REGIONE LIGURIA - PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA

Progetto	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA 1 AEROGENERATORE IN LOC. MONTE LINGO SOLUZIONE ALTERNATIVA AL PROGETTO APPROVATO AL PROCEDIMENTO DI VERIFICA SCREENING EX L.R. 38/98 CON DECRETO DEL DIRIGENTE n.° 2655 del 31/07/2012
Oggetto	CAMPO EOLICO E CAVIDOTTO
Data	Maggio 2015
Committente	FEN ENERGIA S.p.A.

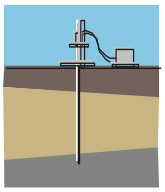
1	**20/02/2014**	**emissione per progettazione definitiva**
2	**07/05/2015**	**integrazione per progettazione definitiva**

Titolo

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA

(D.M. 14/01/08)

ALLEGATO 11.4



Dott. Francesco VALLE
Geologo
via V.Poggi 4/4 - 17100 SAVONA
tel. 019828156
cell.3479072824
e-mail: geolvalle@gmail.com
cod. fisc.: VLLFNC70C17C823S
P.IVA.: 02159710991



Dott. Francesco Valle
Geologo

PREMESSA

Le presenti note costituiscono parte integrativa della Relazione Geologica redatta nel Febbraio 2014 dallo scrivente, dott. geol. Francesco Valle, geologo iscritto al n° 409 dell'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria, su incarico della Spett. FEN ENERGIA S.p.A di Piancogno (BS), in merito al progetto di realizzazione nel Comune di Castelvecchio di Rocca Barbena di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica in località M.te Lingo, costituito da un aerogeneratore a pale e del relativo cavidotto.

In particolare, su richiesta integrativa del Dipartimento Ambiente della Regione Liguria – Settore Valutazione Impatto Ambientale (nota del 30/07/2014 Prot. n. PG/2014/0152890), riguardano una nuova campagna di indagini geognostiche volte a sviluppare il modello geologico, geotecnico e sismico del sito d'intervento.

INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO

Sono stati eseguiti, nei punti indicati in planimetria (ALL.1), un sondaggio a carotaggio continuo ed un sondaggio sismico verticale passivo per una migliore definizione stratigrafico – geotecnica e sismica (vedi in dettaglio ALL.2) dell'area d'indagine.

Il sondaggio, spinto alla profondità ritenuta significativa di – 15.00m dai p.c., ha permesso di esaminare direttamente i terreni indagati ed inoltre di prelevare dei campioni per le prove di laboratorio geotecnico.

Sondaggio geognostico

Il carotaggio è stato eseguito tra il 23 ed il 27 Aprile 2015 dalla ditta Pro.Mo.Geo S.r.l. di Genova ed ha permesso di definire l'andamento stratigrafico (vedi colonna stratigrafica di dettaglio e fotografie delle cassette catalogatrici all'ALL.4) che qui di seguito viene sinteticamente riportato.

Sondaggio S1

Profondità (m)	descrizione
Da 0 a –2.00	Materiali di copertura costituiti da coltre frammista ad eluvio del substrato: ghiaia e sabbia in matrice debolmente limosa di colore bruno chiaro
Da –2.0 a –5.80	Ammasso roccioso quarzitico fratturato e diffusamente alterato
Da –5.80 a –15.0 (fine sondaggio)	Ammasso roccioso quarzitico più fresco con alterazione da assente a debole

Prove di laboratorio geotecnico - geomeccanico

Sui campioni più significativi prelevati nel sondaggio S1 a profondità da –8.40 a –8.75m (CAR 2) e da –14.1 a –14.6m (CAR 5) sono state eseguite due prove di compressione monoassiale (PROVA ASTM D 7012-10), due di resistenza a trazione indiretta (PROVA ASTM D 3967-08), una di compressione triassiale (PROVA ASTM D 7012-10) e due misurazioni dell'unità di volume (PROVA I.S.R.M. 1979); le risultanze dettagliate delle prove sono riportate in allegato (vedi sempre ALL.4).

Indagini sismiche

Per la determinazione della Vs30 è stato eseguito un sondaggio sismico verticale a stazione singola ("Tromino") utilizzando la tecnica dell'analisi dei microtremori ambientali (vedi più dettagliatamente ALL.5) ed acquisendo il rumore sismico ambientale attraverso un tromografo digitale.

Tale tecnica, in sintesi, mette in relazione le variazioni del rapporto alle varie frequenze tra la componente orizzontale e verticale dei microtremori ambientali registrati, con le variazioni litostratigrafiche del sottosuolo al di sotto del punto di misura. L'interpretazione dei dati della misurazione ha determinato una stima della Vs30 caratteristica di sito riconducibile alla categoria di sottosuolo A.

MODELLAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA - GEOMECCANICA MEDIA

Le nuove indagini hanno permesso sostanzialmente di confermare il modello stratigrafico del terreno definito nella Relazione Geologica del Febbraio 2014, in cui si evidenziava la presenza, al di sotto di uno strato superficiale di coperture variamente addensate variabile da 1 a 2m, di un livello costituito da materiale roccioso molto alterato e fratturato, passante più in profondità alla roccia in più che discreto stato di conservazione; lo spessore di questo strato intermedio è generalmente intorno ai $3 \div 4$m.

Sulla base anche dei nuovi dati geotecnici – geomeccanici integrativi è possibile ipotizzare l'andamento stratigrafico del terreno indicato nelle sezioni stratigrafiche interpretative (ALL.3) e caratterizzare i terreni con i seguenti valori medi:

Coperture: coltri detritico – eluviali

Il livello di coperture, ove presente, può essere caratterizzato con i seguenti valori geotecnici medi di riferimento:

peso di volume γ_{nat}	$17 \div 19$ kN/m^3
angolo d'attrito φ	$25 \div 30°$
coesione effettiva c'	$5 \div 10$ kPa

Substrato roccioso

Per quello che riguarda il substrato, risulta (sulla base sia di quanto osservabile negli affioramenti che dalle risultanze della prove effettuate) generalmente in condizioni di conservazione scadenti/discrete (cappellaccio d'alterazione la cui qualità migliora indubbiamente con la profondità).

La sua caratterizzazione geomeccanica è stata eseguita procedendo alla classificazione degli ammassi rocciosi attraverso il metodo GSI (Geological Strength Index) elaborato da Hoek (1994), che permette di definire la categoria di appartenenza dell'ammasso roccioso in esame in funzione di una valutazione qualitativa delle famiglie di discontinuità presenti e delle condizioni delle loro superfici di contatto. Il criterio di rottura di Hoek-Brown dal 1980 ha subito una serie di modifiche. Nel 2002 viene esposta la revisione del criterio di rottura di Hoek-Brown che pone una soluzione esatta per calcolare la resistenza di coesione e l'angolo di attrito, differenziando tra i campi tensionali propri delle gallerie e delle scarpate e introduce il concetto di disturbo per tenere conto della diminuzione di resistenza dovuta al rilascio delle tensioni e agli effetti di danno dell'uso di esplosivo nelle gallerie, nella stabilità dei versanti e nelle fondazioni in roccia (Bruschi, 2004). Hoek e Diederichs (2006) hanno rivisto le relazioni empiriche per la determinazione del valore del modulo di deformazione dell'ammasso roccioso. Nel caso in cui non siano disponibili determinazioni dirette del modulo, è stata proposta una stima utilizzando il rapporto di modulo (MR) a partire dalla resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta. Recentemente, Hoek et al. (2013) hanno proposto una quantificazione del Geological Strength Index (GSI) sulla base delle condizioni dei giunti e sul Rock Quality Designation (RQD).

Gli autori hanno derivato il criterio di rottura empirico basato sulle tensioni principali di rottura. L'idea di base era che la rottura in un ammasso roccioso fosse controllata dallo spostamento e dalla rotazione di singoli blocchi di roccia, separati da numerose fratture, aventi un assetto caotico e quindi senza orientamento preferenziale di scorrimento, così che l'ammasso poteva essere considerato come isotropo.

I parametri fondamentali che entrano in gioco nella determinazione dell'inviluppo di rottura sono, oltre allo stato tensionale, la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, il valore del GSI e la costante m_i.

La resistenza a compressione monoassiale e la resistenza a trazione della roccia sui campioni prelevati nel sondaggio eseguito, sono stati determinati presso il laboratorio geotecnico Servizi Geotecnici Liguri di Vado Ligure (ALL.4). Il valore di mi, che dipende dalla mineralogia, dalla composizione e dalla granulometria del materiale della roccia, è stato calcolato utilizzando i valori di resistenza a compressione monoassiale, triassiale e di trazione e il software di calcolo "RocLab" della Rocscience (algoritmo non lineare di Levenberg-Marquardt).

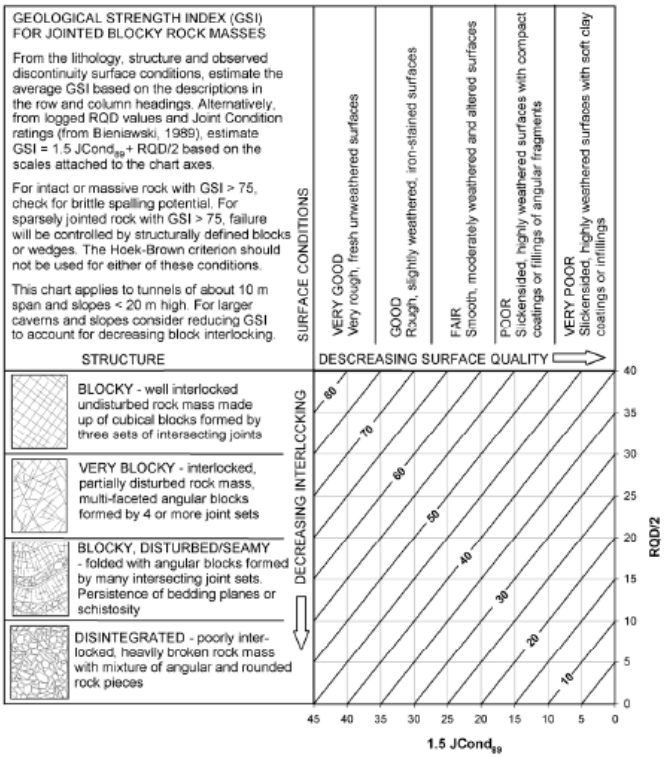
Il GSI nella sua forma più recente vede la sua valutazione affidata all'utilizzo del semplice grafico, riportato sotto, dove le caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico sono intercorrelate con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura.

Tale intercorrelazione permette di assegnare il valore del GSI. L'assunzione di base del sistema è che l'ammasso si comporta in maniera isotropa.In generale, l'ammasso roccioso risulta disturbato tettonicamente con diverse famiglie di giunti e piani di scistosità. Le condizioni delle discontinuità risultano comprese tra molto scadenti a scadenti. L'indice R.Q.D. proposto da Deere (1964), prevede la determinazione del recupero percentuale di carotaggio tenendo conto dei singoli spezzoni di carota aventi lunghezza superiore a 10 cm.

RQD = (lunghezza degli spezzoni di carota > 10 cm)/(lunghezza totale perforata)

L'interesse nella determinazione dell'indice RQD e la sua utilità in problemi applicativi sono fondati soprattutto sulla possibilità di correlare questo indice con altri parametri che definiscono il comportamento meccanico del materiale.

R.Q.D. (%)	**Qualità della roccia**
0 – 25	Molto scadente
25 – 50	Scadente
50 – 75	discreta
75 – 90	Buona
90 - 100	eccellente



Per quanto riguarda il fattore D**,** nel caso in esame si è assegnato un valore di D pari a 0 ipotizzando che il versante non sia stato disturbato nel passato.

Attraverso il programma Rocklab ver. 1.03, elaborato da Hoek, si è quindi provveduto, inseriti i parametri geomeccanici caratteristici della roccia e quelli identificativi del suo stato, a determinare i parametri di resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr – Coulomb.

<u>Quarziti molto alterate e fratturate</u>

Il substrato quarzitico, costituito nei livelli più superficiali da roccia molto alterata e fratturata, risulta in condizioni di conservazione scadenti; inseriti i parametri geotecnici richiesti dal programma Rocklab (γ = 26.5 kN/mc, $\sigma_c \approx$ 25 MPa e mi $\approx$ 7) e quelli identificativi del suo stato (Indice GSI = 20), sono stati determinati i parametri di resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr – Coulomb (ALL. 6.1) da cui:

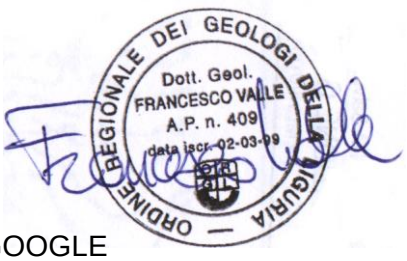
peso di volume γ	26.5 kN/mc
resistenza a compressione monoassiale σ_c	25 MPa
Modulo elastico roccia intatta Ei	9200 MPa
Modulo di deformazione Ed	420 MPa
angolo d'attrito φ	42°
coesione c	70 kPa

Quarziti fresche

Risultano in condizioni di conservazione più che discrete; inseriti i parametri geotecnici richiesti dal programma Rocklab (γ = 26.5 kN/mc, $\sigma_c \approx$ 25 MPa e mi $\approx$ 7) e quelli identificativi del suo stato (Indice GSI = 50), sono stati determinati i parametri di resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr – Coulomb (ALL. 6.2) da cui:

peso di volume γ	26.5 kN/mc
resistenza a compressione monoassiale σ_c	25 MPa
Modulo elastico roccia intatta Ei	9200 MPa
Modulo di deformazione Ed	2800 MPa
angolo d'attrito φ	52°
coesione c	240 kPa

Savona, Maggio 2015



ALLEGATI
1 – INQUADRAMENTO PLANIMETRICO DA GOOGLE
2 – PLANIMETRIA scala 1:500
3 - SEZIONI STRATIGRAF. INTERPRETATIVE scala 1:200
4 – SONDAGGIO E PROVE DI LABORATORIO - risultanze
5 - PROVE IN POSTO - PROSPEZIONI SISMICHE - risultanze
6.1/6.2 – ANALISI DELLA ROCCIA METODO ROCK LAB DI HOEK

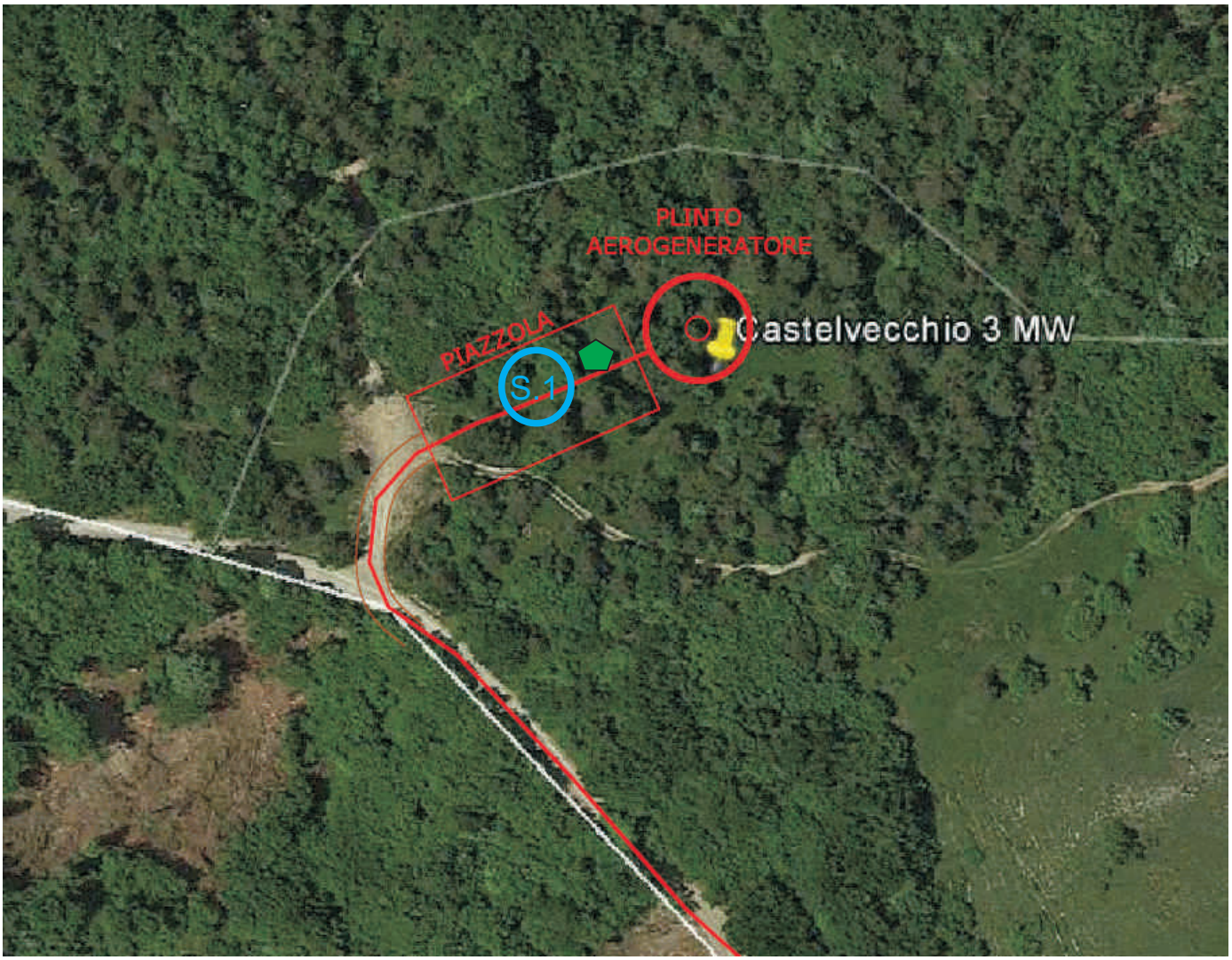
Dott. Francesco Valle
Geologo
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

COMUNE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA
1 AEROGENERATORE IN LOC. MONTE LINGO
Comm.: F.E.N. Energia S.p.a. (BS)

Data:
Mag. 2015
Rif.:
Feb. 2014

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA



S.1 Sondaggio geognostico (carotaggio)

Sondaggio sismico verticale (tromino)

INQUADRAMENTO PLANIMETRICO
(DA GOOGLE)

ALL.
1

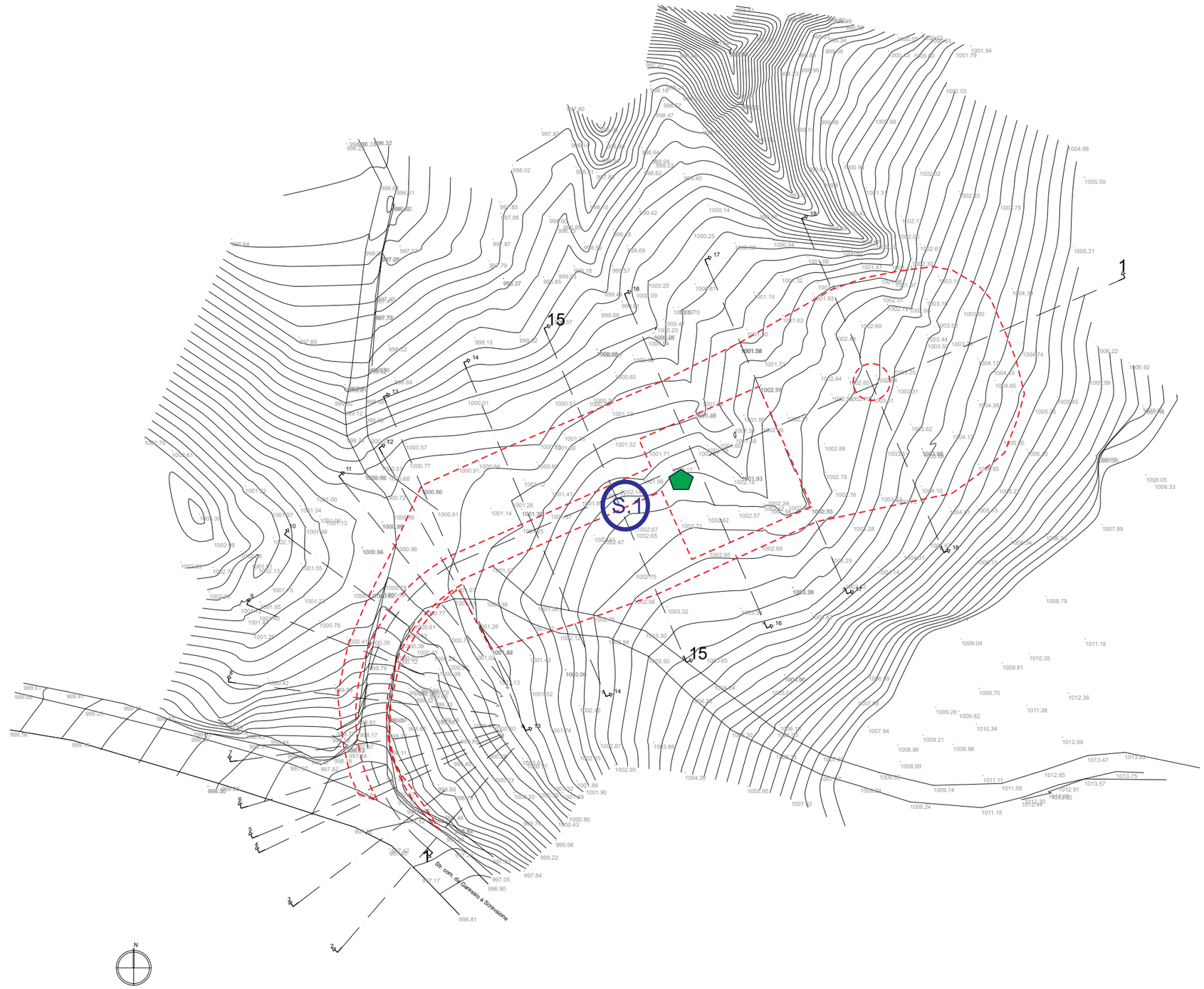
Dott. Francesco Valle
Geologo
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

COMUNE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA
1 AEROGENERATORE IN LOC. MONTE LINGO
Comm.: F.E.N. Energia S.p.a. (BS)

Data: Mag. 2015
Rif.: Feb. 2014

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA



S.1 Sondaggio geognostico (carotaggio)

Sondaggio sismico verticale (tromino)

PLANIMETRIA

scala 1:500

ALL. 2

Dott. Francesco Valle
Geologo
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

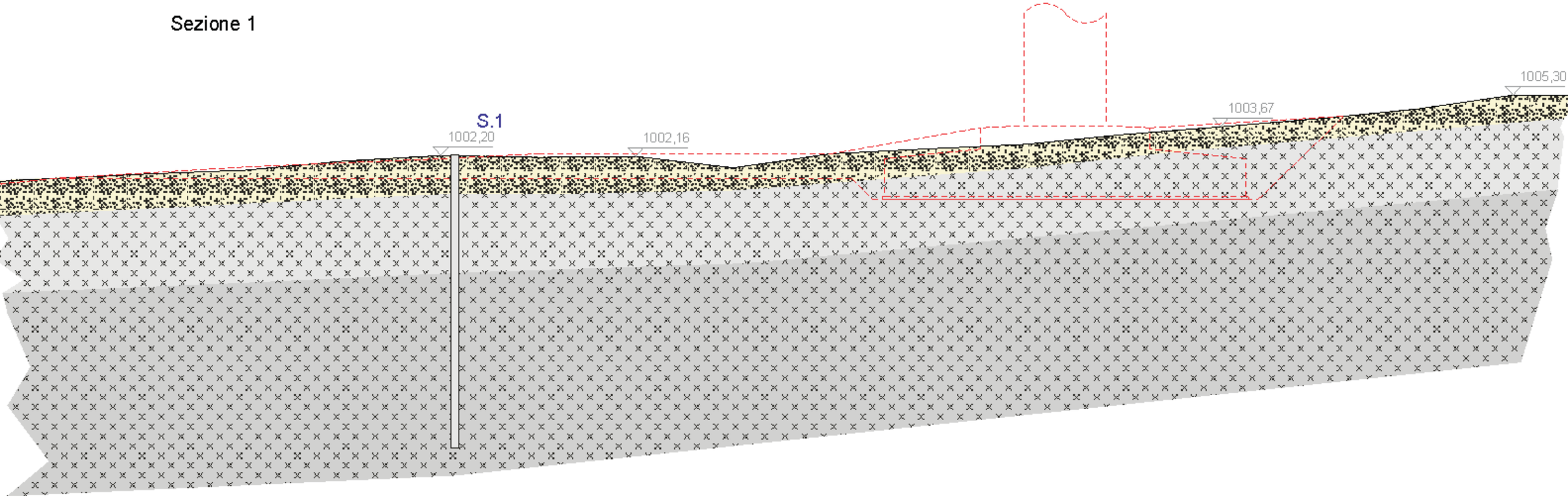
COMUNE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA
1 AEROGENERATORE IN LOC. MONTE LINGO
Comm.: F.E.N. Energia S.p.a. (BS)

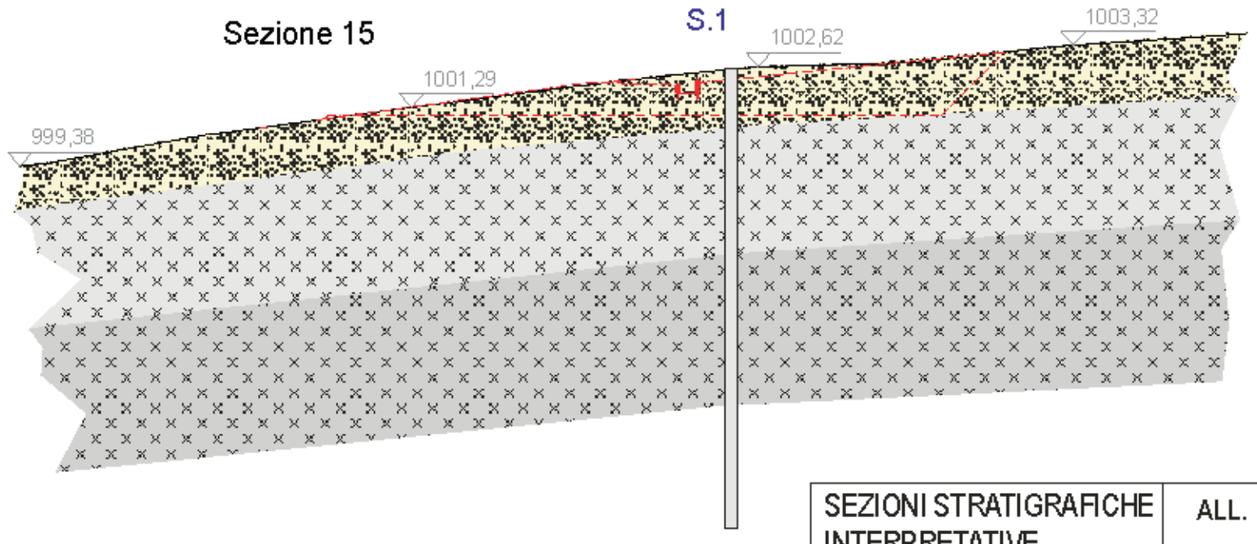
Data: Mag. 2015
Rif.: Feb. 2014

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA

Sezione 1



Sezione 15



Coltri detritico eluviali

Substrato roccioso alterato (Quarziti di Ponte di Nava)

Substrato roccioso fresco (Quarziti di Ponte di Nava)

S.1
Sondaggio geognostico (carotaggio)

SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE
scala 1:200

ALL. 3

Dott. Francesco Valle
Geologo
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

COMUNE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA - AEROGENERATORE IN LOC. M. LINGO
Comm.: F.E.N. Energia S.p.a. (BS)

Data: Mag. 2015
Rif.: Feb. 2014

ALL.
4

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO E PROVE DI LABORATORIO
Risultanze

PRO.MO.GEO S.r.l.
Società di programmazione e monitoraggio geotecnico

CAT OS20B/IIIbis
CAT OS21/V

Sistema Qualità certificato per esecuzione e certificazione di indagini geodiagnostiche e geotecniche, prelievo di campioni e prove in sito, esecuzione di opere specialistiche nel sottosuolo

SEDE LEGALE E UFFICI
Via Bombrini, 13
16149 GENOVA
Tel 010/583713
Fax 010/5302399

SEDE REGIONALE
Via Bianzè 24 bis
10143 TORINO
Tel 011/7493018
Fax 011/19906583

Sito internet: www.promogeo.it
Informazioni tecniche: geologi@promogeo.it
Amministrazione: admin@promogeo.it
Informazioni generali: info@promogeo.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto n° 5028 del 24/05/2011 per l'esecuzione e la certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi del D.P.R. n° 380 del 06/06/2001

CERTIFICATO DI INDAGINE N°1223

COMMITTENTE:
FEN ENERGIA s.p.a

CANTIERE:
Castelvecchio di Rocca Barbena (Sv) – Monte Ligo

OGGETTO:
Indagine geognostica

Rev.	Emissione	Descrizione
A	7/05/2015	

Redatto Responsabile di sito	Elaborato Resposabile elaborazione	Approvato Direttore Laboratorio
Dott. Geol. S. Battilana	Dott. Geol. R. Maini	Dott. Geol. U. Tidici

INDICE

1 RAPPORTO STRATIGRAFIA S1 1223STR00001 3

2 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S1 4

3 LABORATORIO GEOTECNICO 6

Pro.Mo.Geo. S.r.l. - Società di programmazione e monitoraggio geotecnico - via Bombrini 13 - 16149 GENOVA - Tel: 010/583713 - Fax: 010/5302399

Committente: ***FEN ENERGIA s.p.a***
Cantiere: ***Castelvecchio di Rocca Barbena (Sv)***
Sondaggio: ***S1***
Quota caposaldo: ***p.c.***
Data inizio: ***23/04/2015***
Data termine: ***27/04/2015***

CERTIFICATO DI INDAGINE	
1223	Pagina 3 di 13
RAPPORTO DI STRATIGTRAFIA	
1223-STR-00001	
DATA EMISSIONE	
07/05/2015	

Quote

Quota assoluta (m) | Profondità (m) | Potenza strato (m)

Risultato dei sondaggi

Stratigrafia | Campioni (CR campione rimaneggiato. CI campione indisturbato.) — Tipo... | Sigla e profondità | Percentuale di carotaggio (20% 40% 60% 80%) | Rock Quality Designation (20% 40% 60% 80%) | Descrizione dei litotipi

Profondità (m)	Potenza strato (m)	Sigla e profondità	Descrizione dei litotipi
0,00			
0,40	0,40		Coltre costituita da ghiaia (medio grossolana) con sabbia (sabbia eterometrica) debolmente limosa, clasti angolari, diametro medio circa 1.0-1.5 cm, colore marrone, da asciutto a debolmente umido.
2,00	1,60		Eluvio del substrato. Ammasso roccioso costituito da metasedimenti/filladi, completamente alterato e destrutturato, assimilabile a ghiaia grossolana, debolmente ciottolosa e limosa, con sabbia (sabbia eterometrica) colore beige, asciutto.
5,80	3,80		Ammasso roccioso fratturato con alterazione da media a tratti medio-alta, evidente con decolorazione spinta all'intera sezione della carota, e presenza di locale riempimento di materiale limo-sabbioso nei livelli più fratturati (2.70- 3.15m; 3.90-4.00m; 4.80-4.90m). Struttura metamorfica evidente con scistosita' marcata e molto ravvicinata, con piani di inclinazione di circa 45 gradi.
15,00	9,20	CAR1 6,20-6,50 CAR2 8,40-8,750 CAR3 9,00-9,30 CAR4 10,40-10,90 CAR5 14,10-14,60	Ammasso roccioso, debole alterazione presente con patine ocra-marrone lungo le principali discontinuita'. Scistosita' marcata con inclinazione prevalente di circa 45°, variabile localmente a 50-60°. Discontinuita' irregolari orientate sia secondo la scistosita' sia sub verticali.
(20,00)			

Idrogeologia

Livello della falda | Prove di permeabilità — LUGEON (profondità e U.L.) | LEFRANC (profondità e K (cm/s))

Livello della falda: Assente

Geotecnica

Prove pressiometriche tipo Menard | Standard Penetration Test (0 10 20 30 40 50 N) | Pocket Penetrometer UCF = 2Cu (kg/cm²) | Torvane Shear Test Cu (t/m²)

Strumentazione

Inclinometro | Piezometro a tubo aperto | Piezometro Casagrande | Assestimetro | Estensimetro

Perforazione

Rivestimento | Metodo e diametro | Fluido | Utensili (Carotiere semplice Corona di Widia | Carotiere doppio Corona di Widia | Carotiere doppio Corona diamantata)

- Rivestimento: 127 mm — 2,00
- Metodo e diametro: Perforazione a carotaggio continuo. DIAMETRO: 101 mm. PROFONDITA': 15,00 m
- Fluido: Acqua limpida — 15,00
- Carotiere semplice Corona di Widia: 2,00
- Carotiere doppio Corona di Widia:
- Carotiere doppio Corona diamantata: 15,00

Annotazioni

Computo metrico
N° casse: 3
Rivest.(127): 2 m

Cor. Diam.: 13 m
Car. Doppio: 13 m

REDATTO DA
Responsabile di sito
Dott. Geol. S. Battilana

ELABORATO DA
Responsabile elaborazione
Dott. Geol. R. Maini

La riproduzione anche parziale, del presente documento, o dei dati in esso contenuti, è subordinata alla preventiva autorizzazione da parte di PRO.MO.GEO. S.r.l. (PMG_Rapporto stratigrafia 2.0 del 05/01/2011)

2 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S1






COMM: FEN ENERGIA S.P.A. CASSA 2
LOC.TA': MONTELIGIO-CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA
SONDAGGIO: S1
PROF.TA': DAM. 5.00 A M. 10.00


COMM: FEN ENERGIA S.P.A. CASSA 3
LOC.TA':
SONDAGGIO: S1
PROF.TA': DAM. 10.00 A M. 15.00

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www. servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 04/05/2015

Certificato n°: 583

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

Committente: FEN Energia S.p.A.
Cantiere: Pale eoliche - Monte Ligo
Località: Castelvecchio di Roccabarbena (SV)
Verbale di accettazione n°: 37
Data verbale: 30/04/2015
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CAR 2
Profondità: da 8,40 m a 8,75 m
Data esecuzione prova: 04/05/2015
Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10
Rep: 15-038
Litologia: Scisti filladici

DATI PROVINO

Diametro	78,2	mm
Altezza	165,1	mm
Superficie	48,03	cm^2

Modalità di prova
CONTROLLO DI CARICO

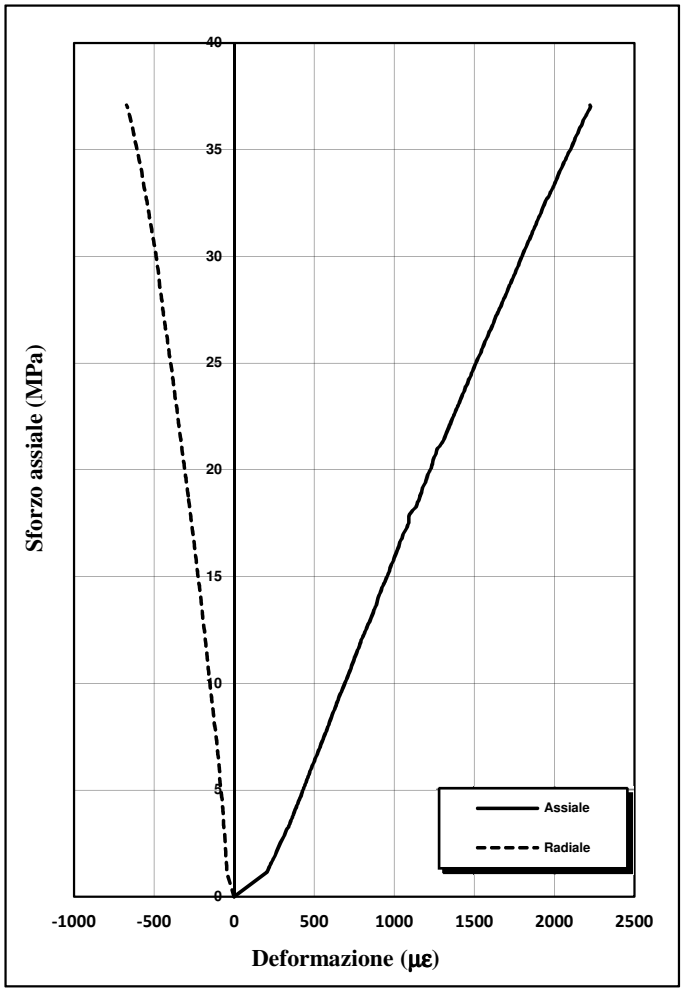
Velocità (kPa/sec)	500

RISULTATI

Carico di rottura σ_1	37,09	MPa
Modulo tangente 50%	17788	MPa
Modulo secante 50%	16117	MPa
Coeff. di Poisson 50%	0,25	-



Descrizione rottura: lungo scistosità inclinata di circa 50° sull'orizzontale e lungo piano subverticale.



Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www. servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

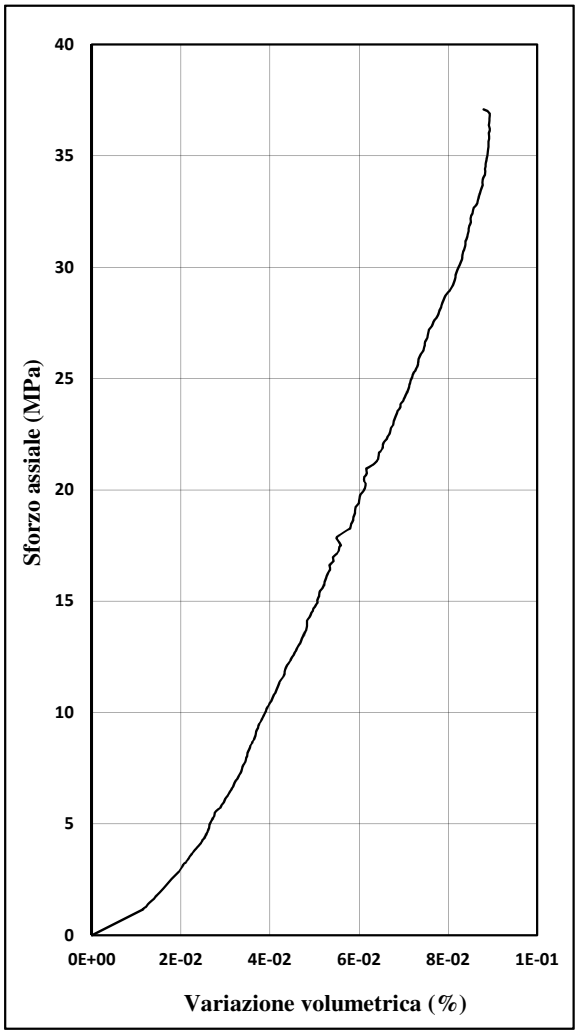
Data emissione: 04/05/2015

Certificato n°: 583

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

Committente: FEN Energia S.p.A.
Cantiere: Pale eoliche - Monte Ligo
Località: Castelvecchio di Roccabarbena (SV)
Verbale di accettazione n°: 37
Data verbale: 30/04/2015
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CAR 2
Profondità: da 8,40 m a 8,75 m
Data esecuzione prova: 04/05/2015
Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10
Rep: 15-038
Litologia: Scisti filladici



Note

Precarico: 1.16 Mpa

Modulo tangente 50 % calcolato in un intervallo di circa ± 1.5 MPa rispetto al 50% di σ_1.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www. servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 04/05/2015

Certificato n°: 582

MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Committente: FEN Energia S.p.A.
Cantiere: Pale eoliche - Monte Ligo
Località: Castelvecchio di Roccabarbena (SV)
Verbale di accettazione n°: 37
Data verbale: 30/04/2015
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CAR 2
Profondità: da 8,40 m a 8,75 m
Data esecuzione prova: 04/05/2015
Specifica di prova: I.S.R.M. 1979
Rep: 15-038
Litologia: Scisti filladici

DIAMETRO	ALTEZZA	MASSA	PESO	VOLUME	DENSITA'
mm	mm	gr	kN	m^3	kN/m^3
78,2	165,1	2184,80	0,021425	7,93E-04	27,02

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www. servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 04/05/2015

PROVA DI RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA

Certificato n°: 587

Committente: FEN Energia S.p.A.
Cantiere: Pale eoliche - Monte Ligo
Località: Castelvecchio di Roccabarbena (SV)
Verbale di accettazione n°: 37
Data verbale: 30/04/2015
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CAR 5
Profondità: da 14,10 m a 14,60 m
Data esecuzione prova: 04/05/2015
Specifica di prova: I.S.R.M. 1978 - ASTM D3967-08
Rep: 15-038
Litologia: Scisti Filladici

Campione	*Profondità* (m)	*DIAMETRO* (mm)	*ALTEZZA* (mm)	*P* (kN)	σ_t (MPa)
CAR5-A	14.10-14.60	78,2	29,7	10,0	2,74
CAR5-B	14.10-14.60	78,2	28,3	15,0	4,31

Valore Medio	**3,53**	**MPa**
Deviazione standard	**1,11**	
Varianza	**0,62**	

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www. servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 04/05/2015

Certificato n°: 585

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

Committente: FEN Energia S.p.A.
Cantiere: Pale eoliche - Monte Ligo
Località: Castelvecchio di Roccabarbena (SV)
Verbale di accettazione n°: 37
Data verbale: 30/04/2015
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CAR 5
Profondità: da 14,10 m a 14,60 m
Data esecuzione prova: 04/05/2015
Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10
Rep: 15-038
Litologia: Scisti Filladici

DATI PROVINO

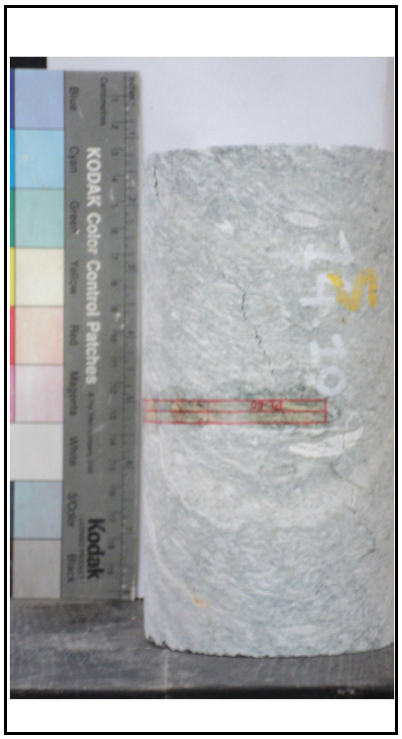
Diametro	78,2	mm
Altezza	162,9	mm
Superficie	48,03	cm^2

Modalità di prova
CONTROLLO DI CARICO

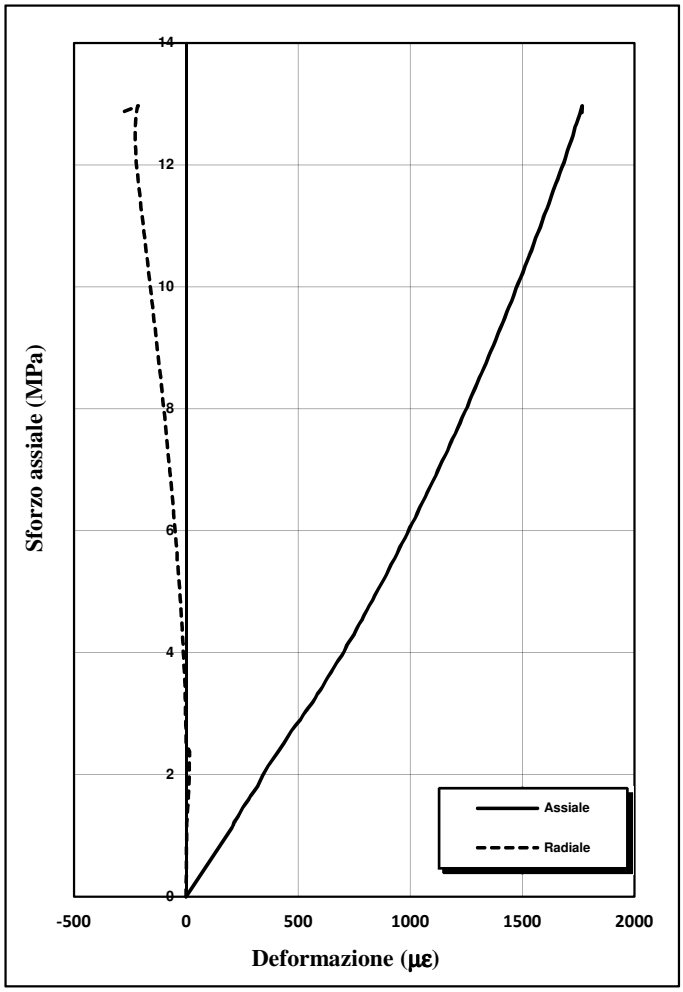
Velocità (kPa/sec)	500

RISULTATI

Carico di rottura σ_1	12,97	MPa
Modulo tangente 50%	7568	MPa
Modulo secante 50%	6141	MPa
Coeff. di Poisson 50%	0,18	-



Descrizione rottura: lungo scistosità inclinata di circa 45° sull'orizzontale.



Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www. servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

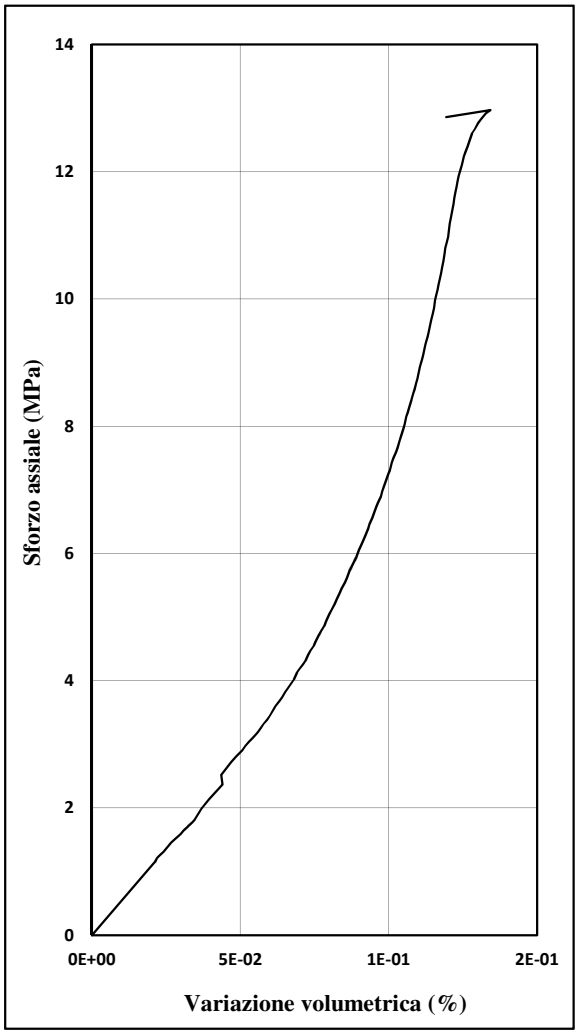
Data emissione: 04/05/2015

Certificato n°: 585

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

Committente: FEN Energia S.p.A.
Cantiere: Pale eoliche - Monte Ligo
Località: Castelvecchio di Roccabarbena (SV)
Verbale di accettazione n°: 37
Data verbale: 30/04/2015
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CAR 5
Profondità: da 14,10 m a 14,60 m
Data esecuzione prova: 04/05/2015
Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10
Rep: 15-038
Litologia: Scisti Filladici



Note

Precarico: 1.13 Mpa

Modulo tangente 50 % calcolato in un intervallo di circa ± 1.5 MPa rispetto al 50% di σ_1.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www. servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 04/05/2015

Certificato n°: 584

MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Committente: FEN Energia S.p.A.
Cantiere: Pale eoliche - Monte Ligo
Località: Castelvecchio di Roccabarbena (SV)
Verbale di accettazione n°: 37
Data verbale: 30/04/2015
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CAR 5
Profondità: da 14,10 m a 14,60 m
Data esecuzione prova: 04/05/2015
Specifica di prova: I.S.R.M. 1979
Rep: 15-038
Litologia: Scisti Filladici

DIAMETRO	ALTEZZA	MASSA	PESO	VOLUME	DENSITA'
mm	mm	gr	kN	m^3	kN/m^3
78,2	162,9	2107,10	0,020663	7,82E-04	26,41

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www. servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 04/05/2015

Certificato n°: 586

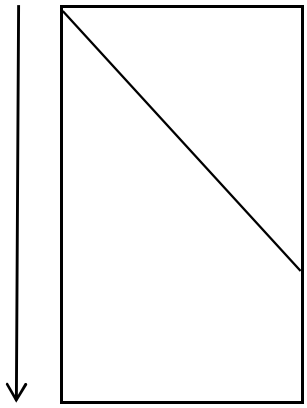
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

Committente: FEN Energia S.p.A.
Cantiere: Pale eoliche - Monte Ligo
Località: Castelvecchio di Roccabarbena (SV)
Verbale di accettazione n°: 37
Data verbale: 30/04/2015
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CAR 5
Profondità: da 14,10 m a 14,60 m
Data esecuzione prova: 04/05/2015
Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10
Rep: 15-038
Litologia: Scisti Filladici

DIAMETRO (mm)	*ALTEZZA (mm)*	*PRESSIONE σ_3 (MPa)*	*P (kN)*	σ_1 (MPa)
52,6	**105,3**	**2,0**	**70,3**	**32,35**

Descrizione rottura: lungo scistosità inclinata di circa 55° sull'orizzontale.



Schizzo della rottura

Velocità d'applicazione (MPa/sec)
0,50

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

Località: Monte Lingo
Comune: Castelvecchio di Rocca Barbena (SV)

TECNICA SISMICA PASSIVA: INDAGINE A STAZIONE SINGOLA

Al fine di caratterizzare i terreni dal punto di vista sismico è stata eseguita un'indagine mediante la tecnica di sismica passiva a stazione singola.

I metodi di sismica passiva sono basati sullo studio del campo d'onde associato al rumore sismico ambientale (microtremore). Questo rumore è presente in ogni parte della superficie della Terra per effetto di cause naturali (onde oceaniche, perturbazioni atmosferiche, vento) e antropiche (traffico veicolare, produzione industriale, ecc.).

Il campo di rumore sismico è costituito da molte e differenti fasi sismiche. Sebbene le onde di volume siano largamente presenti, le onde superficiali giocano sempre un ruolo importante. Molti studi hanno evidenziato che le onde superficiali che compongono il rumore ambientale sono costituite da onde di Love e Rayleigh in proporzione variabile.

Il metodo utilizzato in questo studio è basato sullo studio dei rapporti di ampiezza che, nelle diverse frequenze di vibrazione (rapporti spettrali), esistono tra il rumore sismico misurato sul piano orizzontale (H) e quello misurato lungo la componente verticale (V).

L'idea che sta alla base della procedura è quella secondo cui il rapporto H/V consente di eliminare il ruolo della sorgente (ipoteticamente presente nella stessa misura nelle componenti verticali e orizzontali) isolando gli effetti delle modalità di propagazione delle onde sismiche.

I risultati che si possono ottenere da un'indagine di questo tipo sono la velocità media delle onde di taglio calcolata tramite un codice di calcolo e la stratigrafia di massima del suolo.

Strumentazione
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello Tromino®Zero della Micromed s.r.l. È costituito essenzialmente da tre velocimetri orientati secondo le direzioni N-S, E-W e verticale, rispettivamente ortogonali tra loro.

La strumentazione opera nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 200 Hz, consentendo di ottenere un'elevata risoluzione. I dati del moto del terreno, dopo essere stati amplificati e digitalizzati, vengono memorizzati su una memoria interna digitale.

Inoltre, in considerazione dell'influenza che le condizioni meteorologiche (pioggia, vento forte, ecc.) possono avere sulle registrazioni, va specificato che le misure sono state effettuate in una giornata senza particolari condizioni meteorologiche sfavorevoli a questo tipo di indagine.

Analisi dei dati
I risultati delle analisi sono stati ottenuti con il software Grilla della Micromed s.r.l. In sintesi il segnale dei velocimetri è acquisito in ciascun sito per un tempo di 20 minuti. Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

a) le curve H/V ricavate con i seguenti parametri:
- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione nelle finestre di eventuali transienti ancora presenti.

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

Il grafico più indicativo delle misure eseguite è riportato in Fig. 1. La scheda in esteso, secondo le linee guida del progetto europeo Sesame, dei siti analizzati è riportata in Allegato. I criteri di significatività consistono in una serie di criteri di tipo statistico aventi lo scopo di valutare la significatività delle misure H/V.

La prima parte di criteri è dedicata alla valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V (in pratica, individuata la frequenza di risonanza, i criteri servono a verificare se la registrazione è stata eseguita per un tempo abbastanza lungo, e analizzata attraverso un numero sufficiente di sotto-finestre di durata adeguata).

La seconda parte si riferisce alla valutazione della chiarezza del picco H/V (cioè i criteri servono per analizzare la morfologia del picco e per valutare se la sua forma sia geometricamente ben definita).

Affinché la curva H/V sia affidabile, occorre che ciascuno dei primi tre criteri sia soddisfatto. La verifica dei criteri Sesame è eseguita in automatico dal software Grilla ed è compresa nel rapporto finale in Allegato.

Le curve H/V sono curve sperimentali che rappresentano il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali (riferite alla componente verticale e alle componenti orizzontali del moto) in funzione della frequenza.

I picchi della curva H/V presenti a una data frequenza possono essere più o meno evidenti e interpretabili a seconda dell'entità del contrasto d'impedenza sismica tra il substrato rigido e lo strato più superficiale di copertura.

L'asse orizzontale rappresenta la frequenza in scala logaritmica per rendere più visibili i primi metri (5-50 Hz), che sono più importanti in ambito geologico. La scala verticale è il rapporto adimensionale tra lo spettro orizzontale e quello verticale.

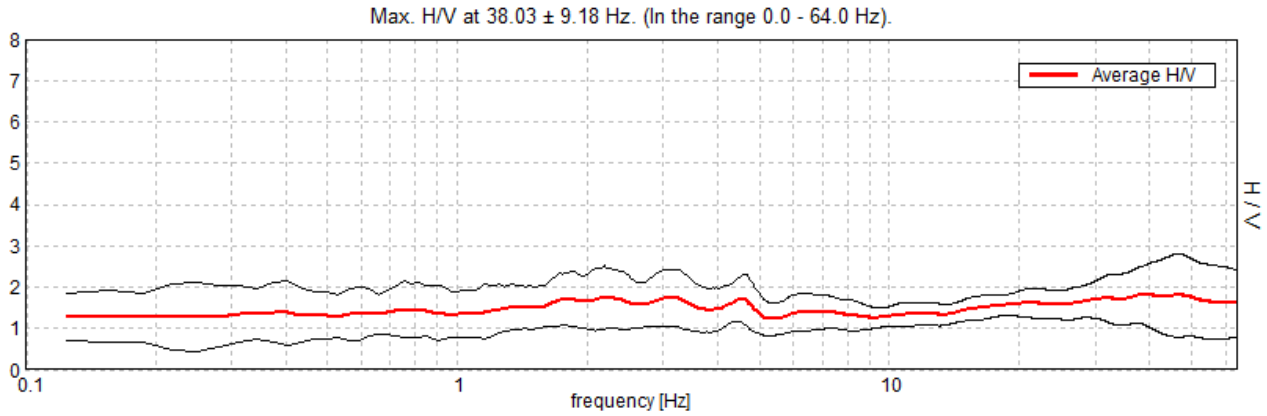


Fig. 1. Andamento del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza nel sito analizzato.

Nel caso in esame la curva non mostra massimi rilevanti e si attesta attorno a uno in tutto il dominio di frequenza evidenziando la mancanza di contrasti d'impedenza e confermando la presenza di substrato roccioso subaffiorante (Fig. 1). Deviazioni dalla planarità della curva H/V sono legate a fratturazioni/alterazioni dell'ammasso roccioso o a stratificazioni con basso contrasto d'impedenza all'interno dello stesso. Siti con curve di questo tipo sono classificabili in categoria A.

In merito alla tecnica applicata esiste una grande quantità di letteratura. Di seguito sono riportati solamente i lavori base sui quali si articola la filosofia del software Grilla (sono elencati esclusivamente articoli su libri o riviste sottoposte a sistema di peer-review internazionale):

- per il fit vincolato della curva H/V per ottenere profili di Vs
S. Castellaro, F. Mulargia, 2009. Constrained H/V only estimates of Vs30, Bull. Seism. Soc. Am., 99, 761-773 e referenze in esso contenute;

- effetto delle inversioni di velocità nell'H/V
S. Castellaro, F. Mulargia, 2009. The effect of velocity inversions on H/V, Pure Appl. Geophys., 166, 567-592;

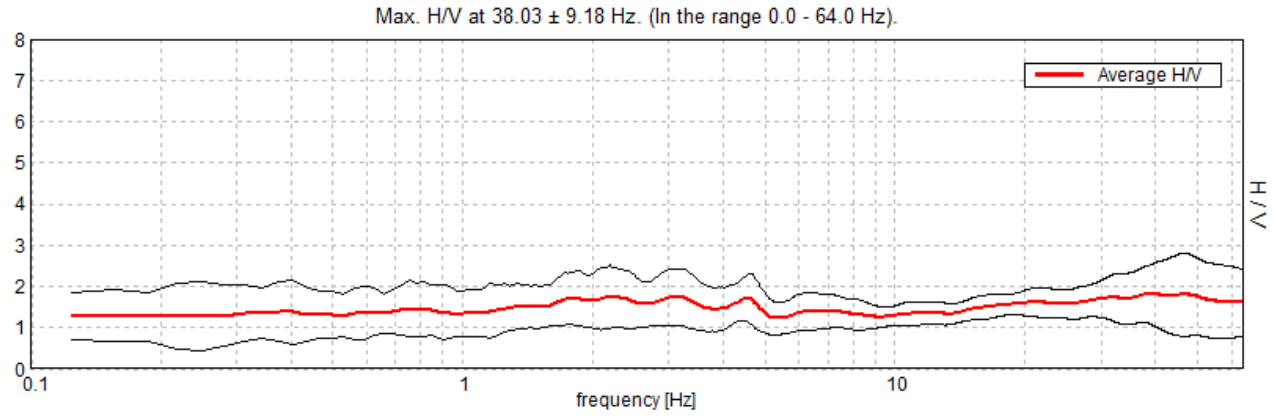
- interazione suolo-struttura
S. Castellaro, F. Mulargia, 2010. How far from a building starts the tremor free-field? The case of three most famous Italian towers and of a modern building, Bull. Seism. Soc. Am., 100, 2080-2094.

ALLEGATO

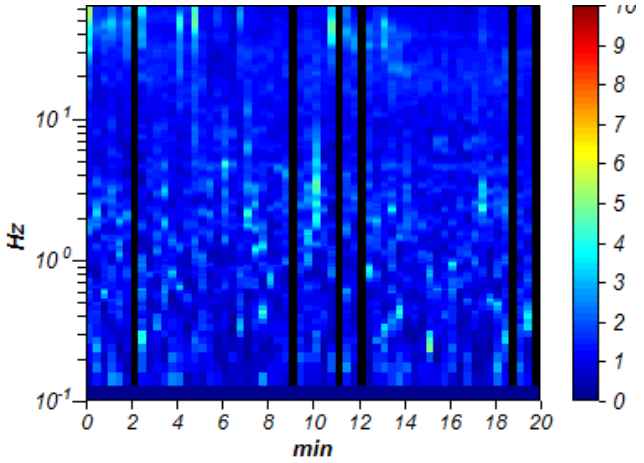
HV1

Inizio registrazione: 31/03/15 18:04:21 Fine registrazione: 31/03/15 18:24:21
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Durata registrazione: 0h20'00''. Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

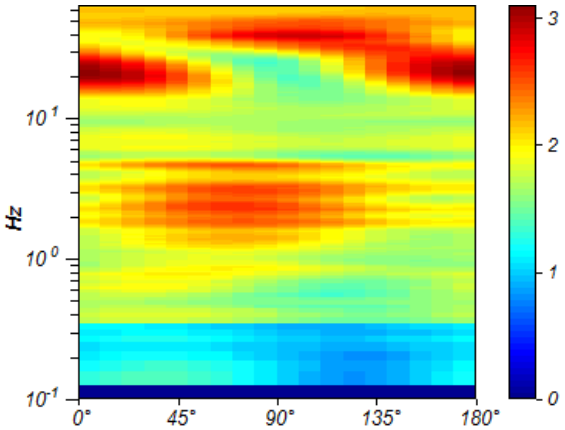
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



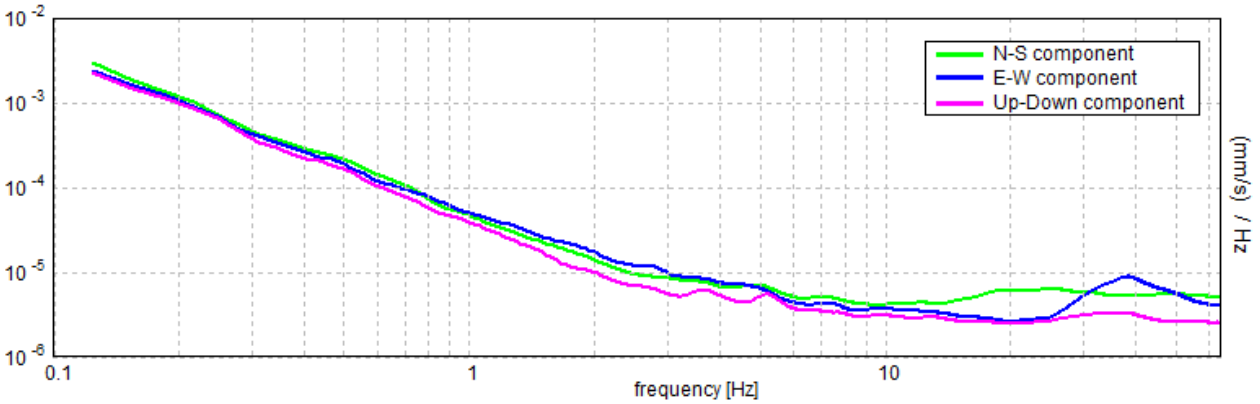
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 38.03 ± 9.18 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	38.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	41073.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz	Superato 0 volte su 1440	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.81 > 2		NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.24141| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	9.18117 < 1.90156		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6794 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [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
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Dott. Francesco Valle
Geologo
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

COMUNE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)

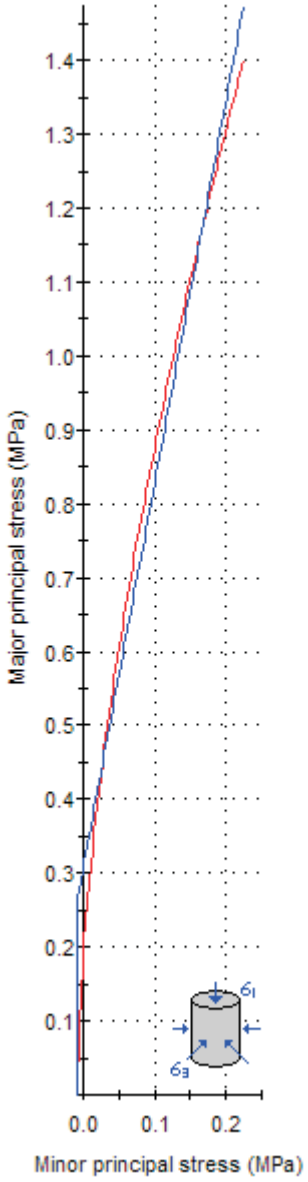
PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA - AEROGENERATORE IN LOC. M. LINGO
Comm.: F.E.N. Energia S.p.a. (BS)

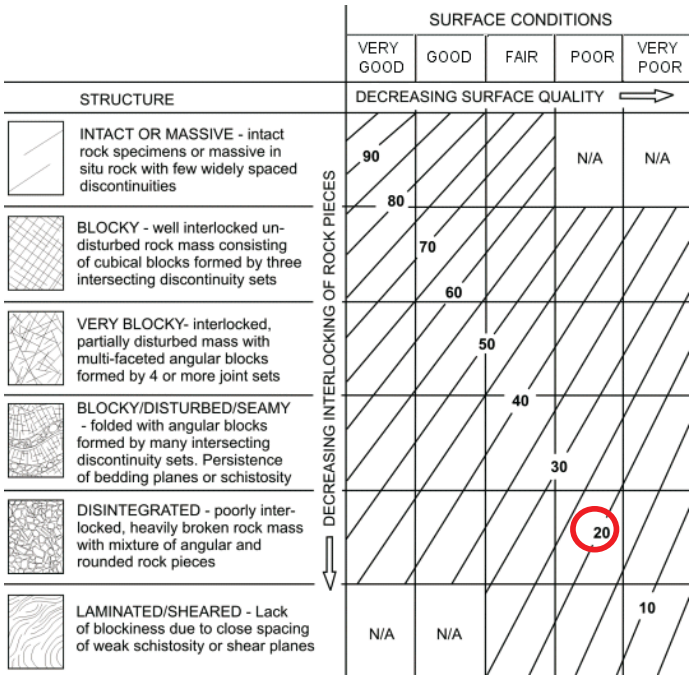
Data: Mag. 2015
Rif.: Feb. 2014

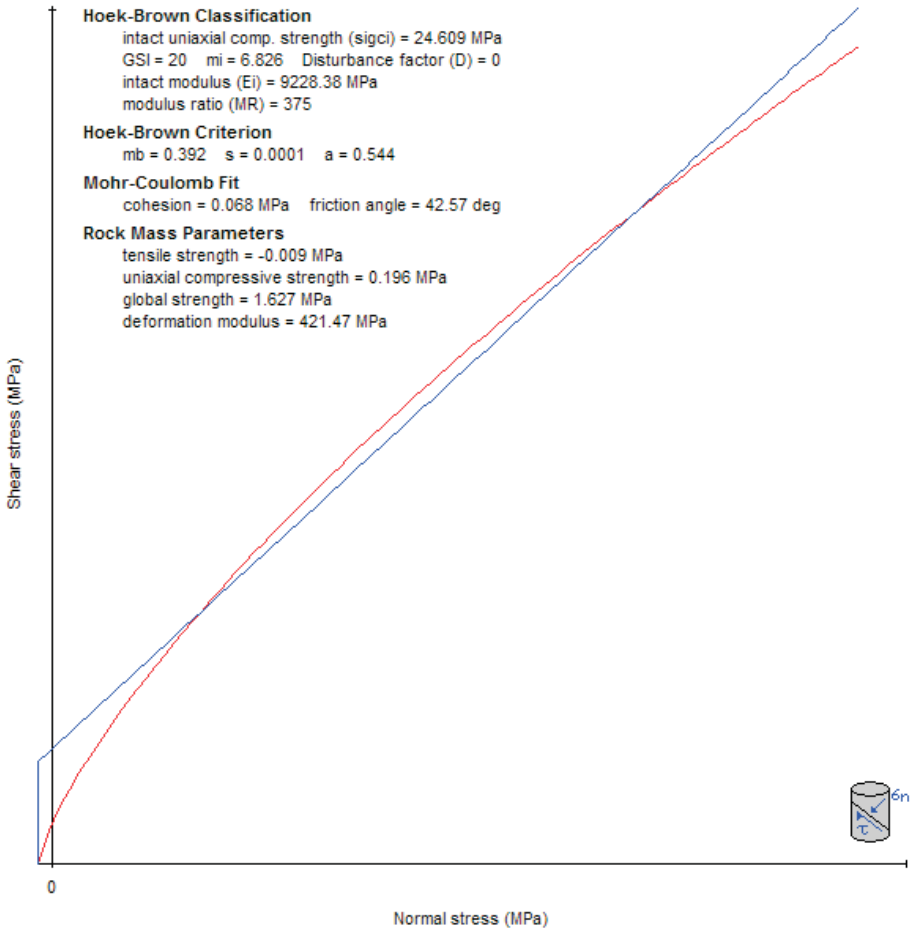
ALL. 6.1

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA

ANALISI DELLA ROCCIA CON METODO ROCK LAB DI HOEK - Quarziti molto alterate e fratturate







Dott. Francesco Valle
Geologo
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

COMUNE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA - AEROGENERATORE IN LOC. M. LINGO
Comm.: F.E.N. Energia S.p.a. (BS)

Data: Mag. 2015
Rif.: Feb. 2014

ALL. 6.2

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA

ANALISI DELLA ROCCIA CON METODO ROCK LAB DI HOEK - Quarziti fresche

