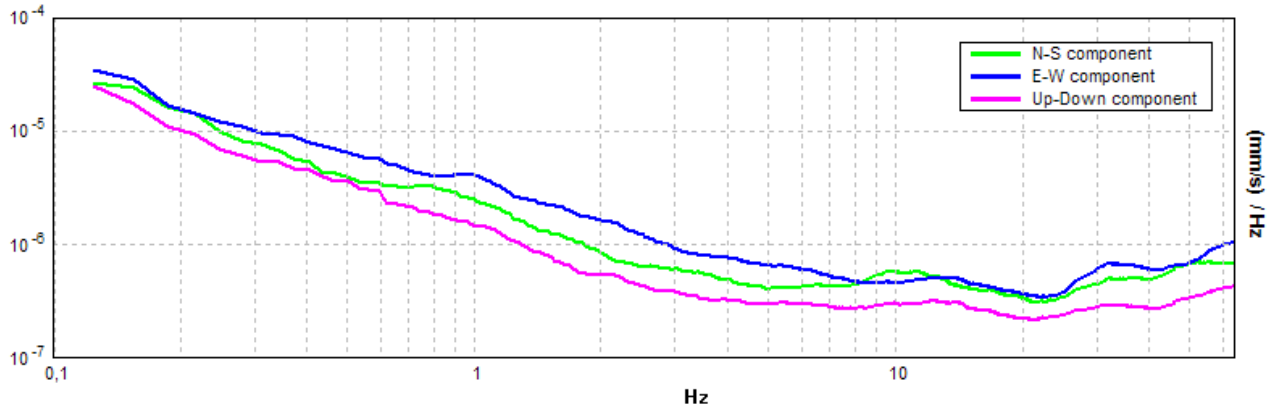
Start recording: 28/10/06 12:40:53 End recording: 28/10/06 12:52:54

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. HVSR at 1,81 ± 0,17 Hz. (in the range 0,0 - 64,0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.81 > 0.50	*OK*	
$n_c(f_0) > 200$	1305.0 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 88 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			**NO**
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			**NO**
$A_0 > 2$	2.55 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.04637| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08404 < 0.18125	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1989 < 1.78	**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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

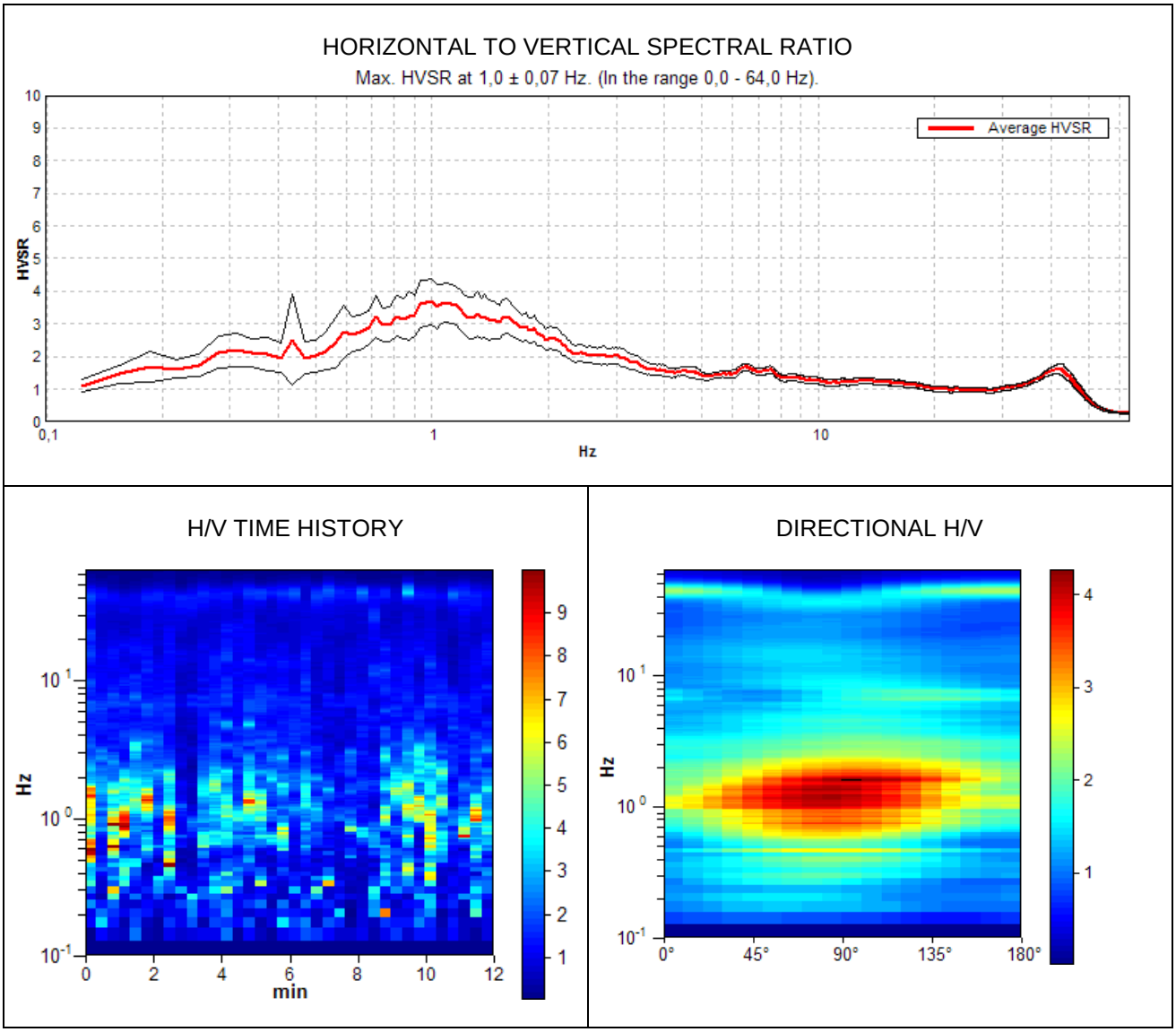
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

G06E MELOGNO, SSV2 (presso A1; 8 m a W)

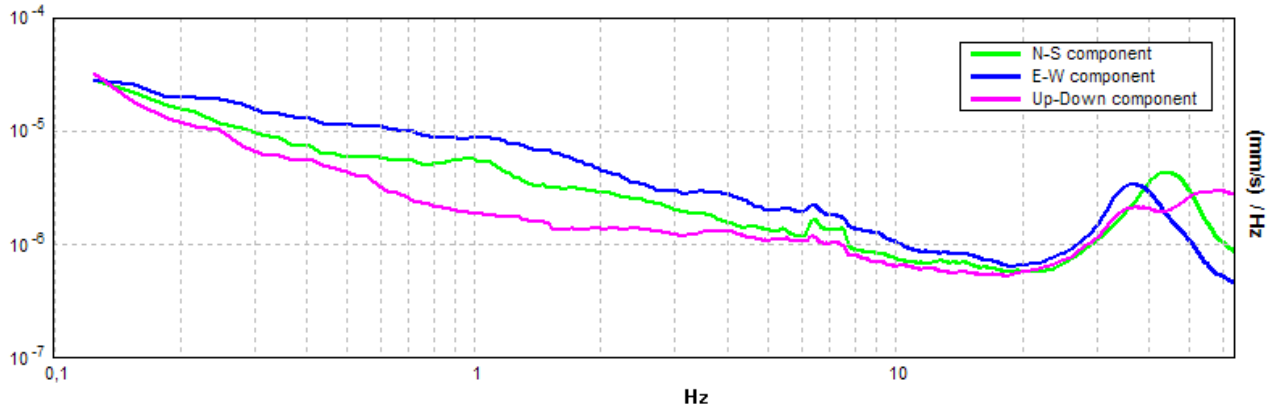
Start recording: 28/10/06 12:26:06 End recording: 28/10/06 12:38:07

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. HVSR at 1,0 ± 0,07 Hz. (in the range 0,0 - 64,0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.00 > 0.50	*OK*	
$n_c(f_0) > 200$	720.0 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 49 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.281 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	3.68 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.0322| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0322 < 0.1	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3348 < 1.78	**OK**	

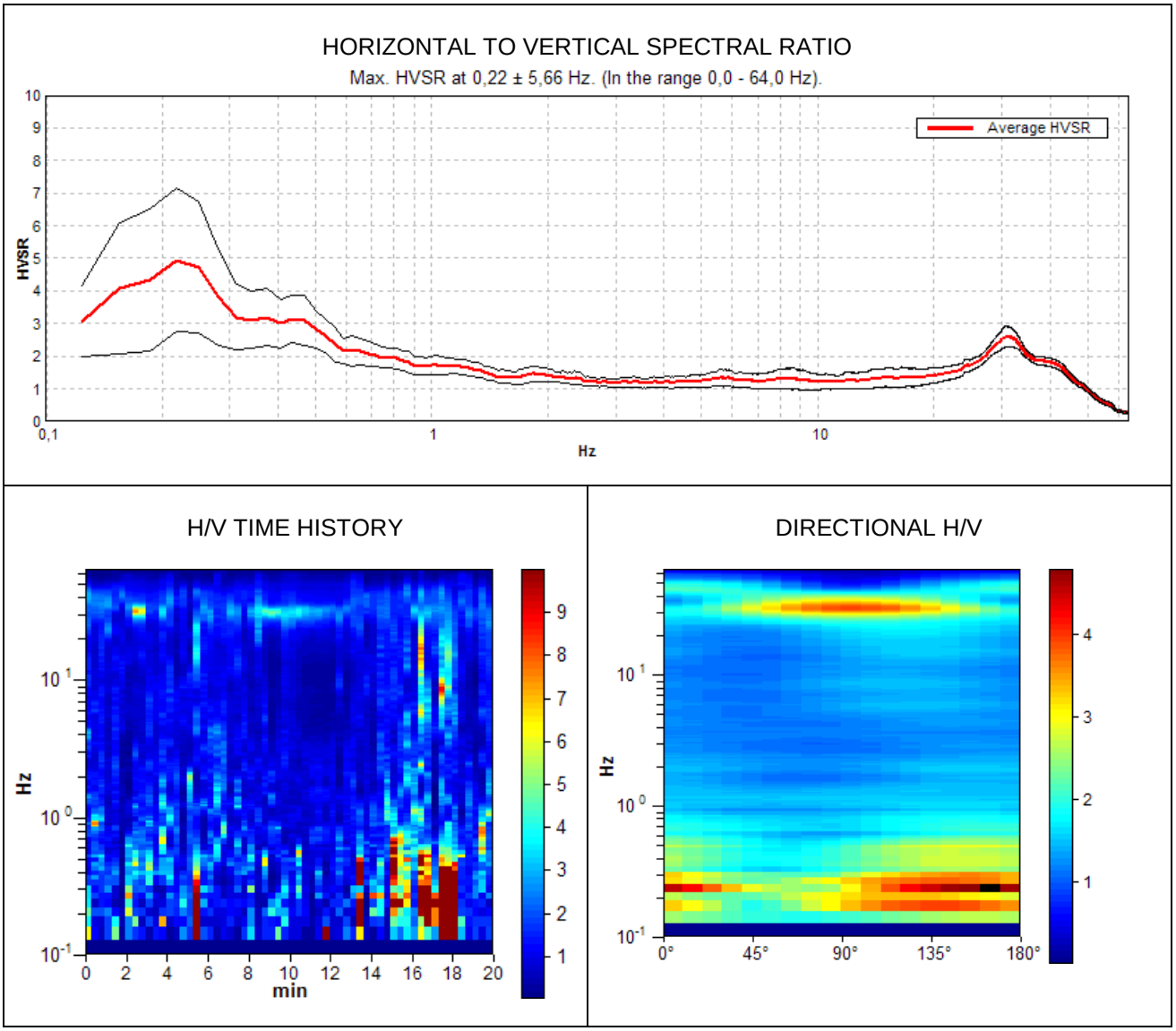
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

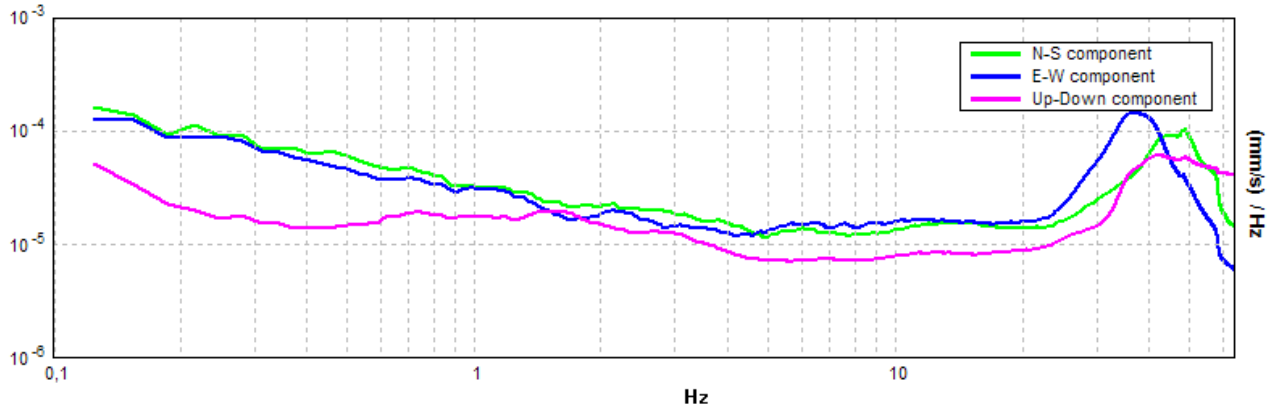
G06E MELOGNO, SSV3 (presso A1 –penetrometro attivo)

Start recording: 28/10/06 09:02:43 End recording: 28/10/06 09:22:44

GPS location: 008°14.4939 E, 44°14.2783 N (not available)
UTC time (synchronized to the first recording sample): 06:58:56 + 0 samples
Satellite no.: 03
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. HVSR at 0,22 ± 5,66 Hz. (in the range 0,0 - 64,0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.22 > 0.50		**NO**
$n_c(f_0) > 200$	262.5 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 12 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.563 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	4.96 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|12.82219| < 0.05		**NO**
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.80485 < 0.04375		**NO**
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.0822 < 2.5	**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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

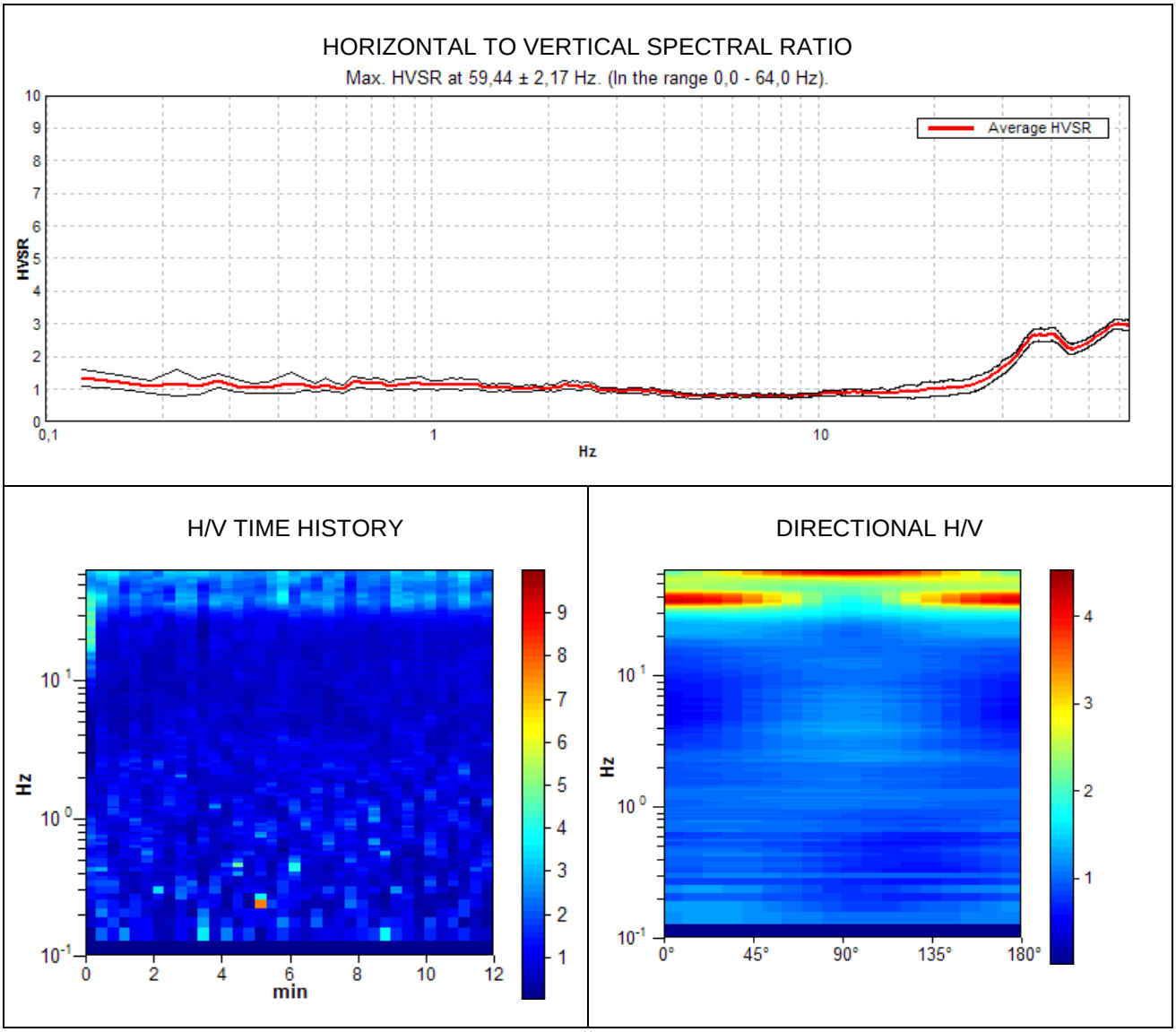
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

G06E MELOGNO, SSV4 (presso A2; 8 m a E)

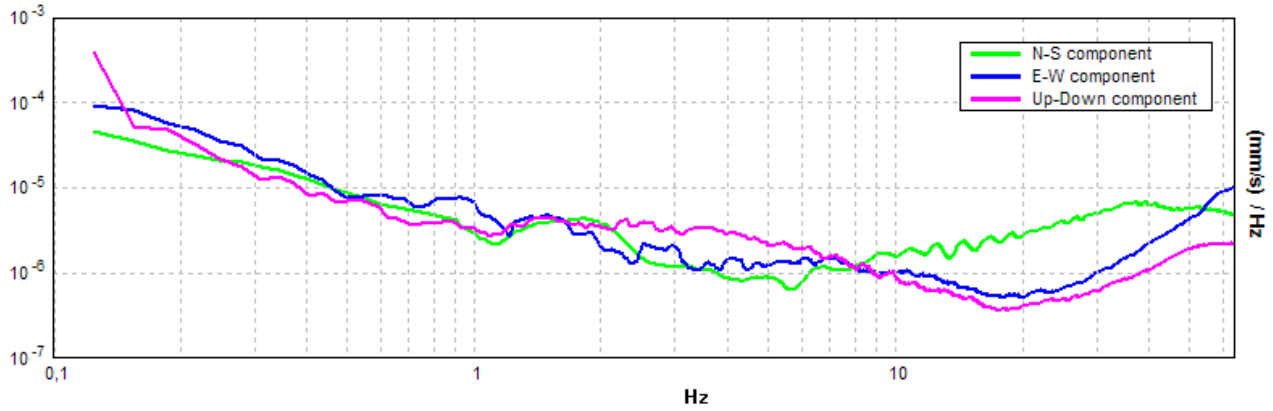
Start recording: 28/10/06 11:08:05 End recording: 28/10/06 11:20:06

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. HVSR at 59,44 ± 2,17 Hz. (in the range 0,0 - 64,0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve
[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	59.44 > 0.50	*OK*	
$n_c(f_0) > 200$	42795.0 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1098 times	**OK**	

Criteria for a clear HVSR peak
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	28.625 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			**NO**
$A_0 > 2$	2.99 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.0177| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.0519 < 2.97188	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0693 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

GEOSERVICE S.N.C.
DI DOTT. GEOL. ELIO ORSI & C.
VIA DELLA MAGGIORA 8, TEL+FAX +39 0144 324841
15011 ACQUI TERME (AL)
geoservicesnc@libero.it

G06E
SA2
DH

Prova Down-Hole

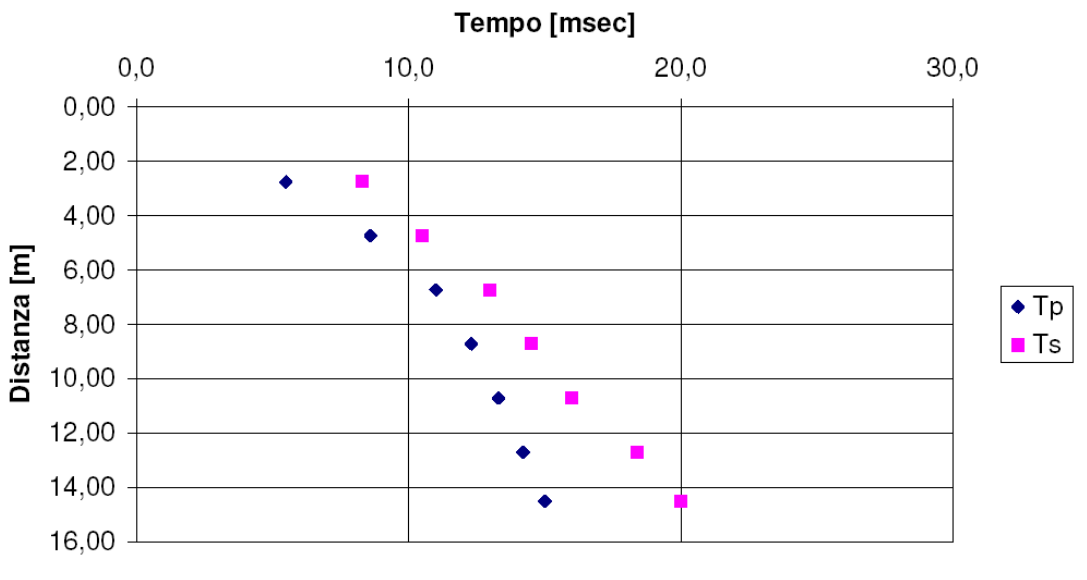
Rif.:	G06E			Data:	28-ott-06
Cantiere:	Madonna della neve Calice L. (SV)			Redatto:	Dott. C. Orsi
Sondaggio:	SA2	Prova :	DH	Verificato:	Dott. E. Orsi

Dati geometrici :

Diametro tubo DH [mm]: 89
Dist. sorgente-asse foro [m]: 0,60
Densità [KN/m3]: 25

Tempi di arrivo al geofono:

Profondità [m]	Tp [msec]	Ts [msec]	Distanza [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]	Vp/Vs	νd	Ed [Mpa]
2,7	5,5	8,3	2,75					
4,7	8,6	10,5	4,73	639	900	0,71	1,5073	
6,7	11,0	13,0	6,72					
8,7	12,3	14,5	8,71					
10,7	13,3	16,0	10,71					
12,7	14,2	18,4	12,71					
14,5	15,0	20,0	14,51	1962	1085	1,81	0,2797	7677,56



GEOSERVICE S.N.C.
DI DOTT. GEOL. ELIO ORSI & C.
VIA DELLA MAGGIORA 8, TEL+FAX +39 0144 324841
15011 ACQUI TERME (AL)
geoservicesnc@libero.it

G06E
SA1
DH

Prova Down-Hole

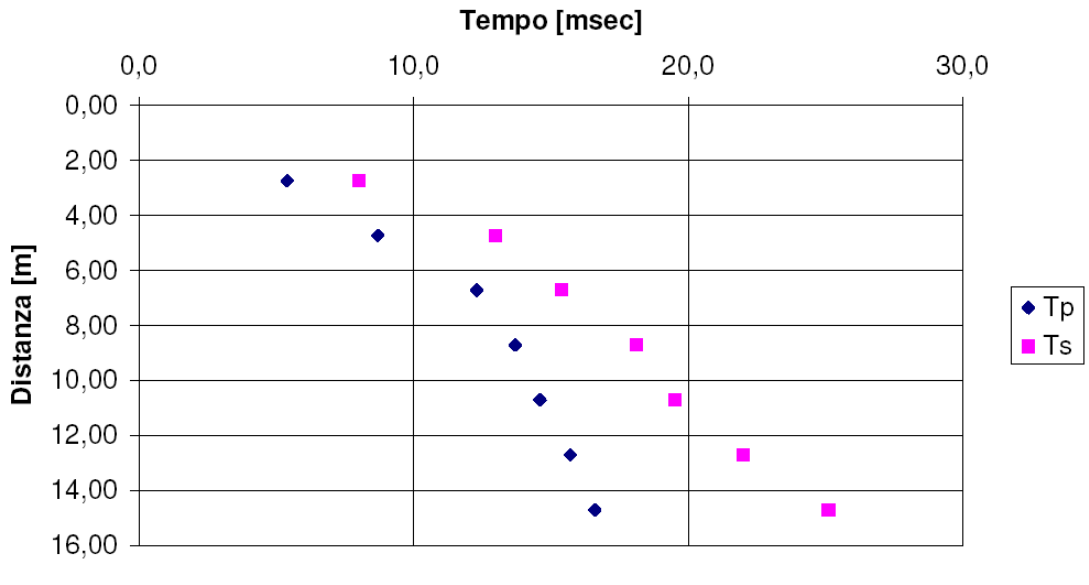
Rif.:	G06E			Data:	28-ott-06
Cantiere:	Madonna della neve Calice L. (SV)			Redatto:	Dott. C. Orsi
Sondaggio:	SA1	Prova :	DH	Verificato:	Dott. E. Orsi

Dati geometrici :

Diametro tubo DH [mm]: 89
Dist. sorgente-asse foro [m]: 0,50 Densità [KN/m3]: 25

Tempi di arrivo al geofono:

Profondità [m]	Tp [msec]	Ts [msec]	Distanza [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]	Vp/Vs	νd	Ed [Mpa]
2,7	5,4	8,0	2,73					
4,7	8,7	13,0	4,72	602	397	1,52	0,1141	
6,7	12,3	15,4	6,71					
8,7	13,7	18,1	8,71					
10,7	14,6	19,5	10,71					
12,7	15,7	22,0	12,71					
14,7	16,6	25,1	14,71	1873	846	2,21	0,3718	5005,93



Allegato 4 - Penetrometrie - metodologia

Tutte le prove sono state eseguite utilizzando un penetrometro medio leggero tipo DPL-30 di cui di seguito si riportano le caratteristiche strumentali seguite da una breve descrizione della metodologia di prova.

Caratteristiche strumentali

PESO MASSA BATTENTE	*M = 30 Kg*
DIAMETRO DELLE ASTE	*Da = 22 mm*
PESO SISTEMA DI BATTUTA	*p = 16 Kg (esclusa massa battente)*
LUNGHEZZA ASTE CAD.	*La = 1 m*
ALTEZZA DI CADUTA LIBERA	*H = 0.2 m*
PESO ASTA PER METRO	*Ma = 3 Kg/m*
DIAMETRO PUNTA CONICA	*Dp = 35.7 mm*
AREA BASE PUNTA CONICA	*Ap = 10 cm^2*
PASSO D'INFISSIONE	*d = 0.1m*
ANGOLO DI APERTURA PUNTA	*a = 60 °*

La prova consiste nell'infissione di una punta tramite una serie di battute del maglio che, in virtù del sistema costruttivo dell'apparecchio rilascia sempre la stessa energia sul sistema aste + punta.
Così procedendo si provvede al conteggio del numero di colpi necessari per l'avanzamento di un tratto standard, nel caso specifico di 10 cm (N_{10}); si ottiene in tal modo una stratigrafia dinamica dei terreni attraversati espressa come successione di N_{10}, utile alla stima conoscitiva del terreno attraversato e delle sue caratteristiche geotecniche.

La resistenza del terreno può essere valutata per correlazione del numero di colpi ogni 10 cm (N_{10}) con quello dello standard penetration test (N_{SPT}); nel caso in questione, in considerazione della tipologia dei terreni interessati, si può assumere con ragionevole margine di sicurezza un valore N_{10} pari a N_{SPT} moltiplicato per un fattore 0.95.

In allegato sono riportate le tabelle ed i diagrammi indicanti, per ciascuna prova, il numero di colpi N_{10} per ogni infissione di 10 cm, ed il valore corrispondente della "resistenza dinamica alla punta" Rpd.

Quest'ultimo valore è ottenuto con una formula empirica detta "degli olandesi" ed è un parametro caratteristico dello stato di addensamento e di consistenza dei terreni; esso e altresì utilizzabile per confrontare attrezzatura strumentale differente o per confronti e correlazioni con la resistenza ala punta del penetrometro statico:

$$\mathbf{Rpd} = \frac{\mathbf{M}^2 \times \mathbf{H}}{\mathbf{Ap} \times \mathbf{e} \times (\mathbf{M} + \mathbf{P})}$$

Dove e = infissione per colpo [cm]

Si tenga comunque conto che la Rpd non è già la capacità portante del terreno cui è legata da un fattore di riduzione, che, concordemente con molti autori, non va considerato inferiore a 20.
La prova, realizzata secondo le modalità sopra descritte, viene spinta fino al rifiuto all'avanzamento del dispositivo di infissione, rifiuto solitamente da ascriversi al reperimento del top del substrato litoide oppure di livelli eterometrici a grossa pezzatura e molto compatti.

Allegato 5 - Sondaggi Sismici Verticali - metodologia

Modalità di indagine.
Nei siti indicati in relazione e negli allegati cartografici sono state effettuate altrettante misure di microtremore ambientale della durata di 14 minuti ciascuna utilizzando un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico ambientale.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente ed è fornito di GPS interno.

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz che è quella più risolutiva possibile per le profondità investigate.

Definizioni.
Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*.

Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

La tecnica impiegata.
Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).

Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale; sebbene su questo punto non sia ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli.

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Consideriamo il sistema di Fig.a in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ($\rho 1$ e $\rho 2$) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati; l'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore *H* del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (*fr*) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a

$$fr = V_{P1}/(4\ H) \qquad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$fr = V_{S1}/(4\ H). \qquad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore *H* degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per *a)* il contenuto in frequenza, *b)* la risposta strumentale e *c)* l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo. Rileviamo inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994).

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime è poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (per un riassunto cf. Gallipoli *et al.*, 2000; Mucciarelli e Gallipoli, 2001; Castellaro *et al.*, 2005]. Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (per un esempio magistrale si veda Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

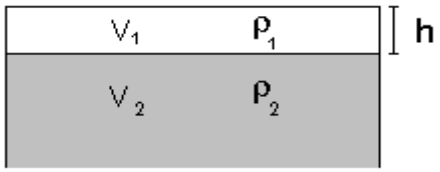


Fig.α - Modello di suolo costituito da due strati a diverse velocità delle onde sismiche e densità.

In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali HVSR ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, come in Mulargia e Castellaro (2006).

Procedura di analisi dati.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. le curve HVSR desunta dalle misure in sito e ricavate, 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,
   - ⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2,
   - ⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

Le profondità *H* delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula [3] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, *a* un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e ν la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

[3] $$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\hat{\upsilon}_1} + 1\right]^{1/(1-a)} - 1$$