



COMUNE DI
SERRI

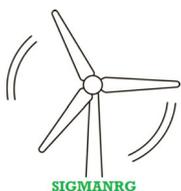


PROVINCIA DEL
SUD SARDEGNA



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

PROGETTO PARCO EOLICO " SERRI "
13 WTG - POTENZA 93,60 MW
COMUNE DI SERRI (SU)



SIGMANRG

Proponente:
SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa n 5
20122 Milano (MI)

Antonino Apreda

SIGMANRG S.R.L.
Antonino Apreda

Progettazione:
LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti snc
81100 Caserta

Ing Giovanni Savarese



LEONARDO
Engineering srl



| | | | | | | |
|-------------|------------|----------|-------------------|-------|---------------------|--|
| Elaborato | SEPDGEO03 | | RELAZIONE SISMICA | | | |
| Cod pratica | Data | Consegna | Formato | Scala | Livello progettuale | |
| SE_01 | 19/03/2024 | | A4 | - | Progetto definitivo | |

| REVISIONI | Rev | Data | Descrizione | Elaborato | Controllato | Approvato |
|-----------|-----|-------------|-----------------|--------------|-------------|-----------|
| | 01 | Aprile 2024 | Prima emissione | G.Donnarumma | V.Vanacore | M.Afeltra |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



Sommario

| | |
|----------------------------------|----------|
| PREMESSA | 2 |
| CONDIZIONI SISMICHE | 2 |
| a) Dati generali | 2 |
| b) Indagini in situ | 7 |
| CONCLUSIONI | 8 |



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



PREMESSA

La presente relazione sismica è stata realizzata al fine di predisporre il progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società Sigmanrg S.r.l..

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 13 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 93,6 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Serri e delle relative opere di connessione alla Cabina Utente che si collegherà con cavidotto AT alla stazione Elettrica Terna.

La normativa a cui si è fatto riferimento per l'esecuzione dell'indagine è la seguente:

- D.M. 11.03.1988 recante le "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilizzazione dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione,

l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni 17 gennaio 2018;

- D.M. 17/01/2018 e norme tecniche applicative del Decreto (Tabelle 3.2.II e 3.2.III)

CONDIZIONI SISMICHE

a) Dati generali

Le valutazioni sulla sismicità nell'area di intervento, sono state redatte sulla base degli studi derivanti dal progetto "Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale", che si è posto quale obiettivo ottenere una nuova stima della pericolosità sismica d'Italia, utilizzando metodologie statistiche internazionalmente convalidate, per fissare le conoscenze disponibili alla prima metà degli anni '90.

Hanno concorso alla realizzazione di tale progetto le attività di tre Linee di Ricerca del GNDT, che possono semplicemente rappresentare gli "ingredienti" necessari per la stima della pericolosità.



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



La Linea "Sismicità" contribuisce al miglioramento delle conoscenze sismologiche ed alla valutazione della sismicità nazionale, la Linea "Sismotettonica" guida l'interpretazione del "dove e perché" avvengono i terremoti, la Linea "Pericolosità" esplora gli aspetti metodologici della stima della pericolosità, ed è quindi coinvolta nelle fasi di calcolo vero e proprio.

Gli autori del progetto hanno definito due indicatori di pericolosità: L'accelerazione orizzontale di picco di che illustra l'aspetto più propriamente fisico: si tratta di una grandezza di interesse ingegneristico che viene utilizzata nella progettazione in quanto definisce le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica; L'intensità macrosismica che rappresenta, invece, in un certo senso le conseguenze socio-economiche; descrivendo infatti il grado di danneggiamento causato dai terremoti, una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

Come si può constatare dalle figure 1 e 2 per la Sardegna, i valori di scuotimento sismico che possono essere attesi sono inferiori a 0,08 g con l'intensità sismica di IV grado sulla scala Percalli.



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
 13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
 POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW

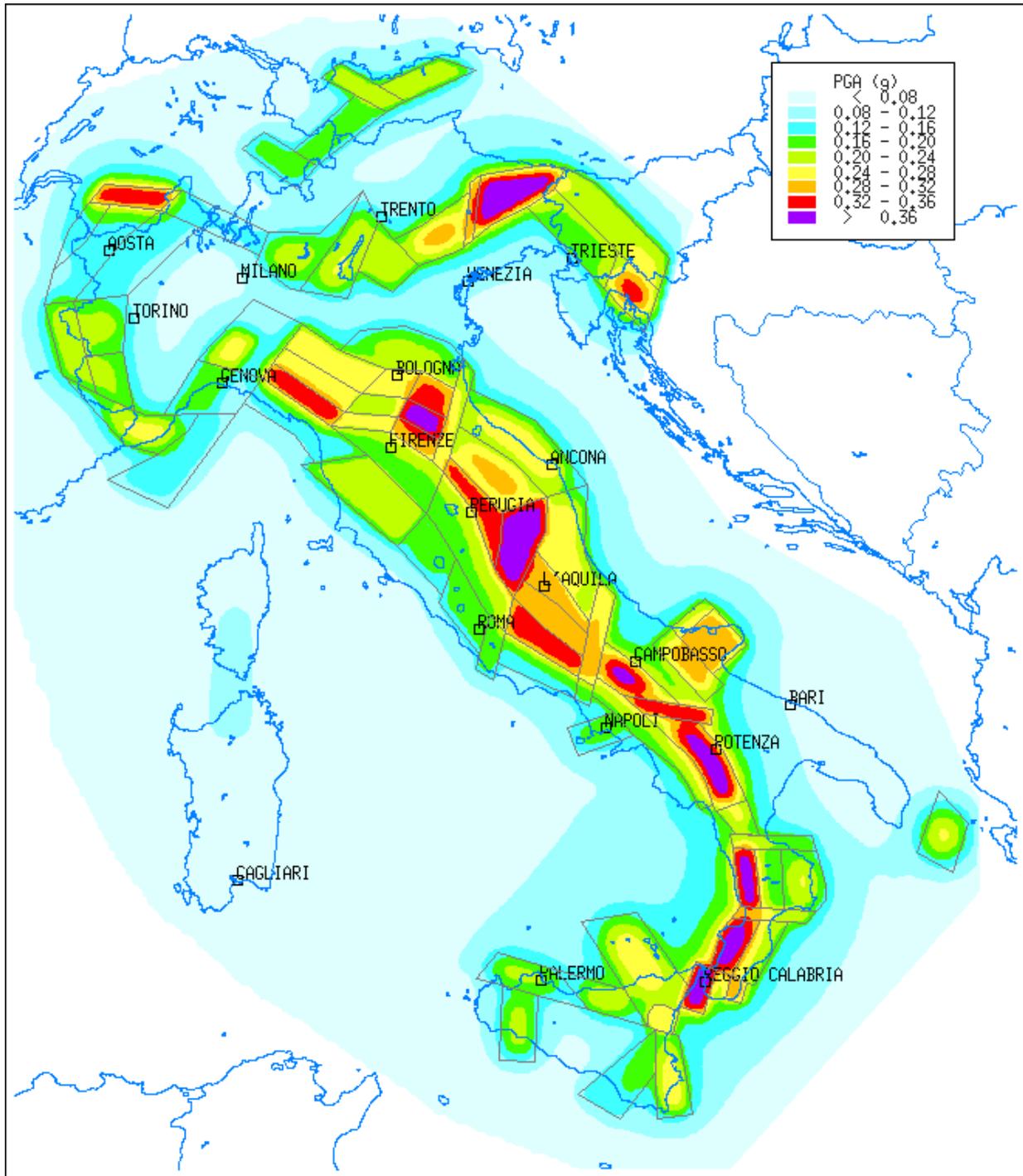


Fig. 1: accelerazione orizzontale di picco



SIGMANRG SRL
 Via Pietro Cossa 5
 20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
 Viale Lamberti 29
 81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
 13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
 POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW

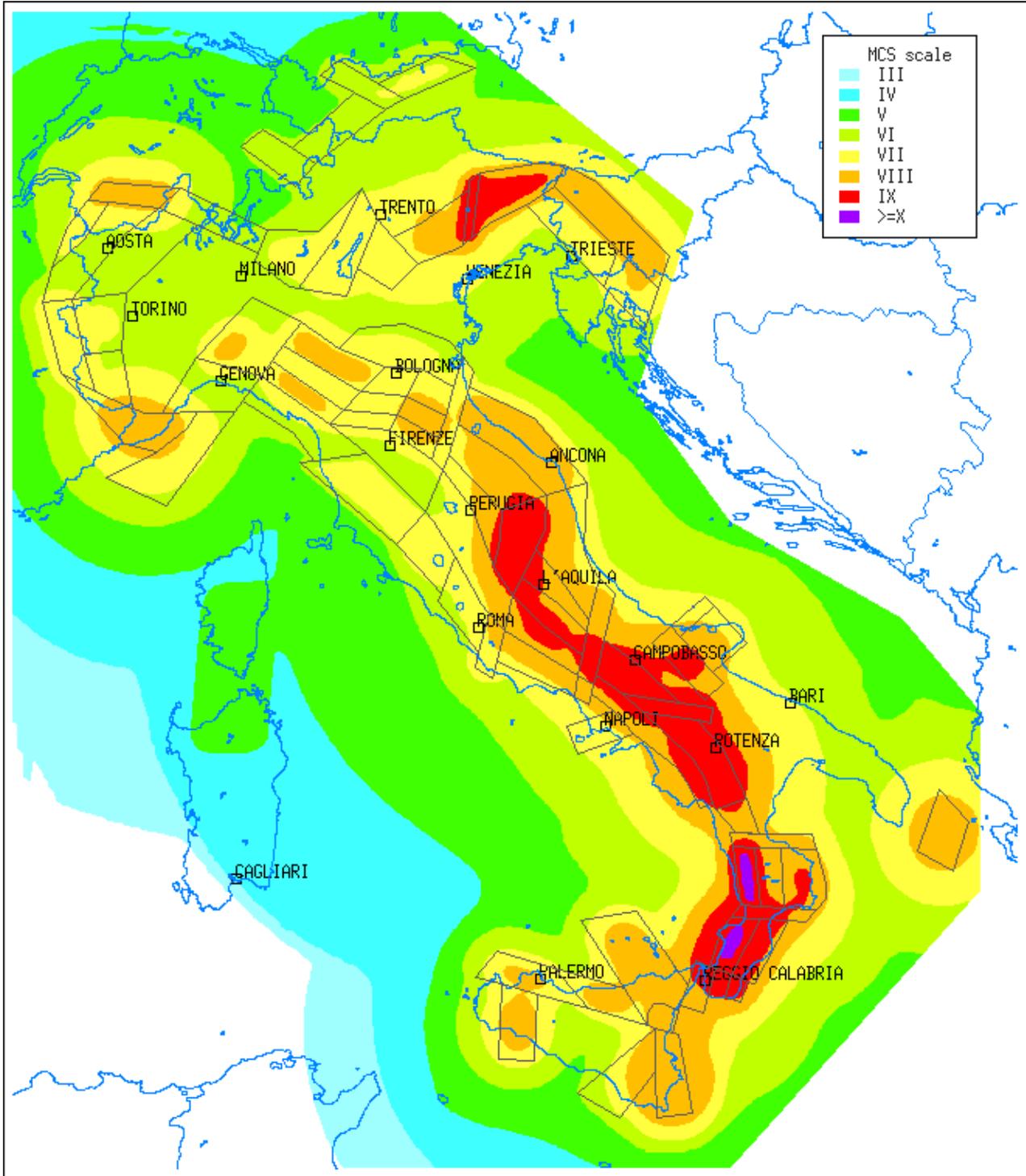


Fig. 2: intensità Macrosismica



SIGMANRG SRL
 Via Pietro Cossa 5
 20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
 Viale Lamberti 29
 81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



Sulla base di questi dati, la sismicità regionale per quanto riguarda il progetto predisposto presso l'area di studio è da considerarsi praticamente nulla e ininfluenza nell'ambito della progettazione di opere e dei relativi manufatti; Tuttavia, al fine di assolvere al D.M. 17/01/2018 sono state eseguite ulteriori verifiche come disposto dal paragrafo 3.2.2 delle norme tecniche del suddetto Decreto.

In prima istanza, per poter definire l'azione sismica di progetto, si è fatto riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento:

la categoria di sottosuolo individuata in progetto, è identificata nella successiva tabella con la lettera **B (rocce tenere affioranti ...)**:

| Categoria | Descrizione |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | <i>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.</i> |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i> |



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



La categoria topografica sottosuolo individuata in progetto, è identificata nella successiva tabella con la lettera **T1 (superfici pianeggianti)**:

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

b) Indagini in situ

Le valutazioni sulla sismicità nell'area di intervento, sono state completate in seguito alla realizzazione delle indagini geofisiche presso il territorio in esame, così come riportato dall'allegato alla presente relazione.

Le prospezioni geofisiche sono state realizzate impiegando la metodologia sismica, di cui seguono le specifiche e le caratteristiche:

1. L'indagine sismica con tecnica MASW (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva che, attraverso la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , è in grado di ricostruire una sismo-stratigrafia atta a permettere la definizione della categoria di suolo ai sensi del DM 17/01/2018.
2. L'indagine sismica a rifrazione con acquisizione ed elaborazione tomografica in onde longitudinali (P) e onde di taglio (S) permette di ricostruire l'andamento stratigrafico, nel senso di spessori elastomogenei, andando a stimare lo stato di addensamento e/o fratturazione del terreno investigato.

Dai risultati è emerso che le strutture in progetto verranno realizzate in un area in cui è presente un **suolo di tipo B**:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina), eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 2 m.

CONCLUSIONI

- A seguito dello sbancamento del terreno vegetale e del deposito alluvionale giaceranno direttamente sui sedimenti metamorfici paleozoici;
- In riferimento al D.M. 17/01/2018 e successive modificazioni, al fine di poter procedere al calcolo sismico, è stata individuata la categoria di sottosuolo (**B – rocce tenere affioranti ...**) e quella topografica (**T1 - superfici pianeggianti**);
- Fatte salve le indicazioni di cui sopra, l'area di studio al momento non presenta problemi di instabilità tali da pregiudicare le opere di cui al progetto.

Mandas, li aprile 2024

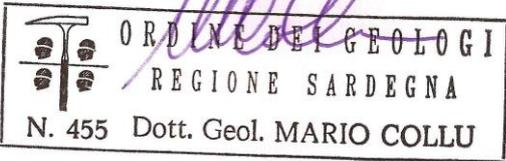
DOTT. GEOLOGO MARCO PISANO



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | |
| | |
| Dott. Geol. Mario Collu C.FISC: CLLMRA72A18H856W P.IVA: 02592760926 | Via: Via Cavour 7 09035 Gonnosfanadiga - SU Tel: 3496413891 Email: collu.geo@gmail.com |
| | |
| PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "SERRI" | |
| INDAGINE SISMICA | |
| | Data: febbraio 2024 |
| | Il committente Dott. Geol. Marco Pisano Via Angioy 8 09040 Mandas (SU) |
| | Il progettista |
| | Il Tecnico GEOL. MARIO COLLU |
|  | |

INDICE

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.0 | Premessa | 2 |
| 2.0 | Dati generali e localizzazione | 2 |
| 3.0 | Indagini sismiche | 4 |
| 3.1 | RIFRAZIONE | 4 |
| 3.1.1 | Elaborazione | 5 |
| 3.2 | MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) | 5 |
| 3.2.1 | Tecnica e parametri utilizzati | 5 |
| 3.2.2 | Elaborazione dei dati | 6 |
| 3.2.3 | Strumentazione utilizzata | 6 |
| 3.2.4 | Determinazione dei parametri elastici dinamici derivati dalle indagini sismiche | 7 |
| 4.0 | Caratterizzazione sismica del sito | 8 |
| 4.1 | Categorie di sottosuolo | 8 |
| 5.0 | RISULTATI INDAGINE R1/M1 | 10 |
| 5.1 | Foto | 10 |
| 5.2 | Risultati TOMO1 | 11 |
| 5.3 | Risultati MASW1 | 12 |
| 5.3.1 | Tracce | 12 |
| 5.3.2 | Analisi spettrale e curva di dispersione | 12 |
| 5.3.3 | Inversione, profilo di velocità e sismostratigrafia | 13 |
| 5.3.4 | Risultati: categoria di sottosuolo e altri parametri geotecnici | 15 |

1.0 PREMESSA

Su incarico del Dott. Geol. Marco Pisano, lo scrivente, Dott. Geol. Mario Collu, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Sardegna al numero 455, redige la presente relazione sulle indagini sismiche eseguite nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico denominato "Serri". Le opere consistono nella realizzazione di un parco eolico con le relative opere di connessione, composto da 13 aerogeneratori da 7,2 MW per una potenza complessiva di 93,60 MW sito nel comune di Serri (SU).

2.0 DATI GENERALI E LOCALIZZAZIONE

L'indagine geosismica è stata eseguita nell'agro del comune di Serri, nell'ambito dello studio per il progetto definitivo per la realizzazione di una serie di torri eoliche per la produzione di energia elettrica.

Le acquisizioni sono state effettuate in data 31 gennaio 2024, realizzando uno stendimento sismico lungo una strada comunale; l'area geograficamente è definita dalle seguenti coordinate:

| | |
|--------------------|------------|
| Data | 31/01/2024 |
| Latitudine | 39.709724° |
| Longitudine | 9.158765° |

L'inquadramento geografico e l'ubicazione degli stendimenti sono riportati nelle due immagini seguenti.

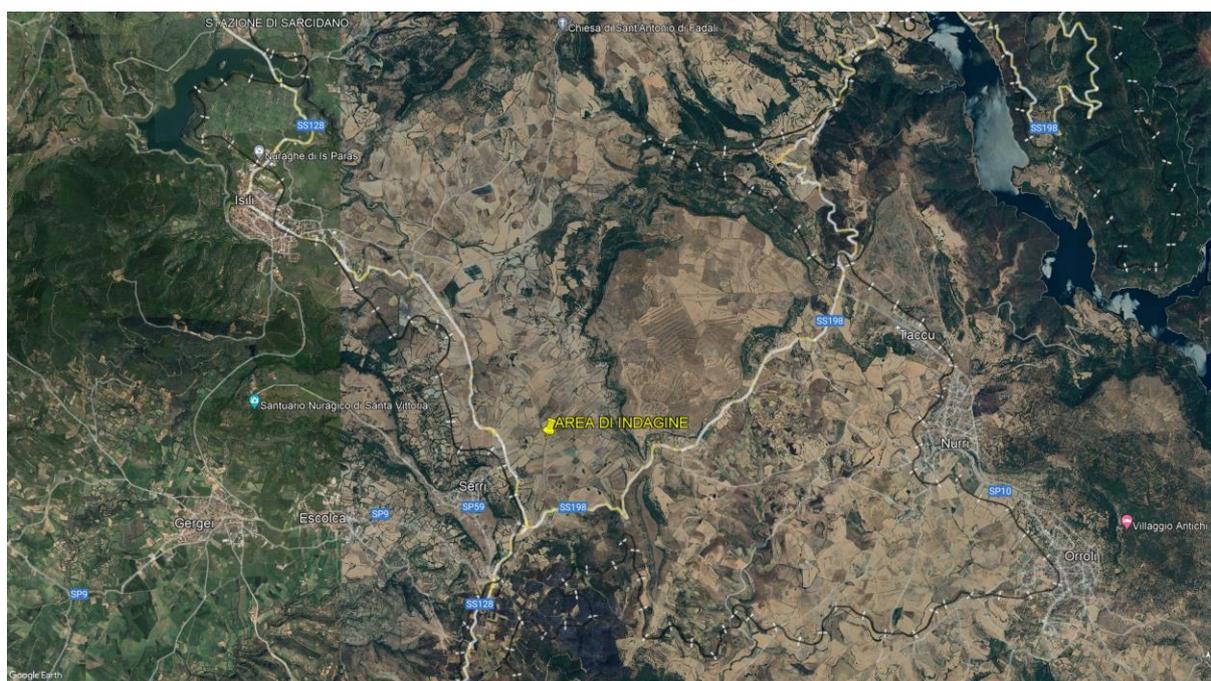


Figura 1. Inquadramento geografico e ubicazione sito (fonte Google Earth)



Figura 2. Ubicazione indagini geofisiche.

3.1.1 Elaborazione

La prima fase dell'elaborazione delle tracce sismiche consiste nell'individuare i primi arrivi. L'elaborazione dei dati di sismica a rifrazione è stata eseguita secondo il metodo tomografico. Questo metodo permette il superamento dei limiti imposti a livello geometrico dagli strati con inversione di velocità sismica. Di fatto lo sviluppo numerico vede la ricerca dei percorsi dei raggi sismici nello spessore sottostante la stesa sismica, individuando quei tratti a velocità uguale (o comunque contenuta in intervalli preordinati); una successiva campitura del grigliato di celle costruito al di sotto della base sismica permette una rappresentazione grafica che rende meglio leggibile le valutazioni che, per la gran mole di calcoli richiesti in fase di sviluppo del modello numerico, può essere affrontato solo mediante elaboratore elettronico.

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati sismici è Rayfract della Intelligent Resources Inc. e consente l'elaborazione della tomografia sismica a rifrazione.

3.2 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità sfruttando le Onde di Rayleigh – "R".

3.2.1 Tecnica e parametri utilizzati

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo." (da Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves – V. Roma 2006).

L'indagine svolta ha visto l'applicazione di tecnica M.A.S.W. di tipo attivo, ossia misura del comportamento dei terreni a seguito di un'energizzazione.

La maggior profondità di caratterizzazione raggiunta è legata alla minor frequenza registrata, infatti, una frequenza alta caratterizza gli strati superficiali. La registrazione delle frequenze minori è destinata ai geofoni più lontani dalla sorgente.

3.2.2 Elaborazione dei dati

Il metodo interpretativo della M.A.S.W. si compone dei seguenti passaggi di analisi dei segnali acquisiti:

- individuazione della variazione del segnale acquisito nel tempo
- analisi di Fourier con definizione dei contenuti spettrali acquisiti nei segnali
- stacking dello spostamento di fase con definizione delle velocità di rotazione retrograda compatibile con il campo di frequenza definita.

A posteriori dell'analisi matematica del segnale acquisito, definito un modello stratigrafico compatibile con la geologia locale, si provvede all'inversione della curva di dispersione ottenendo la sismostratigrafia.

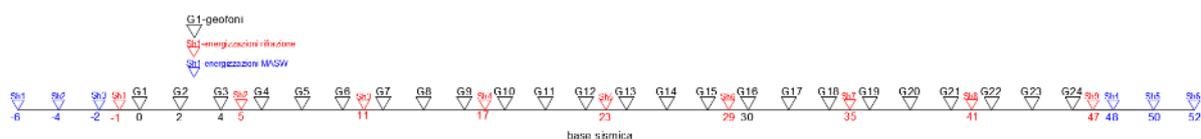
Il software utilizzato per l'elaborazione e interpretazione della MASW è EASY MASW della Geostru.

3.2.3 Strumentazione utilizzata

Per l'acquisizione dei dati in campo è stata utilizzata un sismografo DoReMi, prodotto da SARA Electronic Instruments, 24bit con frequenza di campionamento 1000 Hz per ognuno dei 24 canali registrati, ciascuno attrezzato con geofoni verticali SARA electronics con frequenza propria di 4.5 Hz

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza battente da 10 kg impattante su piastra di battuta in PVC, diametro 18 cm, spessore 4 cm.

L'indagine si sviluppa mediante la materializzazione sul terreno di una linea retta con la posa di una fettuccia metrica. A seguire vengono posizionati i geofoni intervallati ad una distanza pari a 2 m. Esternamente alla base sismica, a distanza di interesse, che può essere pari ad un multiplo della distanza intergeofonica, vengono svolte delle energizzazioni mediante la massa battente da 10 Kg. Nel caso in esame, sono state svolte le energizzazioni in "andata" (ovvero in prossimità del geofono 1) e in "ritorno" (ovvero all'ultimo geofono posizionato sulla base sismica) con distanza dal geofono 1 e dal geofono 24 crescente e pari a 2m e 4m e 6m.



Il metodo risulta efficace se la base sismica è ubicata su piano a pendenza costante e per una stratificazione piano parallela al piano topografico.

3.2.4 Determinazione dei parametri elastici dinamici derivati dalle indagini sismiche

Di seguito si indicano le correlazioni bibliografiche utilizzate per il calcolo dei parametri di deformazione dinamici calcolati tramite correlazione bibliografica dei parametri di input V_p , V_s e densità per ciascun sismostrato definito dalle indagini geofisiche eseguite:

$$\text{Coefficiente di Poisson } \nu = \frac{V_p^2 - 2 V_s^2}{2 (V_p^2 - V_s^2)}$$

$$\text{Modulo di Young dinamico } E_d = \gamma V_s^2 [(3V_p^2 - 4 V_s^2)/(V_p^2 - V_s^2)]$$

$$\text{Modulo di taglio (rigidità) } G_0 = \gamma V_s^2$$

$$\text{Modulo di comprimibilità o di Bulk } K = \gamma (V_p^2 - 4/3 V_s^2)$$

4.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Secondo il §3.2 delle NTC 2018, le “azioni sismiche di progetto” si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la “risposta sismica locale”.

La pericolosità sismica è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento del periodo di riferimento” PVR.

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale;
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini della determinazione dell’azione sismica di progetto, si definiscono di seguito i parametri sismici relativi al sito di intervento:

- Accelerazione orizzontale massima del sito a_g
- Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_0
- Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale T_c

Per determinare la risposta sismica locale è possibile seguire un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo e l’individuazione, mediante apposite tabelle fornite dalla normativa, del coefficiente di amplificazione stratigrafica SS, del coefficiente di amplificazione topografica ST nonché del coefficiente CC che modifica il periodo TC e di conseguenza gli altri periodi notevoli dello spettro (NTC 2018, §3.2.2-3)

4.1 Categorie di sottosuolo

Le “Norme Tecniche per le Costruzioni” aggiornate con D.M. del 17 gennaio 2018, definiscono le regole per progettare l’opera sia in zona sismica che in zona non sismica.

Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale.

Per tale motivo si esegue una classificazione del sottosuolo compreso fra il piano di campagna ed il “bedrock” attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (V_s).

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

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

Con:

h_i = spessore dello stato i -esimo;

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

N = numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità viene riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Il sito può essere classificato con il valore delle V_s equivalenti secondo il seguente schema; ovvero:

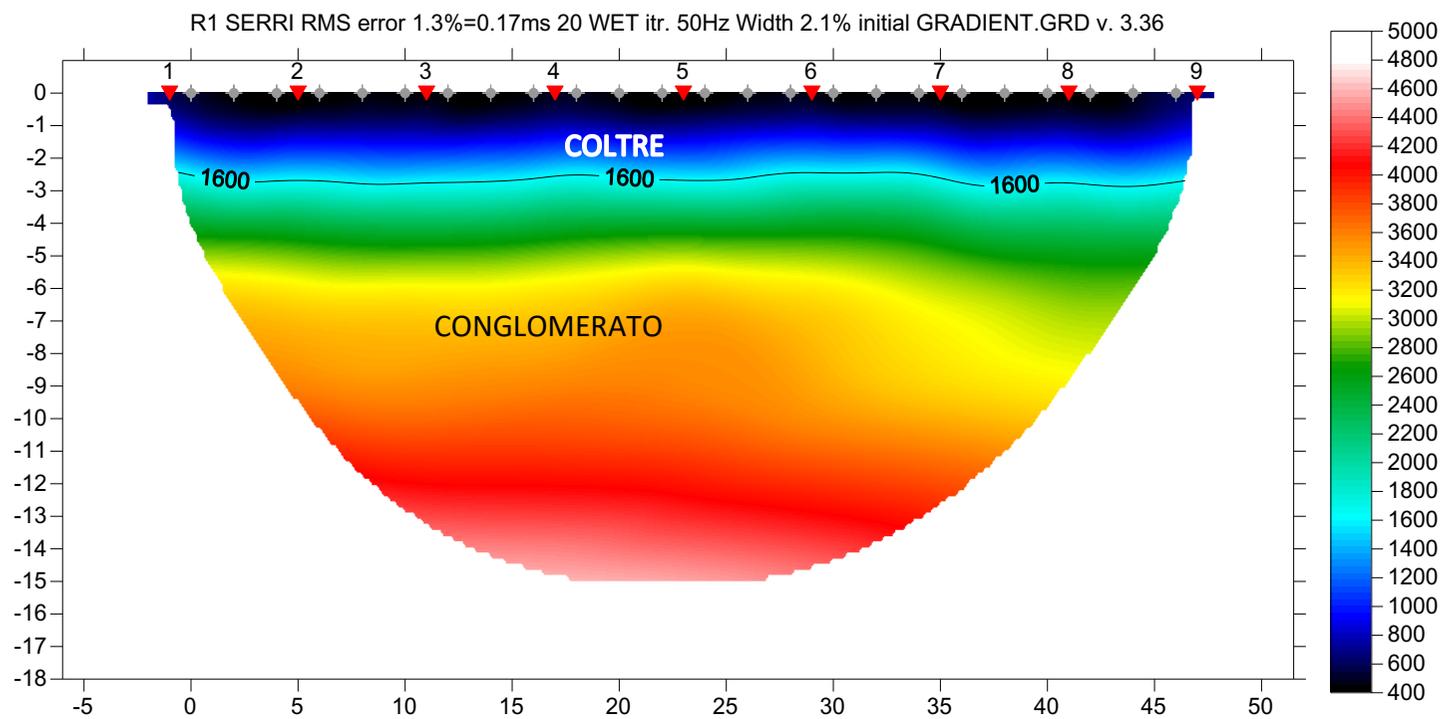
| Categoria | Descrizione | Profondità m | V_s m/s |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m | Qualsiasi | >800 |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s | >30 | $\geq 360 \leq 800$ |
| C | Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. | >30 | $\geq 180 < 360$ |
| D | Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. | >30 | <180 |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. | Fino a 30 | C - D |

5.0 RISULTATI INDAGINE R1/M1

5.1 Foto



5.2 Risultati TOMO1



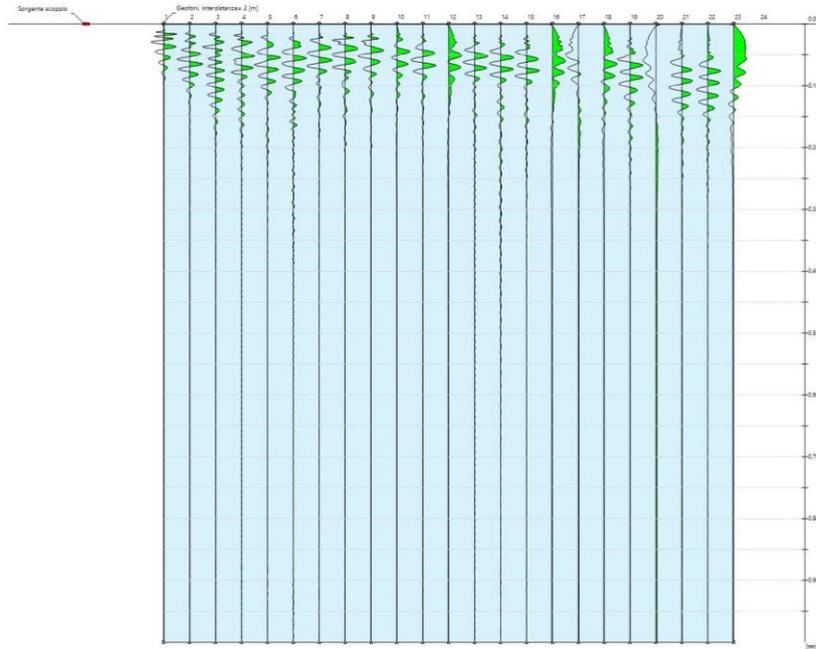
Dal punto di vista stratigrafico la sezione in tomografia sismica può essere così suddivisa:

| n. | Descrizione | Profondità [m] | Spessore [m] | Vp [m/sec] |
|----|--------------|----------------|--------------|------------|
| 1 | COLTRE | 2 | 2 | 400-1600 |
| 2 | CONGLOMERATO | >2 | | >1600 |

5.3 Risultati MASW1

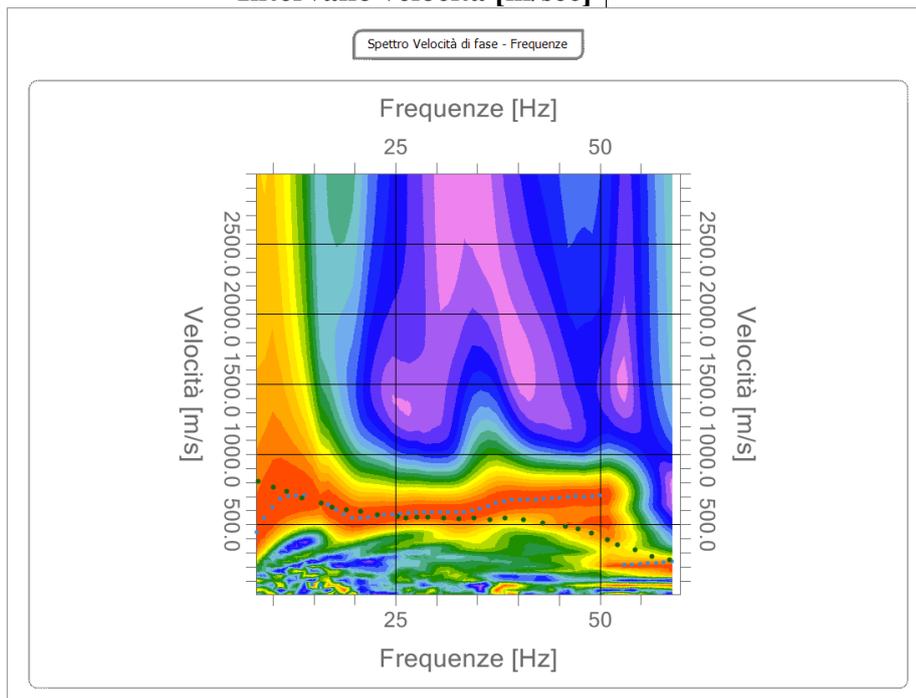
5.3.1 Tracce

| | |
|----------------------------------------|--------|
| N. tracce | 24 |
| Durata acquisizione [msec] | 1000.0 |
| Interdistanza geofoni [m] | 2.0 |
| Periodo di campionamento [msec] | 0.5 |

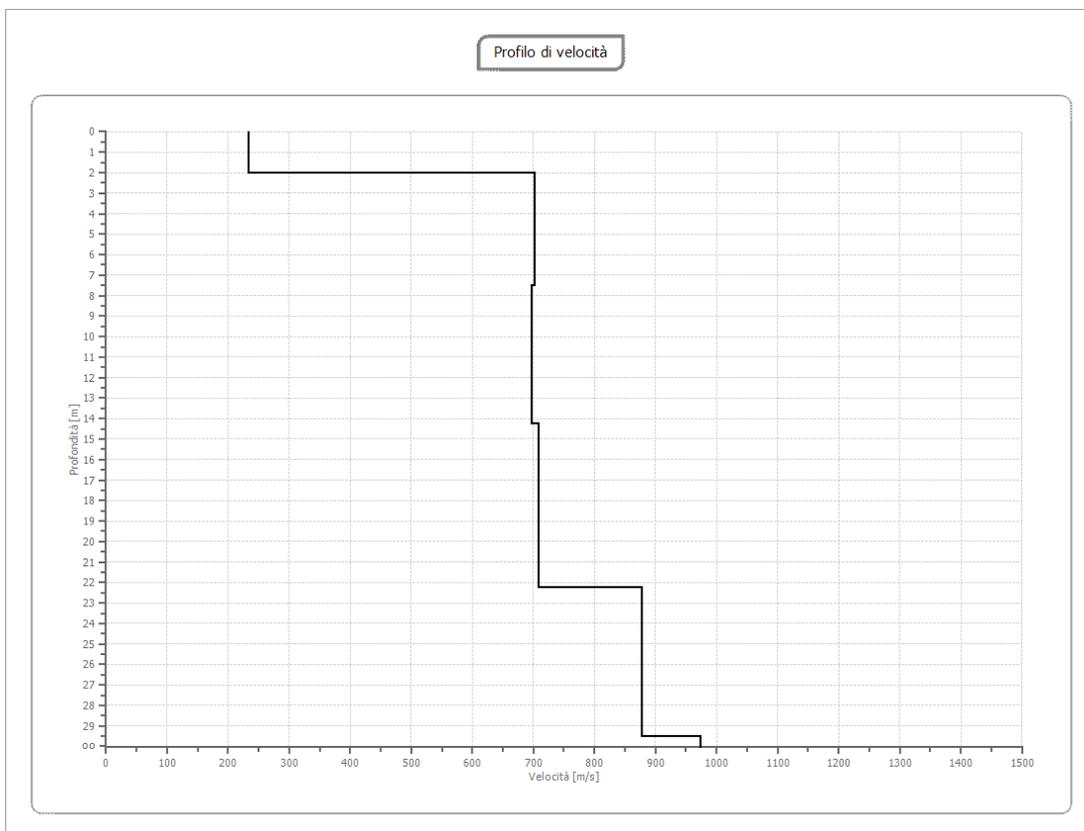
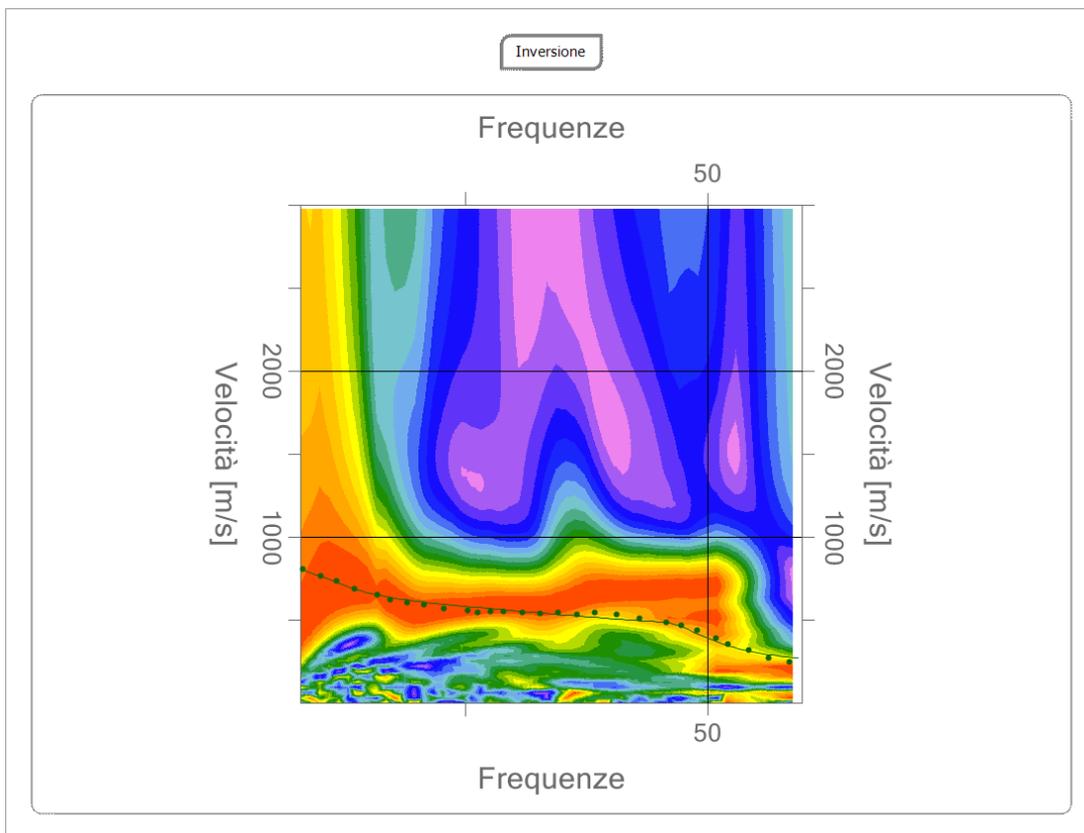


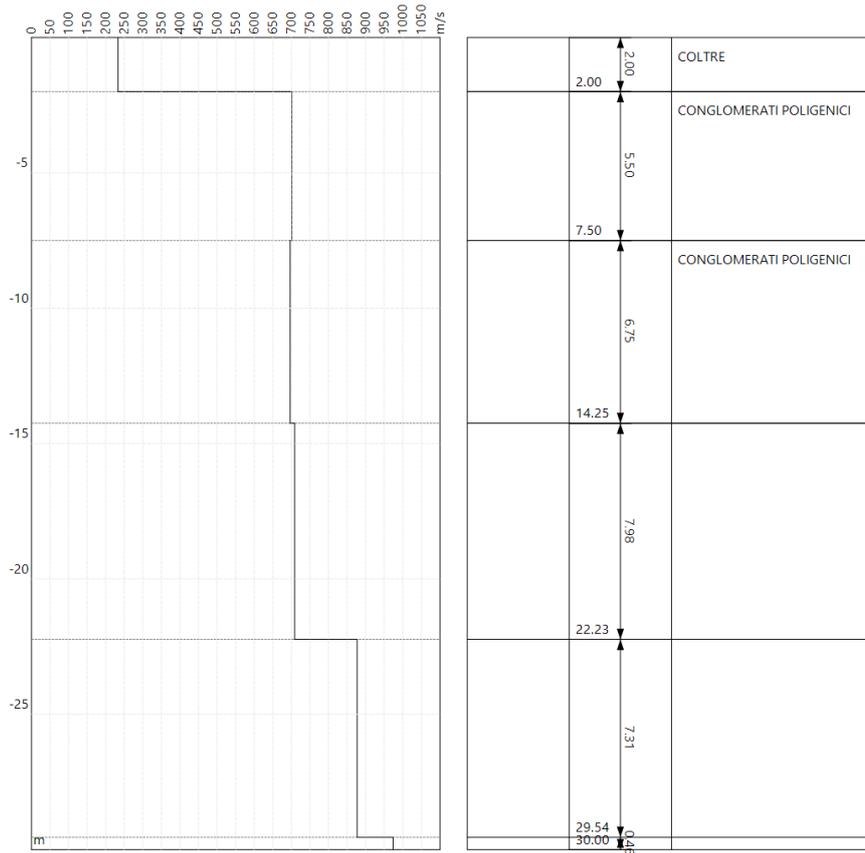
5.3.2 Analisi spettrale e curva di dispersione

| | |
|-------------------------------------------------|------|
| Frequenza minima di elaborazione [Hz] | 8 |
| Frequenza massima di elaborazione [Hz] | 60 |
| Velocità minima di elaborazione [m/sec] | 1 |
| Velocità massima di elaborazione [m/sec] | 3000 |
| Intervallo velocità [m/sec] | 1 |



5.3.3 Inversione, profilo di velocità e sismostratigrafia





| . | Descrizione | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Coeff. Poisson | Falda | Vp [m/sec] | Vs [m/sec] |
|---|-------------------------|----------------|--------------|---------------------------|----------------|-------|------------|------------|
| 1 | COLTRE | 2.00 | 2.00 | 1900.0 | 0.35 | No | 486.3 | 233.6 |
| 2 | CONGLOMERATI POLIGENICI | 7.50 | 5.50 | 1900.0 | 0.32 | No | 1363.3 | 701.4 |
| 3 | CONGLOMERATI POLIGENICI | 14.25 | 6.75 | 2000.0 | 0.28 | No | 1260.2 | 696.6 |
| 4 | | 22.23 | 7.98 | 2000.0 | 0.28 | No | 1282.6 | 709.0 |
| 5 | | 29.54 | 7.31 | 2200.0 | 0.28 | No | 1586.4 | 876.9 |
| 6 | | oo | oo | 2200.0 | 0.28 | No | 1761.5 | 973.7 |

Percentuale di errore

0.088%

5.3.4 Risultati: categoria di sottosuolo e altri parametri geotecnici

| | |
|------------------------------|--------|
| Profondità piano di posa [m] | 0.00 |
| Vs,eq [m/sec] (H=22.23 m) | 595.21 |
| Categoria del suolo | B |

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

| n. | Prof.tà [m] | Spess [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Densità [kg/mc] | Coeff. Poisson | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] |
|----|-------------|-----------|----------|----------|-----------------|----------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 2.00 | 2.00 | 233.59 | 486.26 | 1900.00 | 0.35 | 103.67 | 449.25 | 311.02 | 279.92 |
| 2 | 7.50 | 5.50 | 701.40 | 1363.28 | 1900.00 | 0.32 | 934.74 | 3531.23 | 2284.92 | 2467.71 |
| 3 | 14.25 | 6.75 | 696.59 | 1260.17 | 2000.00 | 0.28 | 970.47 | 3176.08 | 1882.12 | 2484.40 |
| 4 | 22.23 | 7.98 | 708.97 | 1282.57 | 2000.00 | 0.28 | 1005.27 | 3289.98 | 1949.62 | 2573.49 |
| 5 | 29.54 | 7.31 | 876.90 | 1586.38 | 2200.00 | 0.28 | 1691.71 | 5536.51 | 3280.90 | 4330.78 |
| 6 | oo | oo | 973.70 | 1761.49 | 2200.00 | 0.28 | 2085.81 | 6826.30 | 4045.22 | 5339.68 |

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;