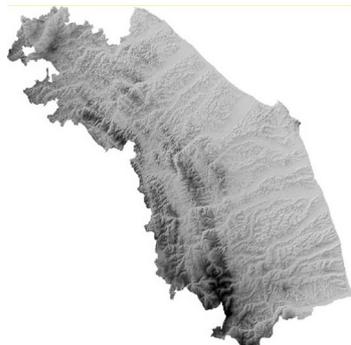


REGIONE MARCHE



Elaborato: n.1/1

## RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA CON INDICAZIONI GEOTECNICHE

Conforme NTC 2018

FLS-SSV-GEO

REV01

### TITOLO:

REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO  
 nei Comuni San Severino Marche – Serrapetrona, in Localita' Monte Colleluce - Monte San Pacifico

### COMMITTENTE:

|             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
|             | FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L |
| C.F.        | _                                  |
| P.I.        | 15604711000                        |
| Via         | VIALE CASTRO PRETORIO 122          |
| Città/Prov. | 00185 ROMA RM                      |

### PROGETTO:

|             |   |      |       |   |
|-------------|---|------|-------|---|
| Via         | Monte Colleluce - Monte San Pacifico      |      |       |   |
| Città/Prov. | Serrapetrona, Sanseverino Marche Macerata |      |       |   |
| Foglio      | 179                                       | 189  | 190   | 8 |
| Particella  | 7-18                                      | 38-7 | 52-25 | 1 |



Studio Geologico Dott. Geol. Massimo Gubinelli  
 Via C. Levi, 9 62022 Castelraimondo MC  
 Tel. uff. 0737 642526 Cell. 338 7013274  
 e-mail poderosa@libero.it

### IL GEOLOGO:

Dr. Massimo Gubinelli

Castelraimondo 24/01/ 2024

### Elaborati associati al presente fascicolo

Relazione geologica   
 Risposta sismica locale   
 Tavole tabulazione indagini

Pratica n. 21\_22

Rev. 1\_22-07\_22-01\_24



## Sommario

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>2. LOCALIZZAZIONE E TIPOLOGIA DEL PROGETTO</b> .....               | <b>3</b>  |
| <b>3. NORMATIVA</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>4. DESTINAZIONE URBANISTICA E VINCOLISTICA</b> .....               | <b>6</b>  |
| <b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b> .....                               | <b>10</b> |
| 5.1 <i>Elementi strutturali</i> .....                                 | 11        |
| 5.2 <i>Sismicità</i> .....  | 12        |
| 5.3 <i>Stratigrafia</i> .....   | 18        |
| <b>6. GEOMORFOLOGIA</b> .....   | <b>19</b> |
| 6.1 <i>Buca del terremoto</i> .....                                   | 23        |
| <b>6.1.1 Analisi preliminare delle cavità</b> .....                   | <b>24</b> |
| 6.2 <i>Visibilità delle pale</i> .....                                | 29        |
| <b>7. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA</b> .....                              | <b>30</b> |
| 7.1 <i>Idrografia superficiale</i> .....                              | 30        |
| 7.2 <i>Acque sotterranee</i> .....                                    | 30        |
| <b>8. INDAGINI</b> .....  | <b>32</b> |
| 8.1 <i>Indagini sismiche</i> .....                                    | 33        |
| 8.1.1 TORRE 1 (vedere tavola A10) .....                               | 33        |
| 8.1.2 TORRE 2 (vedere tavola A10) .....                               | 37        |
| 8.1.3 TORRE 3 (vedi allegato A10) .....                               | 38        |
| 8.1.4 TORRE 4(vedi allegato 10) .....                                 | 40        |
| 8.1.1 Torre 5 (vedi allegato A10) .....                               | 43        |
| 8.1.2 Torre 6 (vedi allegato A10) .....                               | 44        |
| 8.1.3 Torre 7 (vedi allegato A10) .....                               | 48        |
| <b>9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b> .....                          | <b>51</b> |
| <b>10. DEFINIZIONE AZIONE SISMICA</b> .....                           | <b>52</b> |
| 10.1 <i>Vita nominale classe d'uso e periodo di riferimento</i> ..... | 52        |
| 10.2 <i>Probabilità di eccedenza e periodo di ritorno</i> .....       | 53        |
| 10.3 <i>Pericolosità sismica</i> .....                                | 53        |
| 10.3.1 <i>Aspetti geodinamici e sismici</i> .....                     | 53        |
| 10.3.2 <i>Pericolosità sismica di base</i> .....                      | 54        |
| 10.3.3 <i>Amplificazione stratigrafica</i> .....                      | 55        |
| 10.3.4 <i>Amplificazione topografica</i> .....                        | 57        |
| 10.4 <i>Verifica liquefazione</i> .....                               | 58        |
| <b>11. CONSIDERAZIONI FINALI</b> .....                                | <b>59</b> |
| <b>11.1 Considerazioni di tipo geologico e geomorfologico</b> .....   | <b>59</b> |

### TAVOLE ALLEGATE:

|  |                       |
|--|-----------------------|
| A1 Inquadramento .....                         | scala 1:25.000        |
| A2 Inquadramento CTR.....                      | scala 1:10.000        |
| A3 Stralcio catastale.....                     | scala 1:2.000         |
| A4 Aree di visibilità delle torri eoliche..... | scala no              |
| A5 Stralcio carta geologica.....               | scala 1:15.000        |
| A6 Stralcio carta PAI.....                     | scala 1:25.000        |
| B6 Stralcio carta dissesti IFFI.....           | scala 1:25.000        |
| A7 Bacini idrografici.....                     | scala 1:150.000       |
| A8 Documentazione fotografica indagini.....    | scala no              |
| A9 Sezioni Geologiche.....                     | scala 1:2.000/1:5.000 |
| A10 Indicazioni Geotecniche.....               | scala 1:2.000         |



## 1. PREMESSA

La presente indagine, commissionata da

FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L  
15604711000  
VIALE CASTRO PRETORIO 122  
00185 ROMA RM

Per conto dell'ing.  
Andrea Bartolazzi

fa parte del novero degli elaborati tecnici necessari per la realizzazione del progetto di:

**REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO**  
nei Comuni San Severino Marche – Serrapetrona,  
in Località Monte Colleluce - Monte San Pacifico

Con questo studio, fatto per il progetto preliminare con indicazioni per il definitivo, si vogliono pertanto individuare le principali caratteristiche: geologiche; geomorfologiche; idrogeologiche; sismiche; geotecniche, dei terreni in un intorno dell'area in oggetto, spingendo l'osservazione ad una zona sufficientemente ampia e profondità da interessare un volume significativo di terreno, in ottemperanza alle norme tecniche contenute nel:

- Aggiornamento alle NTC D.M. 17 Gennaio 2018
- D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" redatte in modo da essere coerenti con gli Eurocodici
- EC7 – Geotecnica e Fondazioni; EC8 – Strutture in zona sismica
- -Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

In tal modo si potranno fornire al progettista tutti i parametri necessari per permettergli di verificare l'interazione tra terreno e struttura in progetto, sia in condizione statica che in situazione di accelerazione sismica, al fine di favorire una scelta progettuale idonea, che garantisca sicurezza e che sia in accordo con il contesto ambientale locale.

E' stata pertanto studiata la geologia, la litologia e la stratigrafia dei terreni presenti, si sono rilevati i caratteri morfologici dell'area, si è osservato il regime delle acque superficiali e di falda, sono stati ricavati tutti i parametri fisici e meccanici necessari ad una completa caratterizzazione geotecnica del sito in parola.

Le varie fasi del lavoro possono essere così riassunte:

|  | Reperimento dati da bibliografia    | Rilevamento di campagna             | Rilievo con drone        | Reperimento di dati pregressi       |                                     | sondaggi                 |                          |                          | Prove                    |                          |                          | Prove                                 |                                       |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|  |                                     |                                     |                          | Fatti da altri                      | Fatti dallo scrivente               | Scavo                    | Carotaggio continuo      | distruzione              | DPSH                     | DP M                     | CP T                     | RIFRAZIONE                            | HV                                    |
| Inquadramento topografico                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>              | <input type="checkbox"/>              |
| Inquadramento geologico                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>              | <input type="checkbox"/>              |
| Caratterizzazione geotecnica del terreno | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>              | <input type="checkbox"/>              |
| Caratterizzazione sismica del terreno    | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4 <input checked="" type="checkbox"/> | 7 <input checked="" type="checkbox"/> |

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   2/61   | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |

**2. LOCALIZZAZIONE E TIPOLOGIA DEL PROGETTO**

L'area in studio nella cartografia nazionale è individuabile con i seguenti riferimenti:

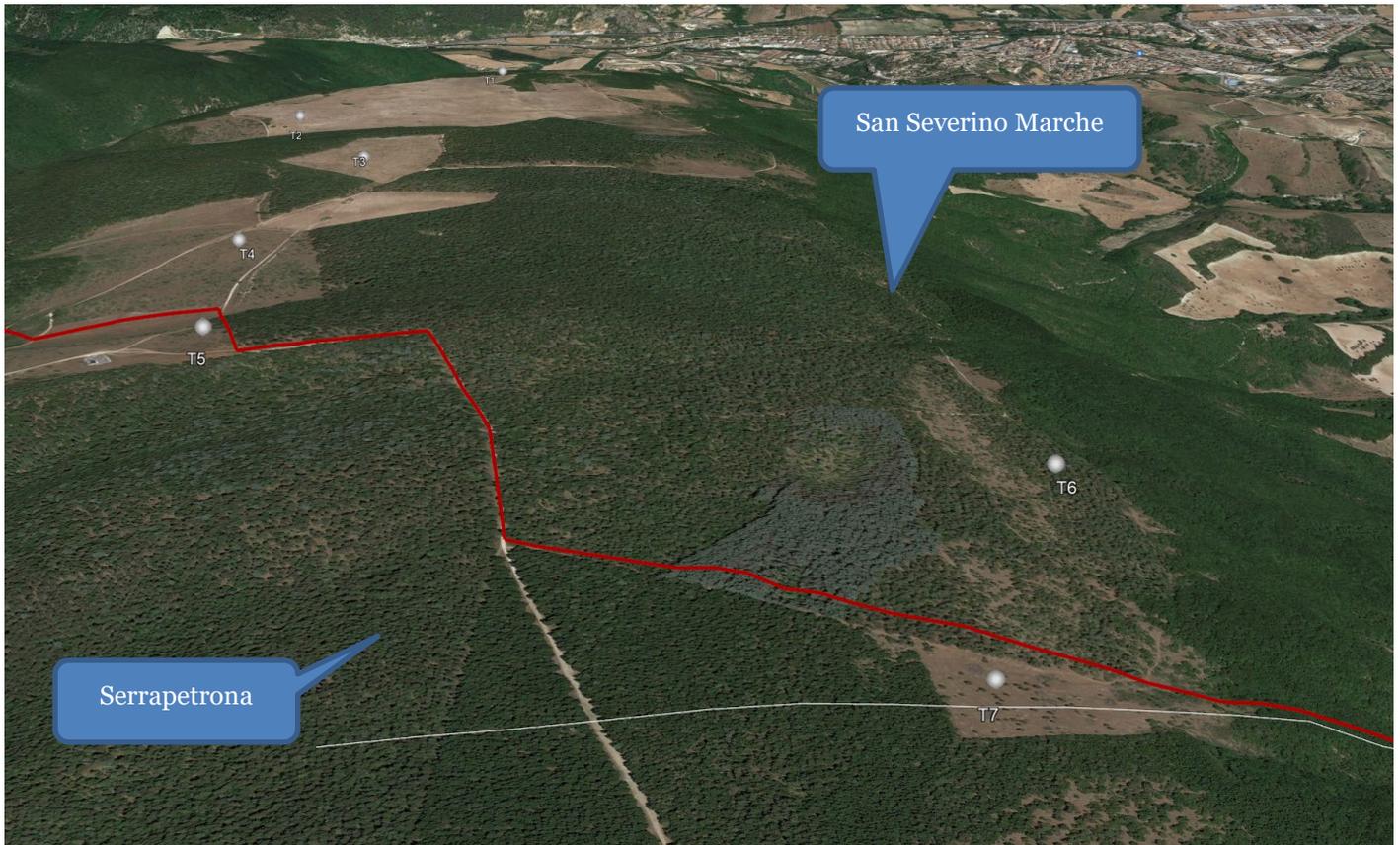
| REGIONE                    | PROVINCIA                   | COMUNE                              | LOCALITA'  |  |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|--|
| Marche                     | Macerata                    | Serrapetrona,<br>Sanseverino Marche | Monte Colleluce -<br>Monte San Pacifico  |  |
| COORDINATE GEOGRAFICHE     |                             |                                     |  |  |
|                            | latitudine                  | longitudine                         | quota  |  |
| Pala 1                     | 43.209806°                  | 13.166084°                          | 702  |  |
| Pala 2                     | 43.205128°                  | 13.163285°                          | 750  |  |
| Pala 3                     | 43.197459°                  | 13.165078°                          | 793  |  |
| Pala 4                     | 43.193931°                  | 13.176835°                          | 786  |  |
| Pala 5                     | 43.189295°                  | 13.177164°                          | 781  |  |
| Pala 6                     | 43.194162°                  | 13.167780°                          | 854  |  |
| Pala 7                     | 43.201563°                  | 13.165571°                          | 800  |  |
| CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA |                             |                                     |  |  |
| foglio scala<br>1:100.000  | Quadrante<br>scala 1:50.000 | tavoletta<br>scala 1:25.000         | Sezione<br>Scala 1:10.000  |  |
| 124 "IV"                   | 124 "IV" Macerata           | 124 "IV"<br>Macerata SE             | 313030 SAN SEVERINO<br>MARCHE<br>302150 SERRAPETRONA<br>313020 LETEGGE<br>302140 SERRIPOLA |  |
| RIFERIMENTI CATASTALI      |                             |                                     | Comuni   |  |
|                            | foglio                      | particella                          |  |  |
| Pala 1                     | 179                         | 11                                  | San Severino Marche  |  |
| Pala 2                     | 179                         | 18                                  | San Severino Marche  |  |
| Pala 3                     | 189                         | 7                                   | San Severino Marche  |  |
| Pala 4                     | 189                         | 39                                  | San Severino Marche  |  |
| Pala 5                     | 3                           | 20                                  | Serrapetrona   |  |
| Pala 6                     | 190                         | 55                                  | San Severino Marche  |  |
| Pala 7                     | 8                           | 7                                   | Serrapetrona   |  |

La presente relazione ha lo scopo di fornire indicazioni geologico ambientali per la stesura del progetto preliminare, vengono inserite inoltre indicazioni geotecniche e sismiche utili, ma non esaustive, al progetto definitivo. L'area prettamente montana si estende tra Monte Colleluce e Monte San Pacifico attraversando i territori comunali di San Severino e Serrapetrona.

Nell'area in esame saranno ubicate 7 turbine eoliche montate su piloni delle quali 2 saranno ubicate nel territorio comunale di Serrapetrona e 5 in quello di San Severino Marche.

Per rendere leggibile l'elaborato, i singoli piloni che ospiteranno le turbine saranno denominati come riportato nella figura sottostante.

| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   3/61   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



*Figura 1 ubicazione dei piloni. La linea rossa marca il confine tra i territori comunali di San Severino Marche (a nord) e Serrapetrona (a sud)*

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   <b>4/61</b>  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



## **INQUADRAMENTO URBANISTICO-AMBIENTALE**

### **3. NORMATIVA**

Nella Regione Marche, la messa in opera e l'esercizio di impianti alimentati da fonti rinnovabili è disciplinata da norme regionali e nazionali. Le procedure o comunicazioni da realizzare, sono basate sulla tipologia dell'intervento e la potenza.

La Regione Marche ha altresì rilasciato degli indirizzi per l'inserimento di impianti eolici nel territorio marchigiano indicando le aree sensibili e i requisiti per impianti di questo genere (Dgr 829/2007).

Mentre per impianti eolici fino a 999 kW di potenza, la competenza è delegata alle Province (art. 23-bis Lr 10/1999, Dgr 3 ottobre 2011, n.1312), per impianti superiori a detta soglia la competenza in materia di Autorizzazione unica è della Regione.

Il Dgr 829/2007 identifica due tipi di aree:

- **Aree vietate**

1. Parchi Nazionali e Regionali;
2. Tutte le Riserve Naturali;
3. Aree Floristiche (LR n.52/74 e successive modifiche);
4. Aree Sensibili (Aree di particolare valore floristico-vegetazionale del PEAR) e riportato nel Cap.1;
5. I siti archeologici così come identificati dalla LR 16/94 e DACR n. 206 del 3/06/98 "Piano Regionale di intervento sul sistema archeologico marchigiano", con una fascia di sicurezza di 150 metri dai confini del sito;
6. Le aree classificate ad alta pericolosità idrogeologica (E4 e R4) ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico;
7. Un'area di sicurezza di almeno 500 m dal limite delle aree edificabili urbane così come definito dallo strumento urbanistico vigente;
8. Le aree boscate come definito dall'art. 2 comma-1 lettera-e della LR n.6/2005 "Legge forestale regionale";

- **Aree critiche**

1. Gli assi principali delle rotte migratorie
2. Le Aree di nidificazione e caccia dei rapaci
3. Le aree prossime a grotte
4. I valichi montani
5. I corridoi importanti per l'avifauna
6. Le aree IBA
7. Le aree SIC
8. Le aree ZPS

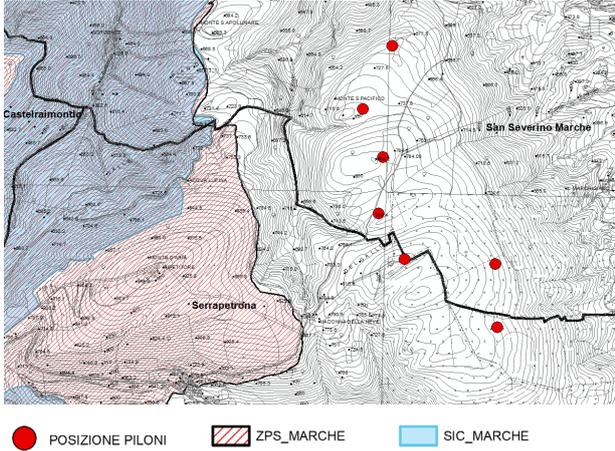
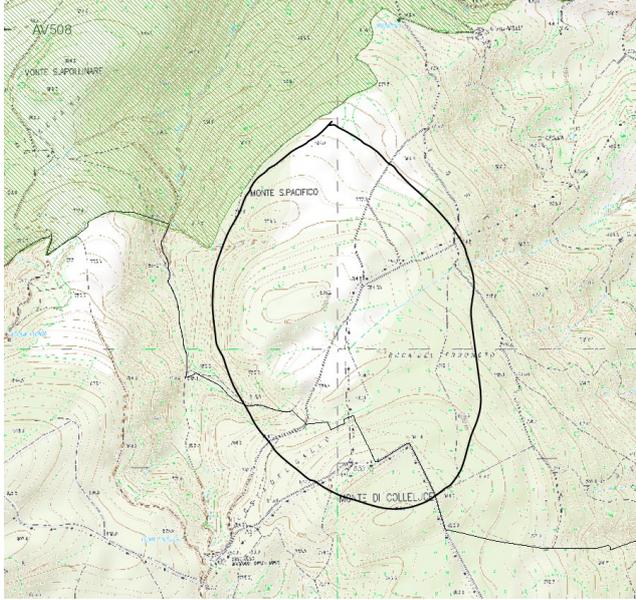
A tal proposito si andranno ad analizzare solo vincoli riconducibili agli aspetti geologico ambientali che potrebbero impedire la realizzazione dell'impianto in progetto.

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   <b>5/61</b>  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



**4. DESTINAZIONE URBANISTICA E VINCOLISTICA**

Nella tabella seguente viene eseguito un controllo della vincolistica presente nell'area.

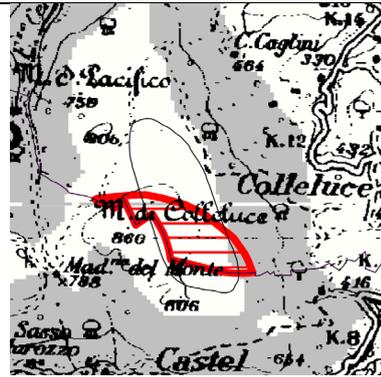
| STRUMENTO URBANISTICO                     | STRALCIO   | NTA | VOCAZIONALITA'  |
|---|--|-----|---|
| <p>RETENATURA<br/>2000</p>                |   |     | <p>NON RICADE<br/>NELLE AREE SIC-<br/>ZPS</p>                                 |
| <p>DM.31.07.85 -<br/>Galassini: AV508</p> |  <p><b>BeniPaesaggistici</b><br/>Art. 136 - Bellezze Naturali<br/>DM.31.07.85 - Galassini</p> |     | <p>NON RICADE</p>   |
| <p>PPAR</p>                               | <p>Le proprietà d'intervento si trovano in zona Appenninica</p>  |     | <p>Dal punto di vista geologico-geomorfologico non è emerso alcun vincolo</p> |
| <p>Tavole verificate</p>                  | <p><a href="#">TAV. 2 FASCE MORFOLOGICHE</a></p>   |     |   |
|   | <p><a href="#">TAV. 3A EMERGENZE GEOLOGICHE (art.28)</a></p>   |     |   |



TAV. 13 EMERGENZE GEOMORFOLOGICHE

che possa interferire con il progetto

PTC



versanti con situazioni di dissesto attivo o quiescenti e con pendenze inferiori al 30% (art. 25.3.2)

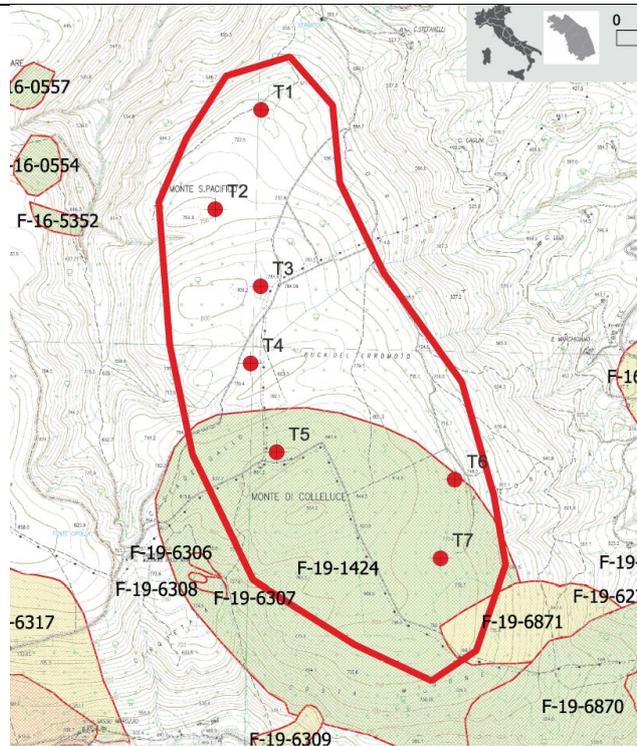


versanti con situazioni di dissesto attivo o quiescenti e con pendenze superiori al 30% (art. 25.3.1)

Viene segnalato un dissesto che coinvolge parzialmente l'area in progetto.

Dal rilevamento fatto sul terreno, in occasione dell'indagine geologica, si è potuto appurare che l'area attualmente risulta stabile (vedere geomorfologia pag. 19).

PAI  
Piano Assetto Idrogeologico



ALCUNE TORRI RICADONO IN AREA CON VINCOLO PAI

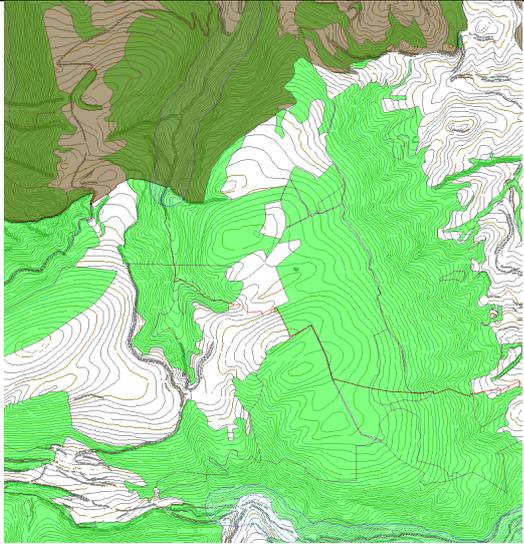
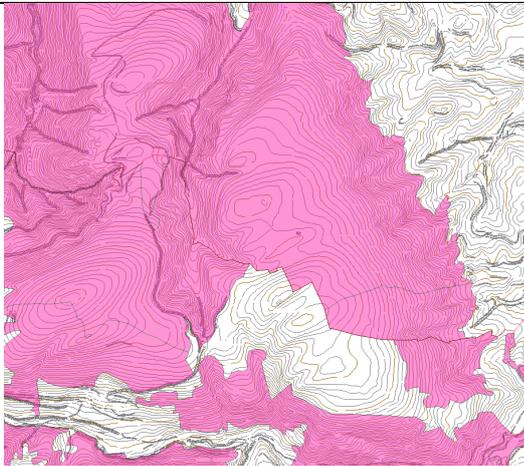
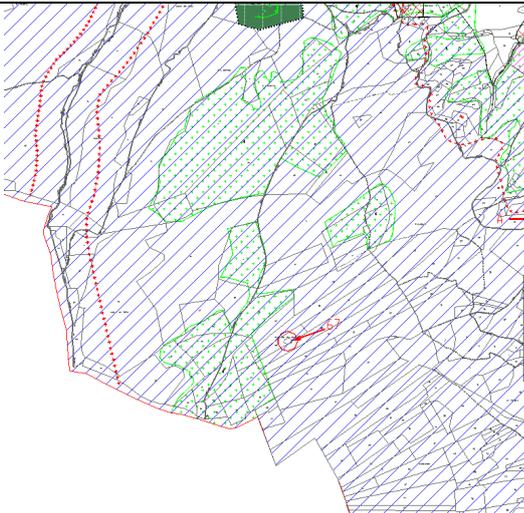
Dalla lettura della norma PAI a cui l'area è assoggettata non vi sono particolari prescrizioni o impedimenti alla realizzazione dell'opera

L'area in oggetto è parzialmente interessata dalla frana PAI F19-1424 con:  
Rischio RI  
Pericolosità P1

**Articolo 12 Disciplina delle aree di versante in dissesto**

1. Le aree in dissesto di cui al precedente Articolo 11, fatto salvo quanto previsto al successivo Articolo 22, sono sottoposte alle prescrizioni di cui ai commi successivi; è fatta salva ogni altra norma regolamentare connessa all'uso del suolo, qualora non in contrasto con le presenti disposizioni.
2. Nelle aree a pericolosità **AVD\_P1** e **AVD\_P2** sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto del D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 e nel rispetto delle vigenti normative tecniche.



|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <p>GALASSO</p>                         |    | <p>D.L. 22/2004<br/>n.42<br/>L. n.431 del 4<br/>agosto 1985</p>  | <p>Nessun vincolo<br/>particolare in quanto<br/>ritenute opere di<br/>interesse pubblico</p> |
| <p>VINCOLO<br/>IDROGEOLOGICO</p>       |   | <p>R.D.<br/>3267/1923</p>  | <p>Presente<br/>(vedere<br/>considerazioni finali)</p>                                       |
| <p>PRG<br/>SAN SEVERINO<br/>MARCHE</p> |  | <p>ART.<br/>-37 ZONE<br/>AGRICOLE<br/>MONTANE<br/>-41 VINCOLI<br/>AMBIENTALI<br/>-42<br/>ESPANSIONE<br/>DELLA<br/>VEGETAZIO<br/>NE</p> | <p>Nessun vincolo<br/>particolare</p>  |



|                             |  |  |                                       |
|-----------------------------|--|--|---------------------------------------|
| <p>PRG<br/>SERRAPETRONA</p> |  | <p>-25 ZONE<br/>AGRICOLE<br/>MONTANE</p> | <p>Nessun vincolo<br/>particolare</p> |
|-----------------------------|--|--|---------------------------------------|

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   9/61   |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



## -MODELLO GEOLOGICO-

### 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area è ubicata lungo l'appennino marchigiano interno, alla sommità di una cresta che si estende tra Monte Colleluce e Monte San Pacifico. Tale struttura è l'espressione di movimenti tettonici profondi, come thrusts, che hanno dislocato le rocce carbonatiche deposte in bacini chiusi e piatti. L'azione della tettonica ha originato rilievi e depressioni allungate, successivamente colmate da depositi quaternari.

La struttura geologica generale che caratterizza il sito è rappresentata da un anticlinale-antiforme, con sviluppo NO-SE. Tale struttura presenta infatti nella parte centrale, a quote più elevate, i termini della successione marchigiana più antichi (Scaglia rossa), mentre nelle aree laterali, a quote minori si rinvengono termini rocciosi più recenti (Scaglia cinerea e variegata). Tale struttura è la conseguenza di un esteso sovrascorrimento con asse in direzione appenninica NO-SE localizzabile a est. La presenza del sovrascorrimento è dimostrata dall'assetto delle giaciture del substrato, a ovest le giaciture immergono a 210°- 270°, nella parte più alta dell'anticlinale, in corrispondenza dell'area di progetto, le giaciture sono piano parallele, a ovest invece gli strati divengono rovesci.

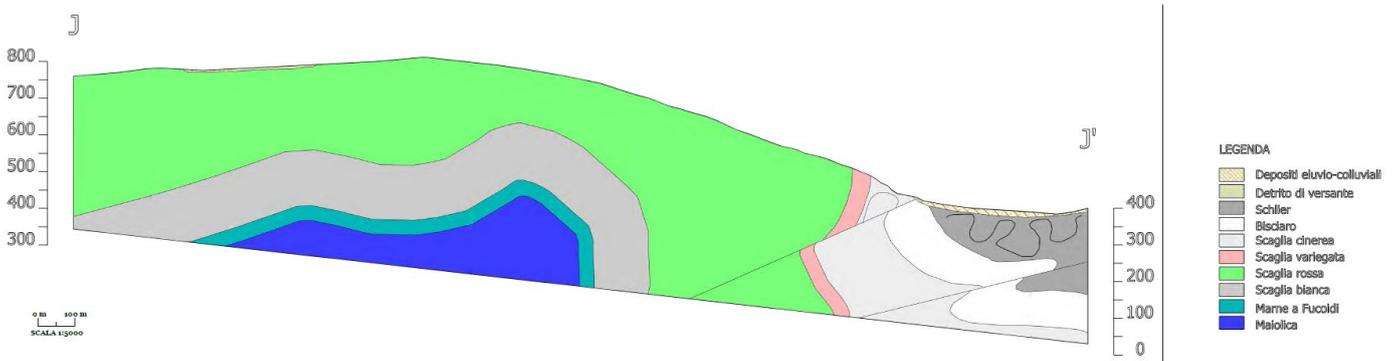
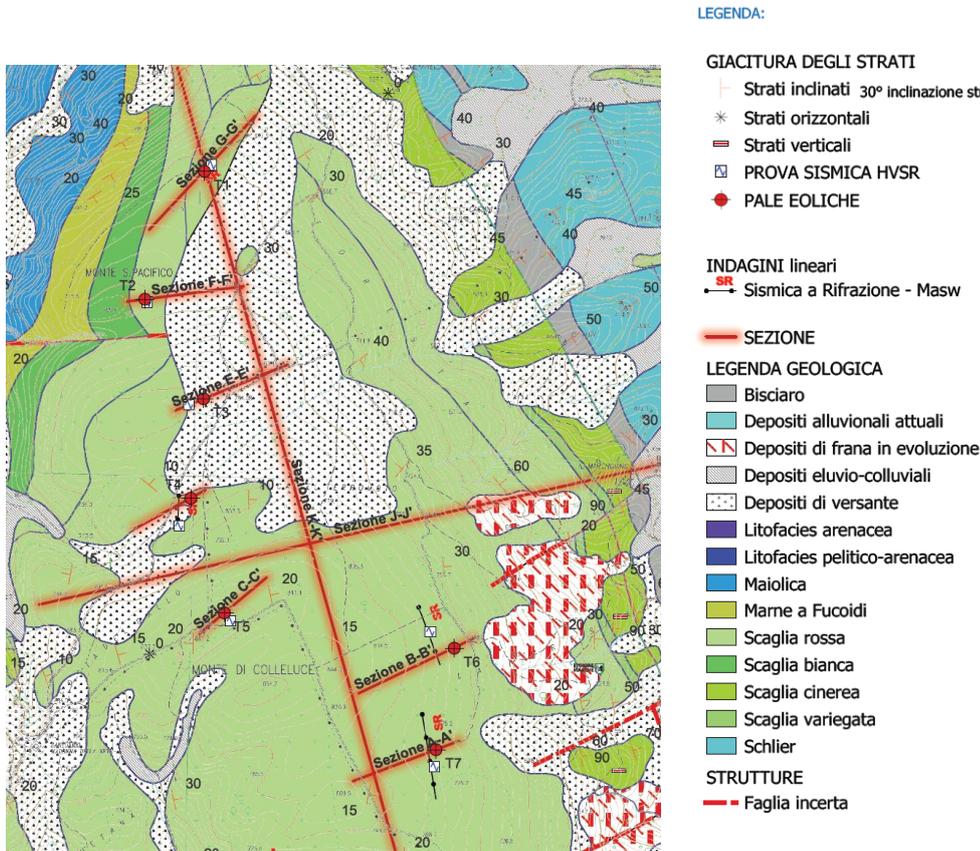


Figura 2 carta geologica e sezione che rappresenta l'assetto strutturale dell'area (vedi tavola a10)

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   10/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



Il parco eolico in progetto si trova sull'asse dell'anticlinale sopra descritta, dove affiorano diffusamente i termini calcarei e marnosi della Successione Umbro-Marchigiana che risultano fortemente fratturati, fagliati e piegati, in alcuni casi, nelle aree ad est, rovesciati. La fratturazione della roccia è intensiva in superficie, in alcuni casi conferisce al substrato le caratteristiche di un detrito. La roccia in posto, anche in profondità, rimane comunque intensamente fratturata, a causa dell'azione che la tettonica ha impresso all'area.

il substrato che caratterizza il sito è rappresentato principalmente dalla

### Formazione della Scaglia Rossa:

#### **Scaglia rossa Turoniano Inferiore p.p.-Eocene Medio p.p**

Divisa in tre membri: "membro inferiore" (SAA1; spessore variabile tra i 10 e i 90 m) costituito da calcari e calcari marnosi rosati con selce rossa; "membro intermedio" (SAA2; spessore variabile tra 70 e 200 m) rappresentato da calcari rosati, con locali intercalazioni calcarenitiche a cui si aggiungono nella parte alta livelli marnosi rossi; "membro superiore" (SAA3; spessore variabile tra 5 e 40 m) caratterizzato da calcari e calcari marnosi rossastri con selce rossa.



Figura 3 Schematizzazione della formazione di un suolo da una roccia

Si ribadisce che alcune delle aree indagate rilevano la presenza di spessori variabili di detrito di versante che copre la roccia in posto, tale detrito risulta poco distinguibile (tramite le sole indagini sismiche indirette) dai sedimenti del substrato a causa dell'intensa fratturazione che lo pervade. Nella maggior parte dei casi risulta sub-affiorante.

Come già descritto, a luoghi in superficie, il substrato locale a causa della forte alterazione, si presenta quasi completamente disgregato presentando un livello detritico i cui singoli elementi hanno un aspetto scaglioso. L'alterazione del substrato avviene per vari fattori, tra cui la pedogenesi che altera la roccia a tal punto da trasformarla in un suolo composto perlopiù da elementi fini con ghiaia sparsa.

Il detrito ghiaioso sciolto invece, si accumula lungo i versanti creando falde di sezione cuneiforme con spessori esigui a monte e più potenti a valle. L'estensiva presenza di fratture nel substrato, coadiuva l'infiltrazione e la movimentazione di fluidi nel sottosuolo i quali, in alcuni casi, possono operare come agenti erosivi e formare cavità.

Dette cavità in occasione di terremoti possono collassare e originare voragini visibili in superficie denominati Sink-Hole.

La roccia presente in loco è appunto soggetta alla formazione del fenomeno sopra descritto, ne è testimonianza una voragine formata a Est dell'allineamento delle pale 3-4 (buca del terremoto).

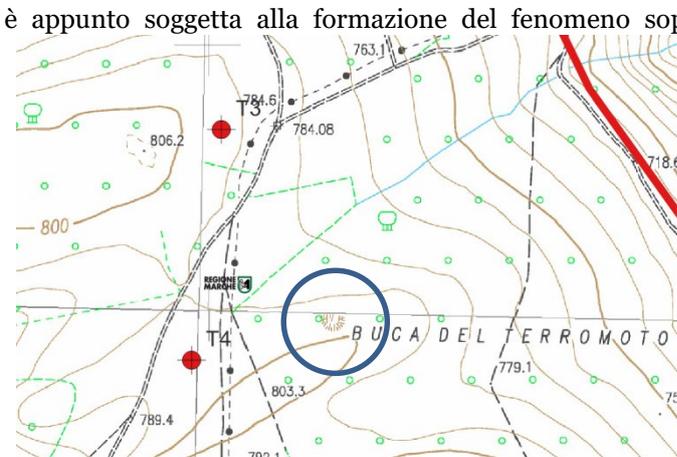


Figura 4 ubicazione della struttura denominata Buca del terremoto

## 5.1 Elementi strutturali

L'Appennino centrale rappresenta il settore più meridionale dell'Appennino settentrionale che può considerarsi come una catena a thrusts costruita a partire dall'Oligocene superiore a spese del paleomargine africano precedentemente assottigliato da fenomeni distensivi (fig14)(Cello G. & Coppola L., 1986)

La struttura dell'Appennino centrale cioè nel tratto di appennino ove insiste l'area in studio è il risultato di processi di accrezione tettonica dovuta alla migrazione verso Nord-Est di un complesso sistema catena-avanfossa (Boccaletti et alii 1986, Cello G., Deiana G., 1996).

Tipici bacini che rappresentano aree di avanfossa che testimoniano la migrazione del sistema verso l'esterno sono, ad esempio verso sud quello della Laga di età messiniana e quello di Camerino ed altri bacini minori a confine con l'Emilia.

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   11/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



Alla fine del Pliocene inferiore, nell'area umbro-marchigiana si completa la costruzione della catena a pieghe e sovrascorrimenti e si originano strutture plicative che assumono direzioni variabili da NW-SE a NNE-SSW (procedendo da nord a sud) e thrusts, solo in parte paralleli alle strutture plicative stesse.

Durante il Pliocene medio superiore, una fase distensiva comincia ad interessare il settore più interno dell'Appennino umbro-marchigiano, mentre i principali fronti compressivi risultano ubicati, almeno in parte, nella fascia marchigiana esterna.

Il sito in studio comprende l'unità appenninica interna rappresentata da un sistema a vergenza africana-adriatica.

Le principali struttura potenzialmente capaci (faglie capaci) presenti nel territorio sono così disposte:

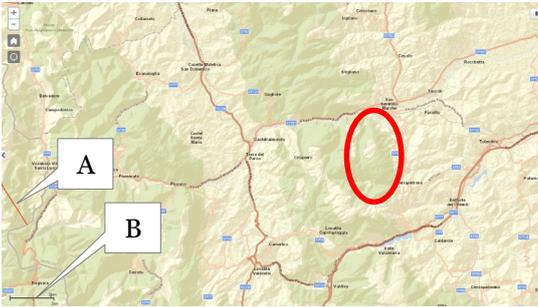
|  |                                      | A normale       | B norm-obli     |
|--|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
|  | SETTING                              |                 |                 |
|  | SYNOPSIS                             |                 |                 |
|  | FAULT NAME                           | Gualdo Tadino   | Colle Croce     |
|  | FAULT CODE                           | 40500           | 401003          |
|  | MACROZONE                            | 4               | 4               |
|  | REGION NAME                          | Umbria          | Umbria          |
|  | SYSTEM NAME                          | Gualdo Tadino   | Colfiorito      |
|  | RANK                                 | Primary         | Primary         |
|  | AVERAGE STRIKE                       | 140             | 170             |
|  | DIP                                  | 50              |                 |
|  | LENGTH (Km)                          | 16              | 15              |
|  | GEOMETRY                             |                 |                 |
|  | SEGMENTATION                         | No              | No              |
|  | DEPTH (Km)                           | 0               | 0               |
|  | LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE) |                 |                 |
|  | LAST ACTIVITY                        |                 | History (<3000) |
|  | ACTIVITY RELIABILITY                 | Low reliability | High eliability |
|  | RECURRENCE INTERVAL (yr)             | 0               | 0               |
|  | SLIP-RATE (mm/yr)                    | 0.6             | 0.3             |
|  | MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH          | 0               | 0               |
|  | MAX CREDIBLE SLIP (m)                | 0               | 0               |
| KNOWN SEISMIC EVENTS   |                                      |                 |                 |
| MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)  | 0                                    | 0               |                 |
| MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)   |                                      |                 |                 |
| STUDY QUALITY  | LOW                                  | HIGH            |                 |
| NOTES  |                                      |                 |                 |

Figura 5 posizione faglie potenzialmente capaci dal sito <http://sqi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>

L'area in esame ricade in una zona sismicamente attiva, interessata negli ultimi decenni da svariati eventi sismici, anche di notevole entità. Seppur il sito interessa la fascia sismogenetica dell'Appennino come sopra indicata, in superficie non si rilevano evidenze della presenza di strutture plicative o faglie attive capaci.

## 5.2 Sismicità

L'Appennino umbro-marchigiano è inglobato in un complesso sistema di strutture sismogenetiche, gran parte dell'area marchigiana, caratterizzata da discreta sismicità, è interposta fra due fasce sismiche. La fascia sismica occidentale (918), corrispondente alla più esterna tra le zone sismogenetiche dell'Appennino umbro-marchigiano e la fascia sismica orientale (sviluppata soprattutto in offshore 917). La parte più occidentale della regione Marche, ove insiste l'area di edificazione, è interessata dalla fascia sismogenetica 918, dove lo studio dell'assetto geometrico delle strutture sismiche e degli eventi da esse generati ha portato alla compartimentazione di strutture sismogenetiche volumetricamente modeste, che non sono in grado di generare, terremoti di magnitudo maggiore di **Mw 6.37**.

| Pagina   12/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |

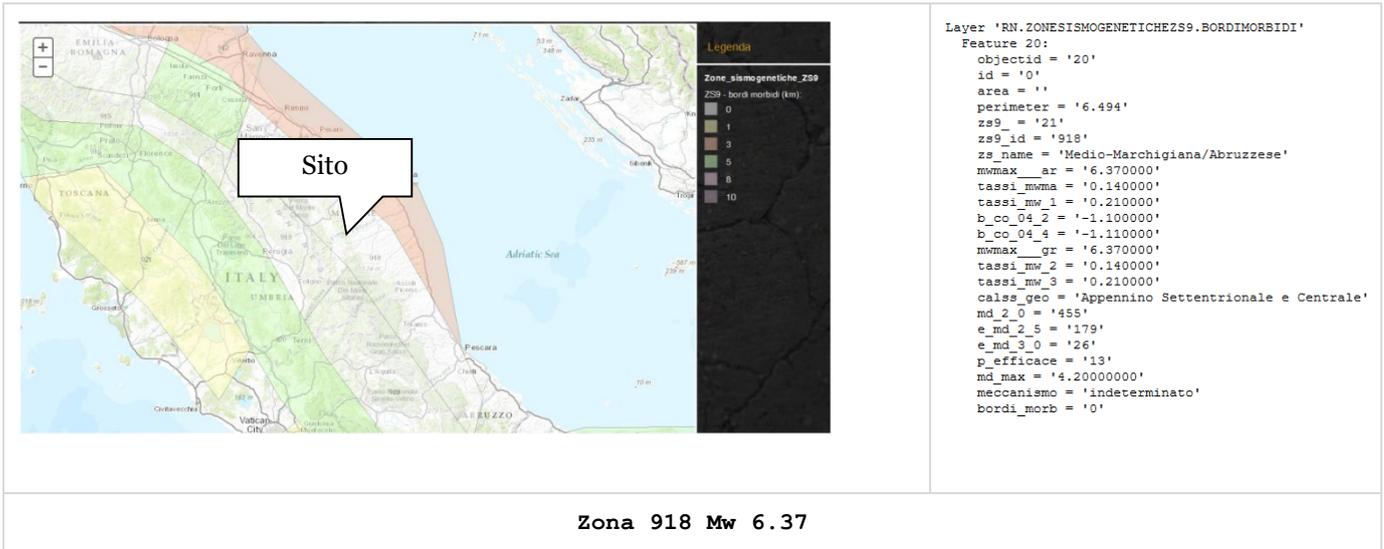


Figura 6 fasce sismogenetiche da <http://www.arcgis.com/apps/TwoPane/main/index.html?appid=6572399dcdbb4621b43c1eec5f6774e1>

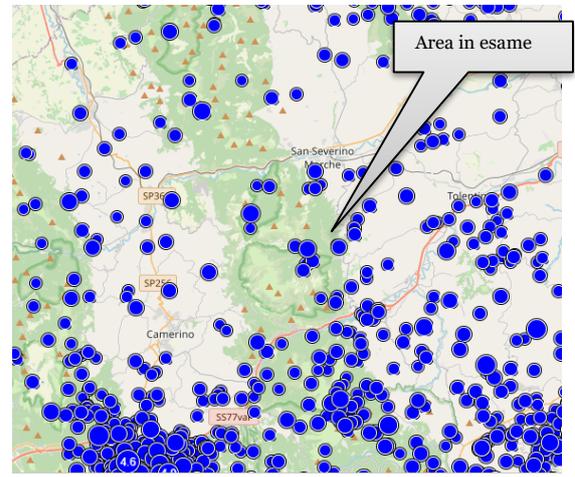
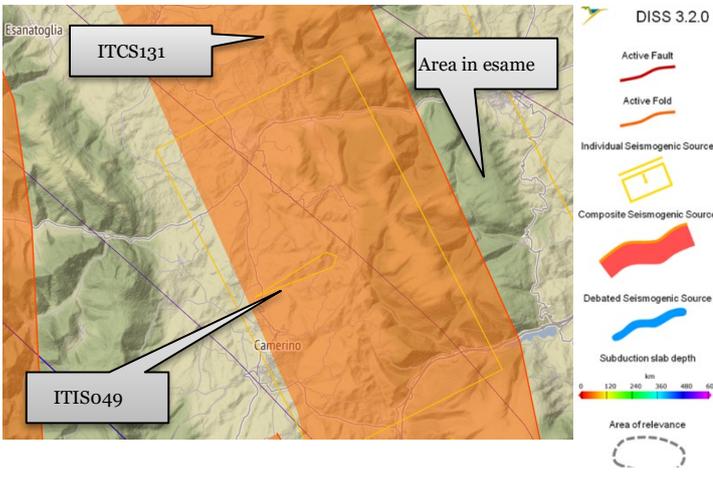


Figura 7 fasce sismogenetiche [http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3\\_INGV/GFMaplet/Default](http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default)

Figura 8 eventi sismici di intensità pari o superiore a ML 2 in prossimità dell'area in studio dal 1985. <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/result.jsp?rst=1&page=EVENTS>

Di seguito le principali strutture che raggruppate per caratteristiche simili caratterizzano la Zona 918.

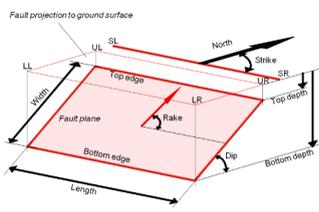


Figura 9 geometrie catalogate in una struttura sismogenetica

|           |          |          |          |                     |
|-----------|----------|----------|----------|---------------------|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina <b>13/61</b> |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |                     |

\\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1\_RELAZIONE

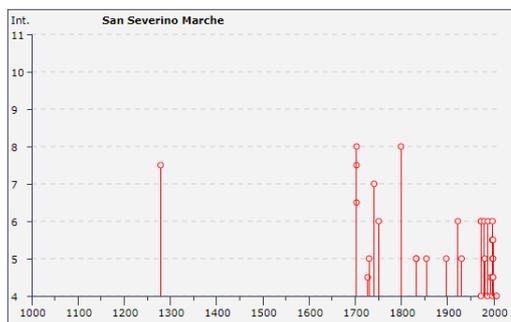


|                               |  |                     |                 |   |  |                     |                 |  |
|-------------------------------|--|---------------------|-----------------|---|--|---------------------|-----------------|--|
| <b>DISS-ID</b>                | ITCS136  |                     |                 | <b>DISS-ID</b>  | ITIS049  |                     |                 |  |
| <b>Name</b>                   | Urbino-Camerino  |                     |                 | <b>Name</b>   | Camerino   |                     |                 |  |
| <b>Compiler(s)</b>            | Vannoli P.(1), Valensise G.(1), Maesano F.E.(1)  |                     |                 | <b>Compiler(s)</b>  | Vannoli P.(1)  |                     |                 |  |
| <b>Contributor(s)</b>         | DISS W.G.(1)   |                     |                 | <b>Contributor(s)</b>   | Valensise G.(1), Vannoli P.(1), Maesano F.E.(1), Fracassi U.(1)  |                     |                 |  |
| <b>Affiliation(s)</b>         | 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy |                     |                 | <b>Affiliation(s)</b>   | 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy |                     |                 |  |
| <b>Created</b>                | 12/10/2020   |                     |                 | <b>Created</b>  | 31/05/2005   |                     |                 |  |
| <b>Updated</b>                | 12/10/2020   |                     |                 | <b>Updated</b>  | 07/07/2020   |                     |                 |  |
| <b>Display map</b>            |  |                     |                 | <b>Display map</b>  |  |                     |                 |  |
| <b>Related sources</b>        | <a href="#">ITIS049</a>  |                     |                 | <b>Related sources</b>  | <a href="#">ITCS136</a>  |                     |                 |  |
| <b>PARAMETRIC INFORMATION</b> |  |                     |                 | <b>PARAMETRIC INFORMATION</b>                                 |  |                     |                 |  |
|                               | <b>Parameter</b>   | <b>Quality</b>      | <b>Evidence</b> |   | <b>Parameter</b>   | <b>Quality</b>      | <b>Evidence</b> |  |
|                               | <b>Min depth [km]</b>  | 2.8                 | LD              | Based on various geological, geodetic and seismological data. | <b>Location [Lat/Lon]</b>  | 43.17 / 13.09       | OD              | Based on macroseismic data of the associated earthquake and geological data. |
|                               | <b>Max depth [km]</b>  | 9.2                 | LD              | Based on various geological, geodetic and seismological data. | <b>Length [km]</b>   | 14.0                | ER              | Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).        |
|                               | <b>Strike [deg] min... max</b>   | 130...170           | LD              | Based on various geological, geodetic and seismological data. | <b>Width [km]</b>  | 9.5                 | OD              | Based on geological cross sections.  |
|                               | <b>Dip [deg] min... max</b>  | 20...50             | LD              | Based on various geological, geodetic and seismological data. | <b>Min depth [km]</b>  | 3.0                 | OD              | Based on geological cross sections.  |
|                               | <b>Rake [deg] min... max</b>   | 260...280           | EJ              | Inferred from regional geological data.                       | <b>Max depth [km]</b>  | 7.8                 | OD              | Based on geological cross sections.  |
|                               | <b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>   | 0.1000...<br>0.5000 | EJ              | Unknown, values assumed from geodynamic constraints.          | <b>Strike [deg]</b>  | 153                 | OD              | Based on geological data.  |
|                               | <b>Max Magnitude [Mw]</b>  | 6.9                 | ER              | Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.            | <b>Dip [deg]</b>   | 30                  | OD              | Based on geological cross sections.  |
|                               |  |                     |                 |   | <b>Rake [deg]</b>  | 270                 | EJ              | Inferred from seismological and geodetic data.                               |
|                               |  |                     |                 |   | <b>Slip Per Event [m]</b>  | 0.70                | ER              | Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).    |
|                               |  |                     |                 |   | <b>Slip rate [mm/y] min...max</b>  | 0.1000...<br>0.5000 | EJ              | Unknown, values assumed from geodynamic constraints.                         |
|                               |  |                     |                 |   | <b>Recurrence [y] min... max</b>   | 1400... 7000        | EJ              | Inferred from slip rate and average displacement.                            |
|                               |  |                     |                 |   | <b>Magnitude [Mw]</b>  | 6.2                 | LD              | Value adopted from the earthquake catalogue CPT115.                          |

Figura 10 caratteristiche delle strutture sismogenetiche presenti nella fascia di territorio studiata, da catalogo DISS v.3.2 <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>



## Storia sismica di San Severino Marche



Località vicine (within 10km)

| Località             | Stato | NMO | Distanza |
|----------------------|-------|-----|----------|
| Belforte del Chienti | IT    | 33  | 9km      |
| Castelraimondo       | IT    | 33  | 10km     |
| Gagliole             | IT    | 27  | 9km      |
| Serrapetrona         | IT    | 28  | 6km      |
| Tolentino            | IT    | 52  | 9km      |

| Effect s | Earthquake occurred: |                             |  |  |                            |
|----------|----------------------|-----------------------------|--|--|----------------------------|
| Is       | data                 | Ax<br>Area epicentrale      | Np<br>Numero di punti,<br>numero di<br>osservazioni<br>macro-sismiche<br>disponibili per il<br>terremoto | Io<br>Intensità macro-sismica epicentrale,<br>da CPT11, espressa in scala MCS,<br>Mercalli-Cancani-Sieberg | Mw<br>Magnitudo<br>momento |
| 7-8      | 1279 04 30 18:00     | CAMERINO                    | 17   | 9  | 6.31 ±0.33                 |
| 6-7      | 1703 01 14 18:00     | Appennino umbro-reatino     | 199  | 11   | 6.74 ±0.11                 |
| 7-8      | 1703 01 16 13:30     | Appennino umbro-reatino     | 22   |  |                            |
| 8        | 1703 02 02 11:05     | Aquilano                    | 71   | 10   | 6.72 ±0.17                 |
| 4-5      | 1727 12 14 19:45     | S.LORENZO IN CAMPO          | 32   | 7  | 5.19 ±0.42                 |
| 5        | 1730 05 12 05:00     | Valnerina                   | 115  | 9  | 5.92 ±0.16                 |
| 7        | 1741 04 24 09:00     | FABRIANESE                  | 145  | 9  | 6.21 ±0.13                 |
| 6        | 1751 07 27 01:00     | Appennino umbromarchigiano  | 68   | 10   | 6.25 ±0.22                 |
| 8        | 1799 07 28 22:05     | Appennino marchigiano       | 71   | 9  | 6.13 ±0.17                 |
| F        | 1805 05 09 01:00     | MACERATA                    | 3  | 5-6  | 4.51 ±0.34                 |
| 5        | 1832 11 14 11:00     | Alta valle del Chienti      | 5  |  |                            |
| 5        | 1832 11 21 21:00     | Alta valle del Chienti      | 8  |  |                            |
| 5        | 1832 12 04 19:00     | Alta valle del Chienti      | 6  | 7-8  | 5.32 ±0.82                 |
| 5        | 1854 02 12 05:00     | Valle del Topino            | 21   | 8  | 5.55 ±0.44                 |
| F        | 1873 03 12 20:04     | Marche meridionali          | 196  | 8  | 5.95 ±0.10                 |
| 3-4      | 1875 03 17 23:51     | Romagna sud-orientale       | 144  |  | 5.93 ±0.16                 |
| 5        | 1897 09 21           | ADRIATICO CENT.             | 44   | 7  | 5.46 ±0.27                 |
| 3        | 1898 06 27 23:38     | RIETI                       | 186  | 8  | 5.49 ±0.12                 |
| 2        | 1898 08 25           | VISSO                       | 66   | 7  | 5.04 ±0.29                 |
| NF       | 1904 11 17 05:02     | Pistoiese                   | 204  | 7  | 5.15 ±0.14                 |
| NF       | 1910 06 29 13:52     | MUCCIAFORA                  | 58   | 7  | 4.86 ±0.33                 |
| 6        | 1922 06 08 07:47     | CALDAROLA                   | 52   | 6  | 4.89 ±0.19                 |
| 3        | 1927 08 16 00:53     | CASTEL SANT'ANGELO          | 17   | 6  | 4.56 ±0.27                 |
| 5        | 1930 10 30 07:13     | SENIGALLIA                  | 263  | 8  | 5.81 ±0.09                 |
| 2-3      | 1933 09 26 03:33     | Maiella                     | 326  | 9  | 5.95 ±0.09                 |
| 6        | 1972 02 04 02:42     | Medio Adriatico             | 75   |  | 4.86 ±0.29                 |
| 6        | 1972 02 04 09:18     | Medio Adriatico             | 56   |  | 4.58 ±0.29                 |
| 4        | 1972 11 26 16:03     | MONTEFORTINO                | 73   | 8  | 5.38 ±0.18                 |
| 6        | 1979 09 19 21:35     | Valnerina                   | 694  | 8-9  | 5.86 ±0.09                 |
| 5        | 1980 11 23 18:34     | Irpinia-Basilicata          | 1394   | 10   | 6.89 ±0.09                 |
| 4        | 1986 10 13 05:10     | Appennino umbro-marchigiano | 322  | 5-6  | 4.65 ±0.09                 |
| 6        | 1987 07 03 10:21     | PORTO SAN GIORGIO           | 359  |  | 5.09 ±0.09                 |
| 4-5      | 1993 06 04 21:36     | Nocera Umbra                | 90   | 5-6  | 4.50 ±0.13                 |

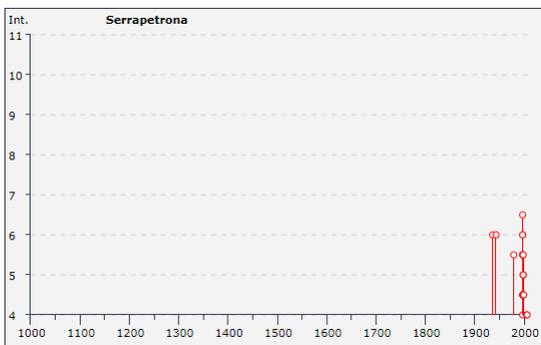


|     |                  |                             |     |     |            |
|-----|------------------|-----------------------------|-----|-----|------------|
| 2   | 1993 06 05 19:16 | GUALDO TADINO               | 326 | 6   | 4.74 ±0.09 |
| 4   | 1997 09 03 22:07 | Appennino umbro marchigiano | 171 | 5-6 | 4.56 ±0.09 |
| NF  | 1997 09 07 23:28 | Appennino umbro-marchigiano | 57  | 5-6 | 4.38 ±0.15 |
| NF  | 1997 09 10 06:46 | Appennino umbro-marchigiano | 47  | 5   | 4.16 ±0.18 |
| 6   | 1997 09 26 00:33 | Appennino umbro-marchigiano | 760 |     | 5.70 ±0.09 |
| 5-6 | 1997 09 26 09:40 | Appennino umbro-marchigiano | 869 | 8-9 | 6.01 ±0.09 |
| 5-6 | 1997 10 03 08:55 | Appennino umbro-marchigiano | 490 |     | 5.25 ±0.09 |
| 5-6 | 1997 10 06 23:24 | Appennino umbro-marchigiano | 437 |     | 5.46 ±0.09 |
| 5   | 1997 10 14 15:23 | Appennino umbro-marchigiano | 786 | 7-8 | 5.65 ±0.09 |
| NF  | 1997 10 23 08:58 | Appennino umbro-marchigiano | 56  |     | 4.31 ±0.25 |
| 4-5 | 1997 11 09 19:07 | Appennino umbro-marchigiano | 180 | 5-6 | 4.90 ±0.09 |
| 3   | 1998 02 07 00:59 | Appennino umbro-marchigiano | 62  | 5-6 | 4.43 ±0.09 |
| 4-5 | 1998 03 21 16:45 | Appennino umbro-marchigiano | 141 | 6   | 5.03 ±0.09 |
| 5   | 1998 03 26 16:26 | Appennino umbro-marchigiano | 408 | 6   | 5.29 ±0.09 |
| 5-6 | 1998 04 05 15:52 | Appennino umbro-marchigiano | 395 | 6   | 4.81 ±0.09 |
| 4-5 | 1998 06 02 23:11 | Appennino umbro-marchigiano | 83  | 5-6 | 4.28 ±0.09 |
| NF  | 2004 12 09 02:44 | Zona Teramo                 | 224 | 5-6 | 4.18 ±0.09 |
| 4   | 2005 04 12 00:31 | Maceratese                  | 137 | 4-5 | 4.16 ±0.14 |
| NF  | 2005 12 15 13:28 | Valle del Topino            | 361 | 5-6 | 4.66 ±0.09 |
| 4   | 2006 04 10 19:03 | Maceratese                  | 211 | 5   | 4.51 ±0.10 |

This file has been downloaded from INGV - DBMI11

Figura 11 storia sismica di San Severino Marche. Record del DBMI11 relativo agli eventi sismici che hanno interessato il comune [http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query\\_place/](http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/)

## Storia sismica di Serrapetrona



### Località vicine (within 10km)

| Località                 | Stato | NMD | Distanza |
|--------------------------|-------|-----|----------|
| Belforte del Chienti     | IT    | 33  | 4km      |
| Caldarola                | IT    | 47  | 5km      |
| Camporotondo di Fiastone | IT    | 19  | 8km      |
| Cessapalombo             | IT    | 26  | 9km      |
| San Severino Marche      | IT    | 53  | 6km      |
| Tolentino                | IT    | 52  | 9km      |

| Effect | Earthquake occurred: |                             |   |   |                            |
|--------|----------------------|-----------------------------|---|---|----------------------------|
| Is     | data                 | Ax<br>Area epicentrale      | Np<br>Numero di punti,<br>numero di<br>osservazioni<br>macrosismiche<br>disponibili per il<br>terremoto | Io<br>Intensità macrosismica epicentrale,<br>daCPTI11, espressa in scala MCS,<br>Mercalli-Cancani-Sieberg | Mw<br>Magnitudo<br>momento |
| NC     | 1799 07 28 22:05     | Appennino marchigiano       | 71  | 9   | 6.13 ±0.17                 |
| 6      | 1936 12 09 07:34     | CALDAROLA                   | 32  | 6-7   | 4.79 ±0.22                 |
| 6      | 1943 10 03 08:28     | Marche meridionali-Abruzzo  | 131   | 8-9   | 5.83 ±0.14                 |
| 5-6    | 1979 09 19 21:35     | Valnerina                   | 694   | 8-9   | 5.86 ±0.09                 |
| 3-4    | 1984 04 29 05:02     | GUBBIO/VALFABBRICA          | 709   | 7   | 5.65 ±0.09                 |
| 3-4    | 1986 10 13 05:10     | Appennino umbro-marchigiano | 322   | 5-6   | 4.65 ±0.09                 |
| 4-5    | 1997 09 03 22:07     | Appennino umbro-marchigiano | 171   | 5-6   | 4.56 ±0.09                 |



|     |                  |                             |     |     |            |
|-----|------------------|-----------------------------|-----|-----|------------|
| 4-5 | 1997 09 07 23:28 | Appennino umbro-marchigiano | 57  | 5-6 | 4.38 ±0.15 |
| 3   | 1997 09 09 16:54 | Appennino umbro-marchigiano | 39  | 5-6 | 4.07 ±0.18 |
| 3   | 1997 09 10 06:46 | Appennino umbro-marchigiano | 47  | 5   | 4.16 ±0.18 |
| 6-7 | 1997 09 26 00:33 | Appennino umbro-marchigiano | 760 |     | 5.70 ±0.09 |
| 6   | 1997 09 26 09:40 | Appennino umbro-marchigiano | 869 | 8-9 | 6.01 ±0.09 |
| 6   | 1997 10 03 08:55 | Appennino umbro-marchigiano | 490 |     | 5.25 ±0.09 |
| 5-6 | 1997 10 06 23:24 | Appennino umbro-marchigiano | 437 |     | 5.46 ±0.09 |
| 5-6 | 1997 10 14 15:23 | Appennino umbro-marchigiano | 786 | 7-8 | 5.65 ±0.09 |
| 4   | 1997 10 23 08:58 | Appennino umbro-marchigiano | 56  |     | 4.31 ±0.25 |
| 4-5 | 1997 11 09 19:07 | Appennino umbro-marchigiano | 180 | 5-6 | 4.90 ±0.09 |
| 4-5 | 1998 02 07 00:59 | Appennino umbro-marchigiano | 62  | 5-6 | 4.43 ±0.09 |
| 5   | 1998 03 21 16:45 | Appennino umbro-marchigiano | 141 | 6   | 5.03 ±0.09 |
| 5-6 | 1998 03 26 16:26 | Appennino umbro-marchigiano | 408 | 6   | 5.29 ±0.09 |
| 5   | 1998 04 05 15:52 | Appennino umbro-marchigiano | 395 | 6   | 4.81 ±0.09 |
| 4-5 | 1998 06 02 23:11 | Appennino umbro-marchigiano | 83  | 5-6 | 4.28 ±0.09 |
| 4-5 | 1999 11 29 03:20 | APPENNINO CENTRALE          | 62  | 5-6 | 4.38 ±0.13 |
| NF  | 2003 05 25 17:15 | Zona Ascoli Piceno          | 92  | 5   | 4.15 ±0.18 |
| NF  | 2004 12 09 02:44 | Zona Teramo                 | 224 | 5-6 | 4.18 ±0.09 |
| 2   | 2005 04 12 00:31 | Maceratese                  | 137 | 4-5 | 4.16 ±0.14 |
| 4   | 2005 12 15 13:28 | Valle del Topino            | 361 | 5-6 | 4.66 ±0.09 |
| 4   | 2006 04 10 19:03 | Maceratese                  | 211 | 5   | 4.51 ±0.10 |

This file has been downloaded from INGV - DBMI11

Figura 12 storia sismica di Serrapetrona. Record del DBMI11 relativo agli eventi sismici che hanno interessato il comune [http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query\\_place/](http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/)

|           |          |          |          |   |       |
|-----------|----------|----------|----------|---|-------|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina  | 17/61 |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |       |



### 5.3 Stratigrafia

La litostratigrafia di seguito mostrata è stata ricavata da:

- indagini indirette eseguite nell'area – sismica a rifrazione (report allegati);
- rilevamento sul territorio;
- consultazione carte geologiche disponibili.

La litostratigrafia rilevata nelle aree dei piloni n° 1, 2, 4, 5, 6, 7 è la seguente:

| DESCIZIONE LITOSTRATIGRAFICA                       |                            |                    |   |
|--|----------------------------|--------------------|---|
| LITOL<br>GI  | PROF.T<br>A' m             | SPES<br>SOR<br>E m | ETA'  |
| <b>Terreno vegetale<br/>Tipo OH</b>                | P.C.<br><br>0.3 –<br>0.5 m | 0.3 – 0.5 m        | Rappresenta la copertura più superficiale dell'area prodotta a seguito della pedogenesi:<br><br>GHIAIA con LIMO SABBIOSO DI COLORE MARRONE SCURO.   |
| <b>Substrato molto<br/>alterato<br/>Tipo SFLPS</b> |                            |                    | Costituisce uno spesso strato di materiali generati dall'alterazione del substrato geologico già intensamente fratturato:<br><br>CALCARI E CALCARI MICRITICI FRATTURATO DI COLORE ROSSO, A STRATI MEDI, LE FRATTURE RIEMPIE DI MATERIALI PROVENIENTI DALLO STRATO SOPRASTANTE, ANDANDO IN PROFONDITA' DIMINUISCE IL NUMERO E LA LARGHEZZA DELLE FRATTURE. |

Tabella 1 descrizione litologica delle aree omogenee presenti al di sotto dei piloni n° 1, 5, 6 e 7.

La litostratigrafia rilevata nella alla base della torre n° 3 risulta la seguente (si consideri comunque che il substrato può avere gradi di alterazione differenti, pertanto anche sotto le torri 1, 2, 4, 5, 6 e 7 possono essere trovati spessori di materiale detritico anche se esiguo):

| DESCIZIONE LITOSTRATIGRAFICA                       |                            |                    |   |
|--|----------------------------|--------------------|---|
| LITOL<br>GI  | PROF.T<br>A' m             | SPES<br>SOR<br>E m | ETA'  |
| <b>Terreno vegetale<br/>Tipo OH</b>                | P.C.<br><br>0.3 –<br>0.5 m | 0.3 – 0.5 m        | Rappresenta la copertura più superficiale dell'area prodotta a seguito della pedogenesi:<br><br>GHIAIA con LIMO SABBIOSO DI COLORE MARRONE SCURO.   |
| <b>Depositi di<br/>versante<br/>Tipo GP</b>        | 2.0 –<br>3.0 m             | 2.7 - 2.5 m        | Costituisce uno spesso strato di materiali messi in posto dall'azione della gravità:<br><br>GHIAIA SABBIOSA A SPIGOLI VIVI.   |
| <b>Substrato molto<br/>alterato<br/>Tipo SFLPS</b> |                            |                    | Costituisce uno spesso strato di materiali generati dall'alterazione del substrato geologico già intensamente fratturato:<br><br>CALCARI E CALCARI MICRITICI FRATTURATO DI COLORE ROSSO, A STRATI MEDI, LE FRATTURE RIEMPIE DI MATERIALI PROVENIENTI DALLO STRATO SOPRASTANTE, ANDANDO IN PROFONDITA' DIMINUISCE IL NUMERO E LA LARGHEZZA DELLE FRATTURE. |

Tabella 1 descrizione litologica delle aree omogenee presenti al di sotto dei piloni n° 2, 3 e 4.

Tale situazione litologica, per le aree in studio, è ben rappresentata nella sezione litostratigrafica allegata (all. n° 5).

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   18/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



## 6. GEOMORFOLOGIA

L'area, ubicata in zona montana appenninica, geomorfologicamente è posta alla sommità di un rilievo, ad una quota compresa tra 854 m e 703 m s.l.m.

L'evoluzione geomorfologica dell'area, cui si deve l'aspetto attuale, è avvenuta in varie fasi e risulta principalmente il frutto dell'assetto strutturale, della natura del substrato e dall'azione degli agenti esogeni.

L'assetto strutturale dell'area, caratterizzato dalle formazioni della Successione Umbro-Marchigiana più francamente marnose, risulta in strati piegati, fortemente tettonizzati e fagliati. In alcuni casi la tettonica compressiva subita dalle rocce risulta talmente forte da nascondere i giunti degli strati e rovesciarli. Tale assetto pone le basi per fenomeni di erosione differenziale ed espone le aree maggiormente soggette a tettonica all'effetto dell'azione degli agenti atmosferici.

Come menzionato in precedenza, il substrato geologico che compone l'area, risulta di tipo marnoso-calcareo e argilloso, talvolta intervallando strati maggiormente calcarei a strati a maggior componente argillosa. Tale caratteristica rende la litologia della scaglia rossa soggetta ad erosione differenziale.

L'area risulta sopraelevata rispetto alla gran parte delle strutture limitrofe e quindi esposta ad agenti atmosferici, la quota, in ogni caso maggiore di 700 m s.l.m., inserisce l'area in un ambiente spiccatamente montano. In gran parte dell'anno si hanno temperature molto basse, soprattutto di notte, e una forte insolazione nelle ore diurne dando luogo a escursioni termiche importanti. L'azione gelo-disgelo, frutto di tali escursioni termiche, provoca la frantumazione del substrato, già di per sé soggetto a disgregazione, creando il caratteristico detrito ghiaioso a spigoli vivi. Tale detrito si dispone in falde addolcendo i pendii e, nelle aree più acclivi, ponendo le basi per la formazione di movimenti franosi di tipo colata detritica (debris flow).

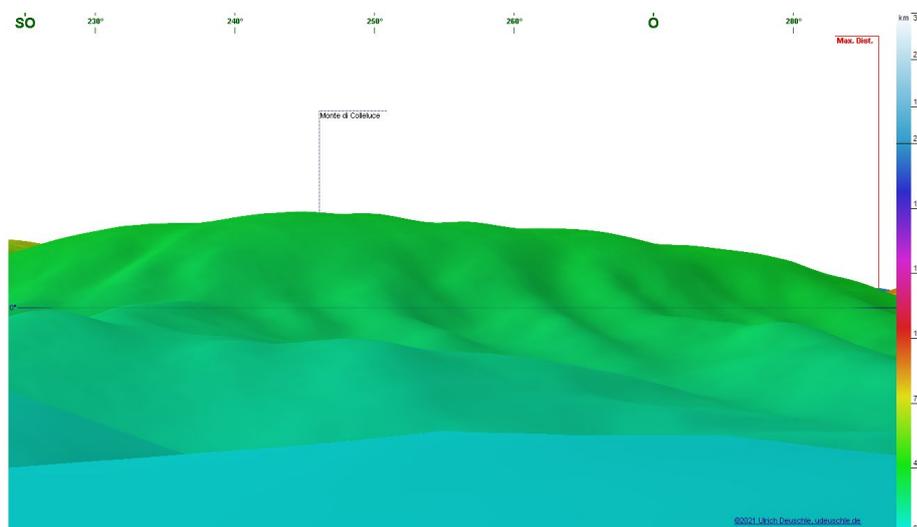


Figura 13 panorama dell'area visto dalla zona collinare ad est

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   19/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |

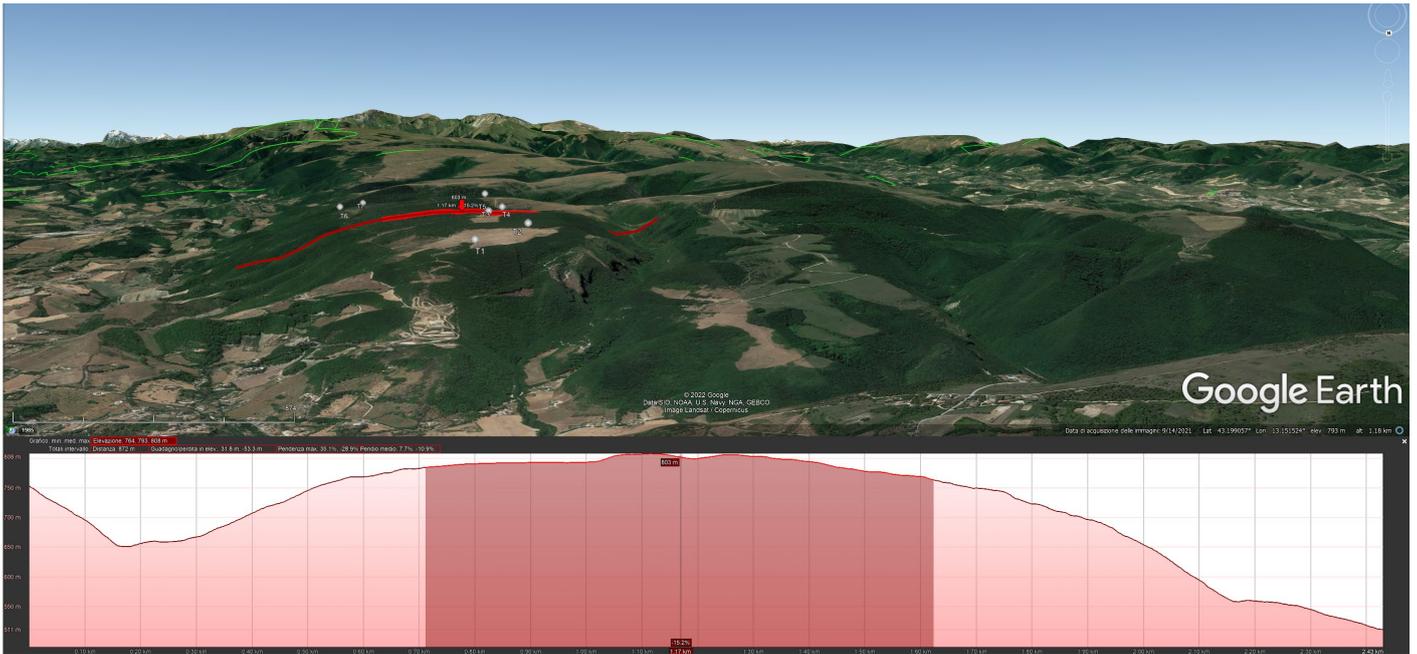
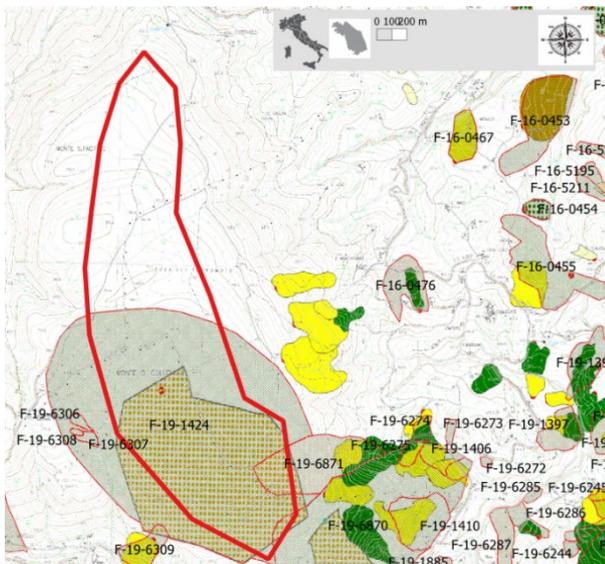


Figura 14 sezione trasversale della valle in cui insiste il manufatto in oggetto



Dal punto di vista dei movimenti gravitativi, l'area in esame, a seguito di un rilevamento di campagna, risulta non problematica. A parere dello scrivente il sito scelto non è interessato da fenomeni geomorfologici attivi e risulta pertanto stabile.

Le cartografie consultate relative ai progetti PAI e IFFI, riportano invece la presenza di fenomeni franosi nell'area posta a sud. Nelle aree indicate come franose dal PAI ricadono i piloni qui denominati 5, 6 e 7. Si conferma comunque che il rilevamento di campagna, come sopra esposto, non ha evidenziato, segni sul terreno riconducibili a dissesti.

Figura 15 stralcio della carta dei dissesti PAI

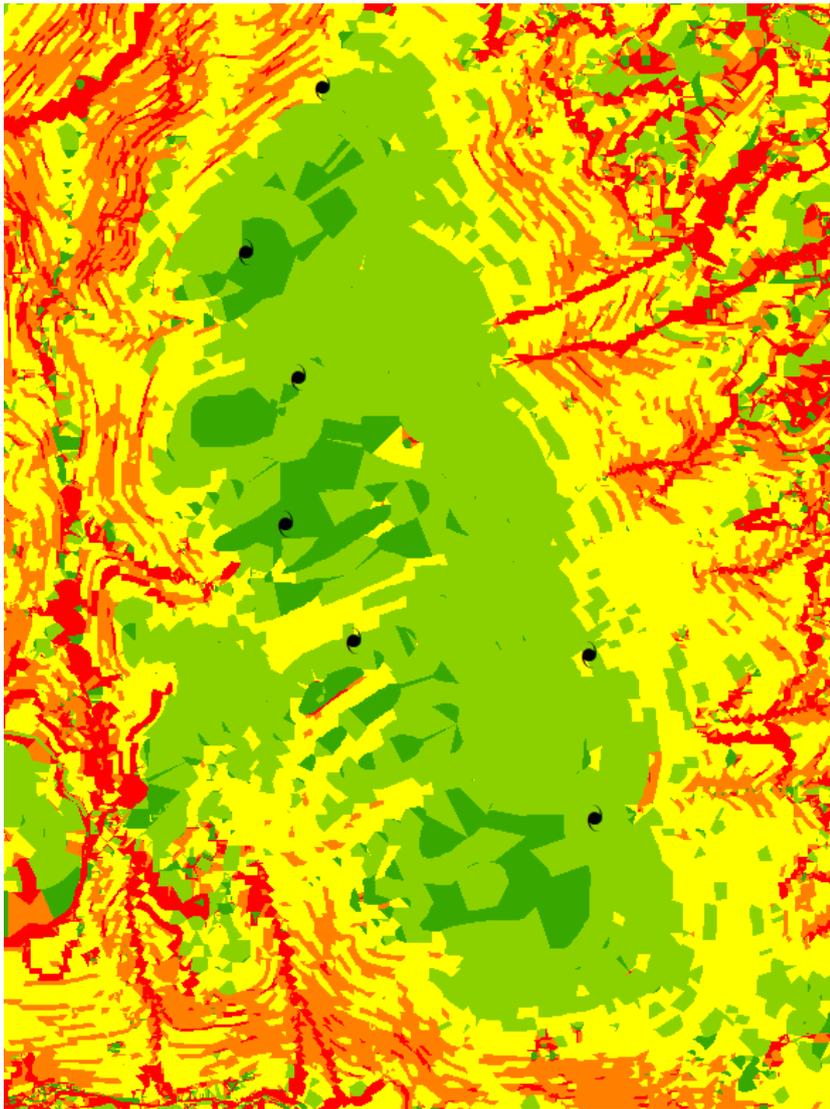
|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   20/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



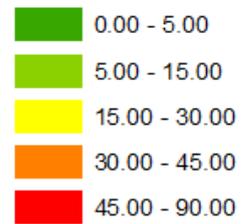
Figura 16 area interessata dal dissesto indicato dal PAI

La stabilità dell'area è anche garantita dalle basse pendenze che la topografia presenta.

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   21/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



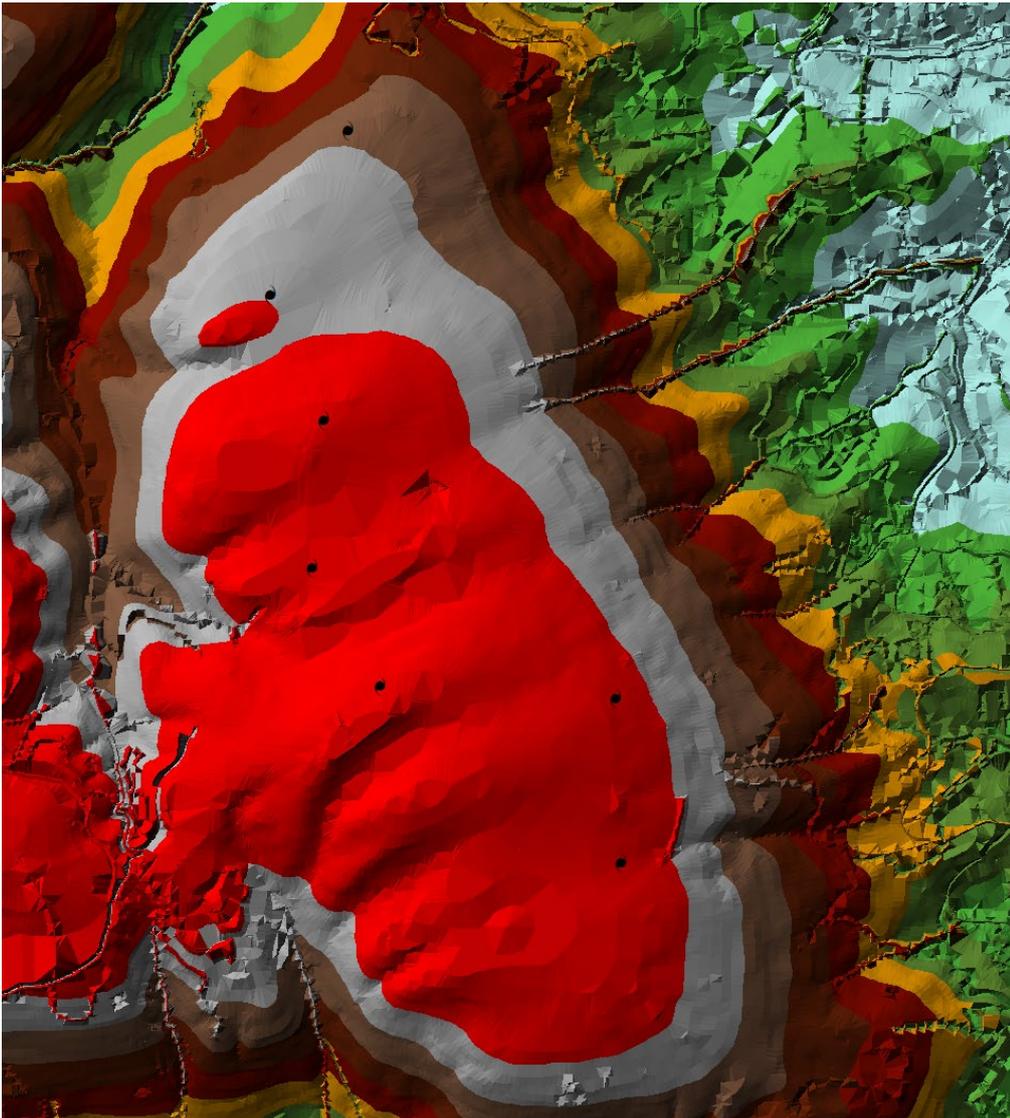
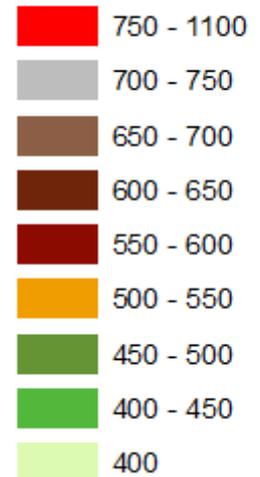
**Slope (degrees)**



POSIZIONE TORRI

*Figura 17 stralcio carta delle pendenze*

|           |          |          |          |
|-----------|----------|----------|----------|
| revisione | 0        | 1        | 2        |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |

**Elevation m.s.l.m.****POSIZIONE TORRI**

*Figura 18 stralcio carta delle pendenze*

I siti di edificazione sono ubicati lungo l'area apicale del rilievo o comunque in aree adiacenti al punto di massimo rilievo, tale condizione implica che il substrato è fortemente soggetto ad erosione favorita anche dalla forte tettonizzazione, tale condizione favorisce in alcuni casi la formazione di detrito di copertura il quale però attualmente risulta di spessore esiguo.

Dal punto di vista delle aree esondabili invece, il sito risulta stabile.

### 6.1 Buca del terremoto

Nell'area in studio, più precisamente qualche centinaio di metri ad est della torre 4, è presente una struttura geologica denominata "Buca del Terremoto". Tale struttura risulta visibile dalle foto aeree dell'area ma non è presente nella letteratura scientifica.

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   <b>23/61</b>   |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |

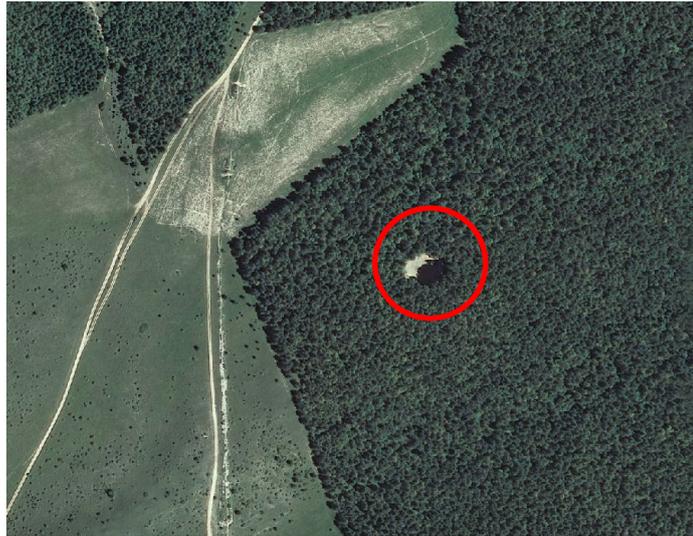


Figura 19 vista della struttura in ortofoto

Dal rilevamento speditivo eseguito si ipotizza che si tratti di un fenomeno denominato Sink-Hole e generato dallo sprofondamento del suolo a causa del cedimento di cavità sotterranee.

Tali strutture sono generate dalla concomitanza di vari fattori tra cui la natura del substrato, la circolazione idrica sotterranea, la presenza di fratture, la porosità e agenti esterni quali scuotimenti sismici.

Si ipotizza che il sink-hole si sia generato durante il terremoto che ha colpito l'area nel 1799, infatti i movimenti tellurici sono tra i fattori innescanti riconosciuti in letteratura per la formazione di tali cavità.

I sink-hole si formano ovunque ci siano cavità sotterranee suscettibili a crollo, possono essere antropici, per il crollo di tunnel creati dallo sfruttamento minerario, o carsici, per il crollo di cavità create per carsismo. In letteratura sono presenti numerosi scenari e fattori predisponenti per la loro formazione che includono la circolazione di acqua nel sottosuolo, soprattutto se risultano aggressive.

Nel caso in esame, non essendoci studi di dettaglio che ne indaghino le cause, si ipotizza che la natura dello sprofondamento sia imputabile al substrato che predispone alla formazione di cavità sotterranee e all'evento sismico che ne ha causato il crollo.

I sink-hole sono elementi di forte rischio dato che sono fenomeni che possono avvenire rapidamente e le cui cause sono connesse alla presenza di cavità sotterranee.

#### 6.1.1 **Analisi preliminare delle cavità**

Visto quanto precedentemente affermato, in relazione alla presenza di cavità sotterranee, di seguito si intende analizzare preliminarmente le aree di posa degli aerogeneratori, al fine di verificare la sussistenza di eventuali cavità che possano determinare criticità per il progetto.

A tal fine verranno qui analizzate le indagini sismiche (indirette) eseguite nei vari punti di edificazione. Tali indagini verranno discusse singolarmente nei paragrafi successivi.

La rilevazione della presenza di cavità sotterranee viene fatta in base alle risultanze delle indagini di micro-tremori e di sismica a rifrazione.

Nelle indagini di micro-tremori ambientali HVSr la presenza di cavità può essere segnalata da forti inversioni. Tali inversioni possono a loro volta mostrarsi quando la componente verticale presenta un'ampiezza maggiore rispetto le altre due componenti. Si precisa che questa è un'analisi indiretta e preliminare, possiede una buona affidabilità a basse frequenze (<10 Hz), mentre a frequenze maggiori, la misura risente fortemente di disturbi dovuti all'alterazione dei primi decimetri di terreno. Al fine di quantificare in via indicativa la profondità delle inversioni (probabile sintomo di cavità), è stata utilizzata la correlazione che sta alla base della tecnica HVSr.

Tale correlazione è la seguente:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

dove  $f_r$  è la frequenza di risonanza,  $V_s$  è la velocità delle onde S e H è la profondità dello strato elastico.

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   24/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |

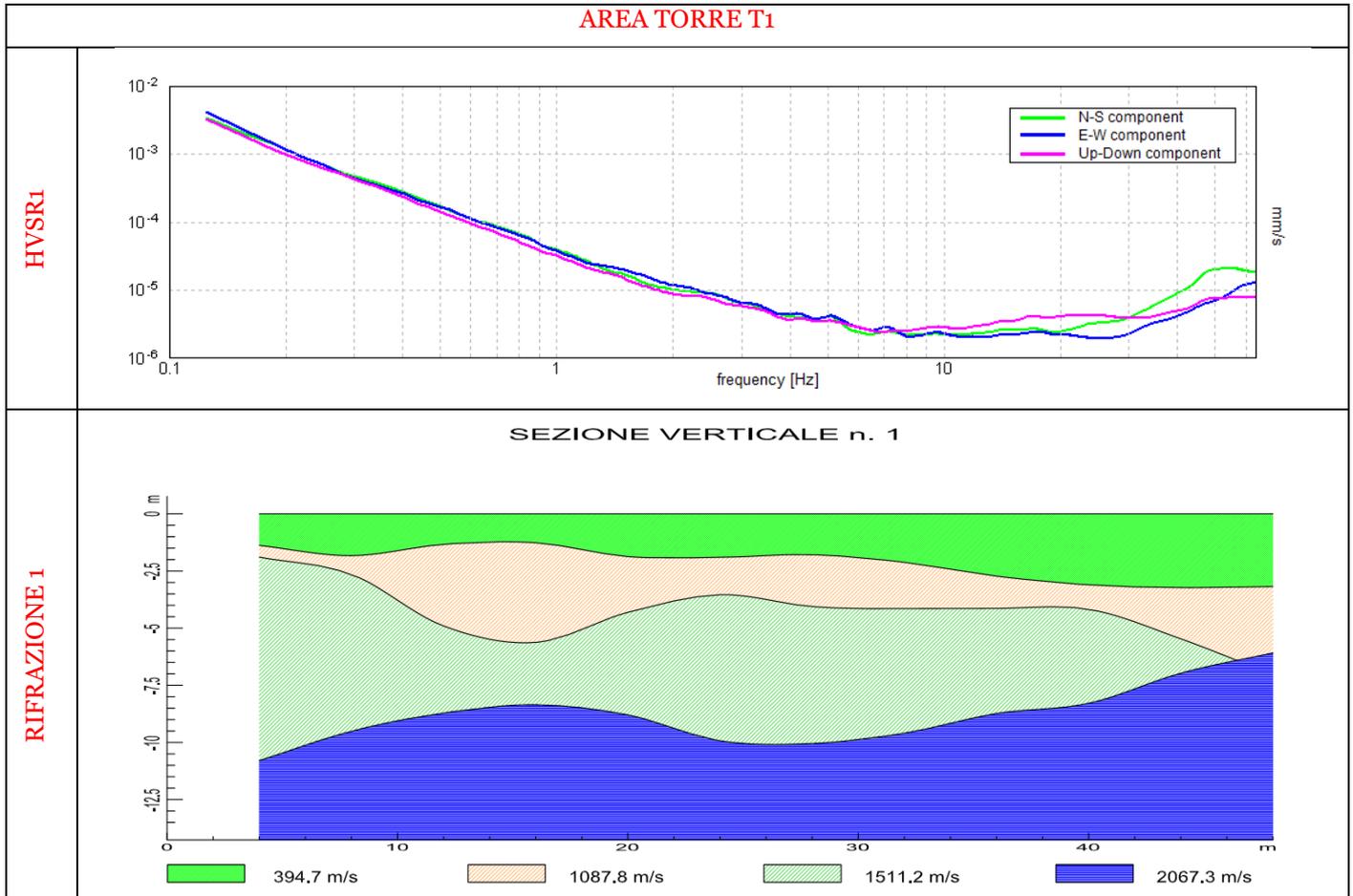


Dalla formula proposta si può ricavare la profondità H sapendo la frequenza di picco (in questo caso equivale a quella in cui si ha l'inversione) e la velocità delle onde S (derivante dalle indagini o stimata). In questo caso risulta:

$$H = \frac{V_s}{4 f_r}$$

Tale correlazione restituisce una stima approssimativa della profondità alla quale è presente l'inversione rilevata.

Nelle indagini di sismica a rifrazione invece la presenza di ampie cavità può essere segnalata da importanti inversioni di velocità delle onde.

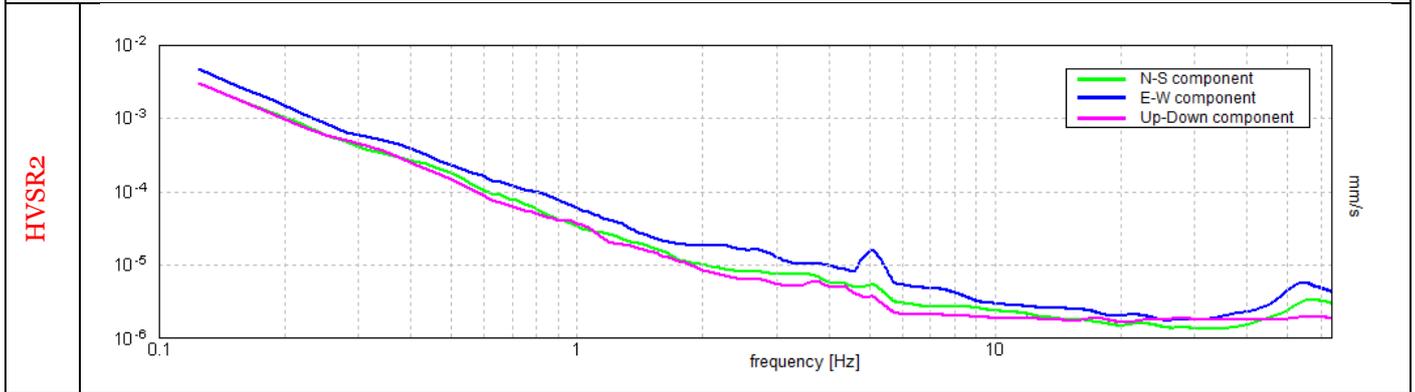


Da quanto osservato dalle indagini indirette eseguite, non si rilevano segni che possano indicare la presenza di cavità sepolte. Seppur presente una lunga inversione ad alte frequenze, secondo la relazione sopra descritta, la stessa risulta superficiale; pertanto, influente ai fini del progetto.

La sismica a rifrazione segnala un profilo che mostra un aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche con la profondità; pertanto, anch'essa non segnala la presenza di inversioni e quindi cavità.

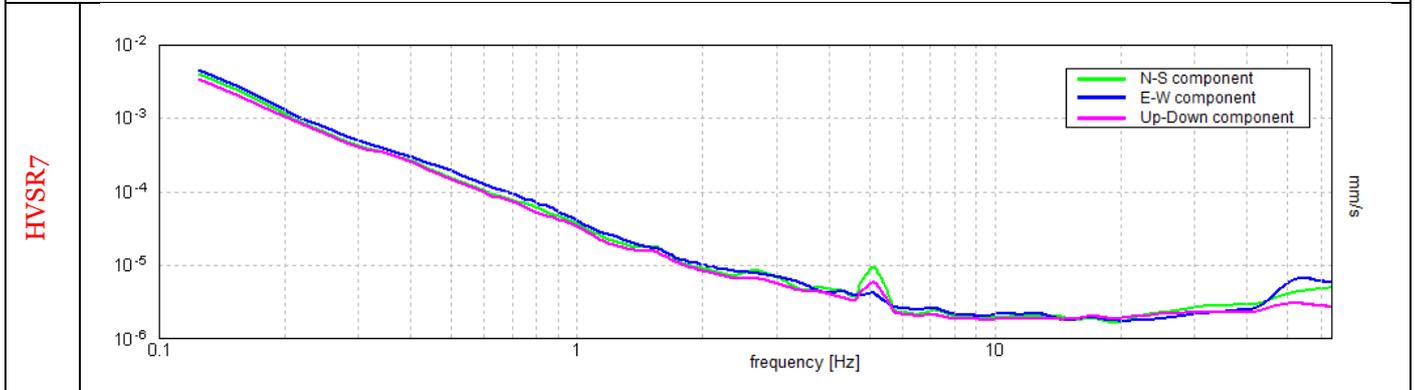


### AREA TORRE T2



Da quanto osservato dall'indagine indiretta eseguita, non si rilevano segni che possano indicare la presenza di cavità sepolte. Nello spettro proposto non si rileva la presenza di inversioni significative che possano segnalare cavità.

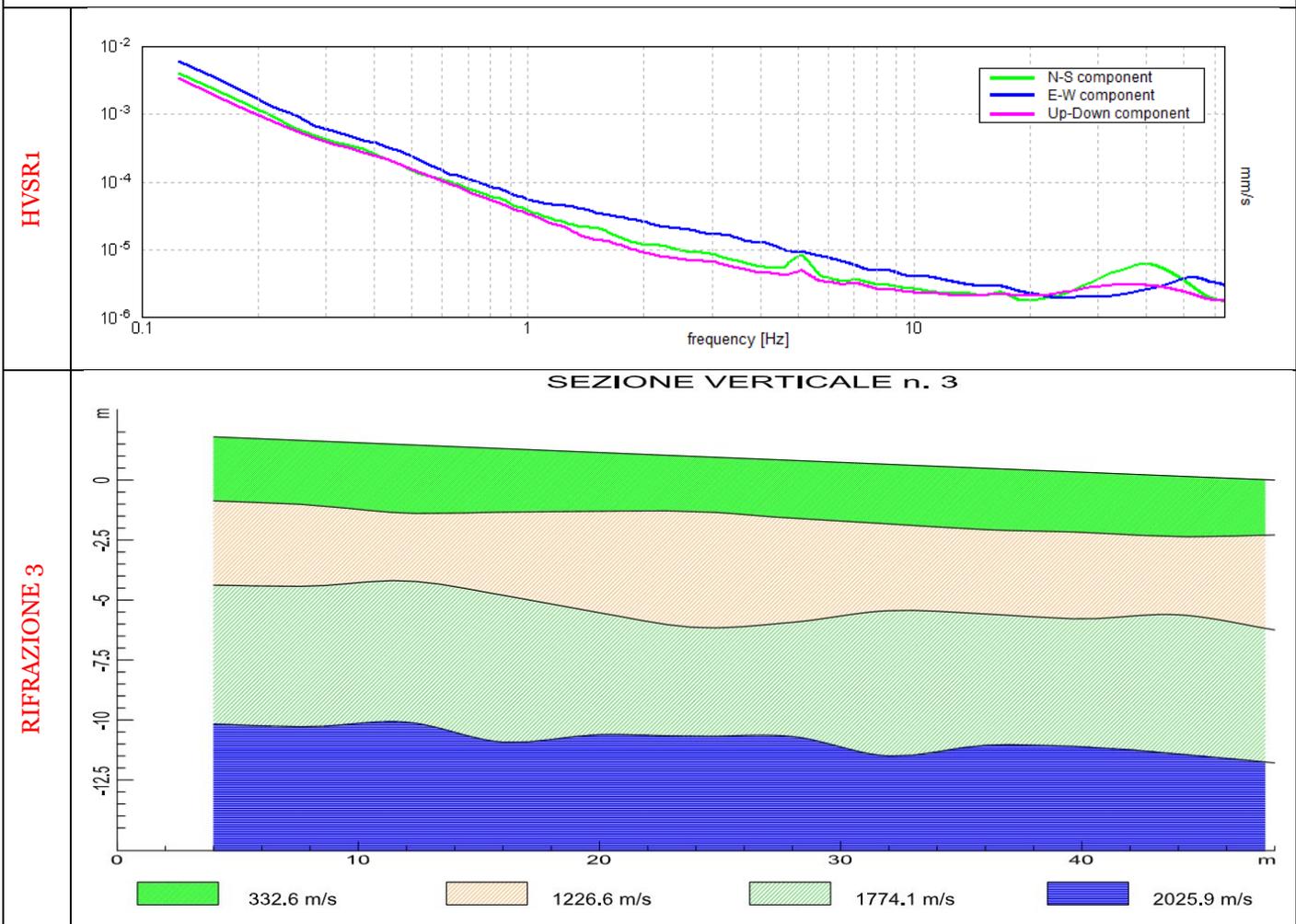
### AREA TORRE T3



Da quanto osservato dall'indagine indiretta eseguita, non si rilevano segni che possano indicare la presenza di cavità sepolte. Nello spettro proposto non si rileva la presenza di inversioni significative che possano segnalare cavità.



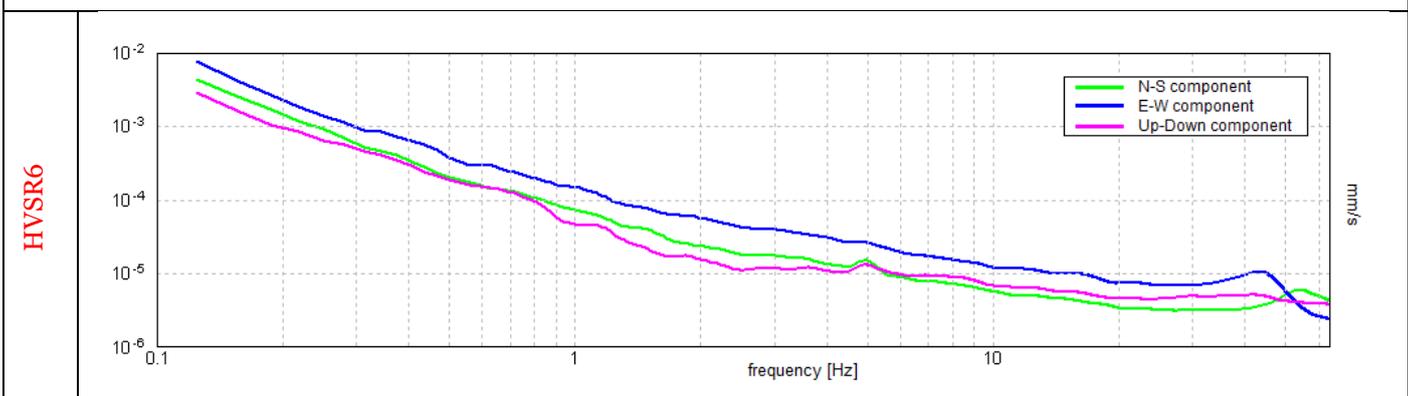
AREA TORRE T4



Da quanto osservato dalle indagini indirette eseguite, non si rilevano segni che possano indicare la presenza di cavità sepolte. Lo spettro a tre componenti dell'indagine HVSR non segnala la presenza di inversioni di velocità.

La sismica a rifrazione segnala un profilo che mostra un aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche con la profondità; pertanto, anch'essa non segnala la presenza di inversioni e quindi cavità.

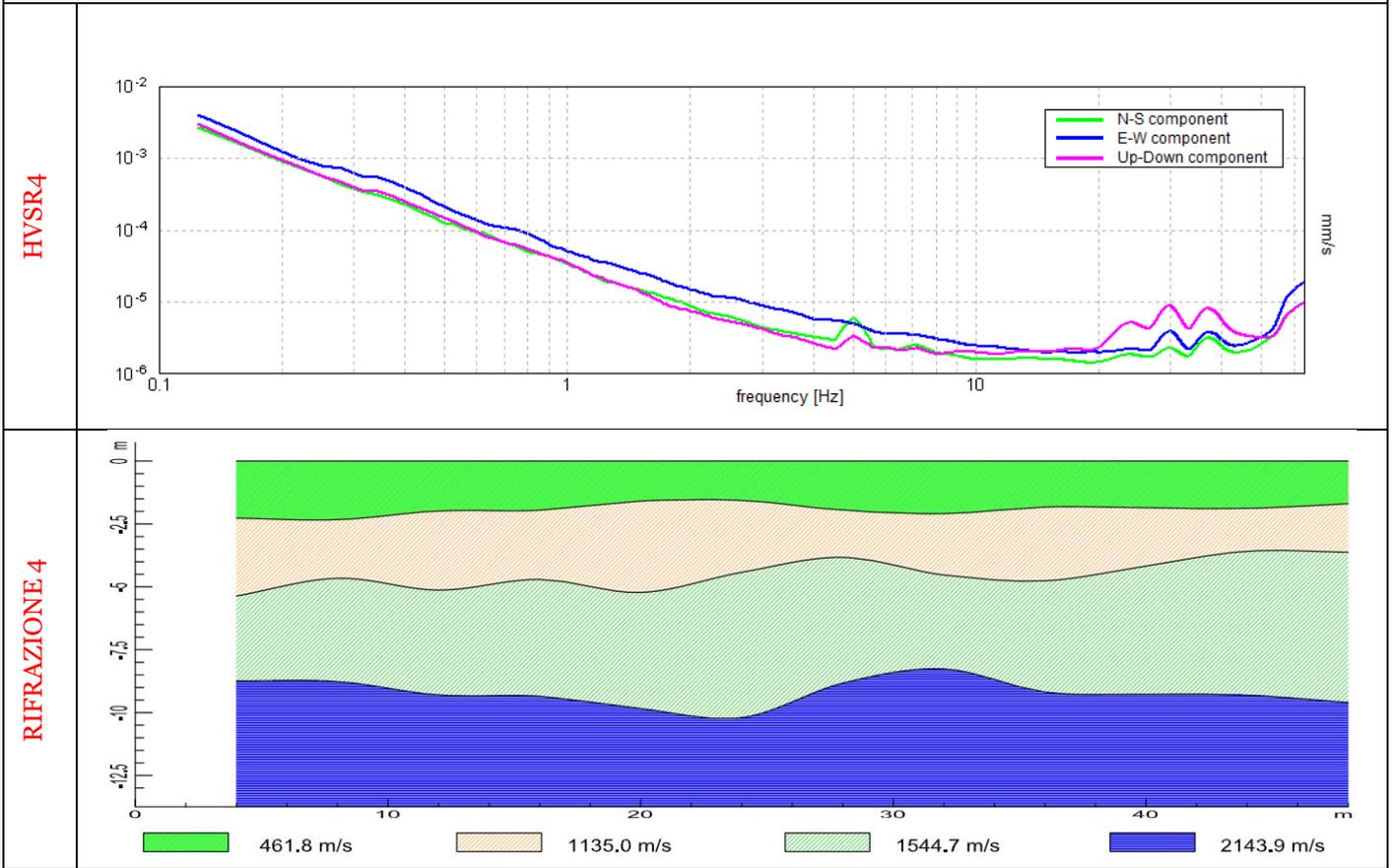
AREA TORRE T5



Da quanto osservato dall'indagine indiretta eseguita, non si rilevano segni che possano indicare la presenza di cavità sepolte. Nello spettro proposto non si rileva la presenza di inversioni significative che possano segnalare cavità.



AREA TORRE T6

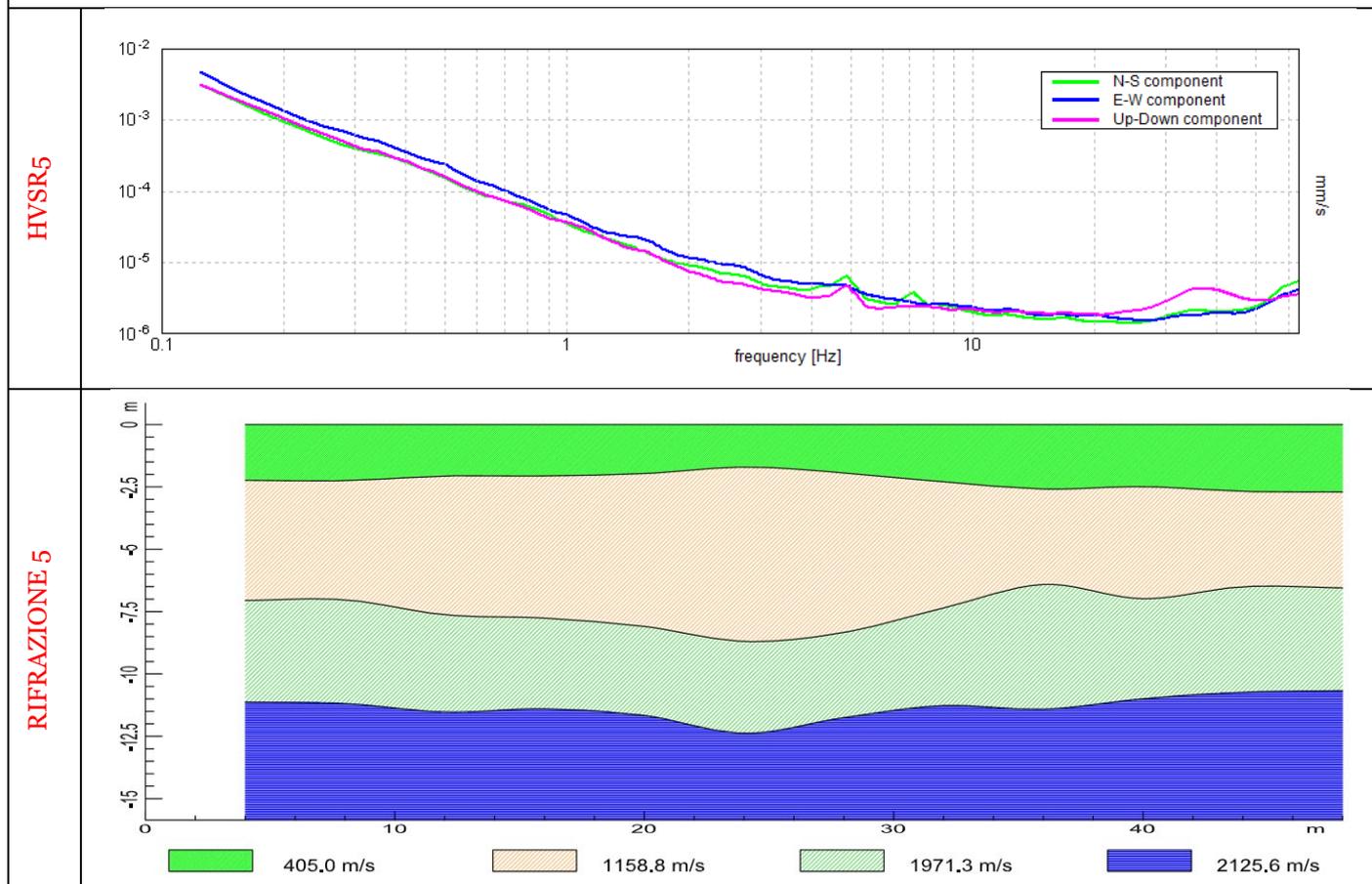


Da quanto osservato dalle indagini indirette eseguite, non si rilevano segni che possano indicare la presenza di cavità sepolte. Seppur presente un'inversione ad alte frequenze, secondo la relazione sopra descritta, la stessa risulta superficiale dettata da disturbi artefatti; pertanto, ininfluente ai fini del progetto.

La sismica a rifrazione segnala un profilo che mostra un aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche con la profondità; pertanto, anch'essa non segnala la presenza di inversioni e quindi cavità.



AREA TORRE T7



Da quanto osservato dalle indagini indirette eseguite, non si rilevano segni che possano indicare la presenza di cavità sepolte. Seppur presente un'inversione ad alte frequenze, secondo la relazione sopra descritta, la stessa risulta superficiale; pertanto, ininfluenza ai fini del progetto.

La sismica a rifrazione segnala un profilo che mostra un aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche con la profondità; pertanto, anch'essa non segnala la presenza di inversioni e quindi cavità.

Le indagini sopra discusse risultano indirette e possono dare soltanto indicazioni riguardo la presenza o meno di cavità. Esse serviranno comunque come base per nuovi approfondimenti mirati anche alla determinazione più puntuale della presenza di cavità.

Tali approfondimenti verranno eseguiti in occasione del progetto esecutivo in cui si pianificheranno indagini dirette quali sondaggi a carotaggio continuo.

6.2 Visibilità delle pale

A titolo di esempio è stata fatta un'elaborazione (vedi tavola A4) per determinare quanto la morfologia del territorio maschera la vista delle pale. Nell'elaborazione sono stati considerati dei piloni di 40 m e un areale di 10 km<sup>2</sup>.

Nello specifico considerando un osservatore posizionato in ogni punto all'interno dell'areale considerato (10 km<sup>2</sup>) in quanto di questi punti sono visibili le torri.

Da ciò si evince che la maggior visibilità dell'impianto si ha verso NE, mentre, per le pale 5, 6 e 7 la visibilità si prolunga anche nelle aree a est e sud.

Il software utilizzato nell'elaborazione è un applicativo di Google Earth Pro- esso genera immagini virtuali della Terra utilizzando immagini satellitari, fotografie aeree e dati topografici memorizzati in una piattaforma GIS (Geographical Information System). Il livello di dettaglio raggiungibile da un punto di vista planimetrico è diverso dalla zona osservata: in prossimità delle principali città del pianeta il servizio è in grado

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   29/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



di mostrare immagini con una risoluzione inferiore al metro quadrato, per la maggior parte della crosta terrestre risulta essere di circa 15 metri.

L'errore medio altimetrico sulle quote ottenute dal servizio di Google Earth è risultato pari a circa 2,5m, inferiore a quello connesso all'uso delle cartografie tradizionali che, con riferimento ad una scala 1:10.000 vale  $\pm 5m$ .

Si evidenzia comunque che le prove fatte da analisti e riportate su vari articoli, hanno permesso di constatare come, nel confronto con il rilievo di dettaglio, la cartografia tecnica risulti quasi sempre più accurata rispetto a Google Earth. In tale lavoro però, essendo l'areale piuttosto esteso, l'errore viene limitato, e comunque in questo contesto si vogliono dare soltanto delle indicazioni da poter essere approfondite in elaborazioni specifiche e di dettaglio.

## 7. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

### 7.1 Idrografia superficiale

L'area in oggetto risulta ricadere parzialmente nell'ambito del bacino idrografico del Fiume Potenza e parzialmente in Quello del Chienti a sud. Lo spartiacque che divide i due bacini, infatti, è posto in prossimità dei piloni 5 e 6. In loco non esiste un sistema idrologico organizzato, pertanto le acque meteoriche defluiscono diffusamente seguendo le pendenze topografiche e guidate dalla linea di spartiacque dei bacini.

Per quanto detto quindi, le precipitazioni che interesseranno l'area, subiranno ruscellamento superficiale diffuso per poi essere raccolte da fossi e impluvi presenti più a valle e condotte ai rispettivi assi di drenaggio principali (Potenza e Chienti). Osservando la tavola A7. Si evince che a nord del parco eolico è presente l'esteso bacino del fiume Potenza mentre a sud quello del Chienti.

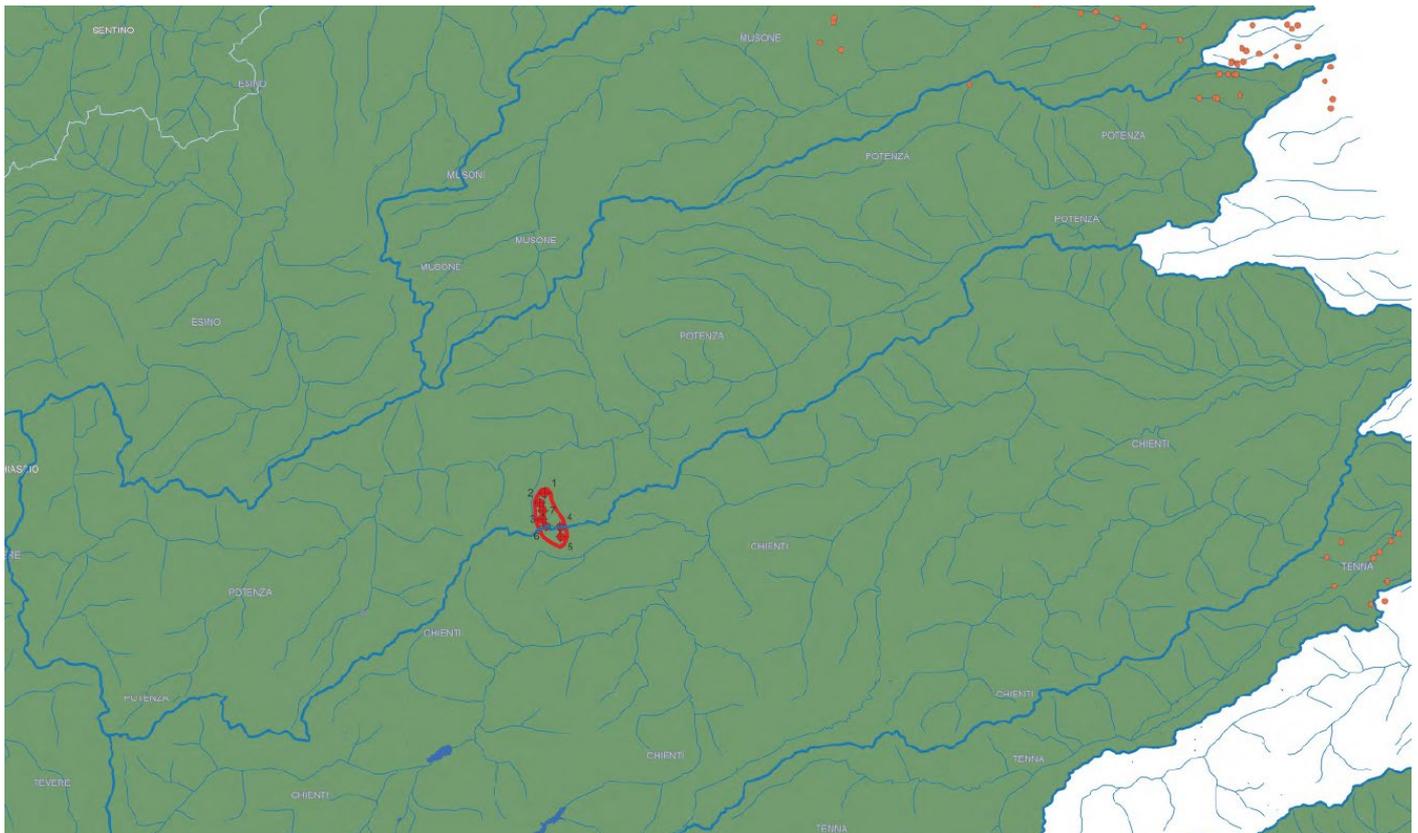


Figura 20 idrologia del sito stralcio della tavola dei bacini A7 con indicate le aste fluviali principali e secondarie

### 7.2 Acque sotterranee

Dal rilevamento eseguito e dalle indagini dirette non è stata rilevata la presenza di una falda idrica in profondità limitatamente allo spessore di terreni indagato.

Vista la natura delle coperture detritiche prevalentemente ghiaiosa e del substrato intensamente fratturato, non si esclude la presenza di una falda idrica impostata molto in profondità. La scaglia rossa infatti nel sistema geologico

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   30/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



Umbro Marchigiano funge da importante acquifero conservando importanti riserve d'acqua. Nel sistema idrogeologico marchigiano la scaglia rossa con la bianca e la porzione calcarea delle marne a Fucoidi costituiscono un acquifero, mentre la sottostante porzione a componente marnoso argillosa delle Marne a Fucoidi Funge da acquiclude.

La permeabilità delle coperture è di tipo primario in quanto derivante dalla struttura dei granuli, la permeabilità della formazione rocciosa è di tipo secondario in quanto dovuta alla fratturazione della roccia.

Da un punto di vista strettamente idrogeologico i sedimenti presenti nell'intorno del sito in studio possono essere così distinti:

Per le aree delle torri n° 1, 2, 4, 5, 6 e 7 è la seguente (si consideri comunque che il substrato può avere gradi di alterazione differenti, pertanto anche sotto le torri 1, 2, 4, 5, 6 e 7 possono essere trovati spessori di materiale detritico anche se esiguo):

| spessore  | Grado di permeabilità |                  |                  |                  |      | K<br>m/s                          | litologia                     | Descrizione   |
|-----------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------|-----------------------------------|-------------------------------|---|
|           | 10 <sup>-9</sup>      | 10 <sup>-7</sup> | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-3</sup> |      |                                   |                               |   |
|           | Imper-meabili         | Molto basso      | basso            | Medio            | alto |                                   |                               |   |
| 0.3 – 0.5 |                       |                  |                  |                  |      | 10 <sup>-3</sup> 10 <sup>-5</sup> | Terreno vegetale tipo OH      | Tale materiale costituito in prevalenza da elementi fini (limo e sabbia) presenta elementi grossolani quali giaia.<br>Nel complesso può essere quindi considerato<br><br><b>"terreni a drenaggio buono"</b> |
|           |                       |                  |                  |                  |      | >10 <sup>-3</sup>                 | Substrato alterato Tipo SFLPS | Nel complesso risulta permeabile grazie all'intensa fratturazione che tale litologia presenta. Tale litologia quindi può considerarsi:<br><br><b>"terreni a drenaggio alto"</b>                             |

Per l'area della torre n° 3 è la seguente:

| spessore  | Grado di permeabilità |                  |                  |                  |      | K<br>m/s                          | litologia                     | Descrizione   |
|-----------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------|-----------------------------------|-------------------------------|---|
|           | 10 <sup>-9</sup>      | 10 <sup>-7</sup> | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-3</sup> |      |                                   |                               |   |
|           | Imper-meabili         | Molto basso      | basso            | Medio            | alto |                                   |                               |   |
| 0.3 – 0.5 |                       |                  |                  |                  |      | 10 <sup>-3</sup> 10 <sup>-5</sup> | Terreno vegetale tipo OH      | Tale materiale costituito in prevalenza da elementi fini (limo e sabbia) presenta elementi grossolani quali giaia.<br>Nel complesso può essere quindi considerato<br><br><b>"terreni a drenaggio buono"</b> |
| 2.7 – 2.5 |                       |                  |                  |                  |      | >10 <sup>-3</sup>                 | Detrito di versante tipo GP   | La circolazione di fluidi attraverso tale orizzonte è assicurata dalla granulometria dei sedimenti che lo compongono costituito prevalentemente di ghiaia.<br><br><b>"terreni a drenaggio alto"</b>         |
|           |                       |                  |                  |                  |      | >10 <sup>-3</sup>                 | Substrato alterato Tipo SFLPS | Nel complesso risulta permeabile grazie all'intensa fratturazione che tale litologia presenta. Tale litologia quindi può considerarsi:<br><br><b>"terreni a drenaggio alto"</b>                             |

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   31/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



Tabella 2 classificazione permeabilità terreni

## 8. INDAGINI

La caratterizzazione dei terreni in sito, che ha permesso una corretta modellazione geologica, geotecnica e sismica, è stata effettuata mediante le seguenti indagini:

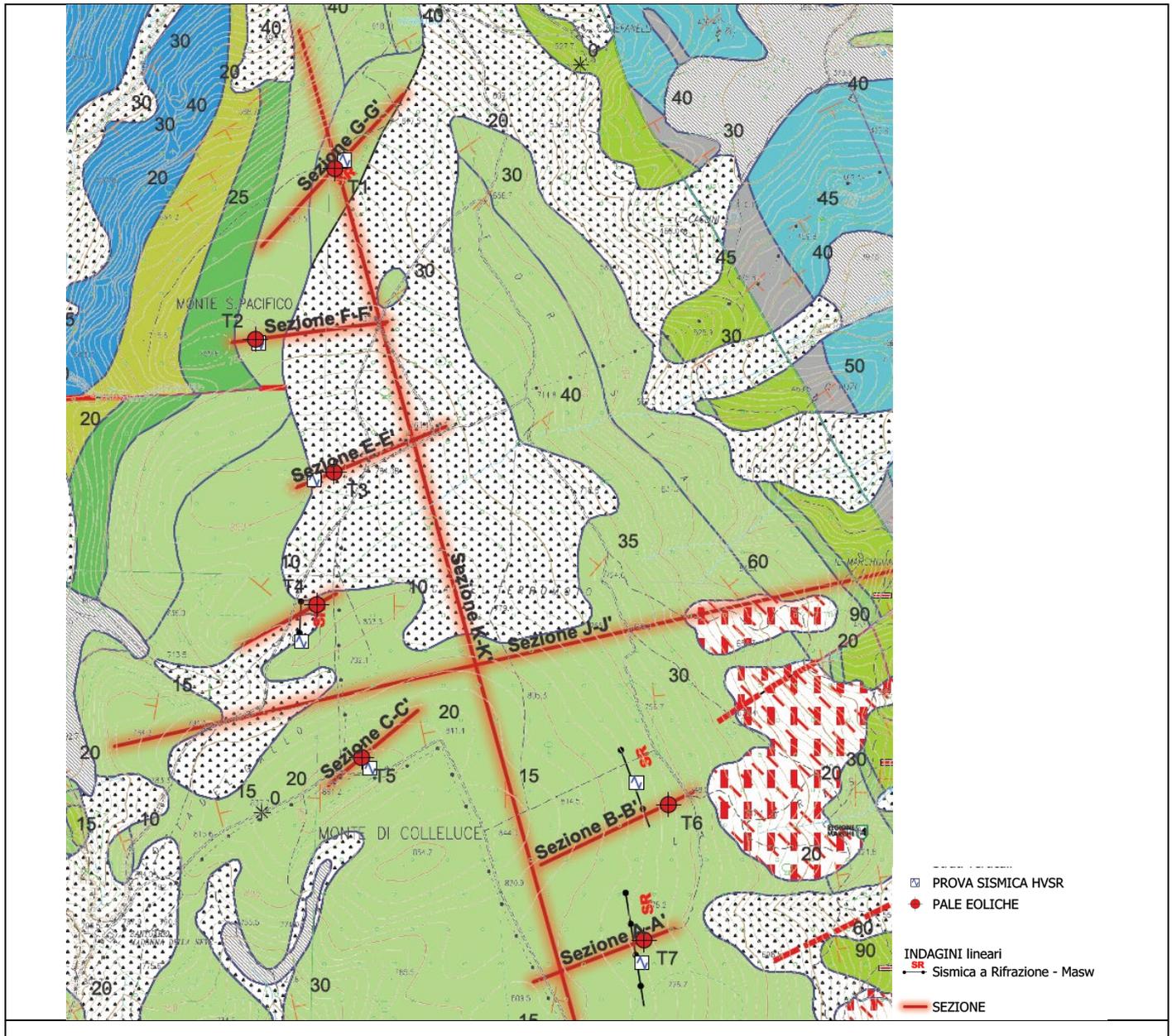


Figura 21 pianta ubicazione indagini

n.4 Indagini sismiche a rifrazione  
n.7 Indagini di sismica passiva tipo HVSR

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   32/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



### 8.1 Indagini sismiche

Per la scelta dell'ubicazione delle indagini si è proceduto cercando di individuare aree omogenee dal punto di vista geologico, in tal modo sono state effettuate le prove sulle litologie rappresentative dell'area in studio, riducendo, per questa fase, i punti d'indagine. Le informazioni ottenute sono state poi riportate per analogia anche a quelle aree non indagate.

Dall'osservazione delle caratteristiche geologiche del sito è possibile effettuare il seguente raggruppamento (raggruppamenti fatti sulla base della cartografia).

|  | Torre    | Caratteristiche carta geologica         | Caratteristiche geomorfologica |
|--|----------|---|--------------------------------|
| Caratteristiche geologico geomorfologiche simili | T5,T6,T7 | Formazione Scaglia rossa sub-affiorante | Segnalato dissesto             |
|  | T1,T2,T4 | Formazione Scaglia rossa sub-affiorante | Area stabile                   |
|  | T3       | Presenza di detrito                     | Area stabile                   |

Di seguito verranno elencate e descritte tutte le indagini riferite ai singoli siti di costruzione delle torri.

#### 8.1.1 TORRE 1 (vedere tavola A10)

E' stata eseguita la sismica a rifrazione denominata "Rifrazione 1" e un'indagine di sismica passiva denominata HVSR 1. Le caratteristiche del sito sono la presenza di substrato affiorante intensamente fratturato.

##### 8.1.1.1 Rifrazione 1

È stato eseguito uno stendimento con distanza intergeofonica 4 m. per una lunghezza di 44 metri con scoppi esterni posti a 4 metri rispetto ai geofoni estremi della linea.

Sono stati eseguiti n. 4 scoppi di cui n. 2 esterni e due centrali allo stendimento (v.d.r. report allegato).

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 17.01.2018, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, il substrato sismico di 800 m/s si rinviene dopo tale profondità.

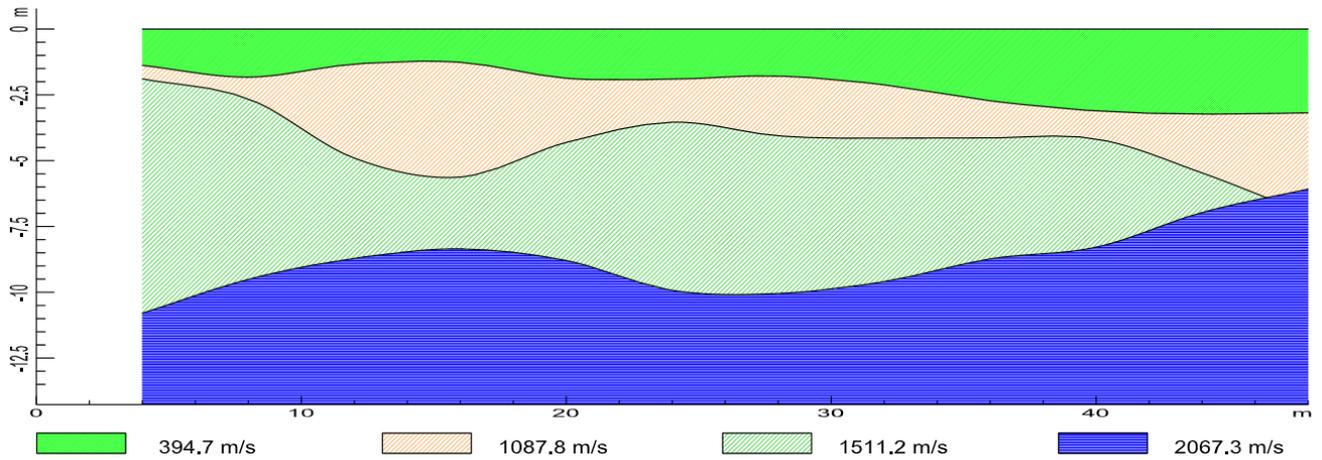
| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 170,00   | 394,70   | 2,00     |
| 2         | 470,00   | 1087,80  | 3,00     |
| 3         | 650,00   | 1511,20  | 5,00     |
| 4         | 780,00   | 2067,30  | 20,00    |



**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.

**SEZIONE VERTICALE n. 1**



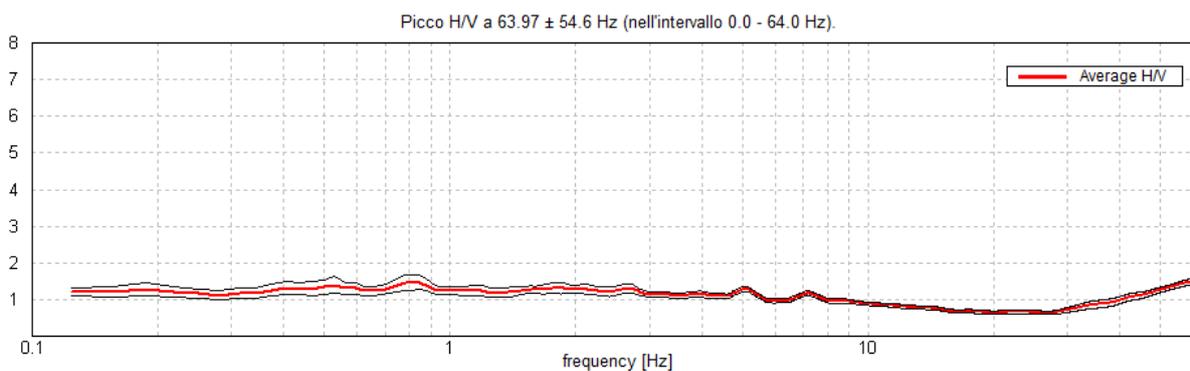
*Figura 22 cantiere rifrazione 1*

8.1.1.2 **HVSR1**

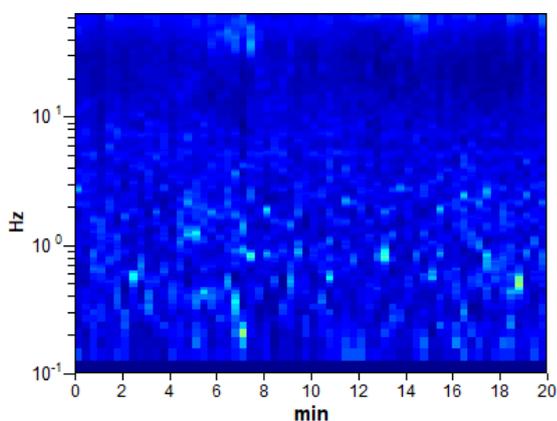
Figura 23 cantiere HVSR 1

Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 13:07:41 Fine registrazione: 08/02/2022 13:27:41  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°10.0238 E, 43°12.6316 N (694.7 m)  
 Num. satelliti: 04  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

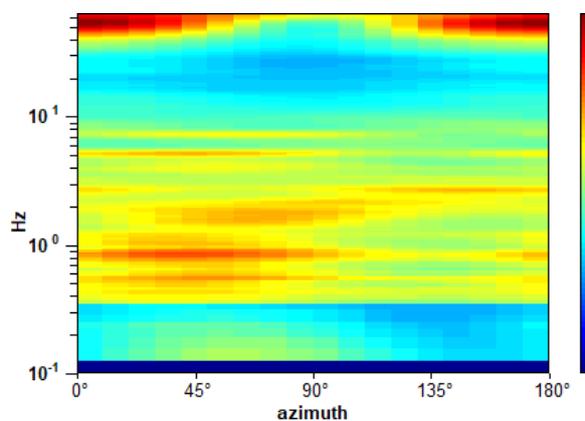
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY

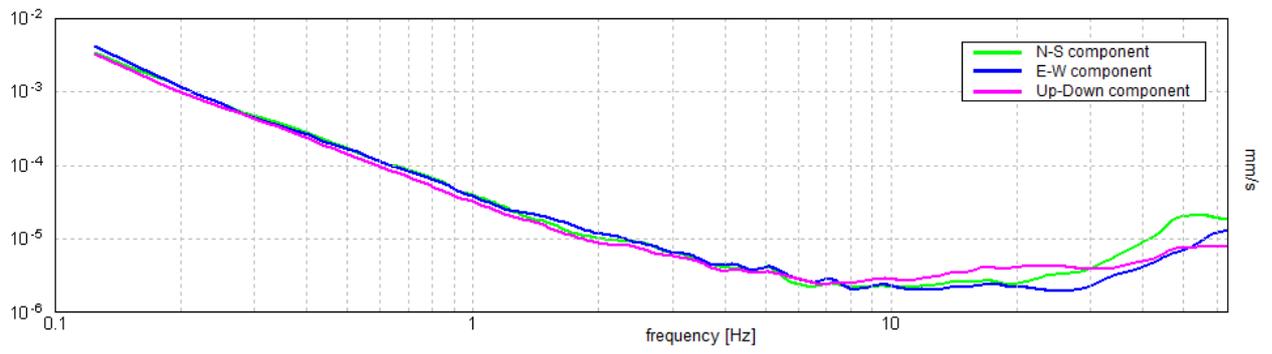


## DIRECTIONAL H/V



## SINGLE COMPONENT SPECTRA

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina <b>35/61</b>   |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



| revisione | 0        | 1        | 2        |
|-----------|----------|----------|----------|
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



### 8.1.2 TORRE 2 (vedere tavola A10)

Nell'area, dalla consultazione della carta geologica, è stato deciso di approfondirne la conoscenza tramite indagini atte alla determinazione delle impedenze dettate da comportamenti geotecnici differenti dei terreni e rocce indagate. Le caratteristiche del sito sono la presenza di substrato affiorante intensamente fratturato.

Qui è stata eseguita la sismica passiva denominata HVSR 2.

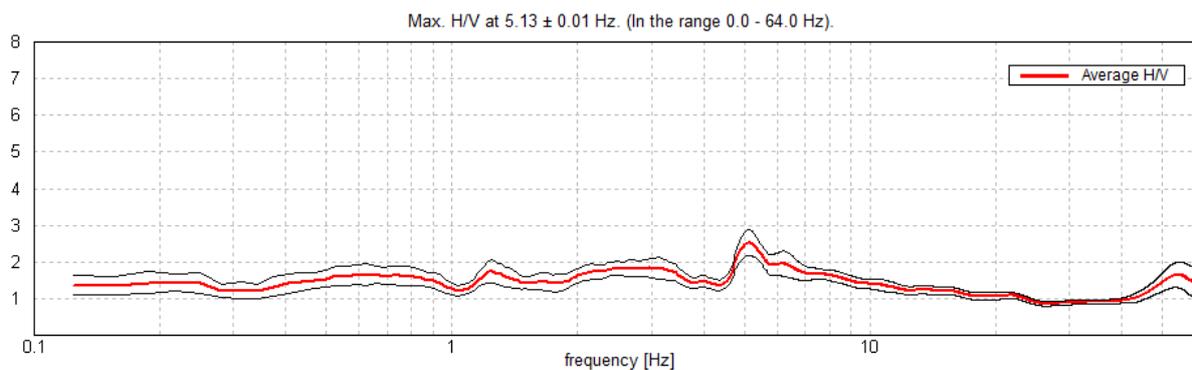
#### 8.1.2.1 HVSR2



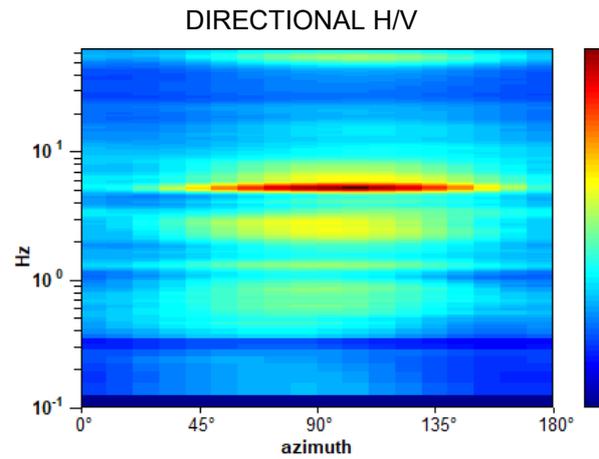
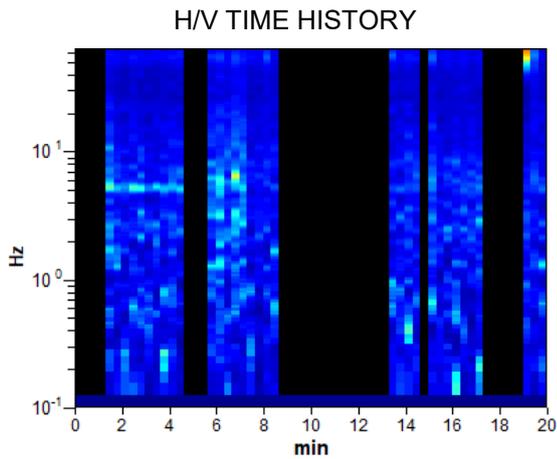
Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 13:34:37 Fine registrazione: 08/02/2022 13:54:37  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°09.8155 E, 43°12.2753 N (749.7 m)  
 Num. satelliti: 05  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 55% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

Figura 24 cantiere HVSR 2

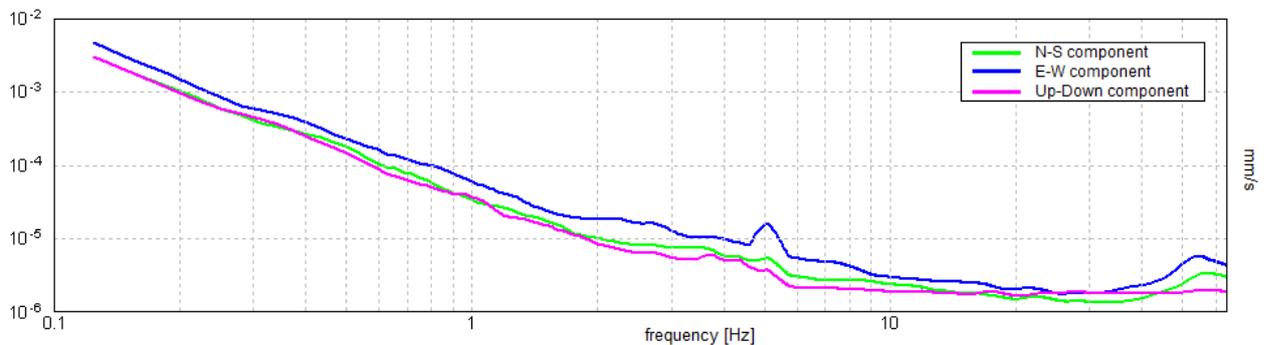
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   37/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



SINGLE COMPONENT SPECTRA



8.1.3 TORRE 3 (vedi allegato A10)

Nell'area, dalla consultazione della carta geologica, è stato deciso di approfondirne la conoscenza tramite indagini atte alla determinazione delle impedenze dettate da comportamenti geotecnici differenti dei terreni e rocce indagate.

Qui è stata eseguita la sismica passiva denominata HVSR 7.

In tale area è presente uno spessore esiguo di detrito di versante non rilevabile dalle indagini sismiche, infatti lo spettro della HV non presenta variazioni di impedenza e quindi cambi litologici.

8.1.3.1 HVSR 7



Figura 25 cantiere HVSR 7

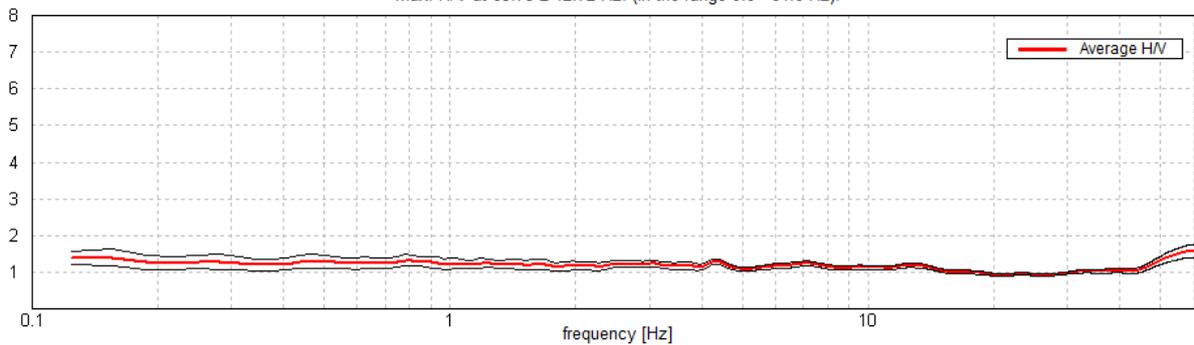
Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 14:01:46 Fine registrazione: 08/02/2022 14:21:46  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°09.9202 E, 43°12.1010 N (788.9 m)  
 Num. satelliti: 04  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   38/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |

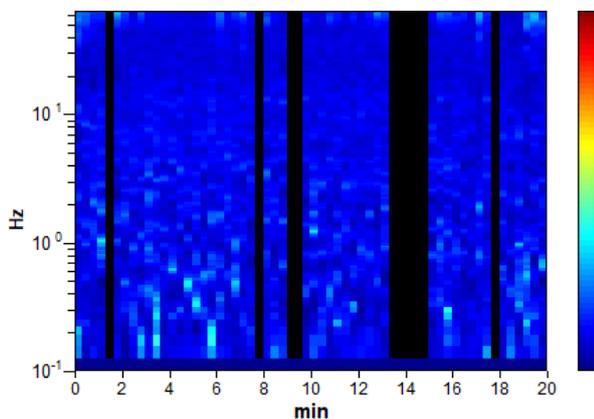


### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

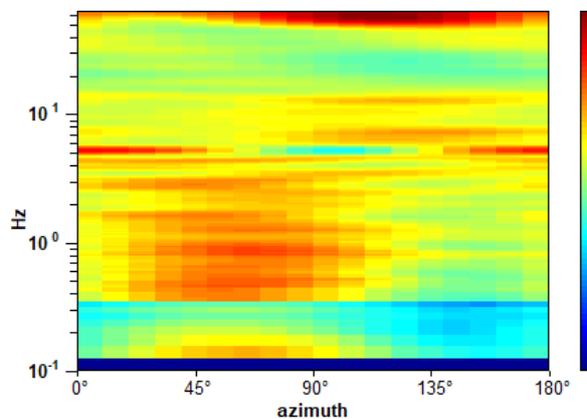
Max. H/V at 63.75 ± 12.72 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



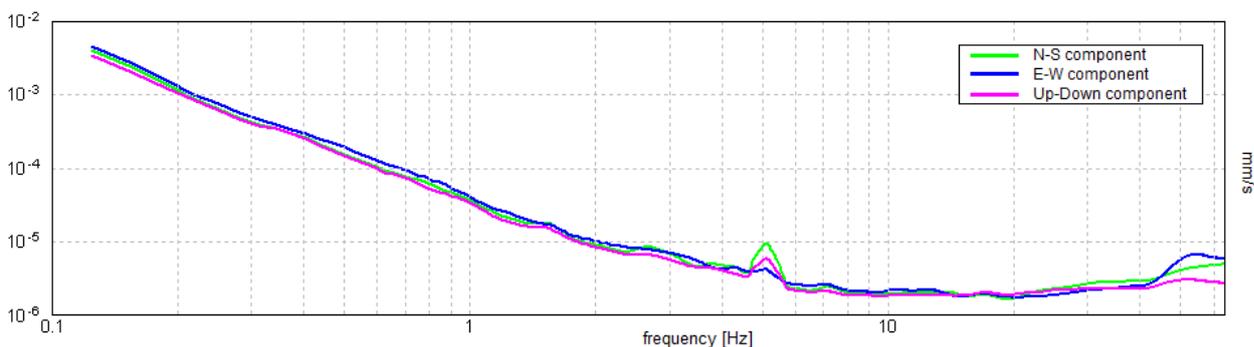
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina <b>39/61</b>   |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



### 8.1.4 TORRE 4(vedi allegato 10)

Nell'area, dalla consultazione della carta geologica, è stato deciso di approfondirne la conoscenza tramite indagini atte alla determinazione di un profilo di velocità delle onde sismiche.

Qui è stata eseguita la sismica a rifrazione denominata "Rifrazione 3" e una indagine di sismica passiva denominata HVSR 3. Nel sito è presente un esiguo spessore di terreno vegetale, la carta geologica segnala la presenza di detrito con al di sotto la formazione (in prossimità della torre ma non nel punto di costruzione di essa).

#### 8.1.4.1 Rifrazione 3

È stato eseguito uno stendimento con distanza intergeofonica 4 m. per una lunghezza di 44 metri con scoppi esterni posti a 4 metri rispetto ai geofoni estremi della linea.

#### **CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMATIVA SISMICA VIGENTE n. 3**

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 17.01.2018, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, il substrato sismico di 800 m/s si rinviene dopo tale profondità

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 140,00   | 332,60   | 3,00     |
| 2         | 520,00   | 1226,60  | 4,00     |
| 3         | 730,00   | 1774,10  | 5,00     |
| 4         | 750,00   | 2025,90  | 18,00    |

|          |   |
|----------|---|
| <b>B</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. |
|----------|---|

SEZIONE VERTICALE n. 3

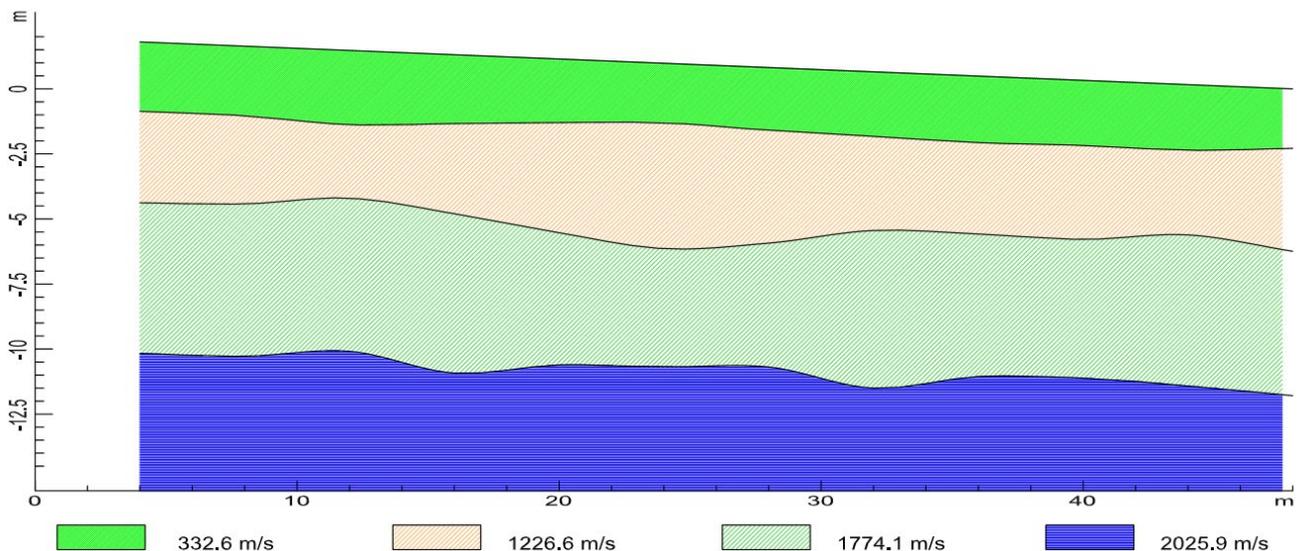




Figura 26 cantiere Rifrazione 3

#### 8.1.4.2 HVSR3



Figura 27 cantiere HVSR 3

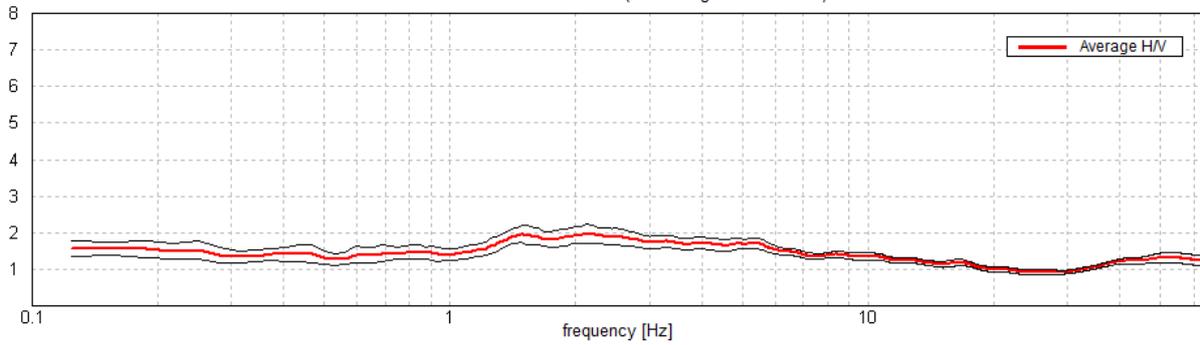
Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 12:31:17      Fine registrazione:  
 08/02/2022 12:51:17  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°09.9310 E, 43°11.8599 N (799.3 m)  
 Num. satelliti: 05  
 Durata registrazione: 0h20'00".      Analizzato 87% tracciato (selezione  
 manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   41/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |

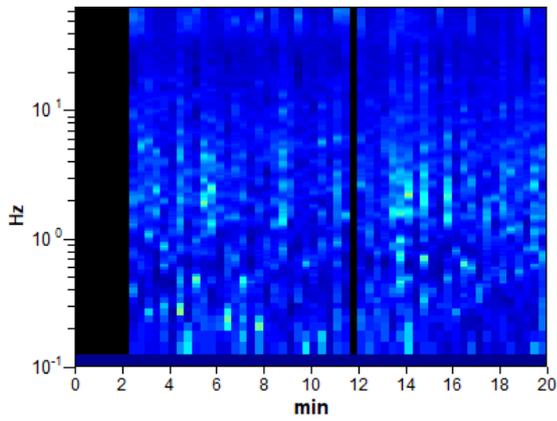


### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

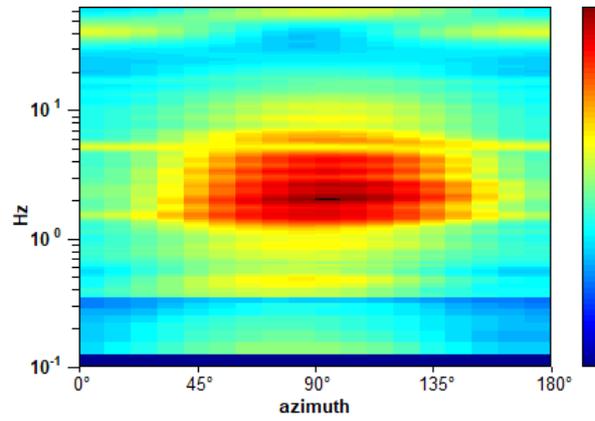
Max. H/V at  $2.13 \pm 0.13$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



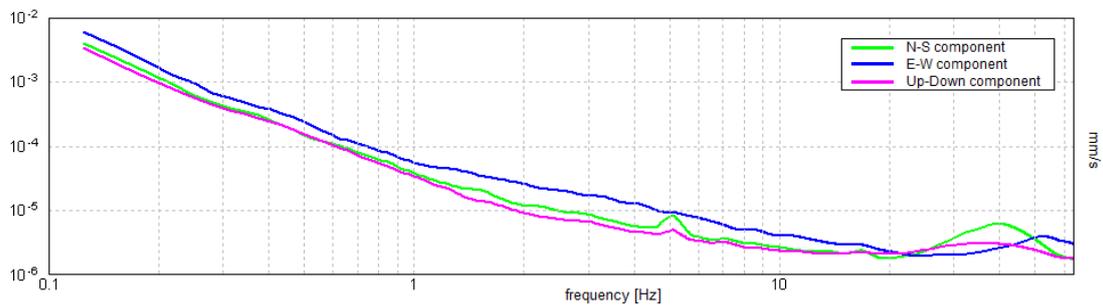
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



Anche la prova HV conferma quanto evidenziato dalla prova a rifrazione non si vedono cambi litologici.

|           |          |          |          |
|-----------|----------|----------|----------|
| revisione | 0        | 1        | 2        |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



### 8.1.1 Torre 5 (vedi allegato A10)

Nell'area, dalla consultazione della carta geologica, è stato deciso di approfondirne la conoscenza tramite indagini atte alla determinazione delle impedenze dettate da comportamenti geotecnici differenti dei terreni e rocce indagate.

Qui è stata eseguita la sismica passiva denominata HVSr 6.

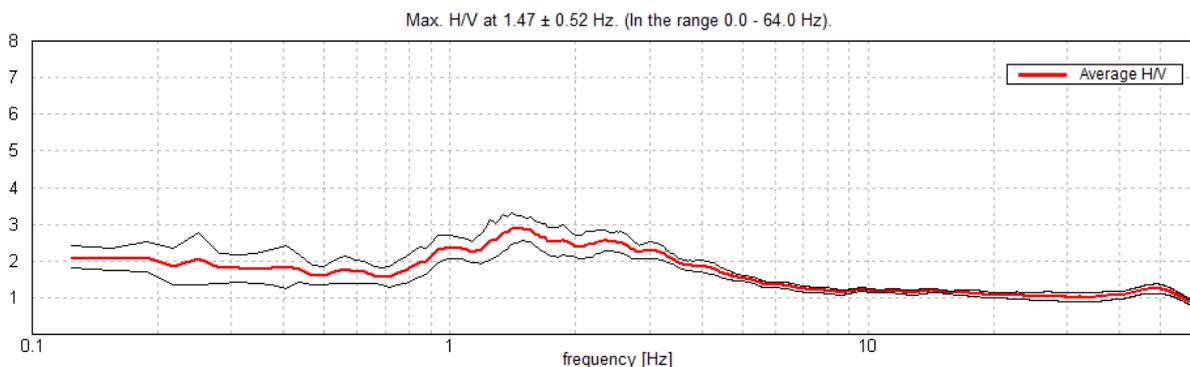
#### 8.1.1.1 HVSr 6



Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 11:51:41 Fine registrazione: 08/02/2022 12:11:41  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°10.0690 E, 43°11.6475 N (861.7 m)  
 Num. satelliti: 06  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 42% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

Figura 28 cantiere HVSr6

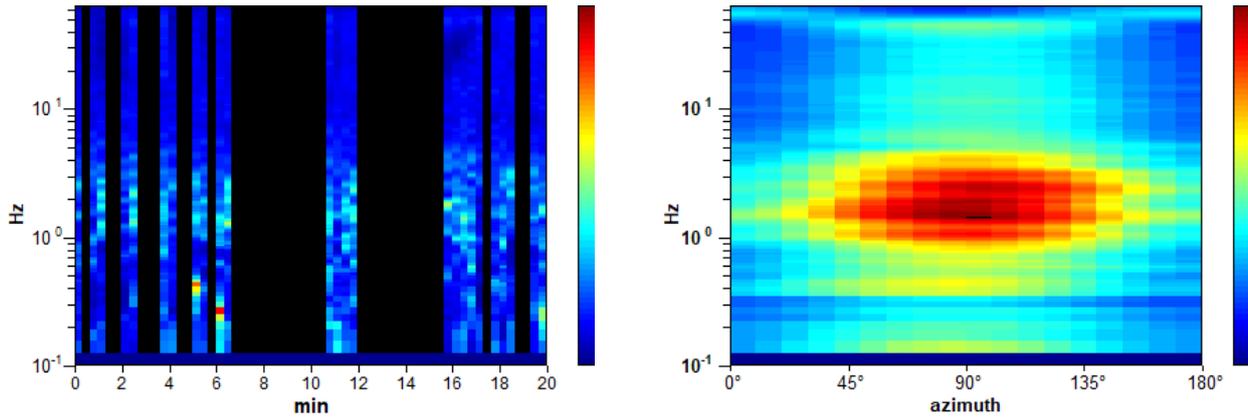
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



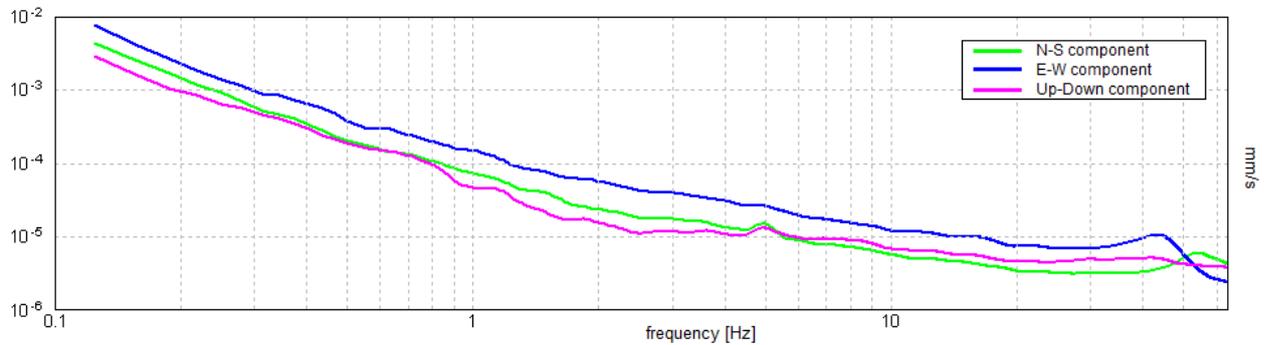
H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   43/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



SINGLE COMPONENT SPECTRA



### 8.1.2 Torre 6 (vedi allegato A10)

Nell'area, dalla consultazione della carta geologica, è stato deciso di approfondirne la conoscenza tramite indagini atte alla determinazione di un profilo di velocità delle onde sismiche.

Qui è stata eseguita la sismica a rifrazione denominata "Rifrazione 4" e una indagine di sismica passiva denominata HVSR 4.

#### 8.1.2.1 Rifrazione 4

È stato eseguito uno stendimento con distanza intergeofonica 4 m. per una lunghezza di 44 metri con scoppi esterni posti a 4 metri rispetto ai geofoni estremi della linea.

#### **CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMATIVA SISMICA VIGENTE n. 4**

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 17.01.2018, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, il substrato sismico di 800 m/s si rinviene dopo tale profondità.

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 200,00   | 461,80   | 2,00     |
| 2         | 490,00   | 1135,00  | 3,00     |
| 3         | 650,00   | 1544,70  | 5,00     |
| 4         | 780,00   | 2143,90  | 20,00    |

**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.

## SEZIONE VERTICALE n. 4

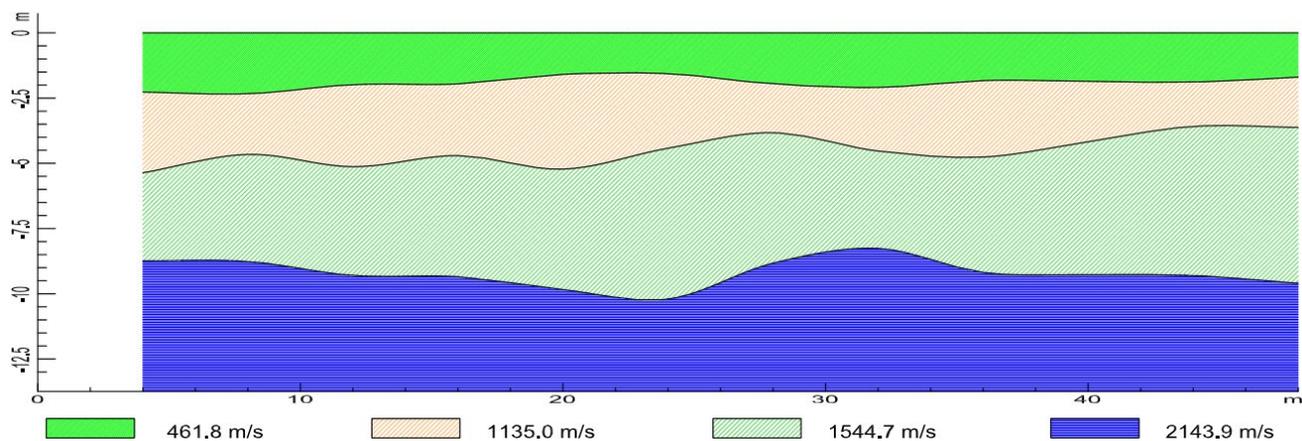


Figura 29 cantiere Rifrazione 4

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   45/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



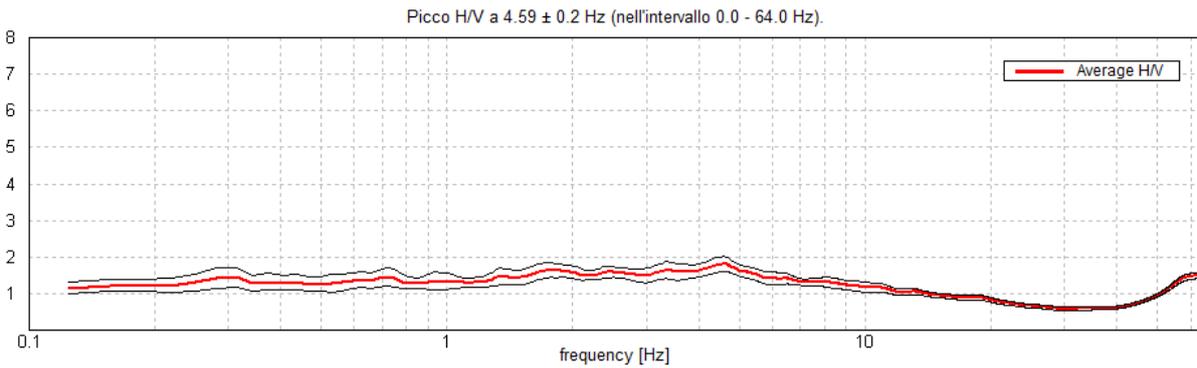
8.1.2.2 **HVSR4**



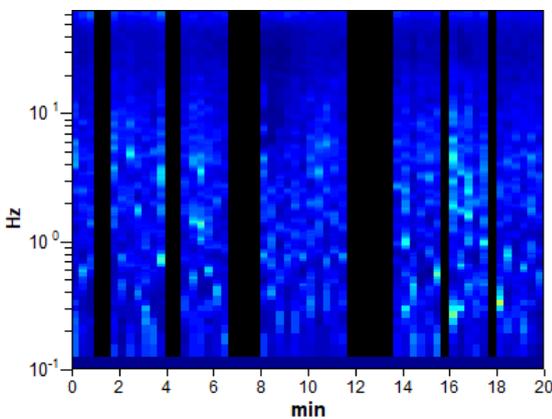
Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 11:00:47 Fine registrazione: 08/02/2022 11:20:47  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°10.6129 E, 43°11.6463 N (789.4 m)  
 Num. satelliti: 05  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

Figura 30 cantiere HVSR 4

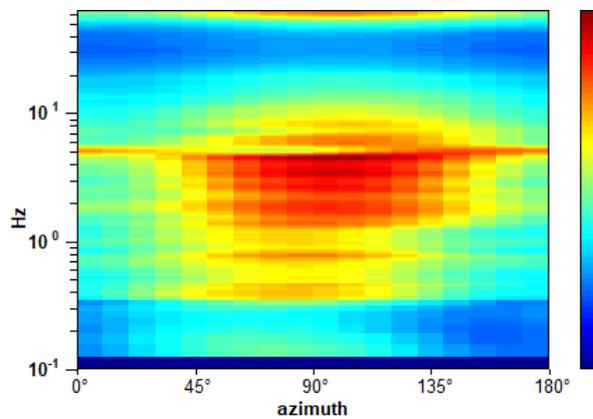
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

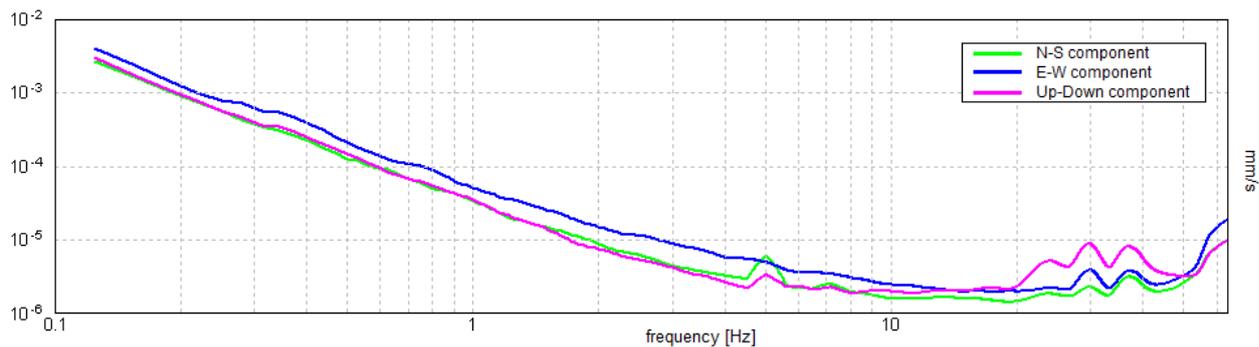


DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   46/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |





### 8.1.3 Torre 7 (vedi allegato A10)

Nell'area, dalla consultazione della carta geologica, è stato deciso di approfondirne la conoscenza tramite indagini atte alla determinazione di un profilo di velocità delle onde sismiche.

Qui è stata eseguita la sismica a rifrazione denominata "Rifrazione 5" e una indagine di sismica passiva denominata HVSR 5.

#### 8.1.3.1 Rifrazione 5

È stato eseguito uno stendimento con distanza intergeofonica 4 m. per una lunghezza di 44 metri con scoppi esterni posti a 4 metri rispetto ai geofoni estremi della linea.

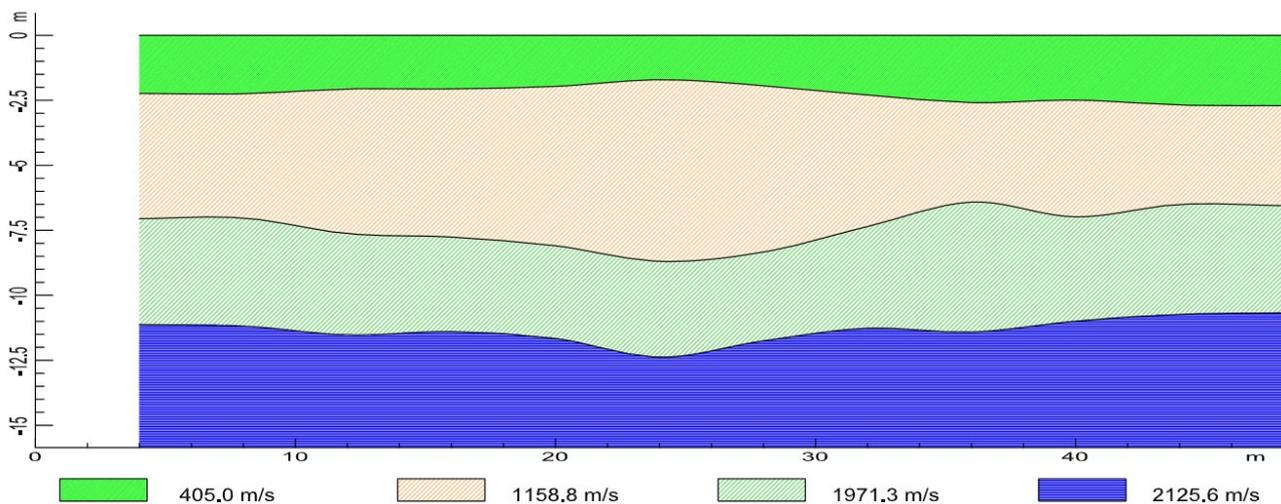
#### **CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMATIVA SISMICA VIGENTE n. 5**

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 17.01.2018, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, il substrato sismico di 800 m/s si rinviene dopo tale profondità.

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 180,00   | 405,00   | 2,00     |
| 2         | 500,00   | 1158,80  | 6,00     |
| 3         | 780,00   | 1971,30  | 4,00     |
| 4         | 790,00   | 2125,60  | 18,00    |

|          |   |
|----------|---|
| <b>B</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. |
|----------|---|

#### SEZIONE VERTICALE n. 5



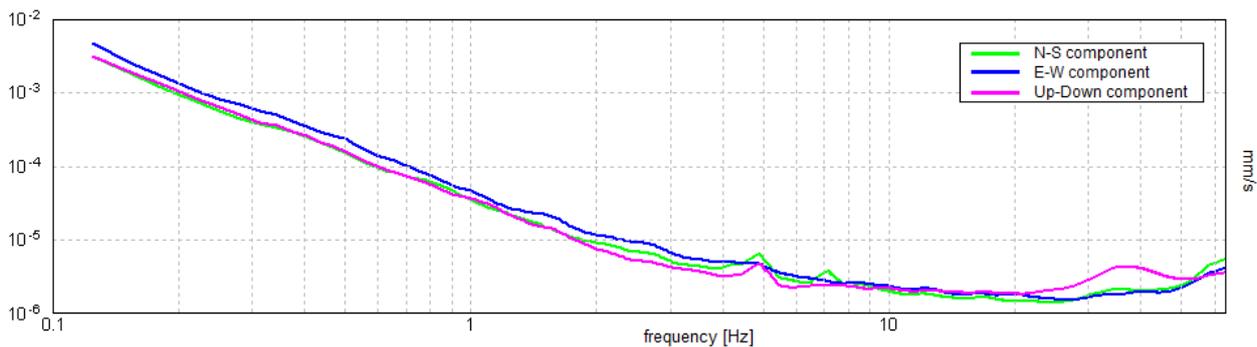


Figura 31 cantiere Rifrazione 5

8.1.3.2 **HVSR 5**

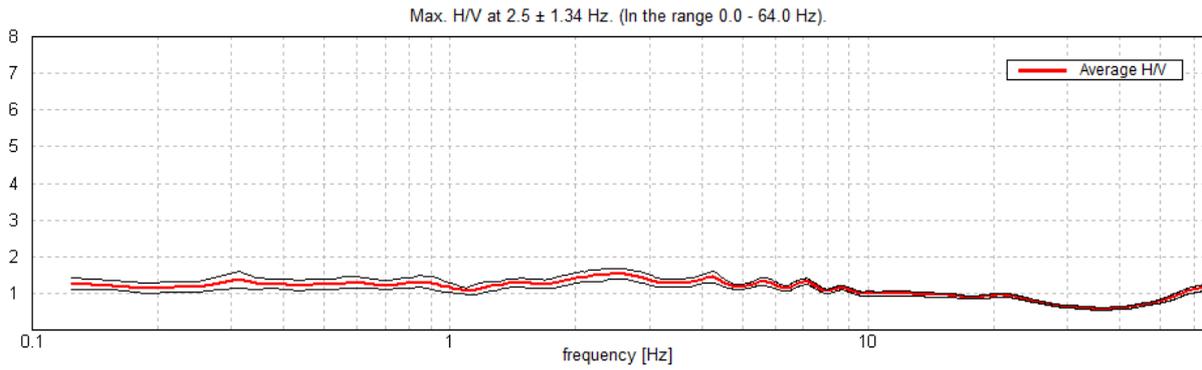


Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 09:43:47 Fine registrazione: 08/02/2022 10:03:47  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°10.6292 E, 43°11.3771 N (785.2 m)  
 Num. satelliti: 04  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

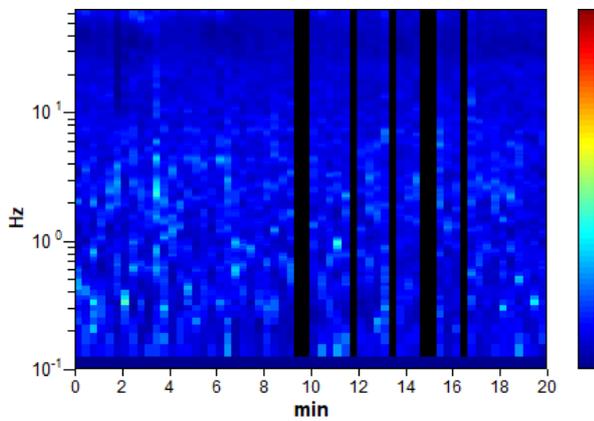
Figura 32 cantiere HVSR5

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

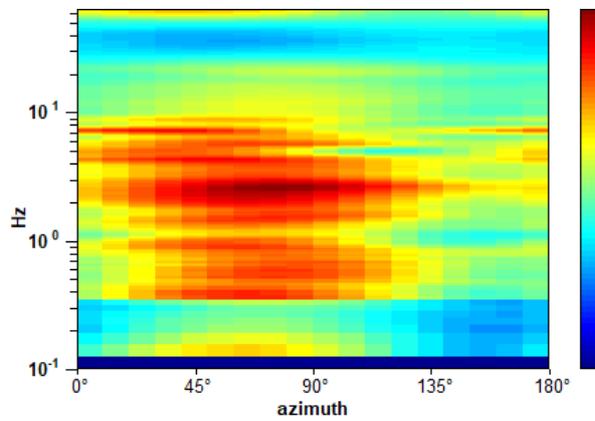
|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   49/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



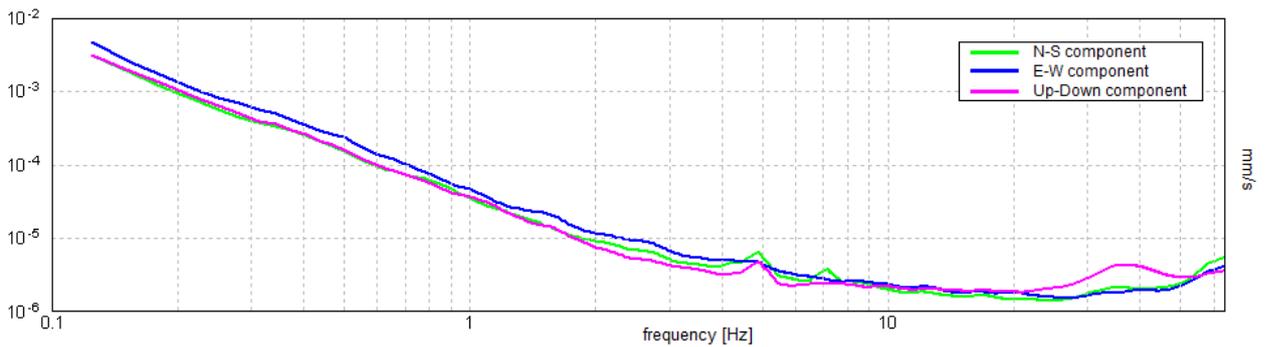
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



**-MODELLO GEOTECNICO-****9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Al fine di aiutare il progettista nelle sue scelte, sono stati riassunti i parametri geotecnici divisi per aree d'intervento.

Tali valori sono stati ricavati da bibliografia e dalle prove sismiche.

**Per la consultazione si faccia riferimento alla tavola A10**

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   <b>51/61</b>   |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



**-MODELLO SISMICO-**

**10.DEFINIZIONE AZIONE SISMICA**

Per le nuove NTC '18 la sicurezza delle strutture deve essere valutata con riferimento ad un certo numero di stati limite, che possono verificarsi nel *periodo di riferimento* di una data opera. Ai fini della definizione dell'azione sismica da utilizzare nelle verifiche o nella progettazione, è quindi necessario stabilire:

- A. **vita nominale dell'opera** (Vn), che insieme alla classe d'uso (Cu) permette di stabilire il periodo di riferimento (Vr);
- B. il **periodo di ritorno** (Tr) associato a ciascun stato limite, determinato sulla base del periodo di riferimento e delle relative probabilità di superamento (Pvr);
- C. **l'azione sismica** (pericolosità sismica) che può essere espressa sia con spettri di risposta elastici in accelerazione che in termini di spettri di spostamento (da tali spettri mediante l'uso di un coefficiente detto di struttura (q) è possibile determinare gli spettri di progetto).

**10.1 Vita nominale classe d'uso e periodo di riferimento**

Le NTC '18 prevedono che l'azione sismica sia associata a un periodo di ritorno (Vr) dell'opera ed a una prefissata probabilità di eccedenza, cui è abbinato un periodo di ritorno (Tr). Vr definisce il periodo di osservazione per l'accadimento di terremoti di eccedenza, durante tale periodo, dell'azione sismica da considerare.

Di seguito vengono indicate le condizioni di progetto, secondo la normativa NTC', con riferimento alla tabella 2.4.I. delle "NTC18" si identifica la "vita nominale" dell'opera strutturale VN = 50 anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale). Per quanto riguarda la "classe d'uso" (punto 2.4.2 delle "NTC18") l'edificio in oggetto ricade in Classe II. Il "periodo di riferimento per l'azione sismica" (punto 2.4.3 delle "NTC18"), considerato che il coefficiente d'uso nel caso in esame vale CU = 1,0 (tabella 2.4.II delle "NTC18"), si determina mediante la relazione VR = VN . CU = 50 . 1.0 = 50 anni.

| A                       |  | SICUREZZA PRESTAZIONI ATTESE        |                  |
|-------------------------|--|-------------------------------------|------------------|
| VITA NOMINALE           |  |                                     |                  |
| TIPO DI OPERA           |  | VITA NOMINALE VN<br>anni            |                  |
| 1                       | opere provvisoriale - strutture in fase costruttiva  | <input type="radio"/>               | ≤10              |
| 2                       | opere ordinaria, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale   | <input checked="" type="radio"/>    | ≥50              |
| 3                       | grandi opere ponti opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica  | <input type="radio"/>               | ≥100             |
| VN= 50                  |  | Anni                                |                  |
| CLASSE D'USO            |  |                                     |                  |
| CLASSE                  |  | COEFFICIENTE D'USO<br>Cu            | VERIFICA SISMICA |
| I                       | Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli   | <input type="checkbox"/>            | 0.7              |
| II                      | Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi, (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento), gli uffici, i negozi.          | <input checked="" type="checkbox"/> | 1                |
| III                     | Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.  | <input type="checkbox"/>            | 1.5              |
| 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, 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. | <input type="checkbox"/>            | 2                |
| Cu= 1                   |  |                                     |                  |
| PERIODO DI REIFERIMENTO |  |                                     |                  |
| Vr = VN X Cu 50 ANNI    |  |                                     |                  |



## 10.2 Probabilità di eccedenza e periodo di ritorno

Dal punto di vista prestazionale le NTC 18 prevedono quattro possibili combinazioni di stati limite:

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| DUE STATI LIMITE DI ESERCIZIO: | SLO stato limite di operatività             |
|                                | SLD stato limite di danno                   |
| DUE STATI LIMITE ULTIMO        | SLV stato limite di salvaguardia della vita |
|                                | SLC stato limite di prevenzione al collasso |

Ogni stato limite è associato ad una probabilità di eccedenza (probabilità di accadimento nel periodo di riferimento  $V_r$  di almeno un sisma avente periodo di ritorno  $T_r$ )

| STATO LIMITE                      |   |     | Pvr<br>Probabilità di superamento nel<br>periodo $V_r$ |
|-----------------------------------|---|-----|--|
| DUE STATI LIMITE<br>DI ESERCIZIO: | stato limite di operatività             | SLO | 81%  |
|                                   | stato limite di danno                   | SLD | 63%  |
| DUE STATI LIMITE<br>ULTIMO        | stato limite di salvaguardia della vita | SLV | 10%  |
|                                   | stato limite di prevenzione al collasso | SLC | 5%   |

Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{vr}$  associata ad ogni stato limite è possibile determinare il periodo di ritorno  $T_r$  con la seguente relazione:

$$T_r = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = \frac{C_u V_n}{\ln(1 - P_{vr})}$$

Si ottiene quindi:

| PERIODO DI RITORNO SECONDO ntc 18       |     | $T_r$              | anni |
|---|-----|--------------------|------|
| stato limite di operatività             | SLO | $T_r \sim 0.6V_r$  | 30   |
| stato limite di danno                   | SLD | $T_r \sim 1.0V_r$  | 50   |
| stato limite di salvaguardia della vita | SLV | $T_r \sim 9.5V_r$  | 475  |
| stato limite di prevenzione al collasso | SLC | $T_r \sim 19.5V_r$ | 975  |

## 10.3 Pericolosità sismica

Ai fini della determinazione dell'influenza delle azioni sismiche nell'opera in progetto si è provveduto, secondo i dettami del T.U. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, a caratterizzare i seguenti aspetti:

1. aspetti geodinamici e sismici;
2. pericolosità sismica di base;

### 10.3.1 Aspetti geodinamici e sismici

Il comune di San Severino Marche e Serrapetrona secondo l'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 vengono classificati in Zona 2 con accelerazione attesa orizzontale al suolo pari a:

**Zona 2**

Presidenza del Consiglio dei Ministri  
**Dipartimento della protezione civile**  
Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico

**Classificazione sismica al 2010**

**ZONA 2** - Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti

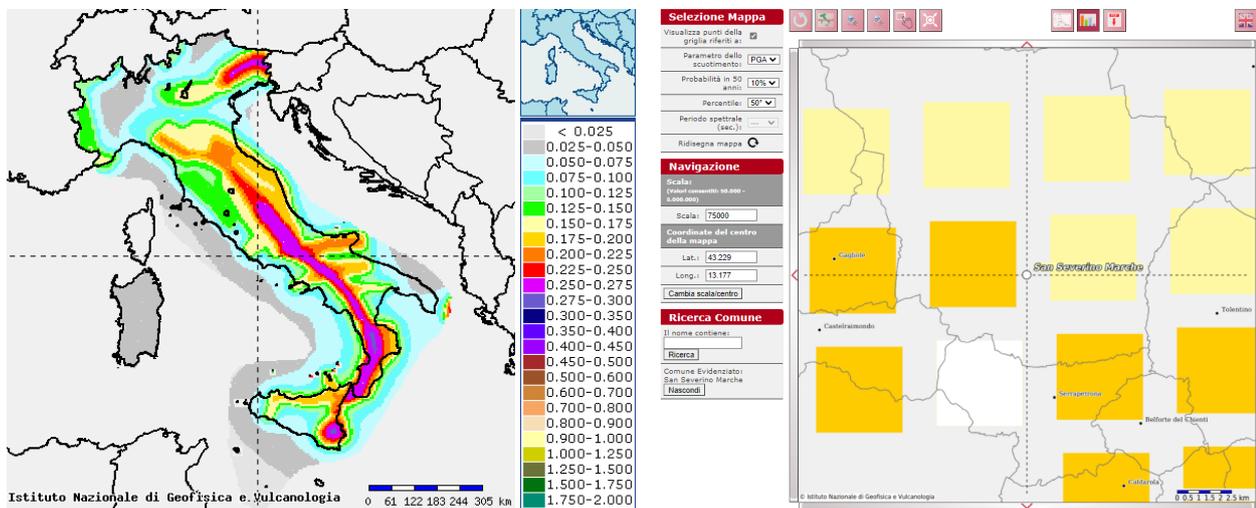


| Zona   |   | A(g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) | A(g) con probabilità di superamento della soglia pari al 10% in 50 anni |
|--------|---|---|---|
| Zona 1 | E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti               | 0.35 g  | ag >0.25 >0.25  |
| Zona 2 | Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti | 0.25 g  | 0.15 <ag≤ 0.25  |
| Zona 3 | I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti    | 0.15 g  | 0.05 <ag≤ 0.15  |
| Zona 4 | E' la zona meno pericolosa  | 0.05 g  | ag ≤ 0.05   |

### 10.3.2 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base (caratteristiche del moto sismico nel sito di interesse) viene definita da:

1. l'accelerazione massima di picco orizzontale  $a_g$ ;
2. valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  $F_0$ ;
3. periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  $T_c$ ;



Valori di pericolosità sismica in funzione per periodo di ritorno associato ai vari stati limite SL. L'accelerazione massima al suolo viene fornita con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un periodo di ritorno  $T_r=475$  anni e  $T_r=50$  anni - mappa di pericolosità dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

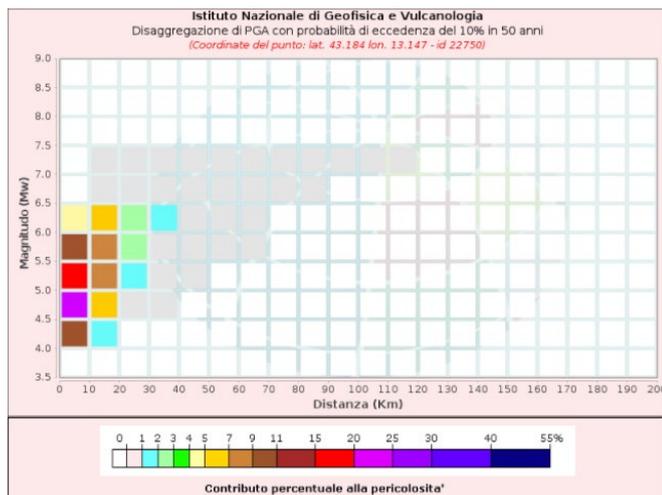
Nella tavola A10 sono stati riportati i valori per ogni singola pala (vedere tavola A10)

Tali valori vengono riferiti al suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale; si deve pertanto valutare l'effetto della risposta sismica locale al fine di poter stimare come il segnale sismico viene variato a causa delle caratteristiche litologiche dei terreni e quindi delle proprietà meccaniche e della topografia di superficie. Si richiede pertanto di determinare:

1. l'amplificazione stratigrafica;
2. l'amplificazione topografica.

Di seguito si procede, mediante l'ausilio del sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, alla disaggregazione dei dati di pericolosità sismica, così da poter determinare la  $M_w$  (magnitudo momento) e  $R$  (distanza epicentrale) per  $a(g)$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   54/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



| Distanza (Km) | Magnitudo (Mw) |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|               | 3.5-4.0        | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-7.0 | 7.0-7.5 | 7.5-8.0 | 8.0-8.5 | 8.5-9.0 |
| 0-10          | 0.0000         | 9.8800  | 21.7000 | 15.7000 | 9.6000  | 4.3400  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 10-20         | 0.0000         | 1.2800  | 5.3000  | 7.3300  | 7.5900  | 5.1900  | 0.0416  | 0.0224  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 20-30         | 0.0000         | 0.0000  | 0.2200  | 1.3900  | 2.6900  | 2.7700  | 0.4400  | 0.2760  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 30-40         | 0.0000         | 0.0000  | 0.0002  | 0.1150  | 0.7950  | 1.1000  | 0.3870  | 0.2950  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 40-50         | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0033  | 0.1640  | 0.3720  | 0.2310  | 0.2120  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 50-60         | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0209  | 0.0901  | 0.1260  | 0.1410  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 60-70         | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0004  | 0.0086  | 0.0575  | 0.0864  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 70-80         | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0165  | 0.0431  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 80-90         | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0029  | 0.0198  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 90-100        | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0001  | 0.0076  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 100-110       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0020  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 110-120       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0002  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 120-130       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 130-140       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 140-150       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 150-160       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 160-170       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 170-180       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 180-190       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| 190-200       | 0.0000         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |

|             | Magnitudo Mw | Distanza R | Epsilon |
|-------------|--------------|------------|---------|
| Valori medi | 5.29         | 10.6       | 0.901   |
| Valore Max  | 4.5 - 6.0    | 0-20       |         |

### 10.3.3 Amplificazione stratigrafica

Per la determinazione in maniera semplificata degli effetti di sito dovuti alle caratteristiche litostratigrafiche, le nuove NTC 18 di cui al D.M. 17/1/18 suddividono le tipologie di sottosuolo in categorie, basandosi sul concetto che l'amplificazione sismica di un deposito dipende dal suo modulo di taglio a piccole deformazioni  $G_0$ , quest'ultimo è inoltre legato alla velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$ .

Come sopra descritto il metodo semplificato delle NTC 18, impongono di caratterizzare mediante criteri geofisici il profilo stratigrafico del suolo, in modo da poterlo inquadrare in una delle cinque (A - B - C - D - E) tipologie di suoli, se il terreno non ricade in una di queste categorie non è possibile usare il metodo semplificato, ma bisogna procedere con studi specifici dall'Fa risposta sismica locale). La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propaga-zione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

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

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 18.

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   55/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



| Categoria suolo | descrizione  | V <sub>Seq</sub> m/s |
|-----------------|--|----------------------|
| <b>A</b>        | 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.   | * > 800              |
| <b>B</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.  | 360 < * < 800        |
| <b>C</b>        | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.   | 180 < * < 360        |
| <b>D</b>        | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. | * < 180              |
| <b>E</b>        | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.  |                      |

Tabella 3 classificazione sismica del suolo

Dalle prove sismiche e geotecniche effettuate, in tutti i siti previsti per la messa in opera degli aerogeneratori il terreno in studio lo si può assimilare alla categoria:

| V <sub>seq</sub> | Categoria sottosuolo |
|------------------|----------------------|
| 500 - 606        | <b>B</b>             |

Grazie alla determinazione della categoria di suolo si determina il coefficiente di amplificazione stratigrafica S<sub>s</sub> da applicare alle componenti orizzontali dell'azione sismica (S<sub>s</sub> è in funzione dei parametri di pericolosità sismica A<sub>g</sub> e F<sub>0</sub> e dell'accelerazione di gravità).

Viene inoltre definito il coefficiente C<sub>c</sub> utile per il calcolo di T<sub>c</sub> (periodo inizio tratto velocità costante):

| Categoria sottosuolo | S <sub>s</sub>  | C <sub>c</sub>               |
|----------------------|---|------------------------------|
| <b>A</b>             | 1,00  | 1,00                         |
| <b>B</b>             | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$ |
| <b>C</b>             | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$ |
| <b>D</b>             | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$ |
| <b>E</b>             | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$ |

**Per i valori consultare tavola A10**



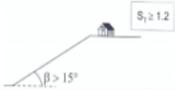
### 10.3.4 Amplificazione topografica

Il D.M. 17.01.2018 prevede che nei siti suscettibili di amplificazione topografica venga introdotto un coefficiente moltiplicativo ( $S_t \geq 1$ ) per l'accelerazione massima orizzontale di progetto, che tenga conto delle seguenti caratteristiche morfologica.

Per tener quindi conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del **coefficiente topografico ST** riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Ad esclusione della torre 1 le aree d'interesse si presentano sub-pianeggianti essendo poste sulla sommità di un rilievo, dato che la larghezza alla sommità rispetto a quella alla base risulta di poco inferiore, si determina il coefficiente di amplificazione ST 1.

La torre T1 è invece localizzata su un piano delimitato a nord da un declivio  $>30m$  e con pendenza  $>15^\circ$ , in questo caso si assegna un valore di  $ST=1.2$

| AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA  |                                |       |  |   | Torre | Categoria topografica | Coefficiente di amplificazione topografica |
|---|--------------------------------|-------|--|---|-------|-----------------------|--|
| POSIZIONE STRUTTURA   |                                |       |  |   |       |                       |  |
| Rilievo $<30m$ Inclinazione del pendio $B < 15^\circ$                               |                                |       |  |   |       |                       |  |
| Categoria topografica   | $\beta$<br>Inclinazione pendio | $S_T$ | Ubicazione dell'opera                      | Altezza $>30m$  |       |                       |  |
| <b>T1</b>   | $\beta < 15$                   | 1.0   | -  |   | 1     | T2                    | ST=1.2                                     |
| <b>T2</b><br>Pendio o rilievi isolati   | $\beta > 15$                   | 1.2   | In corrispondenza della sommità del pendio |   | 2     | T1                    | ST=1.0                                     |
| <b>T3</b><br>Rilievo con larghezza alla sommità molto inferiore a quella della base | $15 < \beta < 30$              | 1.2   | In corrispondenza della cresta del rilievo |  | 3     | T1                    | ST=1.0                                     |
| <b>T4</b>   | $\beta > 30$                   | 1.4   | In corrispondenza della cresta del rilievo |  | 4     | T1                    | ST=1.0                                     |
|   |                                |       |  |   | 5     | T1                    | ST=1.0                                     |
|   |                                |       |  |   | 6     | T1                    | ST=1.0                                     |
|   |                                |       |  |   | 7     | T1                    | ST=1.0                                     |



## 10.4 Verifica liquefazione

La possibilità che un deposito raggiunga la liquefazione dipende da: grado di addensamento; granulometria e forma dei granuli; condizioni di drenaggio; andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata; età del deposito; profondità della falda.

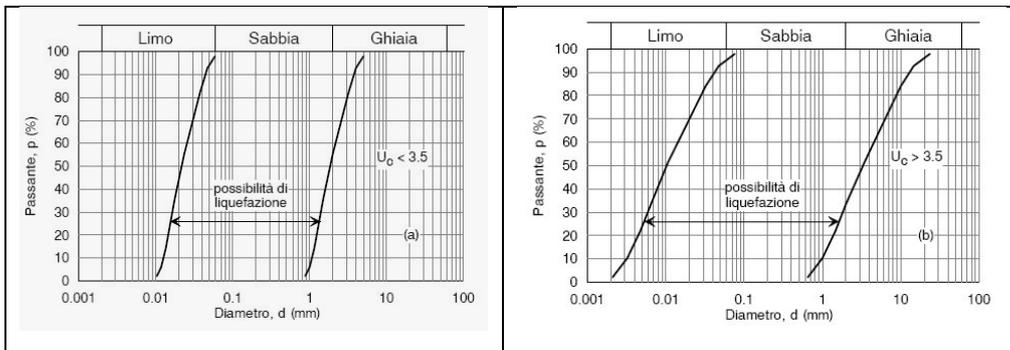
Dallo studio dei fenomeni avvenuti in varie zone si è notato che la liquefazione si verifica con (da *Liquefazione dei terreni* Sebastiano G. Monaco ed. EPC pag.15):

- Terremoti  $M \geq 5.5$  e con accelerazione  $\geq 0.2$  g
- nel terreno entro i 20m di profondità
- con falda superficiale (inferiore ai 3m) o almeno entro i 15 metri di profondità

E inoltre determinante la durata della scossa sismica affinché avvenga il fenomeno della liquefazione, maggiore è l'intensità e la durata di un terremoto e più probabile che il fenomeno si verifichi. E' pertanto fondamentale conoscere la distanza dalla sorgente.

Secondo la nuova normativa sismica "D.M. 17 gennaio 2018 punto 7.11.3.4.2" la verifica a liquefazione può essere omessa se ci si trova in almeno una delle seguenti condizioni:

- per magnitudo del sisma di progetto  $M < 5$ ;
- accelerazioni massime attese ( $A_{max}$ ) al piano di campagna in assenza di manufatti  $A_{max} < 0,10g$ ;
- per falda assente e/o profondità di falda superiori a 15 m dal piano campagna;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente a sinistra nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e nella figura a destra caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



Quando nessuna delle condizioni sopra riportate non risulta soddisfatta occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alla profondità in cui sono presenti terreni potenzialmente liquefacibili.

L'area in studio è pertanto non soggetta a fenomeni di liquefazione, in quanto rientra in alcune delle condizioni sopra elencate, quali:

per falda assente e/o profondità di falda superiori a 15 m dal piano campagna;

depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   58/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente a sinistra nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e nella figura a destra caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

## 11. CONSIDERAZIONI FINALI

In base ai dati emersi mediante l'indagine effettuata, vengono fatte alcune considerazioni utili al progettista al fine di favorirlo nelle sue scelte:

### 11.1 Considerazioni di tipo geologico e geomorfologico

Le analisi sismiche progettate in base alla categorizzazione di diverse condizioni geologiche fatte sulla base di osservazioni cartografiche tematiche e correlate mediante il rilevamento di campagna, hanno portato alle seguenti conclusioni:

#### - TORRE 1

Il substrato rappresentato dai calcari della scaglia rossa è affiorante, ricoperto a tratti da terreno vegetale e manto erboso di pochi decimetri.

La formazione presenta forte fratturazione per almeno 5m, in profondità seppur ancora fratturata diminuisce notevolmente l'alterazione

Si evidenzia che per i primi 2 metri di profondità la formazione in loco ha perso quasi completamente le proprietà meccaniche a causa dell'alterazione, tale condizione lo si evince dalla prova rifrazione 1 dove i primi 2 metri restituiscono  $V_s$  (velocità onde di taglio) = 170 m/s.

Si verificano fenomeni di ruscellamento diffuso.

Non sono presenti fenomeni di dissesto.

Si verificano fenomeni di ruscellamento diffuso.

La categoria stratigrafica secondo le NTC 2018 ricade in B

La categoria topografica secondo le NTC 2018 ricade in T2

#### - TORRE 2

Il substrato rappresentato dai calcari della scaglia rossa, è ricoperto da terreno vegetale, manto erboso e un esiguo strato detritico derivante dall'alterazione in loco del substrato stesso (quest'ultimo non cartografabile).

La formazione in superficie presenta fratturazione e alterazione, in profondità, seppur ancora fratturata, diminuisce notevolmente l'alterazione.

Visto l'andamento topografico sono possibili, in prossimità della pala ristagni d'acqua in superficie.

Non sono presenti fenomeni di dissesto.

Si verificano fenomeni di ruscellamento diffuso.

La categoria stratigrafica secondo le NTC 2018 ricade in B

La categoria topografica secondo le NTC 2018 ricade in T1

#### - TORRE 3

Il substrato rappresentato dai calcari della scaglia rossa, ricoperto da terreno vegetale, manto erboso e uno strato detritico derivante dall'alterazione in loco del substrato stesso.

La formazione in superficie presenta fratturazione, in profondità, seppur ancora fratturata diminuisce notevolmente l'alterazione.

Non sono presenti fenomeni di dissesto.

Visto l'andamento topografico sono possibili, in prossimità della pala ristagni d'acqua in superficie.

La categoria stratigrafica secondo le NTC 2018 ricade in B

La categoria topografica secondo le NTC 2018 ricade in T1

#### - TORRE 4

Il substrato rappresentato dai calcari della scaglia rossa, ricoperto da terreno vegetale, manto erboso e un esiguo strato detritico derivante dall'alterazione in loco del substrato stesso.

La formazione in superficie presenta fratturazione, in profondità, seppur ancora fratturata diminuisce notevolmente l'alterazione.

Si evidenzia che per i primi 2 metri di profondità la formazione in loco ha perso quasi completamente le proprietà meccaniche a causa dell'alterazione, tale condizione la si evince dalla prova rifrazione 3, dove i primi 2 metri restituiscono  $V_s$  (velocità onde di taglio) = 140 m/s.

Si verificano fenomeni di ruscellamento diffuso.

La categoria stratigrafica secondo le NTC 2018 ricade in B

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   59/61  |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



La categoria topografica secondo le NTC 2018 ricade in T1

**- TORRE 5**

Il substrato rappresentato dai calcari della scaglia rossa, ricoperto da terreno vegetale, manto erboso e un esiguo strato detritico derivante dall'alterazione in loco del substrato stesso.

La formazione in superficie presenta fratturazione, in profondità seppur ancora fratturata diminuisce notevolmente l'alterazione.

Anche se la cartografia indicava fenomeni di dissesto, il rilevamento e le prove fatte non evidenziano tale condizione, si ritiene pertanto anche quest'area stabile.

Si verificano fenomeni di ruscellamento diffuso.

La categoria stratigrafica secondo le NTC 2018 ricade in B

La categoria topografica secondo le NTC 2018 ricade in T1

**- TORRE 6**

Il substrato rappresentato dai calcari della scaglia rossa, ricoperto da un sottile strato di terreno vegetale, manto erboso.

La formazione in superficie presenta fratturazione, in profondità, seppur ancora fratturata, diminuisce notevolmente l'alterazione.

Si evidenzia che per i primi 2 metri di profondità la formazione in loco ha perso quasi completamente le proprietà meccaniche a causa dell'alterazione, tale condizione la si evince dalla prova rifrazione 4 dove i primi 2 metri restituiscono Vs (velocità onde di taglio) = 200 m/s.

Anche se la cartografia indicava fenomeni di dissesto, il rilevamento e le prove fatte non evidenziano tale condizione, si ritiene pertanto anche quest'area stabile.

La categoria stratigrafica secondo le NTC 2018 ricade in B

La categoria topografica secondo le NTC 2018 ricade in T1

**- TORRE 7**

Il substrato è rappresentato dai calcari della scaglia rossa, ricoperto da terreno vegetale, manto erboso e un esiguo strato detritico derivante dall'alterazione in loco del substrato stesso.

La formazione in superficie presenta fratturazione, in profondità, seppur ancora fratturata, diminuisce notevolmente l'alterazione.

Si evidenzia che per i primi 2 metri di profondità la formazione in loco ha perso quasi completamente le proprietà meccaniche a causa dell'alterazione, tale condizione la si evince dalla prova rifrazione 2 dove i primi 2 metri restituiscono Vs (velocità onde di taglio) = 180 m/s.

Si verificano fenomeni di ruscellamento diffuso.

Anche se segnalati dalla cartografia PAI in loco non sono stati rilevati fenomeni di dissesto.

La categoria stratigrafica secondo le NTC 2018 ricade in B

La categoria topografica secondo le NTC 2018 ricade in T1

Le aree interessate dalla realizzazione delle torri sono inserite all'interno del vincolo idrogeologico istituito dal R.D. 3267/1923 (ad esclusione delle torri 5 e 7). La loro realizzazione non presuppone estesi tagli di vegetazione arborea o modifiche sostanziali della topografia preesistente. Lo stato dei luoghi, non appena installate le torri, verrà ripristinato come in origine. Gli interventi inoltre saranno limitati all'area d'interesse delle torri. Il progetto non inciderà sulla stabilità dei luoghi e non accentuerà l'erosione superficiale dei terreni.

Le caratteristiche generali dei siti studiati indicano che sono tutti abbastanza raffrontabili, si presentano solo lievi differenze, come l'amplificazione topografica presente solo sul sito della torre 1, e la presenza di spessori di alterazione del substrato più potenti in alcuni siti (vedi tavola A10).

Non sono stati trovati indizi del fenomeno di dissesto segnalato dalla cartografia PAI, che interessa le torri 5, 6 e 7. Anche tali siti si considerano stabili.

→ **Da quanto appurato dalle indagini indirette analizzate al capitolo 6.1.1, si può escludere la presenza di cavità impostate nelle aree indagate. Si rimanda ad ulteriori indagini dirette da eseguire in occasione del progetto esecutivo al fine di avere una maggior accuratezza del dato.**

|   |           |          |          |          |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pagina   60/61  | revisione | 0        | 1        | 2        |
| \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE | data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 |



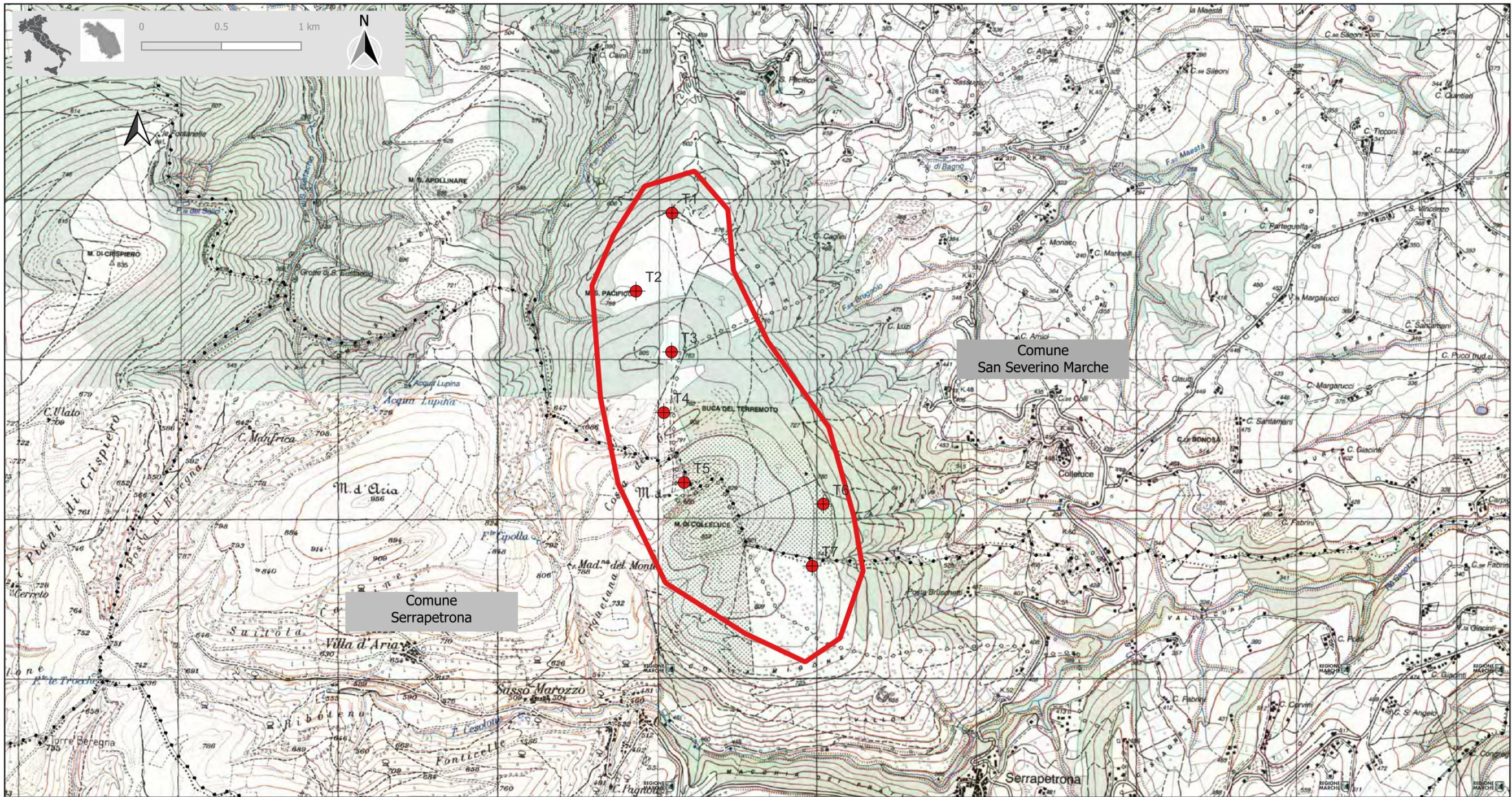
→ **Si sottolinea che tale elaborato è stato redatto al solo fine d'utilizzo per il progetto preliminare con indicazioni per il definitivo. Per una più completa caratterizzazione, le indagini eseguite dovranno essere integrate secondo il seguente elenco:**

**Prova rifrazione TORRE 2, 3 e 5**  
**Scavo TORRE 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7**

Castelraimondo 24 gennaio 2024

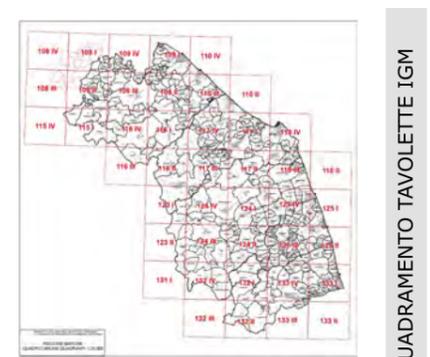
Dott. Geol. Massimo Gubinelli

|           |          |          |          |   |
|-----------|----------|----------|----------|---|
| revisione | 0        | 1        | 2        | Pagina   1/61   |
| data      | 14/02/22 | 22/07/22 | 24/01/24 | \\NAS21\Dati\LAVORI\EOLICO Fred. Olsen Renewables\IMPIANTO EOLICO SAN SEVERINO MARCHE\1_RELAZIONE |



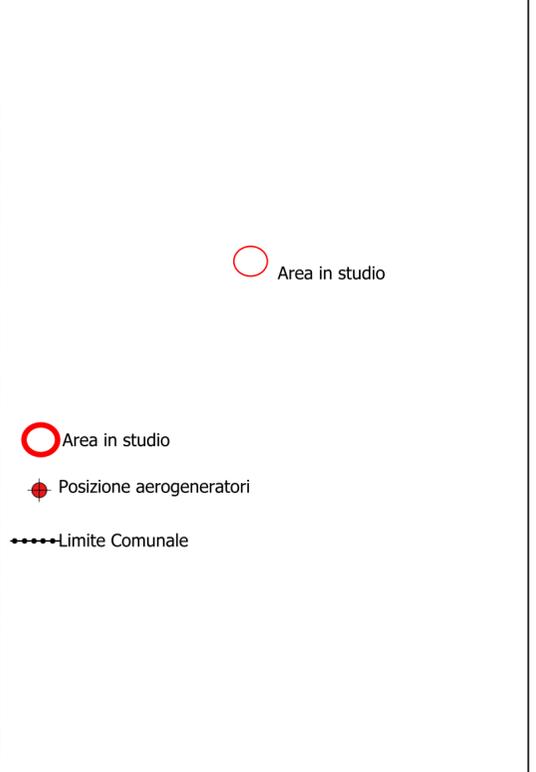
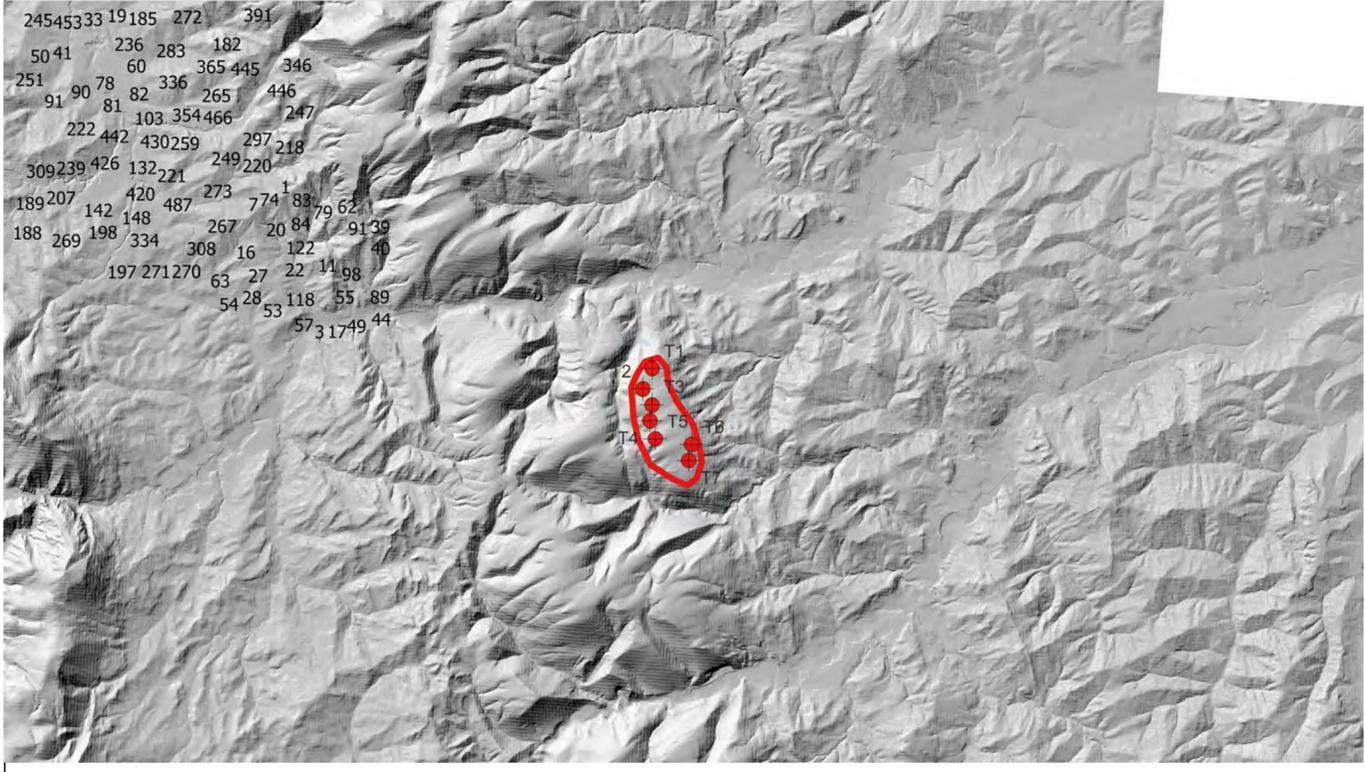
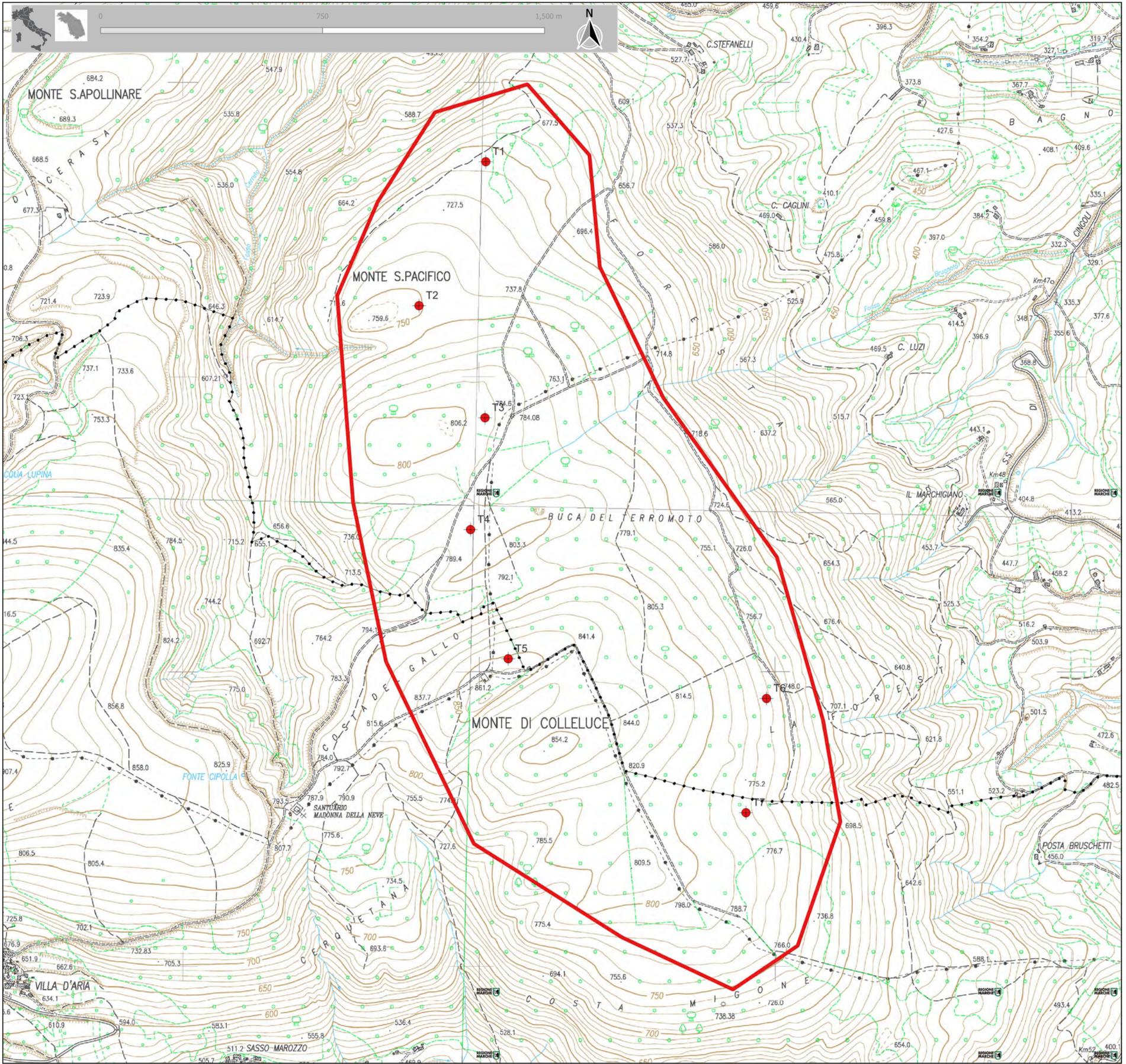
|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| Quadrante: | 124 - IV - SE                      |
| Provincia: | Macerata                           |
| Città:     | Serrapetrona - San Severino Marche |
| Località:  | Villadaria                         |

**TAVOLA: CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE**  
 1:25.000  
**Geologo Dr. Massimo Gubinelli**



- INQUADRAMENTO TAVOLETTE IGM**
- Area in studio
  - Posizione aerogeneratori
  - Limite Comunale

**TITOLO:**  
**Parco eolico**



COMUNE SAN SEVERINO MARCHE  
FOGLIO 179

T1

COMUNE SAN SEVERINO MARCHE  
FOGLIO 179

T2

COMUNE SAN SEVERINO MARCHE  
FOGLIO 189

T3

COMUNE SAN SEVERINO MARCHE  
FOGLIO 189

T4

SERRAPETRONA  
FOGLIO 3

T5

COMUNE SAN SEVERINO MARCHE  
FOGLIO 190

T6

0 25 50 m

SCALA 1:2.000



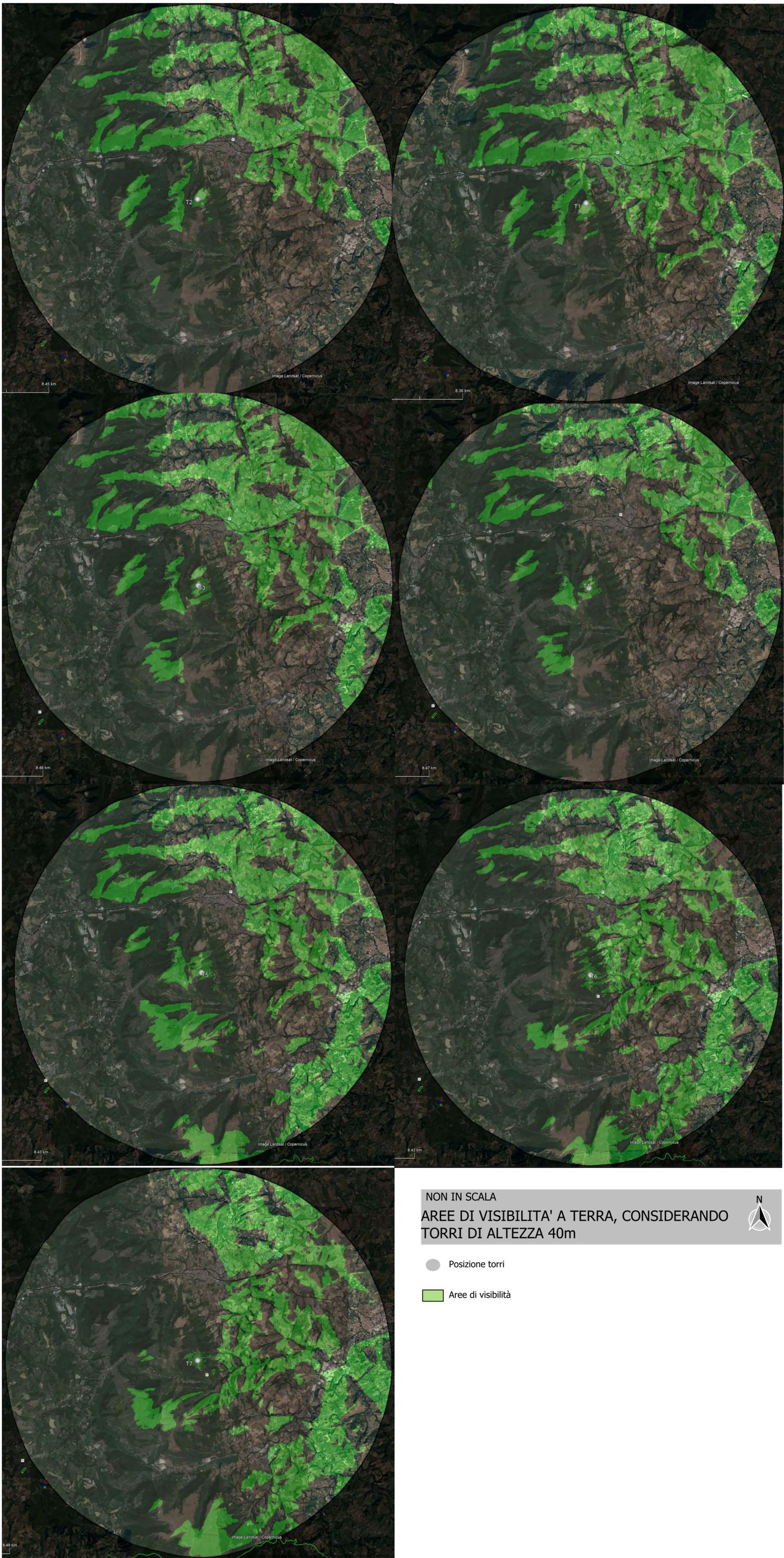
CATASTALE

Area in studio

|   |                  |
|---|------------------|
| 8 SERRAPETRONA - I<br>198_190_189_179 S.S. MARCHE | FOGLI CATASTALI: |
| Macerata  | Provincia:       |
| Serrapetrona - San Severino Marche                | Città:           |
| Villadara   | Località:        |

TAVOLA: STRALCIO CATASTALE  
1:2.000  
Geologo Dr. Massimo Gubinelli

TITOLO:  
Parco colico



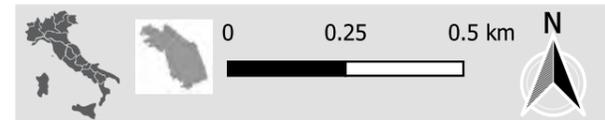
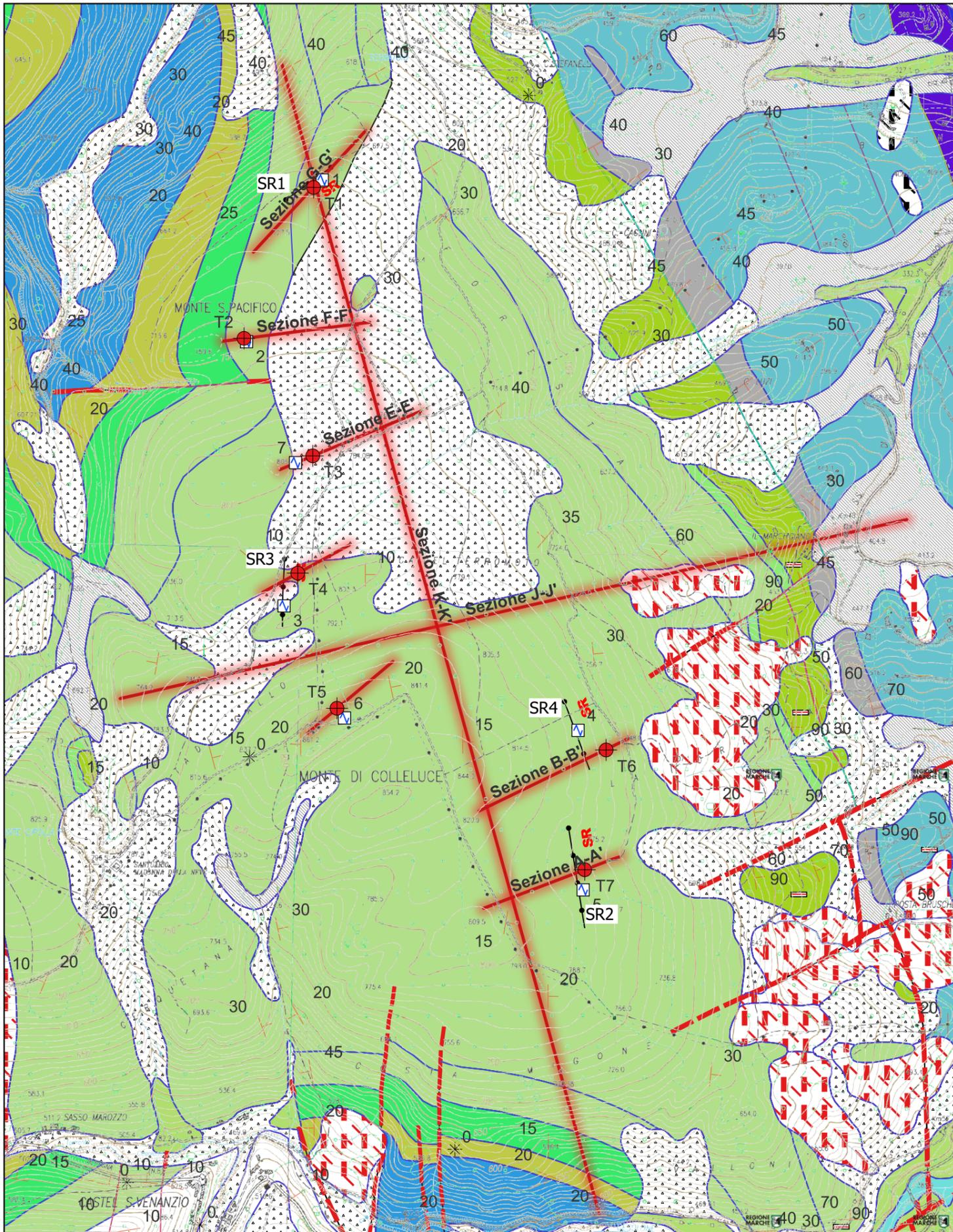
NON IN SCALA  
 AREE DI VISIBILITA' A TERRA, CONSIDERANDO TORRI DI ALTEZZA 40m

● Posizione torri  
 ■ Aree di visibilità

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| ELABORAZIONE: | GOOGLE EARTH                       |
| Provincia:    | Macerata                           |
| Città:        | Serrapetrona - San Severino Marche |
| Località:     | Villadara                          |

TAVOLA: AREE DI VISIBILITA' A TERRA  
 NON IN SCALA

Geologo Dr. Massimo Gubinelli



**LEGENDA:**

**GIACITURA DEGLI STRATI**

- Strati inclinati 30° inclinazione strati
- Strati orizzontali
- Strati verticali
- PROVA SISMICA HVSR

**INDAGINI lineari**

- Sismica a Rifrazione

**SEZIONE**

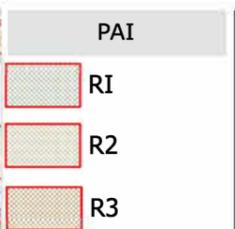
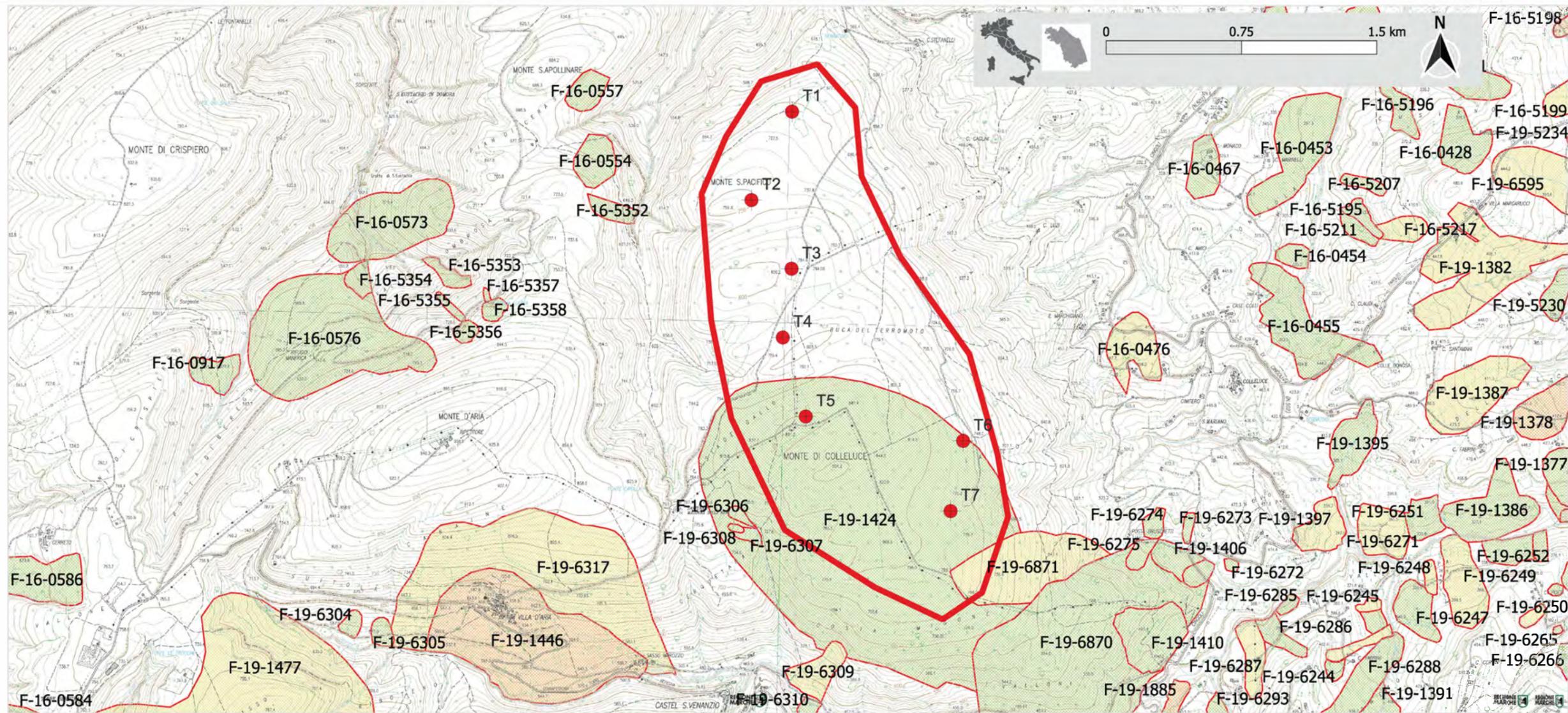
**LEGENDA GEOLOGICA**

- Bisciario
- Depositi alluvionali attuali
- Depositi di frana in evoluzione
- Depositi eluvio-colluviali
- Depositi di versante
- Litofacies arenacea
- Litofacies pelitico-arenacea
- Maiolica
- Marne a Fucoidi
- Scaglia rossa
- Scaglia bianca
- Scaglia cinerea
- Scaglia variegata
- Schlier

**STRUTTURE**

- Faglia incerta
- Torri eoliche

|   |          |                                    |
|---|----------|------------------------------------|
| Inquadramento:                                |          | Bacino di Camerino                 |
| Provincia:                                    |          | Macerata                           |
| Città:  |          | Serrapetrona - San Severino Marche |
| Substrato                                     |          | Scaglia rossa                      |
| <b>TAVOLA: CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA</b> |          |                                    |
| 1:15.000                                      |          |                                    |
| <b>TITOLO:</b>                                |          |                                    |
| <b>Campo fotovoltaico</b>                     |          |                                    |
| <b>A</b>                                      | <b>5</b> |                                    |
| <b>Geologo Dr. Massimo Gubinelli</b>          |          |                                    |



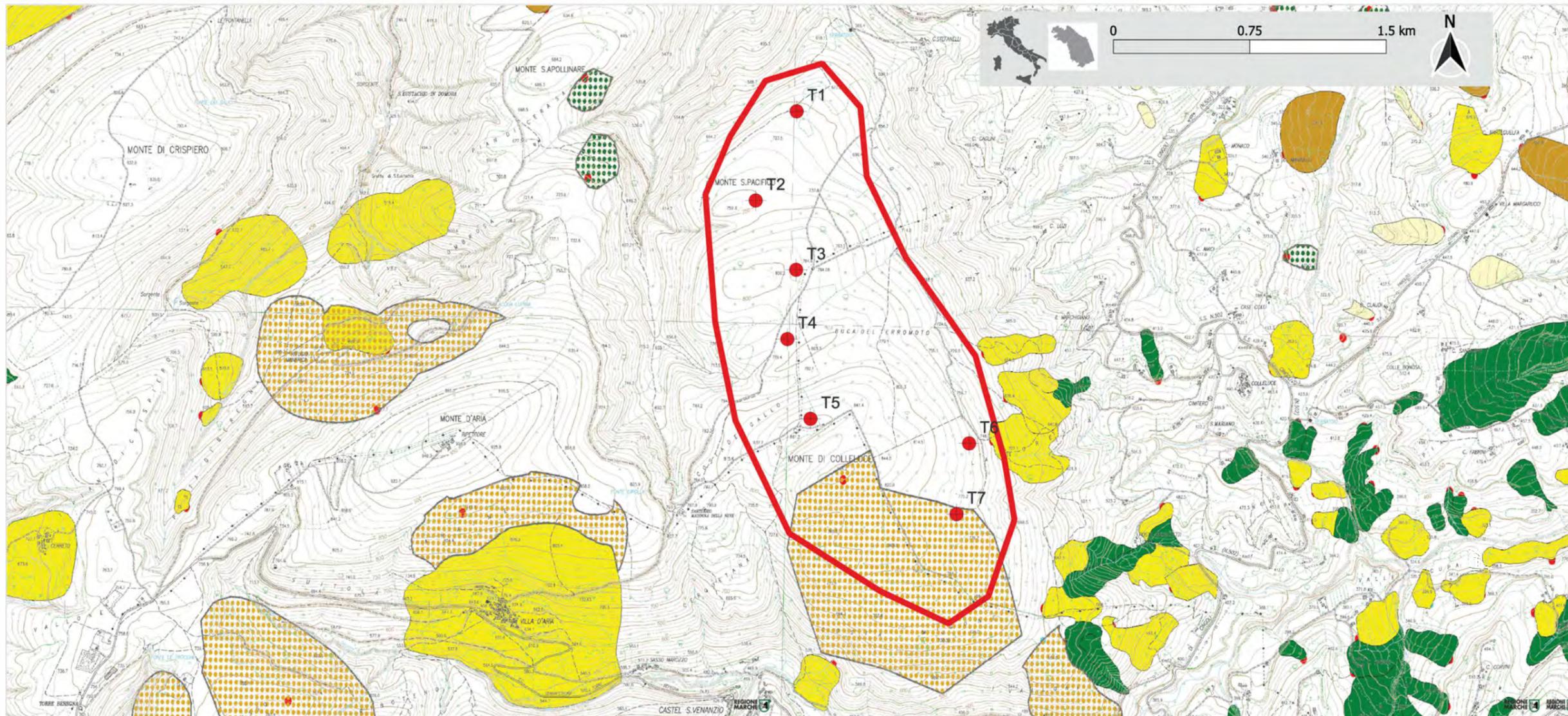
APPROVATO DECRETO DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 14/3/22

L'area in oggetto è parzialmente interessata dalla frana PAI F19-1424 con:  
 Rischio RI  
 Pericolosità P1

- Area in studio
- Posizione torri aerogeneratori
- Limite Comunale

| RISCHIO   | PERICOLOSITA' DEI FENOMENI GRAVITATIVI art.12   |
|---|---|
| <p>moderata R1= per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;</p> <p>media R2= per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;</p> <p>elevata R3= per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;</p> <p>molto elevata R4= per il quale sono possibili perdite di viteumane e lesioni gravi alle persone, dannigravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale; distruzione delle attività socio-economiche</p> | <p>moderata P1= scivolamento inattivo, colamento inattivo<br/>frana complessa inattiva, D.G.P.V. inattiva o quiescente soliflusso.</p> <p>media P2= scivolamento quiescente, colamento quiescente, frana complessa quiescente, D.G.P.V. attivo soliflusso.</p> <p>elevata P3= crollo quiescente, crollo inattivo, scivolamento attivo, colamento attivo, frana complessa attiva.</p> <p>molto elevata P4= crollo attivo, debris flow mud flow</p> |

|  |                                      |  |
|--|--------------------------------------|--|
| <b>TAVOLA: CARTA DISSESTO IDROGEOLOGICO<br/>         PAI REGIONE MARCHE<br/>         1:25.000</b>                    | <b>Geologo Dr. Massimo Gubinelli</b> | <b>TITOLO:<br/>         Campo eolico</b> |
| Inquadramento: SAN SEVERINO SERRAPETRONO<br>Provincia: Macerata<br>Località: VILLADARIA<br>Bacino: Potenza - Chienti |                                      |  |
| A  |                                      | 6  |



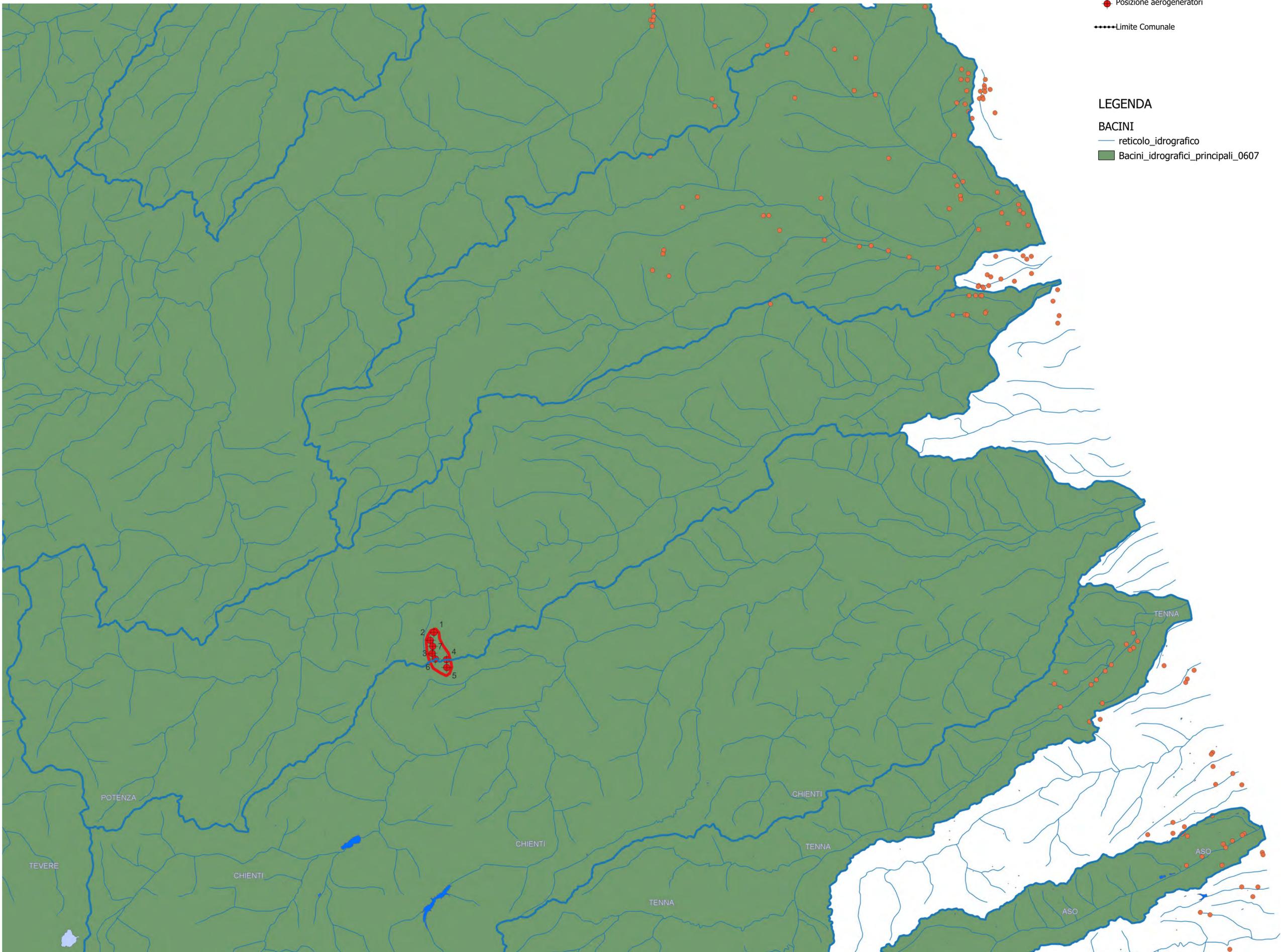
**PROGETTO IFFI**

-  Deformazione gravitativa profonda
-  Frane superficiali diffuse
-  Complessa Attiva
-  Colamento lento Attivo
-  Scivolamento rotazionale

-  Area in studio
-  Posizione torri aerogeneratori
-  Limite Comunale

|                                      |                |                           |
|--------------------------------------|----------------|---------------------------|
| <b>TITOLO:</b><br>Campo eolico       | Inquadramento: | SAN SEVERINO SERRAPETRONE |
|                                      | Provincia:     | Macerata                  |
| <b>Geologo Dr. Massimo Gubinelli</b> | Località:      | VILLADARIA                |
|                                      | Bacino         | Potenza - Chienti         |
| <b>B</b>                             | <b>6</b>       |                           |

TAVOLA: CARTA DISSESTO IDROGEOLOGICO IFFI



- Area in studio
- Posizione aerogeneratori
- ◆◆◆◆◆ Limite Comunale

**LEGENDA**

**BACINI**

- reticolo\_idrografico
- Bacini\_idrografici\_principali\_0607

|                    |                                    |
|--------------------|------------------------------------|
| Inquadramento:     | VILLADARA                          |
| Provincia:         | MACERATA                           |
| Località:          | SAN SEVERINO MARCHE - SERRAPETRONA |
| Bacino Secondario: | POTENZA-CHIANTI                    |

TAVOLA: CARTA BACINI IDROGRAFICI  
1:150.000  
Geologo Dr. Massimo Gubinelli

TITOLO:  
Campo colico



FOTO INDAGINI



CANTIERE TORRE T2 HV 2



CANTIERE TORRE T1 RIFRAZIONE 1 HV 1



CANTIERE TORRE T3 HV 7

CANTIERE TORRE T4 RIFRAZIONE 3 HV 3



CANTIERE TORRE T5 HV 6



CANTIERE TORRE T6 RIFRAZIONE 4 HV 4



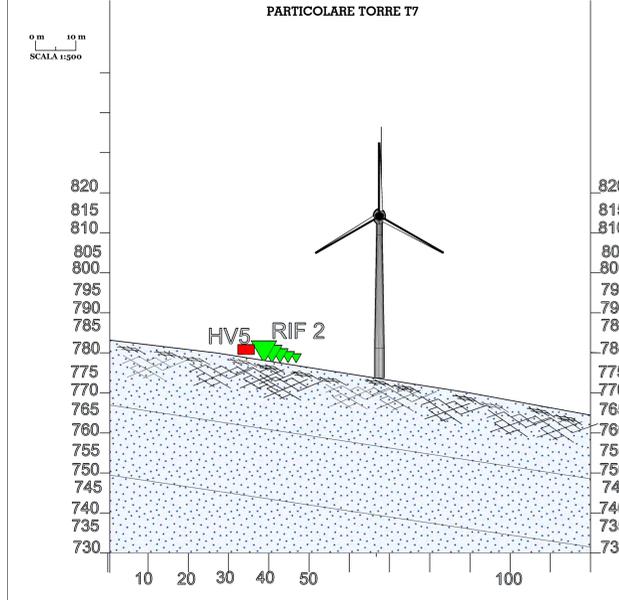
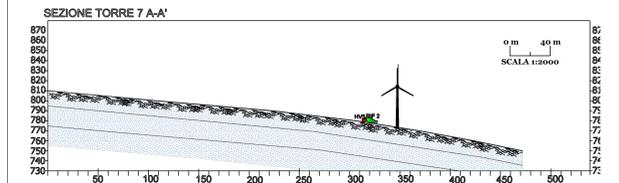
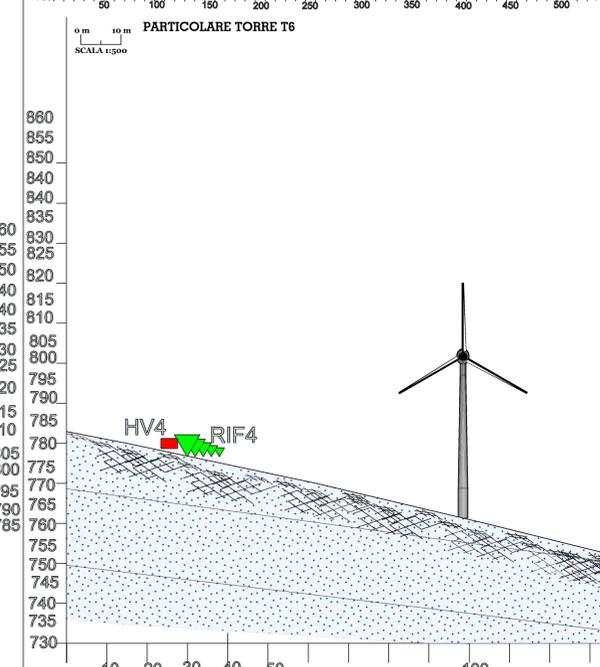
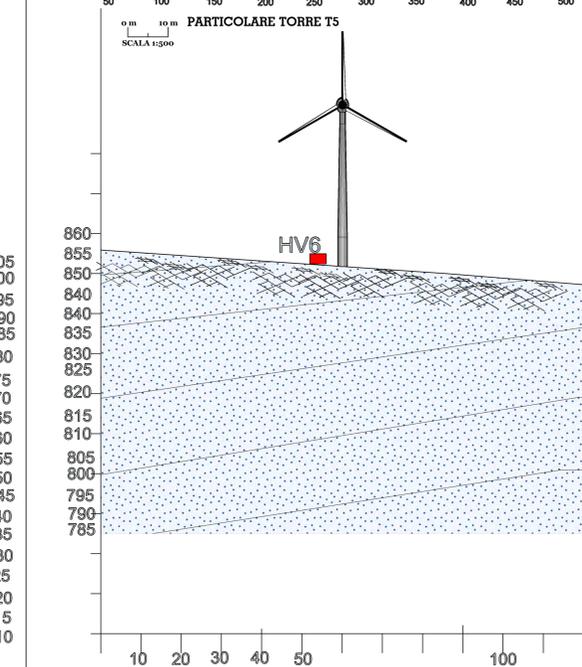
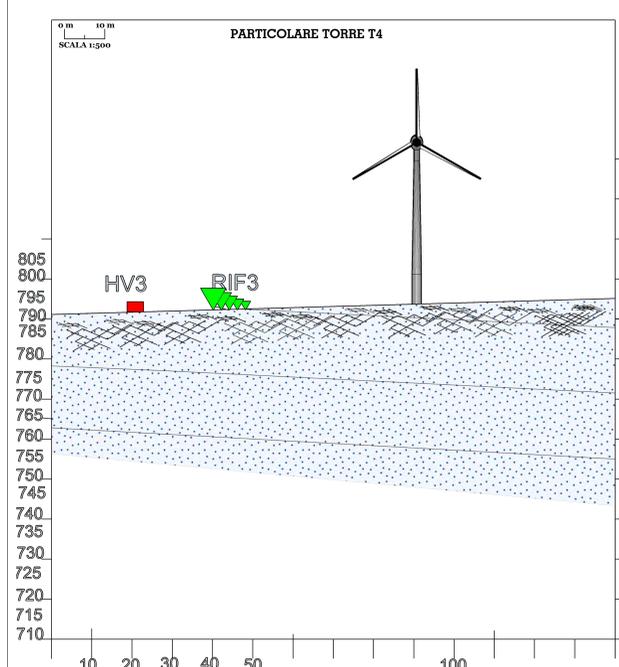
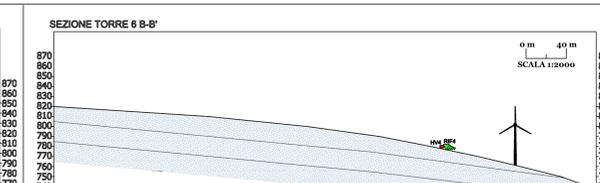
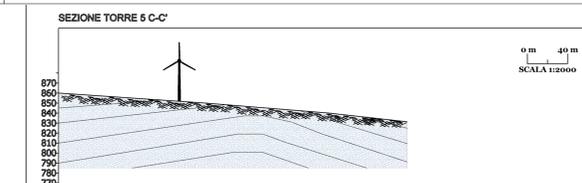
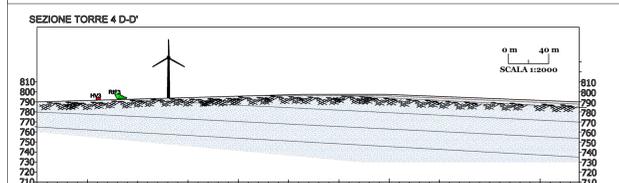
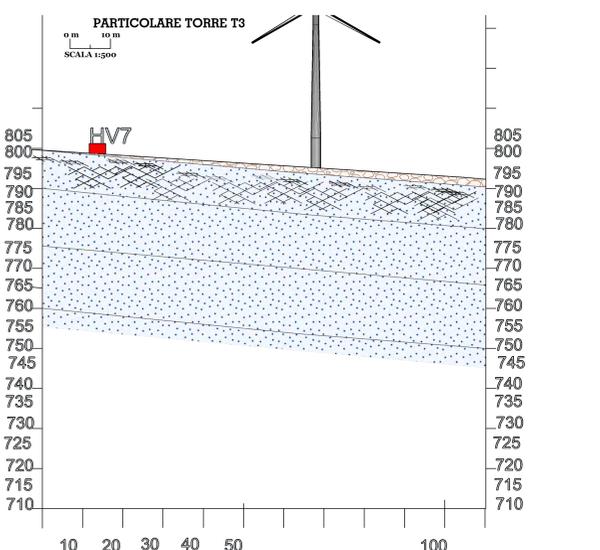
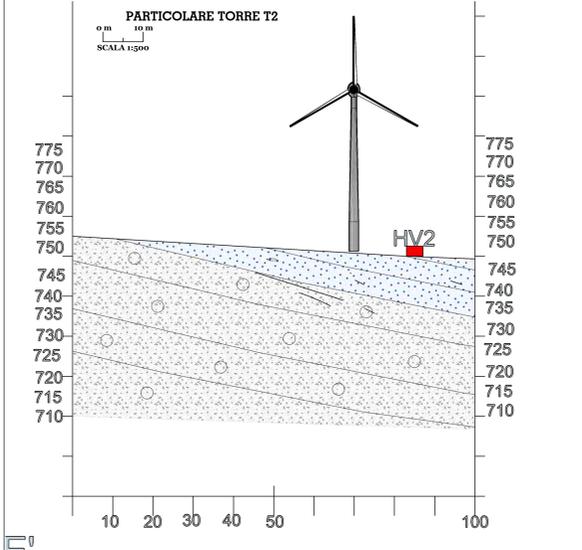
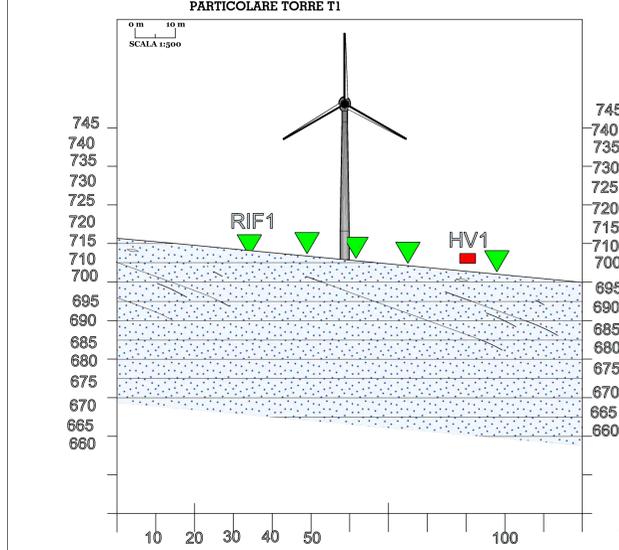
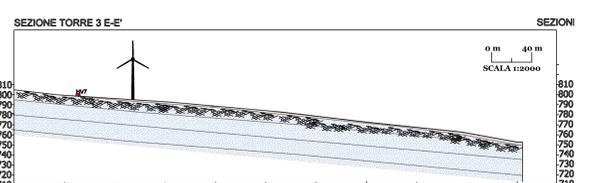
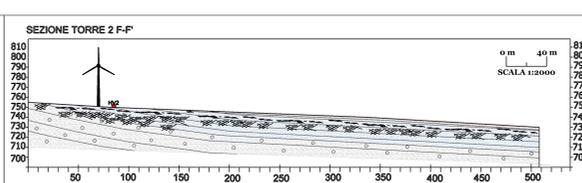
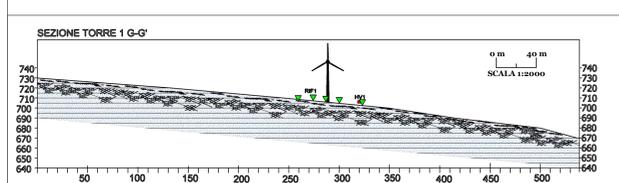
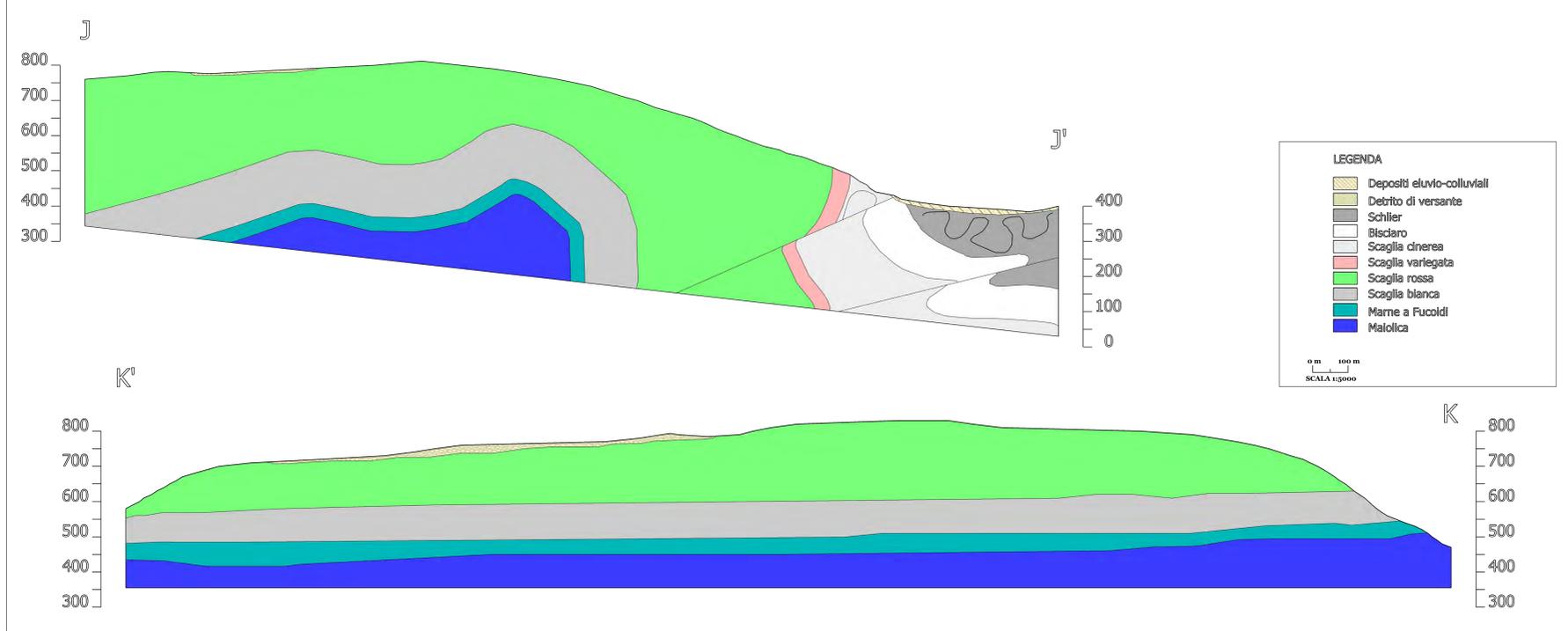
CANTIERE TORRE T7 RIFRAZIONE 5 HV 5

| REVISIONI |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| 1         | 22/01/22 MASSIMO GUBINELLI       |
| 2         | 22/07/22 rev 1 MASSIMO GUBINELLI |
| 3         | ---                              |
| 4         | ---                              |
| 5         | ---                              |

TAVOLA: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI

Geologo Dr. Massimo Gubellini

TITOLO:  
Campo eolico



### PARTICOLARE TORRE 1 G-G'

COMUNE DI SAN SEVERINO MARCHE MC

Latitudine: 43.25544°  
Longitudine: 13.84337°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 382.74 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 170.00   | 354.70   | 2.00     | 1         | 1.6880   | 354.70   | 1        |
| 2         | 470.00   | 1087.80  | 3.00     | 2         | 1.9254   | 1087.80  | 2        |
| 3         | 650.00   | 1511.20  | 5.00     | 3         | 2.0495   | 1511.20  | 3        |
| 4         | 780.00   | 2067.30  | 20.00    | 4         | 2.1782   | 2067.30  | 4        |

**RIFRAZIONE 1**

**SEZIONE VERTICALE n. 1**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 2         | 1.8                    | 25-28             | 2  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1.2                    | ADATTO                          |
| 8         | 2.0                    | 30-32             | 8  | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 12   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

### PARTICOLARE TORRE 2 F-F'

COMUNE DI SAN SEVERINO MARCHE MC

Latitudine: 43.25544°  
Longitudine: 13.84337°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 382.74 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 170.00   | 354.70   | 2.00     | 1         | 1.6880   | 354.70   | 1        |
| 2         | 470.00   | 1087.80  | 3.00     | 2         | 1.9254   | 1087.80  | 2        |
| 3         | 650.00   | 1511.20  | 5.00     | 3         | 2.0495   | 1511.20  | 3        |
| 4         | 780.00   | 2067.30  | 20.00    | 4         | 2.1782   | 2067.30  | 4        |

**RIFRAZIONE 1**

**SEZIONE VERTICALE n. 1**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 3         | 1.8                    | 25-28             | 2  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1.2                    | ADATTO                          |
| 5         | 2.0                    | 30-32             | 8  | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 12   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

### PARTICOLARE TORRE 3 E-E'

COMUNE DI SAN SEVERINO MARCHE MC

Latitudine: 43.25523°  
Longitudine: 13.86549°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 382.74 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 170.00   | 354.70   | 2.00     | 1         | 1.6880   | 354.70   | 1        |
| 2         | 470.00   | 1087.80  | 3.00     | 2         | 1.9254   | 1087.80  | 2        |
| 3         | 650.00   | 1511.20  | 5.00     | 3         | 2.0495   | 1511.20  | 3        |
| 4         | 780.00   | 2067.30  | 20.00    | 4         | 2.1782   | 2067.30  | 4        |

**RIFRAZIONE 1**

**SEZIONE VERTICALE n. 1**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 3         | 1.8                    | 25-28             | 2  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1.2                    | ADATTO                          |
| 8         | 2.0                    | 30-32             | 8  | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 12   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

### PARTICOLARE TORRE 4 D-D'

COMUNE DI SAN SEVERINO MARCHE MC

Latitudine: 43.25523°  
Longitudine: 13.86549°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 382.74 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 140.00   | 332.60   | 3.00     | 1         | 1.4372   | 332.60   | 3        |
| 2         | 520.00   | 1238.60  | 4.00     | 2         | 1.9089   | 1238.60  | 4        |
| 3         | 750.00   | 1774.50  | 5.00     | 3         | 2.1129   | 1774.50  | 5        |
| 4         | 780.00   | 2025.90  | 18.00    | 4         | 2.1868   | 2025.90  | 18       |

**RIFRAZIONE 3**

**SEZIONE VERTICALE n. 3**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 3         | 1.8                    | 25-28             | 2  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1.0                    | ADATTO                          |
| 9         | 2.0                    | 30-32             | 11   | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 12   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

### PARTICOLARE TORRE 5 C-C'

COMUNE DI SERRAPETRONA MC

Latitudine: 43.18635°  
Longitudine: 13.84704°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 500.25 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 140.00   | 332.60   | 3.00     | 1         | 1.4372   | 332.60   | 3        |
| 2         | 520.00   | 1238.60  | 4.00     | 2         | 1.9089   | 1238.60  | 4        |
| 3         | 750.00   | 1774.50  | 5.00     | 3         | 2.1129   | 1774.50  | 5        |
| 4         | 780.00   | 2025.90  | 18.00    | 4         | 2.1868   | 2025.90  | 18       |

**RIFRAZIONE 3**

**SEZIONE VERTICALE n. 3**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 2         | 1.8                    | 25-28             | 2  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1.0                    | ADATTO                          |
| 8         | 2.0                    | 30-32             | 8  | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 12   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

### PARTICOLARE TORRE 6 B-B'

COMUNE DI SAN SEVERINO MARCHE MC

Latitudine: 43.19333°  
Longitudine: 13.77949°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 606.60 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 200.00   | 461.80   | 2.00     | 1         | 1.8951   | 461.80   | 2        |
| 2         | 490.00   | 1133.00  | 3.00     | 2         | 1.9410   | 1133.00  | 3        |
| 3         | 650.00   | 1544.70  | 5.00     | 3         | 1.9940   | 1544.70  | 5        |
| 4         | 780.00   | 2143.90  | 20.00    | 4         | 2.1063   | 2143.90  | 20       |

**RIFRAZIONE 4**

**SEZIONE VERTICALE n. 4**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 2         | 1.8                    | 25-28             | 4  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1                      | ADATTO                          |
| 8         | 2.0                    | 30-32             | 13   | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 14   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

### PARTICOLARE TORRE 7 A-A'

COMUNE DI SERRAPETRONA MC

Latitudine: 43.18935°  
Longitudine: 13.77349°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 587.96 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 160.00   | 450.00   | 1.00     | 1         | 1.5999   | 450.00   | 1        |
| 2         | 500.00   | 1166.80  | 1.00     | 2         | 1.9496   | 1166.80  | 1        |
| 3         | 760.00   | 1671.00  | 4.00     | 3         | 2.1556   | 1671.00  | 4        |
| 4         | 780.00   | 2125.60  | 18.00    | 4         | 2.1862   | 2125.60  | 18       |

**RIFRAZIONE 5**

**SEZIONE VERTICALE n. 5**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 2         | 1.8                    | 25-28             | 5  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1                      | ADATTO                          |
| 6         | 2.0                    | 30-32             | 13   | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 14   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

### PARTICOLARE TORRE 8 B-B'

COMUNE DI SAN SEVERINO MARCHE MC

Latitudine: 43.19333°  
Longitudine: 13.77949°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 606.60 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 200.00   | 461.80   | 2.00     | 1         | 1.8951   | 461.80   | 2        |
| 2         | 490.00   | 1133.00  | 3.00     | 2         | 1.9410   | 1133.00  | 3        |
| 3         | 650.00   | 1544.70  | 5.00     | 3         | 1.9940   | 1544.70  | 5        |
| 4         | 780.00   | 2143.90  | 20.00    | 4         | 2.1063   | 2143.90  | 20       |

**RIFRAZIONE 4**

**SEZIONE VERTICALE n. 4**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 2         | 1.8                    | 25-28             | 4  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1                      | ADATTO                          |
| 8         | 2.0                    | 30-32             | 13   | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 14   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

### PARTICOLARE TORRE 9 E-E'

COMUNE DI SAN SEVERINO MARCHE MC

Latitudine: 43.25523°  
Longitudine: 13.86549°

Parametri sismici  
Categoria sismologica: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

$V_{seq} = 30 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{T_i}$   
 $V_{seq} = 30 = 382.74 \text{ m/s}$

**PARAMETRI DINAMICI**

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore | N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 170.00   | 354.70   | 2.00     | 1         | 1.6880   | 354.70   | 1        |
| 2         | 470.00   | 1087.80  | 3.00     | 2         | 1.9254   | 1087.80  | 2        |
| 3         | 650.00   | 1511.20  | 5.00     | 3         | 2.0495   | 1511.20  | 3        |
| 4         | 780.00   | 2067.30  | 20.00    | 4         | 2.1782   | 2067.30  | 4        |

**RIFRAZIONE 1**

**SEZIONE VERTICALE n. 1**

**STRATO 1**  
**STRATO 2**  
**STRATO 3**  
**STRATO 4**

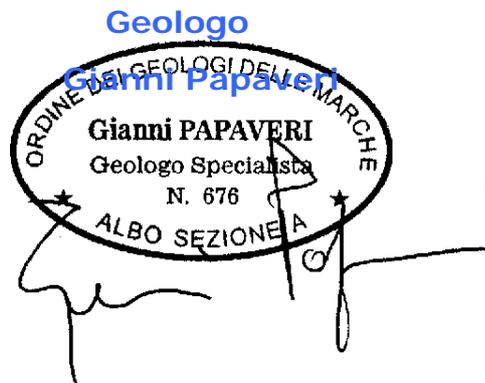
| SPESORI m | Peso di volume y/g/cm3 | angolo attrito f° | Modulo di taglio iniziale G <sub>i</sub> MPa | Coesione efficace c' Kg/cm2 | modulo di Young E <sub>y</sub> Kg/cm2 | coefficiente di Poisson | Coefficienti di sottofondo o K Kg/cm3 | Vs m/s2 categoria sottosuolo | Amplificazione topografica T | VOCAZIONALI TA FINI EDIFICATORI |
|-----------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 3         | 1.8                    | 25-28             | 2  |                             | 0.38                                  |                         |                                       | 524 TERRENO B                | 71 ST=1                      | ADATTO                          |
| 8         | 2.0                    | 30-32             | 8  | 0.8                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |
| 3         | 2.3                    | 35-40             | 12   | 1.5                         | 0.36                                  |                         |                                       |                              |                              | ADATTO                          |

## Comune di CAMERINO (Prov. Macerata)

**Oggetto: Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione, prova sismica multicanale MASW su n. 4 aree in loc. Monte D'Aria**

**Richiedente: Geol. Massimi Gubinelli**

**Monterubbiano 9 febbraio 2022**



## **sismica a rifrazione e prova sismica multicanale masw**

### ***PREMESSA***

La presente prospezione geofisica è realizzata per la ricostruzione dei sismostrati e per la caratterizzazione dei suoli attraverso la velocità di propagazione delle onde di compressione e tramite prova sismica multicanale masw, su n. 4 aree site in loc. Monte D'Aria nel Comune di Montecavallo (Mc).

L'acquisizione sismica, attraverso n. 4 basi a rifrazione e masw, sono state eseguita nelle aree indicate dal committente.

### ***PRINCIPI GENERALI***

Le indagini geosismiche vengono realizzate utilizzando il metodo sismico a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) Tali onde sono generate, e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest' ultimo è sottoposto a sollecitazioni meccaniche sia di tipo naturale, sia di tipo artificiale (esplosioni, mazze battenti, vibratorii ecc.).

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo o scoppio), in corrispondenza di una molteplicità di sensori disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni).

Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni, la compattezza dei materiali e la loro stratificazione da queste attraversati.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica dei terreni al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica.

L'elaborazione dei dati sismici con un modello matematico bidimensionale attraverso procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze – vedi allegato), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione.

Per questa parte di procedura interpretativa l'algoritmo utilizzato dal programma di calcolo è stato pubblicato nel 1986 da Dereck Palmer in un articolo dal titolo "The Generalized Reciprocal Method of Seismic Refraction Interpretation (Society of Exploration Geophysicists).

### **ELABORAZIONE - METODO GRM**

Il metodo G.R.M. (Palmer, 1980), consente di ricostruire morfologie del substrato piano o irregolari, anche nel caso di variazioni laterali di velocità.

Per ricostruire l'andamento dell'interfaccia di strato lungo tutto lo stendimento, è necessario che i segnali provenienti dal singolo rifrattore siano ricevuti da tutti i geofoni messi in opera.

Il grafico distanza-tempi che si ottiene è considerevolmente più complesso rispetto al caso del metodo convenzionale.

L'interpretazione del grafico distanza-tempi prevede due passaggi:

- la ricostruzione delle dromocrone relative ai singoli strati;
- la stima delle velocità e delle profondità di ogni singolo rifrattore.

La fase essenziale quella di ricostruire la dromocrona relativa ad ogni strato, seguendola, se possibile, da un estremo all'altro dello stendimento, assemblando quindi insieme tratti di dromocrone relative a sorgenti differenti, ma i cui segnali provengono dallo stesso rifrattore.

Ciò è stato eseguito sia per il tiro diretto che per quello coniugato.

Con il metodo reciproco generalizzato si parte dall'ipotesi che esista una distanza intergeofonica XY ottimale, distanza che fornisce il maggior dettaglio possibile nella ricostruzione della morfologia del rifrattore.

Per determinare la distanza XY ottimale in pratica si è proceduto come indicato di seguito:

- Si fa variare XY da un valore minimo corrispondente alla spaziatura reale fra i geofoni fino a un valore massimo di 9-10 volte tale distanza;

quindi se, come nel nostro caso, i geofoni sono spazati di 4 m, si dovranno prendere in considerazione intervalli di XY uguali a 4 e sui multipli.

- Per ogni valore di XY scelto si stima, con un passo di calcolo uguale a XY, la funzione velocità.

### **ATTREZZATURE**

Sismografo "ECHO 24 Seismic Unit" a 24 canali+124 bits con touchscreen, predisposto per prove HVSR:Software di acquisizione dati "ECHO 2010N.12 o 24 Geofoni verticali a 4,5 hz Tromografo "ECHO TROMO HVSR3" a 3 canali con geofono 3D da superficie a 4,5hz.

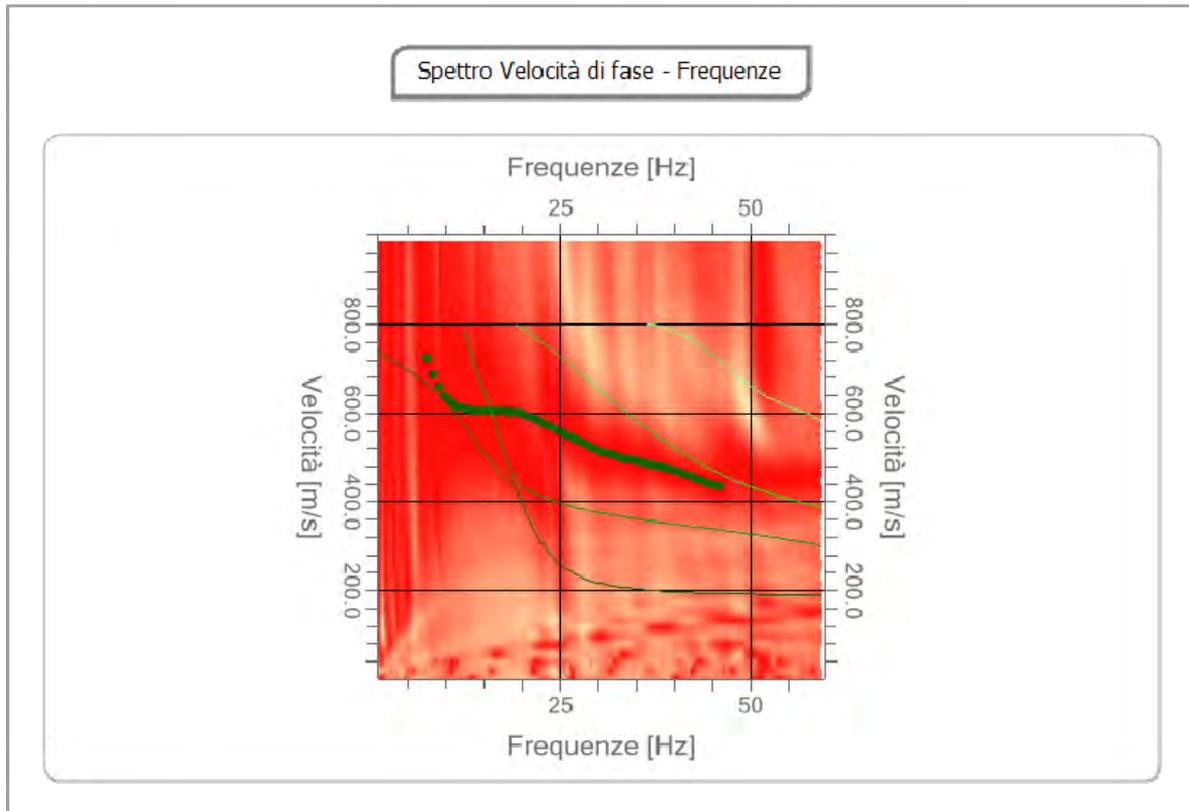
### ***PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)***

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono 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 o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi :

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f numero d'onda  $K$ ;
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie  $f-k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V$  fase (m/sec) – frequenza;
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  (Fig.1);



(Fig. 2 - curva di dispersione)

### **ODALITA' OPERATIVE**

E' stato eseguito uno stendimento con distanza intergeofonica 4 m. per una lunghezza di 44 metri con scoppi esterni posti a 4 metri rispetto ai geofoni estremi della linea.

Sono quindi stati attuati n. 4 scoppi di cui n. 2 esterni e due centrali allo stendimento (v.d.r. report allegato).

**CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMATIVA SISMICA VIGENTE n. 1**

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 17.01.2018, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, il substrato sismico di 800 m/s si rinviene dopo tale profondità. L'equazione 3.2.1:

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 170,00   | 394,70   | 2,00     |
| 2         | 470,00   | 1087,80  | 3,00     |
| 3         | 650,00   | 1511,20  | 5,00     |
| 4         | 780,00   | 2067,30  | 20,00    |

$$V_{seq} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = 582.74 \cdot m/s$$

Possiamo a questo punto valutare la categoria e l'effetto della risposta sismica locale in base alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo del D.M. 17.01.2018.

|          |   |
|----------|---|
| <b>B</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. |
|----------|---|

Di seguito si riporta la Tabella 3.2.II:

|          |   |
|----------|---|
| <b>A</b> | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.   |
| <b>B</b> | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |

- C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- D** Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
- E** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

### **VALUTAZIONE MODULI ELASTICI DEI MEZZI ATTRAVERSATI**

L'attenuazione delle onde sismiche dipende direttamente dalle caratteristiche elasto-meccaniche delle diverse parti che costituiscono il mezzo materiale che esse attraversano, i parametri che intervengono nella modificazione del segnale sismico sono:

- $\gamma_{din}$  – densità geofisica;
- $\rho$  – coefficiente di Poisson;
- E – Modulo di Young;
- $G_0$  – Modulo di taglio.

### **DENSITÀ GEOFISICA ( $\gamma_{din}$ )**

Esprime la concentrazione volumetrica di un corpo. Può essere calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità  $V_p$ . La densità geofisica è espressa dalla seguente relazione:

$$\gamma_{din} = 0,51 \times V_p^{0,19} \Rightarrow \text{Possiamo determinarci il suo valore per ogni sismostrato}$$

| N. Strato | $\gamma_{din}$ | $V_p$ [m/s] |
|-----------|----------------|-------------|
| 1         | 1,5880         | 394,70      |
| 2         | 1,9254         | 1087,80     |
| 3         | 2,0495         | 1511,20     |
| 4         | 2,1752         | 2067,30     |

### **COEFFICIENTE DI POISSON ( $\nu$ )**

Indica la misura di cambiamento geometrico di un corpo. Può presentare un intervallo di variazione tra 0.1 e 0.5. Viene definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \times (V_p^2 - V_s^2)}$$

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | v_Poisson |
|-----------|----------|----------|-----------|
| 1         | 170,00   | 394,70   | 0,386120  |
| 2         | 470,00   | 1087,80  | 0,385236  |
| 3         | 650,00   | 1511,20  | 0,386500  |
| 4         | 780,00   | 2067,30  | 0,417006  |

### MODULO DI YOUNG (E)

Esprime la resistenza alla deformazione lineare di un corpo ad uno sforzo di trazione o di compressione.

$$E = V_p^2 \times \gamma \frac{(1+\nu) \times (1-2\nu)}{1-\nu} \quad (\text{espresso in MPa})$$

| N. Strato | E_Young   | Vp [m/s] | v_Poisson | $\gamma_{din}$ |
|-----------|-----------|----------|-----------|----------------|
| 1         | 1,322061  | 394,70   | 0,386120  | 1,5880         |
| 2         | 12,244073 | 1087,80  | 0,385236  | 1,9254         |
| 3         | 24,950529 | 1511,20  | 0,386500  | 2,0495         |
| 4         | 38,971735 | 2067,30  | 0,417006  | 2,1752         |

### MODULO DI TAGLIO ( $G_0$ )

Misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una spinta tangenziale; è funzione della velocità Vs ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume.

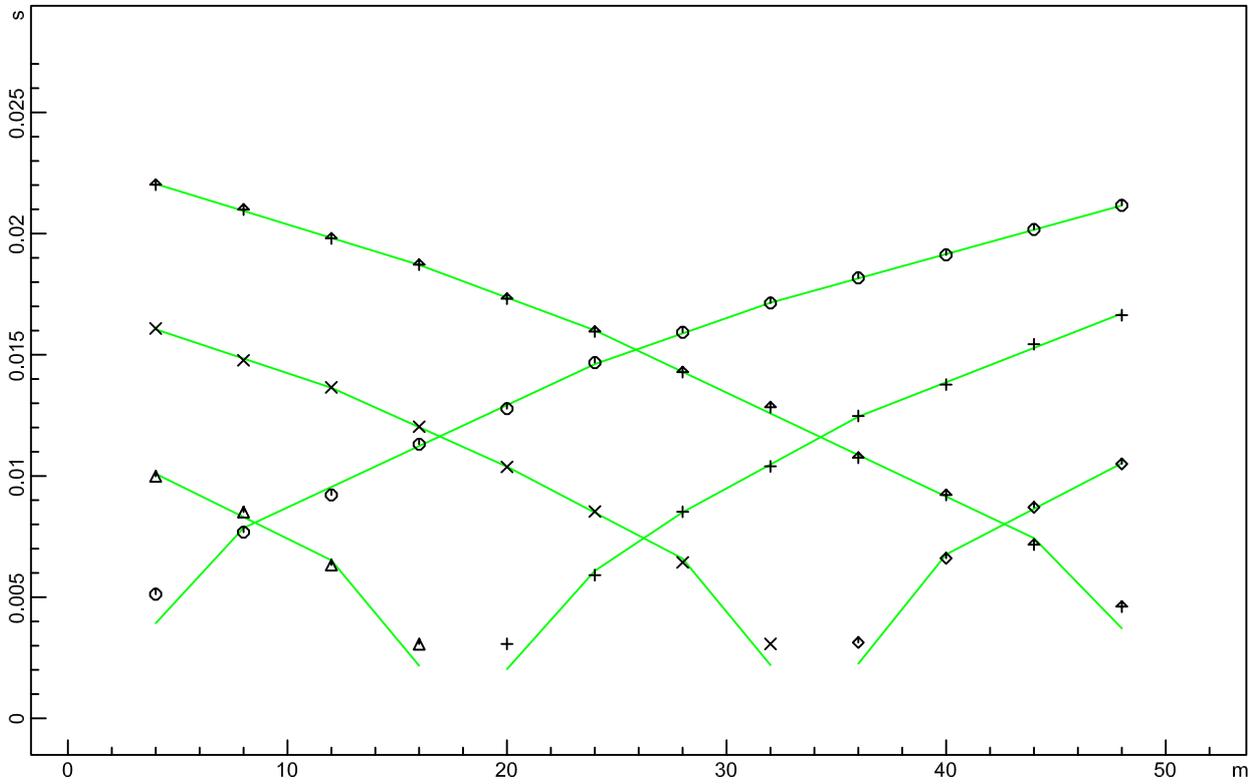
$$G_0 = \frac{\gamma \times (V_s)^2}{g} \quad (\text{espresso in MPa})$$

| N. Strato | Vs [m/s] | $G_0$ _Taglio | $\gamma_{din}$ |
|-----------|----------|---------------|----------------|
| 1         | 170,00   | 0,47689       | 1,5880         |
| 2         | 470,00   | 4,41949       | 1,9254         |
| 3         | 650,00   | 8,99767       | 2,0495         |
| 4         | 780,00   | 13,75144      | 2,1752         |

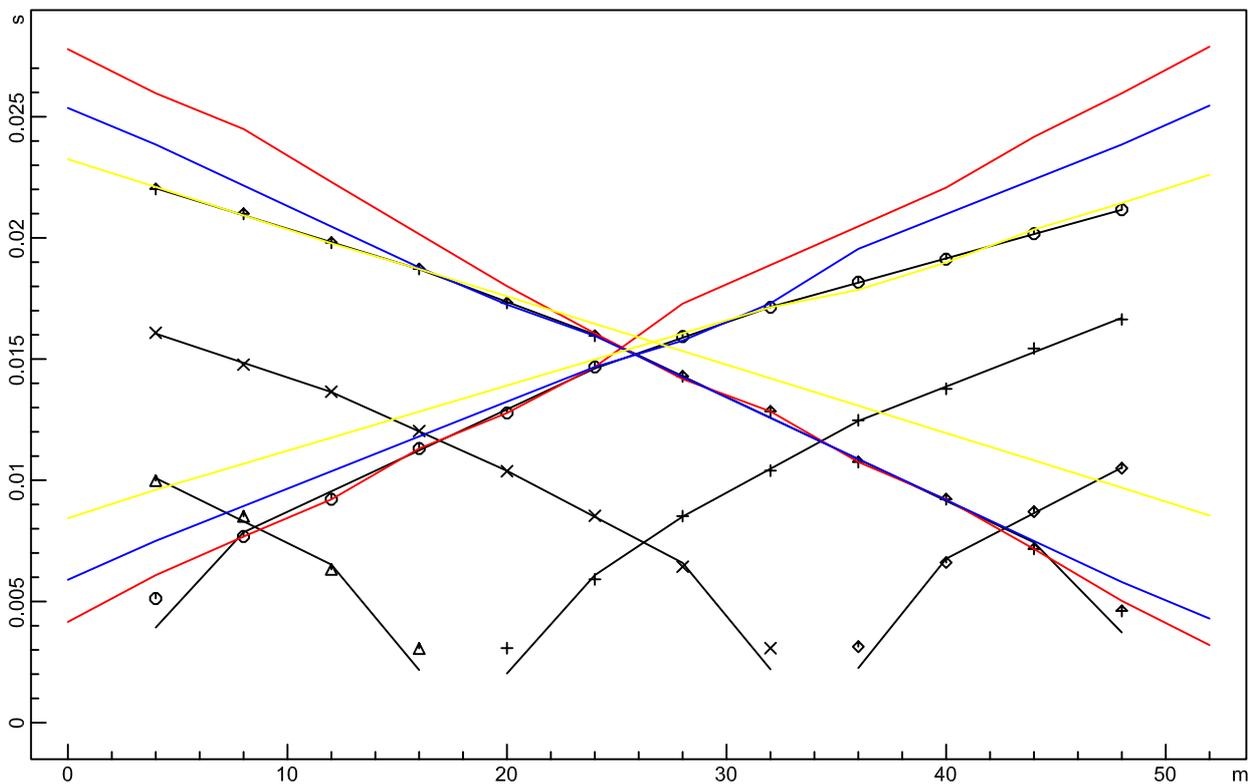


*Ubicazione n. 1*

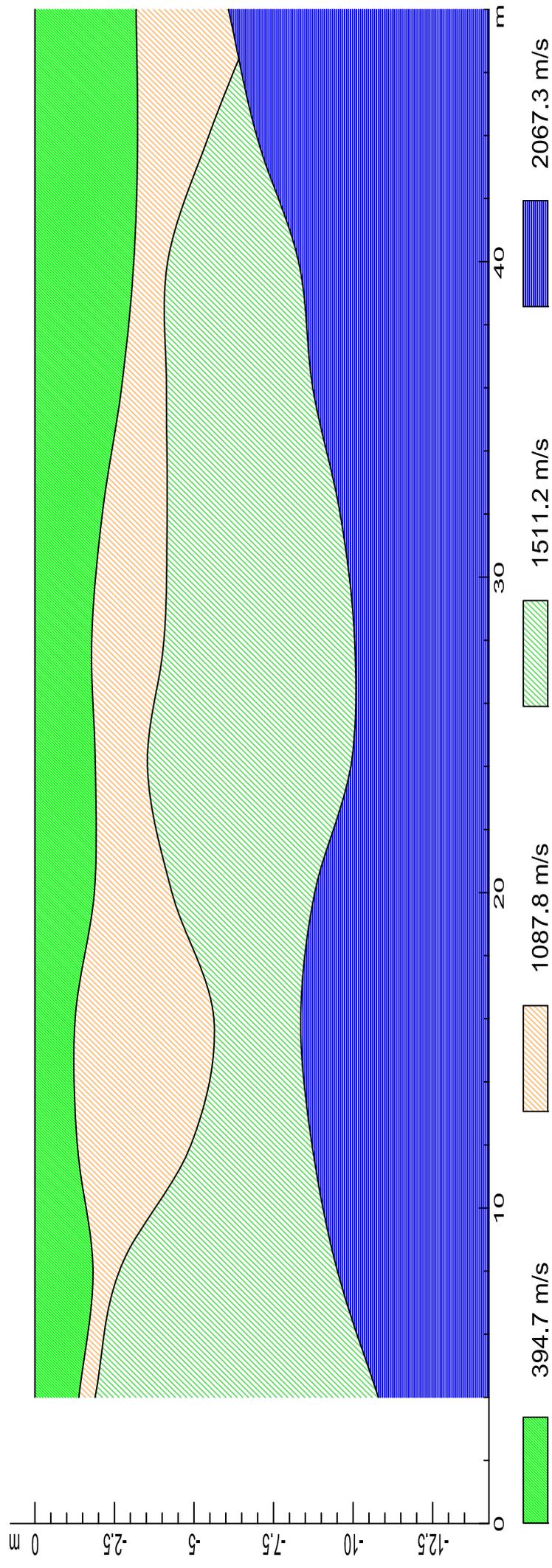
**DROMOCRONE ORIGINALI n. 1**



**DROMOCRONE TRASLATE n.1**



## SEZIONE VERTICALE n. 1



**CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMATIVA SISMICA VIGENTE n. 3**

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 17.01.2018, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, il substrato sismico di 800 m/s si rinviene dopo tale profondità. L'equazione 3.2.1:

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 140,00   | 332,60   | 3,00     |
| 2         | 520,00   | 1226,60  | 4,00     |
| 3         | 730,00   | 1774,10  | 5,00     |
| 4         | 750,00   | 2025,90  | 18,00    |

$$V_{seq} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = 500.25 \cdot m / s$$

Possiamo a questo punto valutare la categoria e l'effetto della risposta sismica locale in base alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo del D.M. 17.01.2018.

|          |   |
|----------|---|
| <b>B</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. |
|----------|---|

Di seguito si riporta la Tabella 3.2.II:

|  |
|--|
| <p><b>A</b> <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.</p> <p><b>B</b> <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i>, 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.</p> |
|--|

- C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- D** Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
- E** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

### **VALUTAZIONE MODULI ELASTICI DEI MEZZI ATTRAVERSATI**

L'attenuazione delle onde sismiche dipende direttamente dalle caratteristiche elasto-meccaniche delle diverse parti che costituiscono il mezzo materiale che esse attraversano, i parametri che intervengono nella modificazione del segnale sismico sono:

- $\gamma_{din}$  – densità geofisica;
- $\rho$  – coefficiente di Poisson;
- E – Modulo di Young;
- $G_0$  – Modulo di taglio.

### **DENSITÀ GEOFISICA ( $\gamma_{din}$ )**

Esprime la concentrazione volumetrica di un corpo. Può essere calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità  $V_p$ . La densità geofisica è espressa dalla seguente relazione:

$$\gamma_{din} = 0,51 \times V_p^{0,19} \Rightarrow \text{Possiamo determinarci il suo valore per ogni sismostrato}$$

| N. Strato | $\gamma_{din}$ | $V_p$ [m/s] |
|-----------|----------------|-------------|
| 1         | 1,5372         | 332,60      |
| 2         | 1,9698         | 1226,60     |
| 3         | 2,1129         | 1774,10     |
| 4         | 2,1668         | 2025,90     |

### **COEFFICIENTE DI POISSON ( $\nu$ )**

Indica la misura di cambiamento geometrico di un corpo. Può presentare un intervallo di variazione tra 0.1 e 0.5. Viene definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \times (V_p^2 - V_s^2)}$$

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | v_Poisson |
|-----------|----------|----------|-----------|
| 1         | 140,00   | 332,60   | 0,392335  |
| 2         | 520,00   | 1226,60  | 0,390451  |
| 3         | 730,00   | 1774,10  | 0,398089  |
| 4         | 750,00   | 2025,90  | 0,420591  |

### MODULO DI YOUNG (E)

Esprime la resistenza alla deformazione lineare di un corpo ad uno sforzo di trazione o di compressione.

$$E = V_p^2 \times \gamma \frac{(1+\nu) \times (1-2\nu)}{1-\nu} \quad (\text{espresso in MPa})$$

| N. Strato | E_Young   | Vp [m/s] | v_Poisson | $\gamma_{din}$ |
|-----------|-----------|----------|-----------|----------------|
| 1         | 0,871821  | 332,60   | 0,392335  | 1,5372         |
| 2         | 15,391396 | 1226,60  | 0,390451  | 1,9698         |
| 3         | 32,715116 | 1774,10  | 0,398089  | 2,1129         |
| 4         | 35,984132 | 2025,90  | 0,420591  | 2,1668         |

### MODULO DI TAGLIO ( $G_0$ )

Misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una spinta tangenziale; è funzione della velocità Vs ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume.

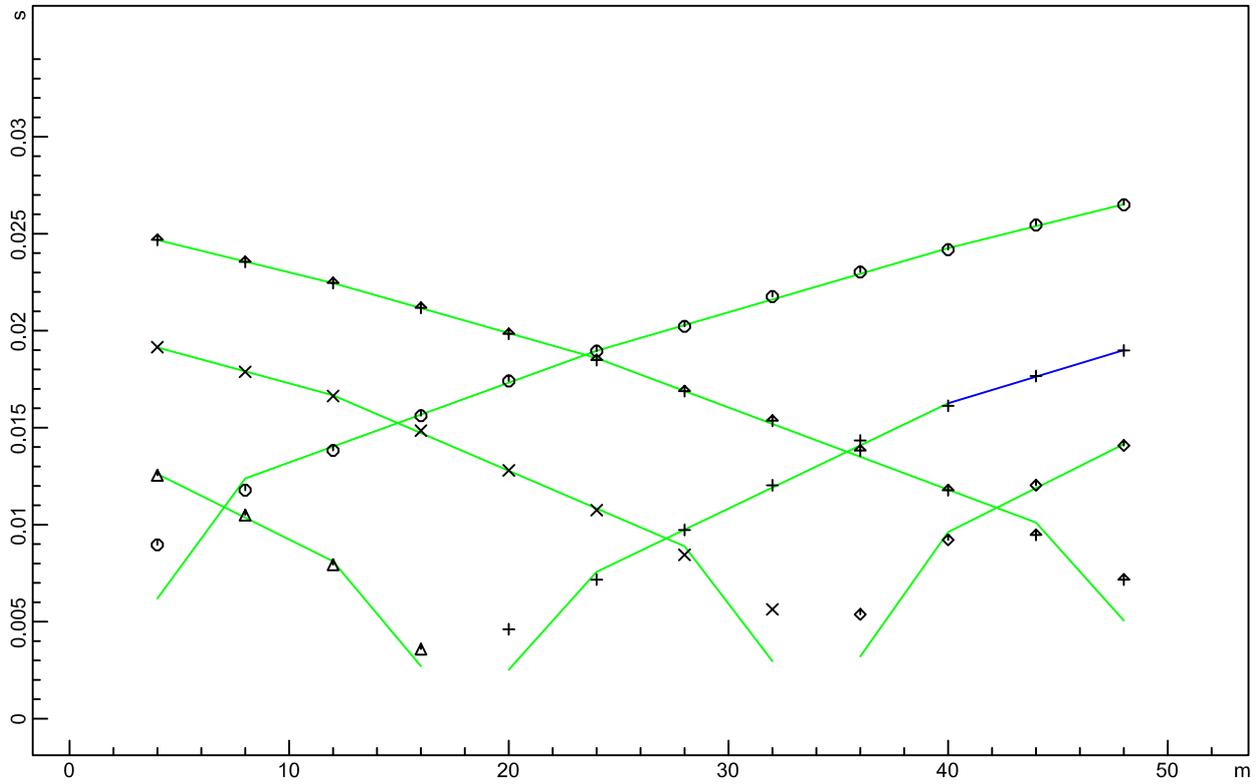
$$G_0 = \frac{\gamma \times (V_s)^2}{g} \quad (\text{espresso in MPa})$$

| N. Strato | Vs [m/s] | $G_0$ _Taglio | $\gamma_{din}$ |
|-----------|----------|---------------|----------------|
| 1         | 140,00   | 0,31308       | 1,5372         |
| 2         | 520,00   | 5,53468       | 1,9698         |
| 3         | 730,00   | 11,69994      | 2,1129         |
| 4         | 750,00   | 12,66520      | 2,1668         |

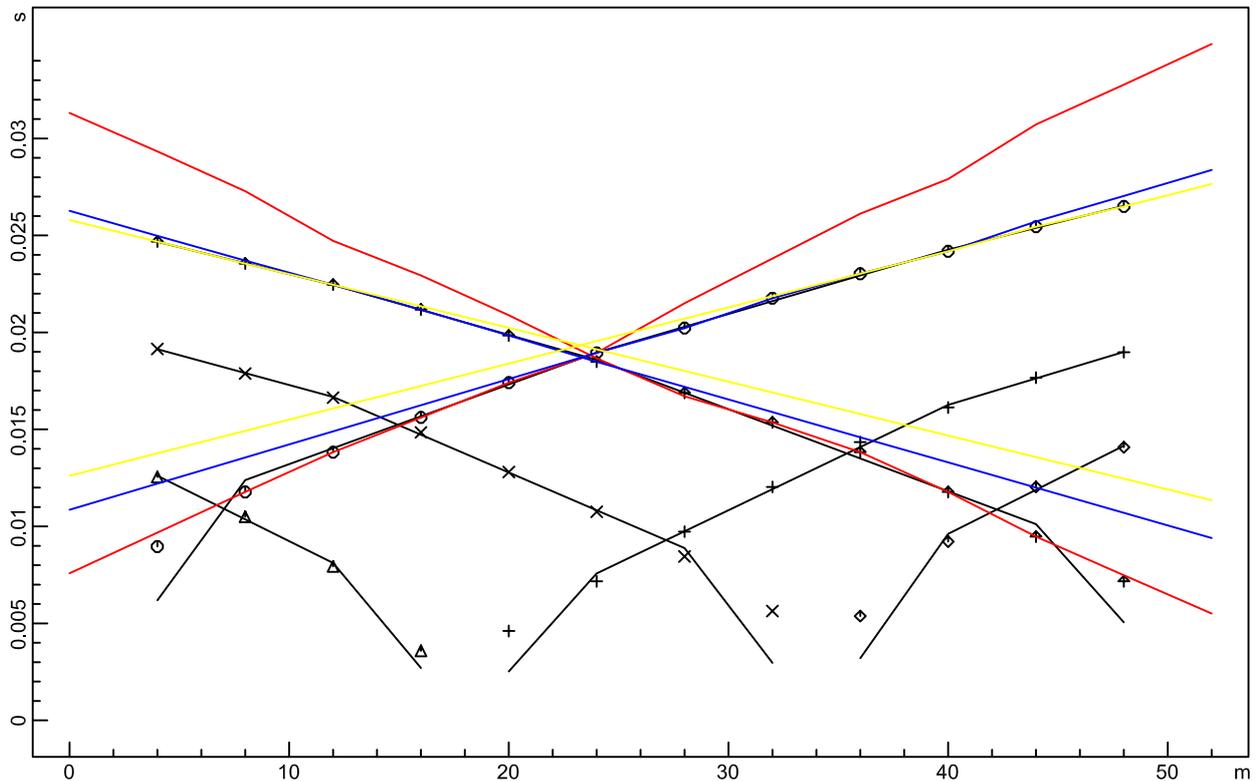


*Ubicazione linea n. 3*

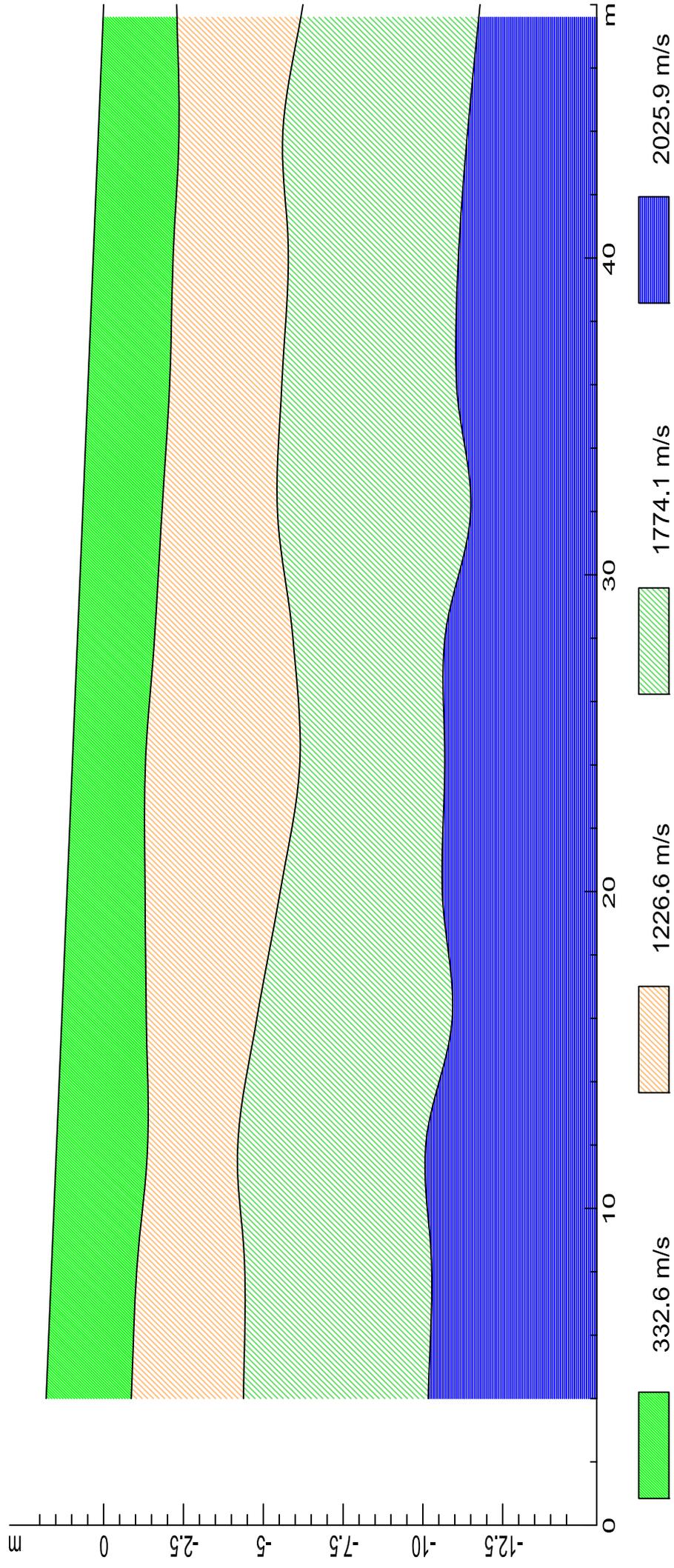
DROMOCRONE ORIGINALI n. 3



DROMOCRONE TRASLATE n. 3



### SEZIONE VERTICALE n. 3



**CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMATIVA SISMICA VIGENTE n. 4**

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 17.01.2018, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, il substrato sismico di 800 m/s si rinviene dopo tale profondità. L'equazione 3.2.1:

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 200,00   | 461,80   | 2,00     |
| 2         | 490,00   | 1135,00  | 3,00     |
| 3         | 650,00   | 1544,70  | 5,00     |
| 4         | 780,00   | 2143,90  | 20,00    |

$$V_{seq} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = 606.60 \cdot m / s$$

Possiamo a questo punto valutare la categoria e l'effetto della risposta sismica locale in base alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo del D.M. 17.01.2018.

|          |   |
|----------|---|
| <b>B</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. |
|----------|---|

Di seguito si riporta la Tabella 3.2.II:

|  |
|--|
| <p><b>A</b> <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.</p> <p><b>B</b> <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i>, 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.</p> |
|--|

**C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**D** Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

### **VALUTAZIONE MODULI ELASTICI DEI MEZZI ATTRAVERSATI**

L'attenuazione delle onde sismiche dipende direttamente dalle caratteristiche elasto-meccaniche delle diverse parti che costituiscono il mezzo materiale che esse attraversano, i parametri che intervengono nella modificazione del segnale sismico sono:

- $\gamma_{din}$  – densità geofisica;
- $\rho$  – coefficiente di Poisson;
- E – Modulo di Young;
- $G_0$  – Modulo di taglio.

### **DENSITÀ GEOFISICA ( $\gamma_{din}$ )**

Esprime la concentrazione volumetrica di un corpo. Può essere calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità  $V_p$ . La densità geofisica è espressa dalla seguente relazione:

$\gamma_{din} = 0,51 \times V_p^{0,19} \Rightarrow$  Possiamo determinarci il suo valore per ogni sismostrato

| N. Strato | $\gamma_{din}$ | $V_p$ [m/s] |
|-----------|----------------|-------------|
| 1         | 1,6361         | 461,80      |
| 2         | 1,9410         | 1135,00     |
| 3         | 2,0580         | 1544,70     |
| 4         | 2,1903         | 2143,90     |

### **COEFFICIENTE DI POISSON ( $\nu$ )**

Indica la misura di cambiamento geometrico di un corpo. Può presentare un intervallo di variazione tra 0.1 e 0.5. Viene definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \times (V_p^2 - V_s^2)}$$

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | v_Poisson |
|-----------|----------|----------|-----------|
| 1         | 200,00   | 461,80   | 0,384566  |
| 2         | 490,00   | 1135,00  | 0,385462  |
| 3         | 650,00   | 1544,70  | 0,392417  |
| 4         | 780,00   | 2143,90  | 0,423719  |

### MODULO DI YOUNG (E)

Esprime la resistenza alla deformazione lineare di un corpo ad uno sforzo di trazione o di compressione.

$$E = V_p^2 \times \gamma \frac{(1+\nu) \times (1-2\nu)}{1-\nu} \quad (\text{espresso in MPa})$$

| N. Strato | E_Young   | Vp [m/s] | v_Poisson | $\gamma_{din}$ |
|-----------|-----------|----------|-----------|----------------|
| 1         | 1,883138  | 461,80   | 0,384566  | 1,6361         |
| 2         | 13,418321 | 1135,00  | 0,385462  | 1,9410         |
| 3         | 25,161617 | 1544,70  | 0,392417  | 2,0580         |
| 4         | 39,427989 | 2143,90  | 0,423719  | 2,1903         |

### MODULO DI TAGLIO ( $G_0$ )

Misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una spinta tangenziale; è funzione della velocità Vs ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume.

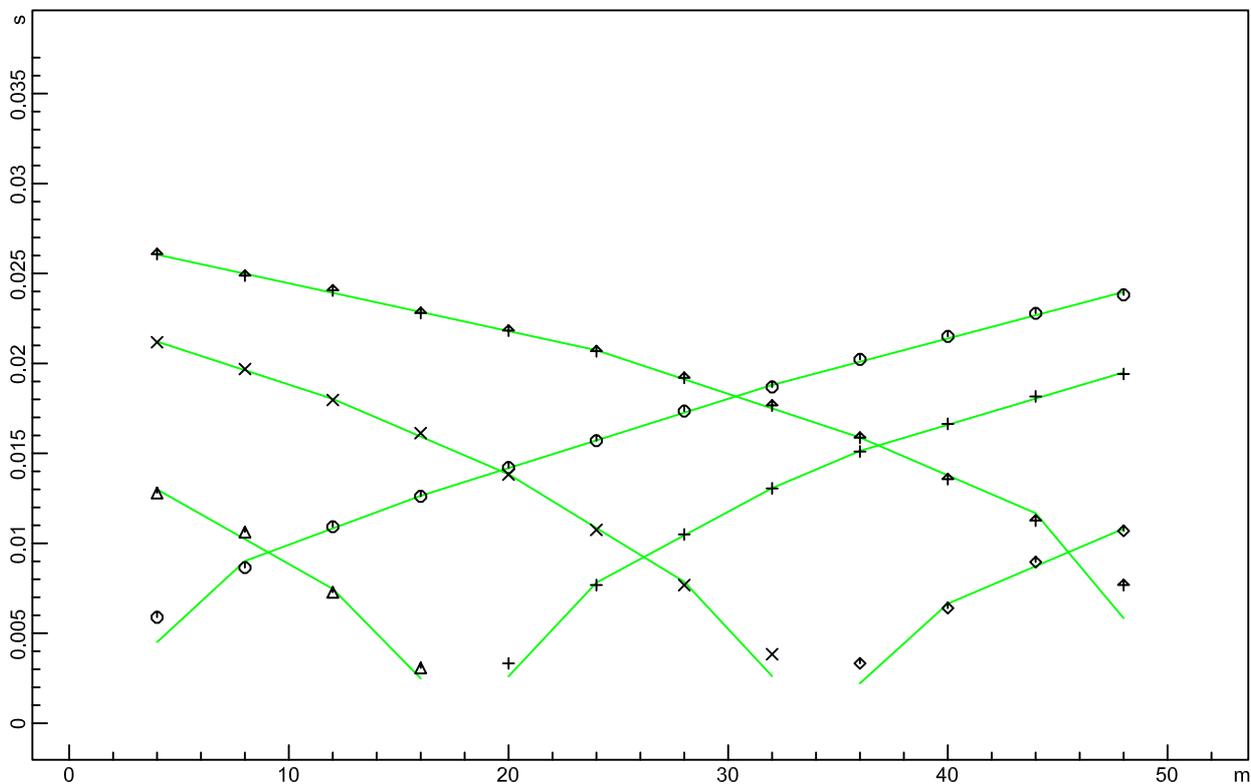
$$G_0 = \frac{\gamma \times (V_s)^2}{g} \quad (\text{espresso in MPa})$$

| N. Strato | Vs [m/s] | $G_0$ _Taglio | $\gamma_{din}$ |
|-----------|----------|---------------|----------------|
| 1         | 200,00   | 0,68005       | 1,6361         |
| 2         | 490,00   | 4,84254       | 1,9410         |
| 3         | 650,00   | 9,03523       | 2,0580         |
| 4         | 780,00   | 13,84683      | 2,1903         |

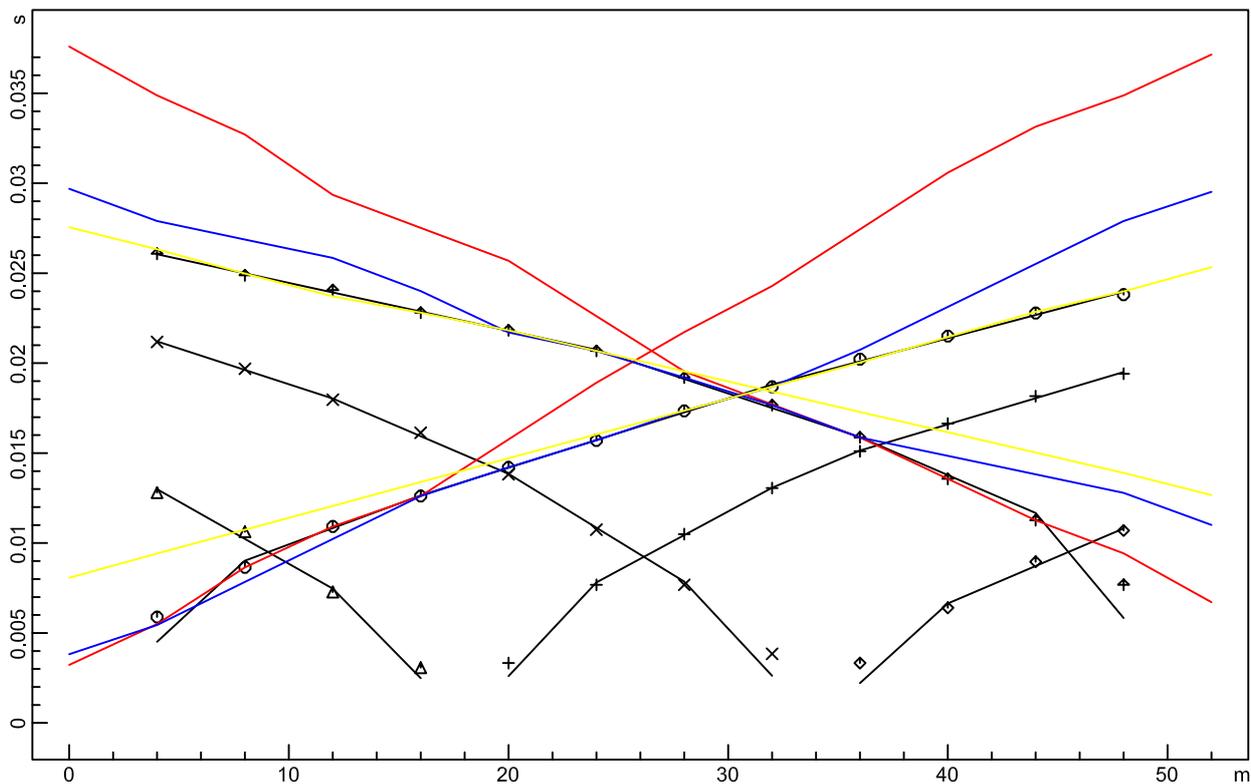


*Ubicazione n. 4*

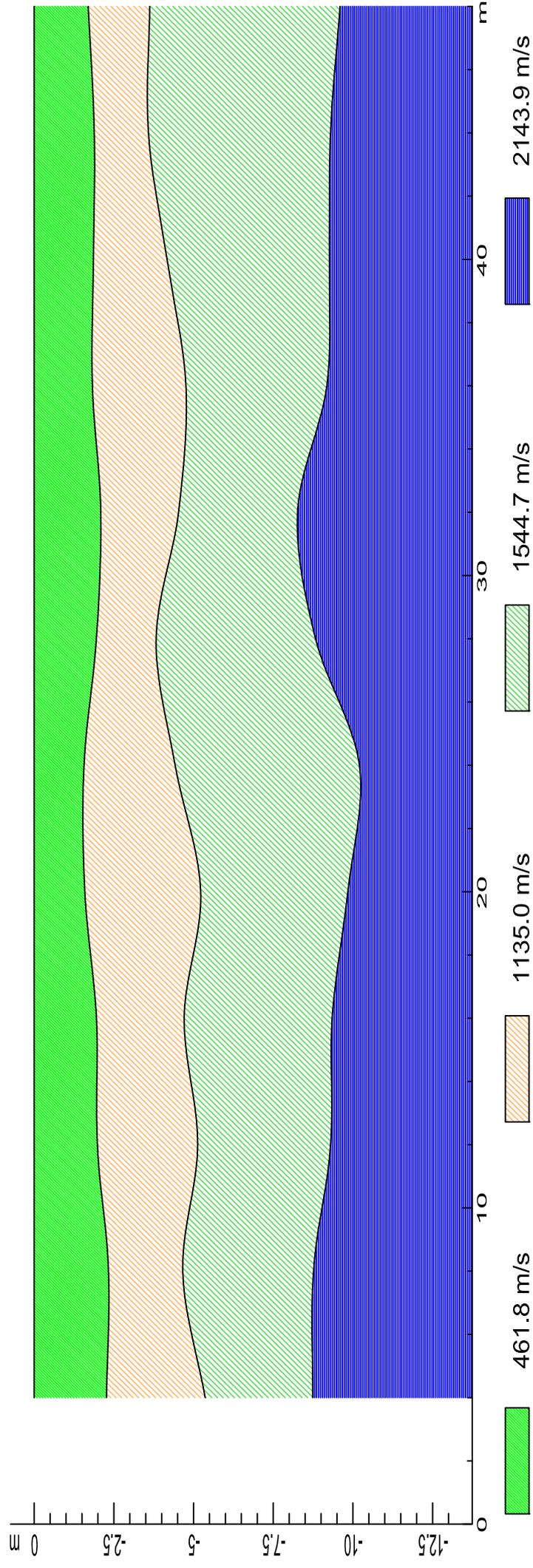
DROMOCRONE ORIGINALI n. 4



DROMOCRONE TRASLATE n. 4



## SEZIONE VERTICALE n. 4



**CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMATIVA SISMICA VIGENTE n. 5**

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 17.01.2018, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, il substrato sismico di 800 m/s si rinviene dopo tale profondità. L'equazione 3.2.1:

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Spessore |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1         | 180,00   | 405,00   | 2,00     |
| 2         | 500,00   | 1158,80  | 6,00     |
| 3         | 780,00   | 1971,30  | 4,00     |
| 4         | 790,00   | 2125,60  | 18,00    |

$$V_{seq} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = 587.96 \cdot m/s$$

Possiamo a questo punto valutare la categoria e l'effetto della risposta sismica locale in base alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo del D.M. 17.01.2018.

|          |   |
|----------|---|
| <b>B</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. |
|----------|---|

Di seguito si riporta la Tabella 3.2.II:

|          |   |
|----------|---|
| <b>A</b> | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.   |
| <b>B</b> | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |

**C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**D** Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

### **VALUTAZIONE MODULI ELASTICI DEI MEZZI ATTRAVERSATI**

L'attenuazione delle onde sismiche dipende direttamente dalle caratteristiche elasto-meccaniche delle diverse parti che costituiscono il mezzo materiale che esse attraversano, i parametri che intervengono nella modificazione del segnale sismico sono:

- $\gamma_{din}$  – densità geofisica;
- $\rho$  – coefficiente di Poisson;
- E – Modulo di Young;
- $G_0$  – Modulo di taglio.

### **DENSITÀ GEOFISICA ( $\gamma_{din}$ )**

Esprime la concentrazione volumetrica di un corpo. Può essere calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità  $V_p$ . La densità geofisica è espressa dalla seguente relazione:

$\gamma_{din} = 0,51 \times V_p^{0,19} \Rightarrow$  Possiamo determinarci il suo valore per ogni sismostrato

| N. Strato | $\gamma_{din}$ | $V_p$ [m/s] |
|-----------|----------------|-------------|
| 1         | 1,5958         | 405,00      |
| 2         | 1,9486         | 1158,80     |
| 3         | 2,1556         | 1971,30     |
| 4         | 2,1867         | 2125,60     |

### **COEFFICIENTE DI POISSON ( $\nu$ )**

Indica la misura di cambiamento geometrico di un corpo. Può presentare un intervallo di variazione tra 0.1 e 0.5. Viene definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \times (V_p^2 - V_s^2)}$$

| N. Strato | Vs [m/s] | Vp [m/s] | v_Poisson |
|-----------|----------|----------|-----------|
| 1         | 180,00   | 405,00   | 0,376923  |
| 2         | 500,00   | 1158,80  | 0,385617  |
| 3         | 780,00   | 1971,30  | 0,407189  |
| 4         | 790,00   | 2125,60  | 0,419865  |

### MODULO DI YOUNG (E)

Esprime la resistenza alla deformazione lineare di un corpo ad uno sforzo di trazione o di compressione.

$$E = V_p^2 \times \gamma \frac{(1+\nu) \times (1-2\nu)}{1-\nu} \quad (\text{espresso in MPa})$$

| N. Strato | E_Young   | Vp [m/s] | v_Poisson | $\gamma_{din}$ |
|-----------|-----------|----------|-----------|----------------|
| 1         | 1,479562  | 405,00   | 0,376923  | 1,5958         |
| 2         | 14,028360 | 1158,80  | 0,385617  | 1,9486         |
| 3         | 38,353656 | 1971,30  | 0,407189  | 2,1556         |
| 4         | 40,270315 | 2125,60  | 0,419865  | 2,1867         |

### MODULO DI TAGLIO ( $G_0$ )

Misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una spinta tangenziale; è funzione della velocità Vs ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume.

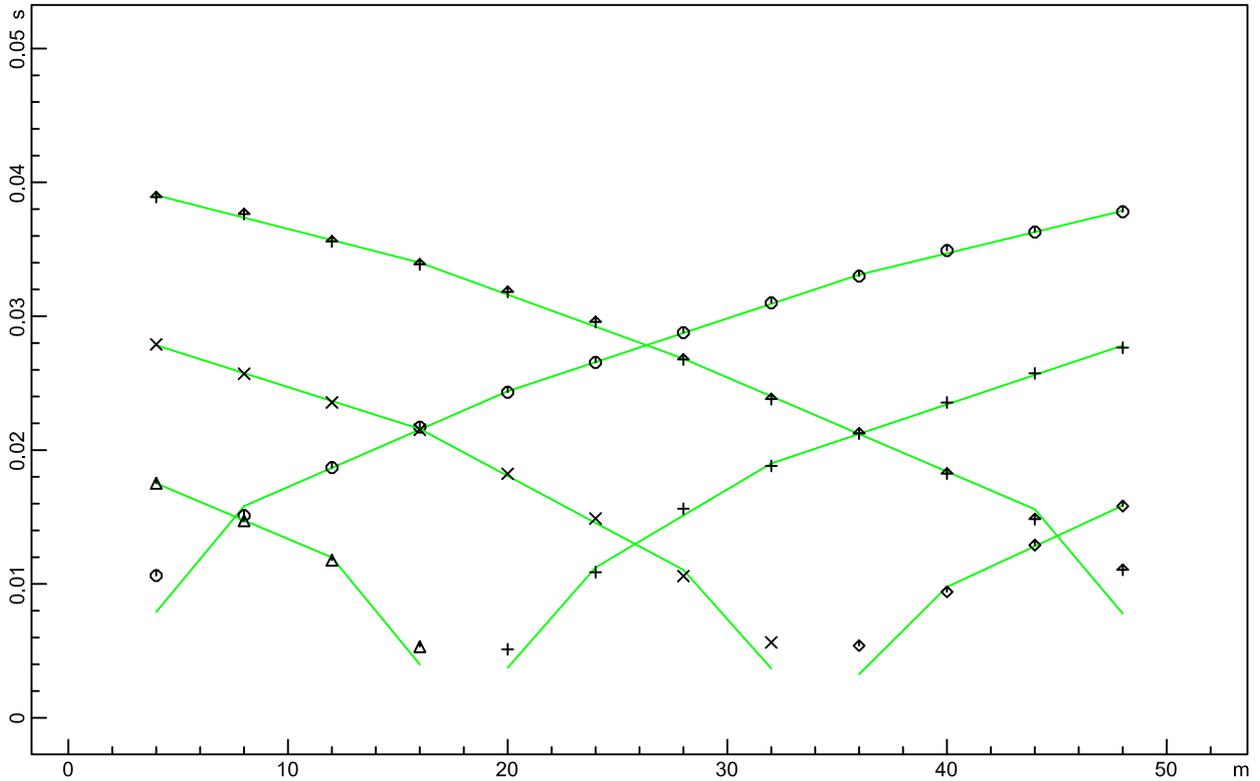
$$G_0 = \frac{\gamma \times (V_s)^2}{g} \quad (\text{espresso in MPa})$$

| N. Strato | Vs [m/s] | $G_0$ _Taglio | $\gamma_{din}$ |
|-----------|----------|---------------|----------------|
| 1         | 180,00   | 0,53727       | 1,5958         |
| 2         | 500,00   | 5,06214       | 1,9486         |
| 3         | 780,00   | 13,62776      | 2,1556         |
| 4         | 790,00   | 14,18103      | 2,1867         |

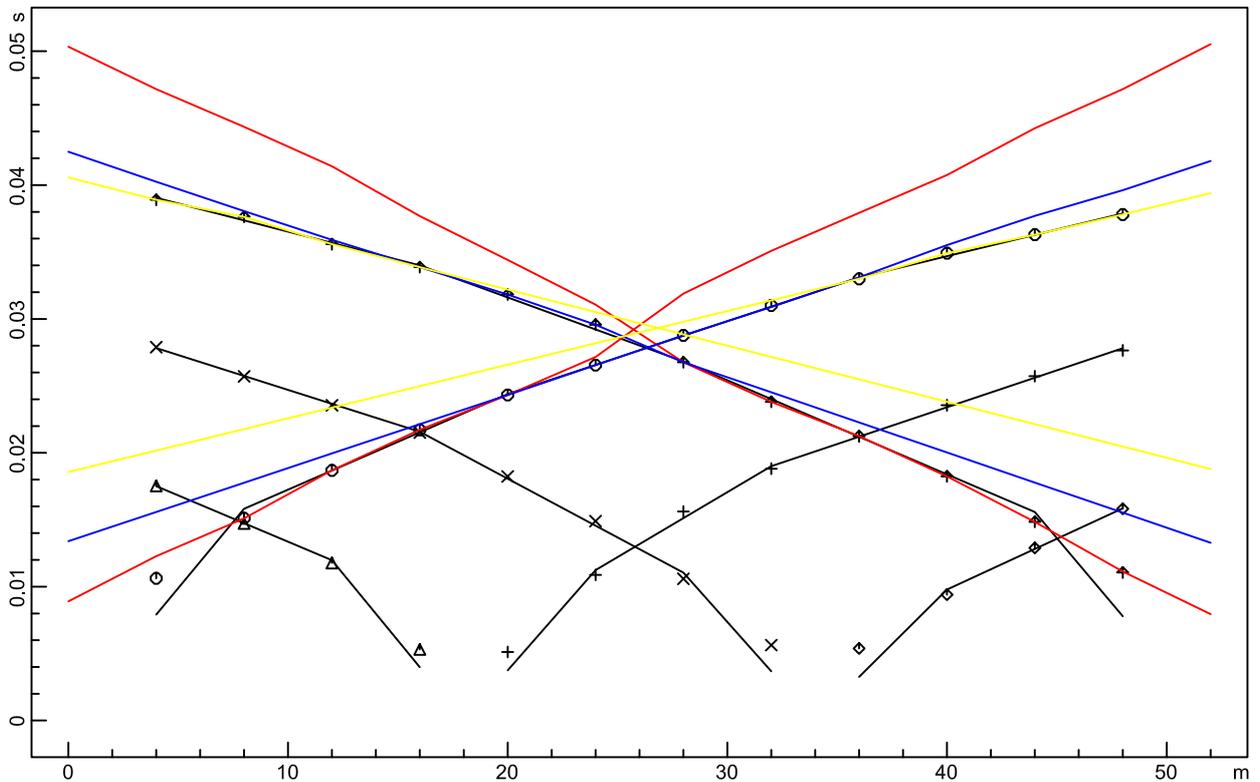


*Ubicazione n. 5*

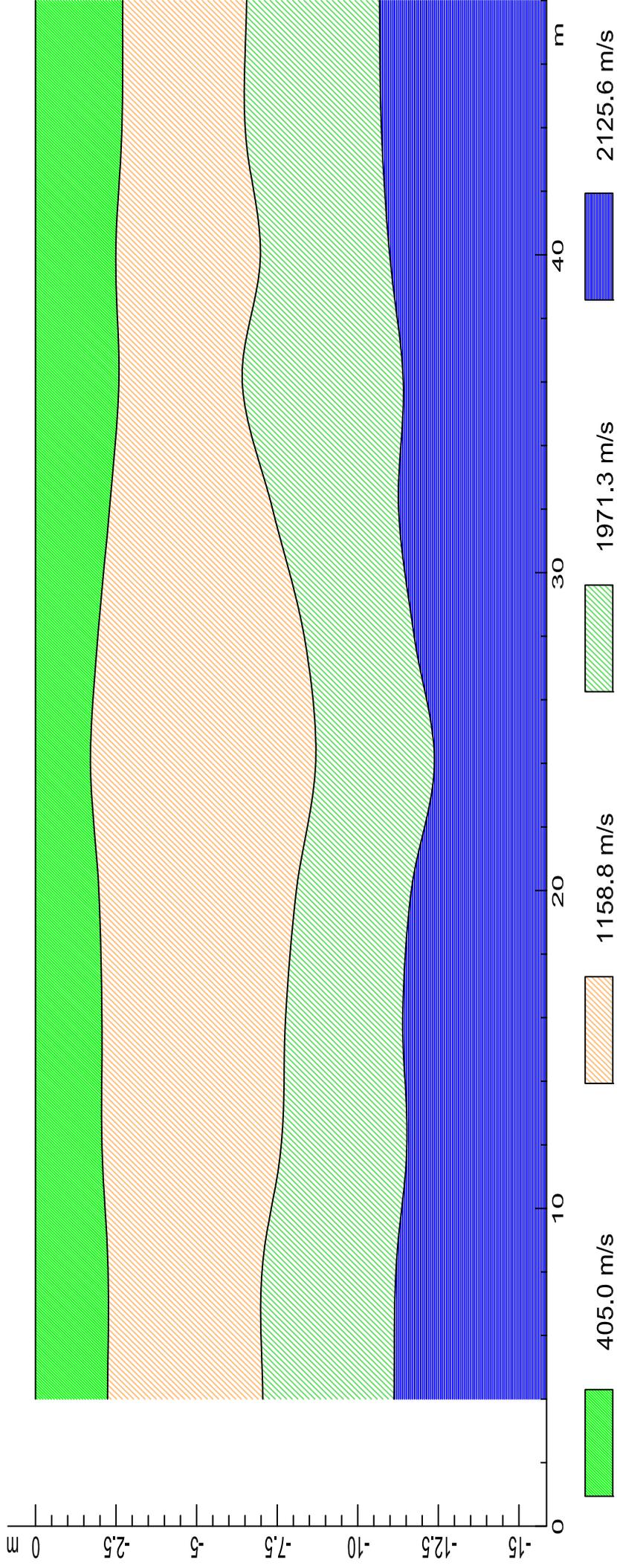
DROMOCRONE ORIGINALI n. 5



DROMOCRONE TRASLATE n. 5



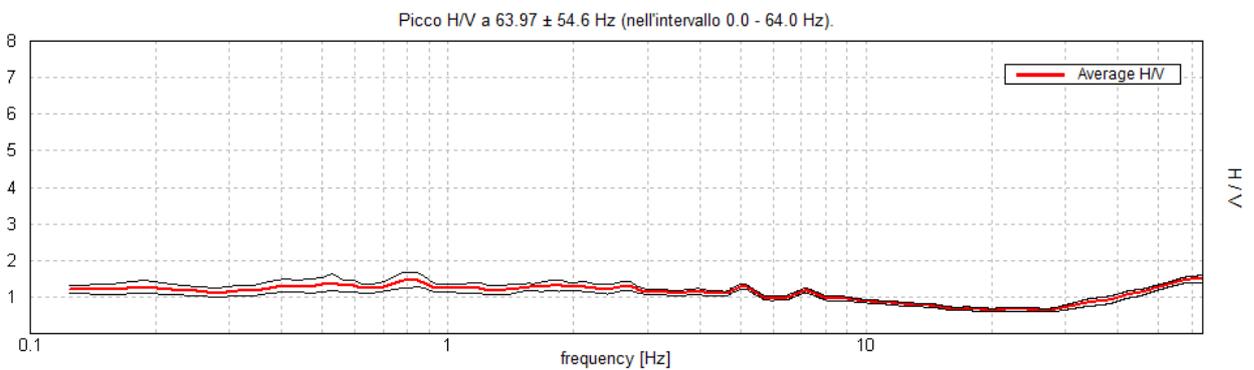
## SEZIONE VERTICALE n. 5



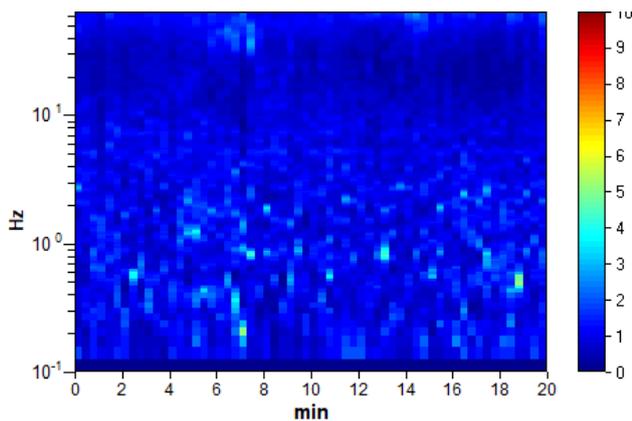
## SAN SEVERINO, VILLADARIA -EOLICO HV 1

Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 13:07:41 Fine registrazione: 08/02/2022 13:27:41  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°10.0238 E, 43°12.6316 N (694.7 m)  
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni  
 Num. satelliti: 04  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

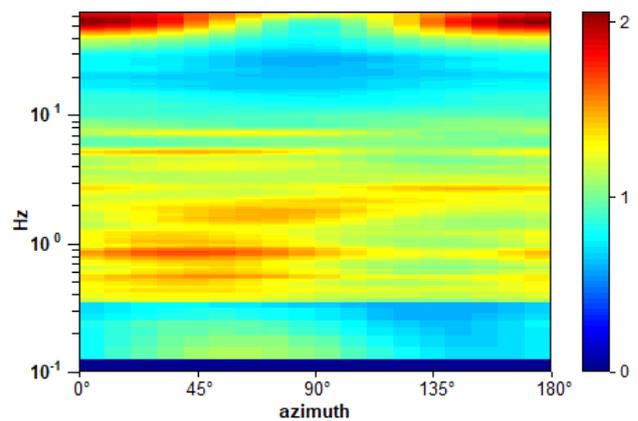
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



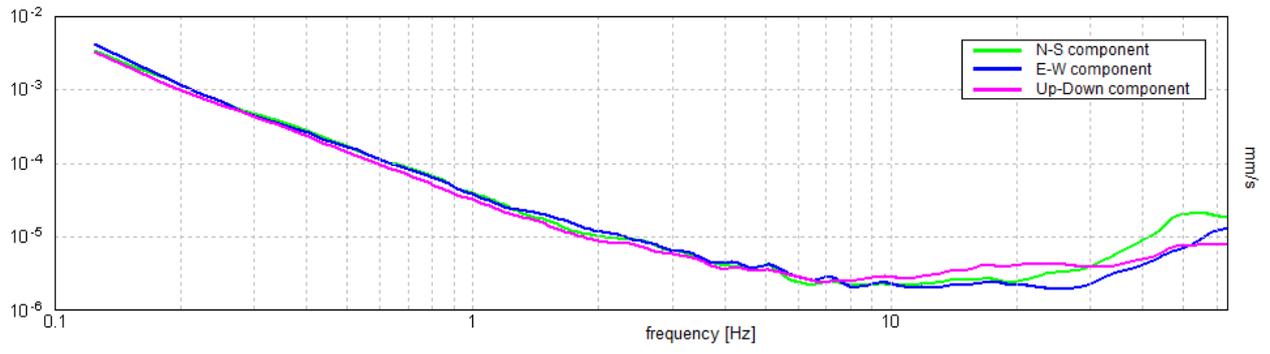
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Picco H/V a 63.97 ± 54.6 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

|  |                              |    |  |
|--|------------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 63.97 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | 76762.5 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 1025 times | OK |  |

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|   |                    |    |    |
|---|--------------------|----|----|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   | 30.781 Hz          | OK |    |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    |                    |    | NO |
| $A_0 > 2$   | 1.51 > 2           |    | NO |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.8535  < 0.05$  |    | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 54.59734 < 3.19844 |    | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.0966 < 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  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

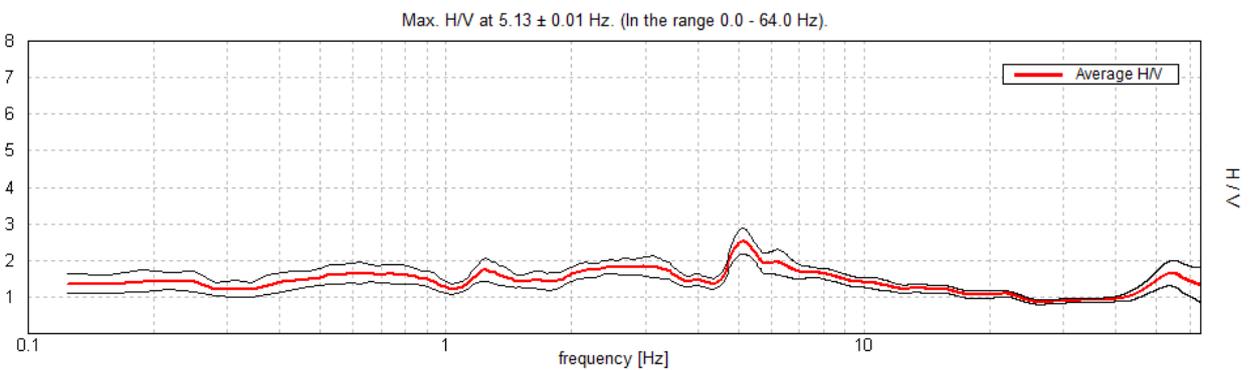
### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

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

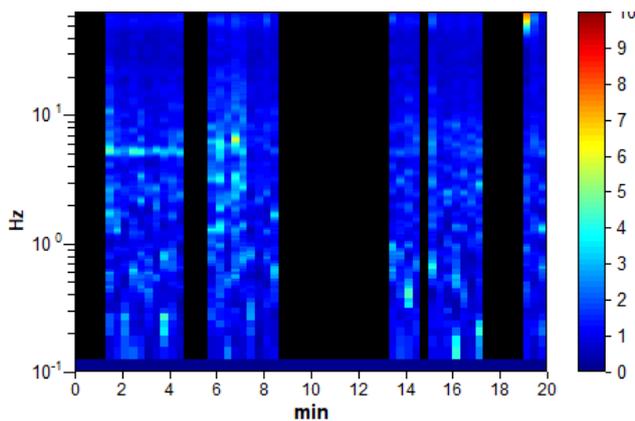
## SAN SEVERINO, VILLADARIA -EOLICO HV 2

Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 13:34:37 Fine registrazione: 08/02/2022 13:54:37  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°09.8155 E, 43°12.2753 N (749.7 m)  
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni  
 Num. satelliti: 05  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 55% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

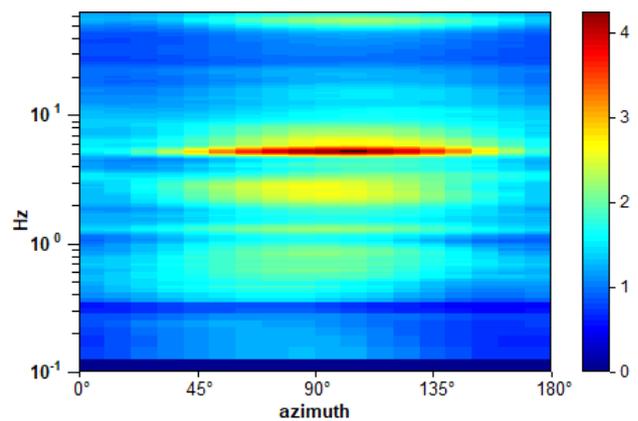
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



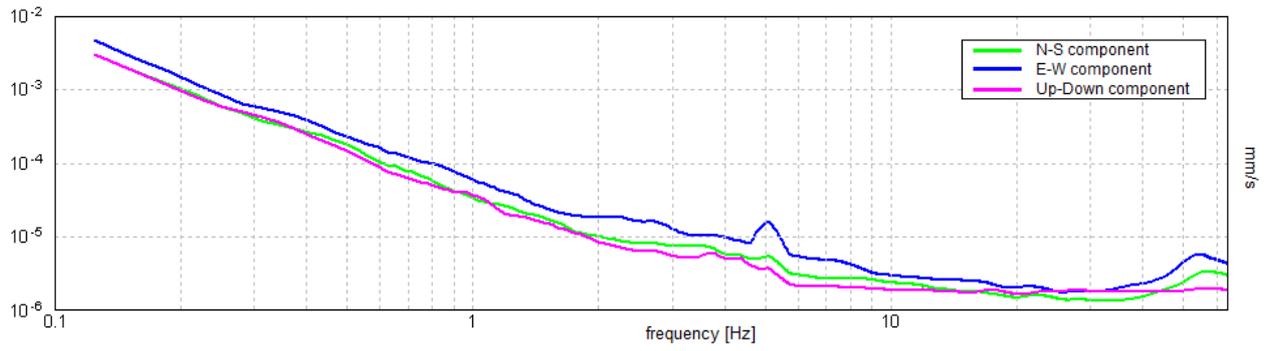
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Picco H/V a 5.13 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

|  |                             |    |  |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 5.13 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | 3382.5 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 247 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|   |                    |    |           |
|---|--------------------|----|-----------|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   |                    |    | <b>NO</b> |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 11.844 Hz          | OK |           |
| $A_0 > 2$   | 2.53 > 2           | OK |           |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.00184  < 0.05$ | OK |           |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.00942 < 0.25625  | OK |           |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.3544 < 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  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

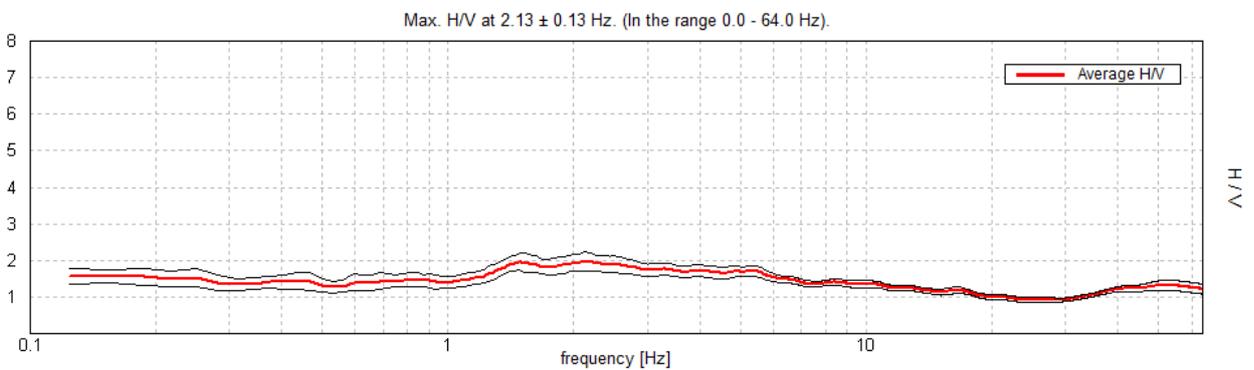
**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

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

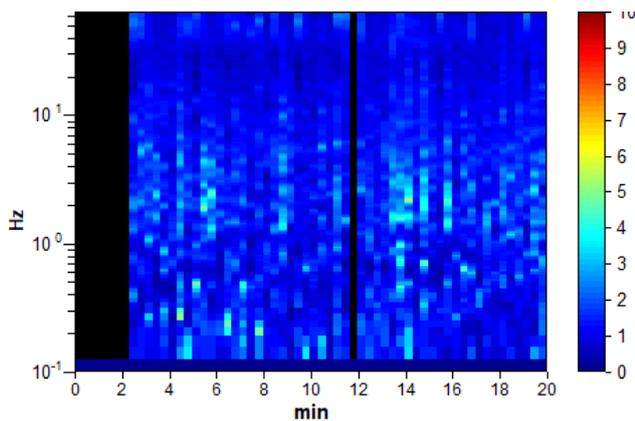
## SAN SEVERINO, VILLADARIA -EOLICO HV 3

Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 12:31:17 Fine registrazione: 08/02/2022 12:51:17  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°09.9310 E, 43°11.8599 N (799.3 m)  
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni  
 Num. satelliti: 05  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

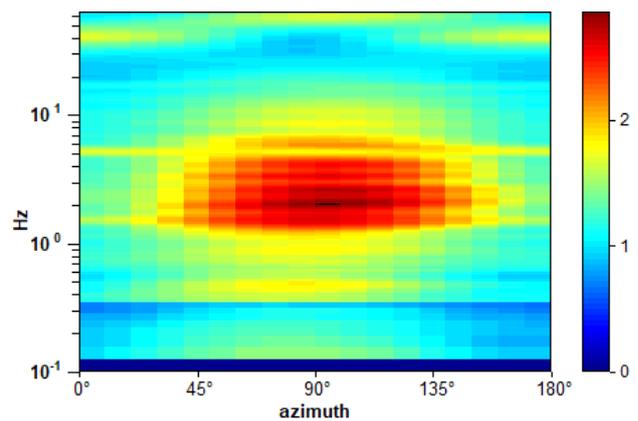
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



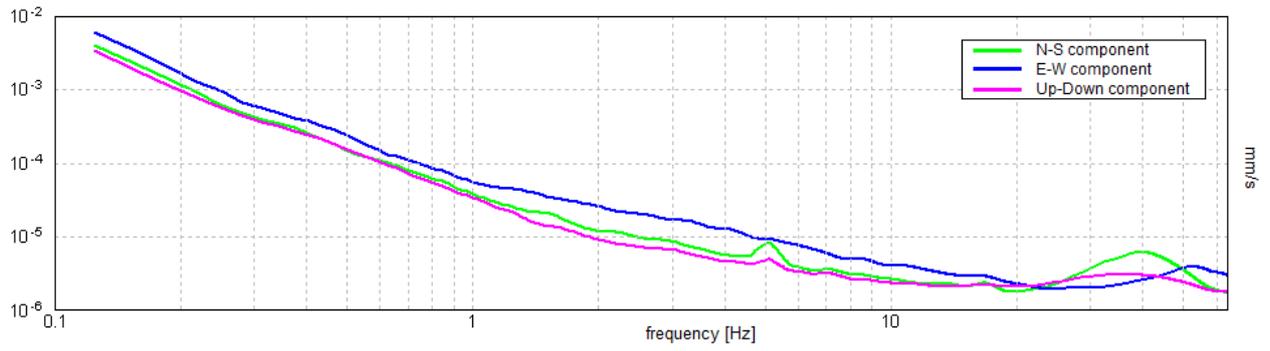
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Picco H/V a 2.13 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

|  |                             |    |  |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 2.13 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | 2210.0 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 103 times | OK |  |

### Criteria for a clear H/V 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 |
| $A_0 > 2$   | 1.97 > 2           |    | NO |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.05932  < 0.05$ |    | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.12605 < 0.10625  |    | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.2613 < 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  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

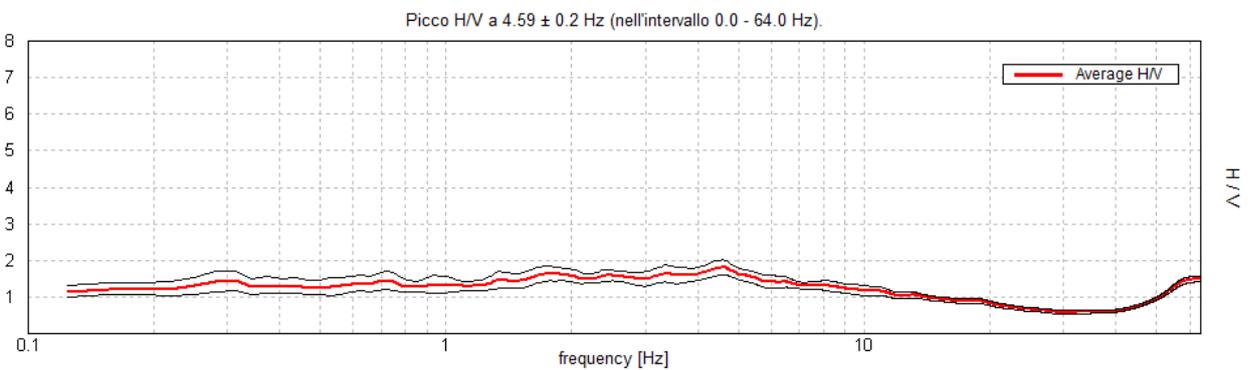
### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

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

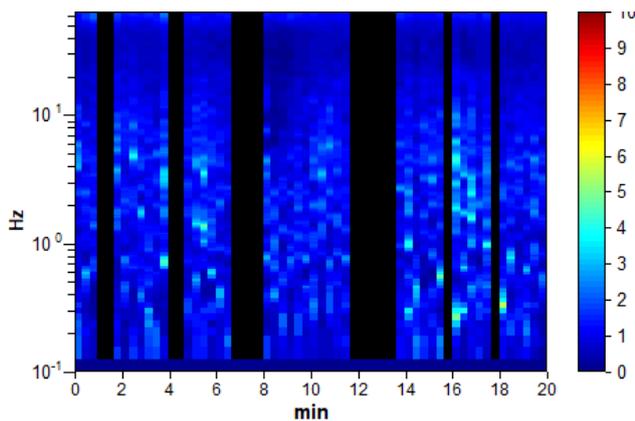
## SAN SEVERINO, VILLADARIA -EOLICO HV 4

Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 11:00:47 Fine registrazione: 08/02/2022 11:20:47  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°10.6129 E, 43°11.6463 N (789.4 m)  
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni  
 Num. satelliti: 05  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

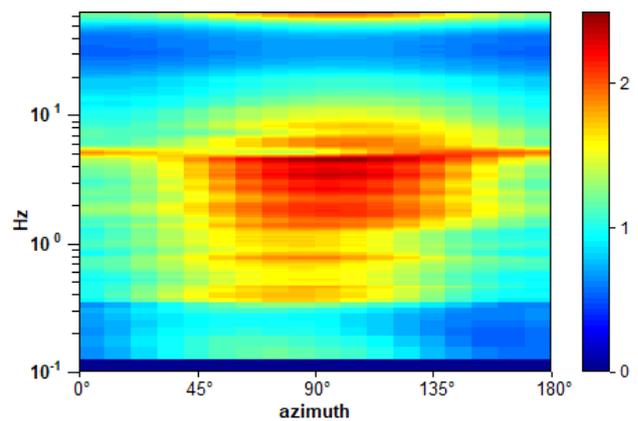
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



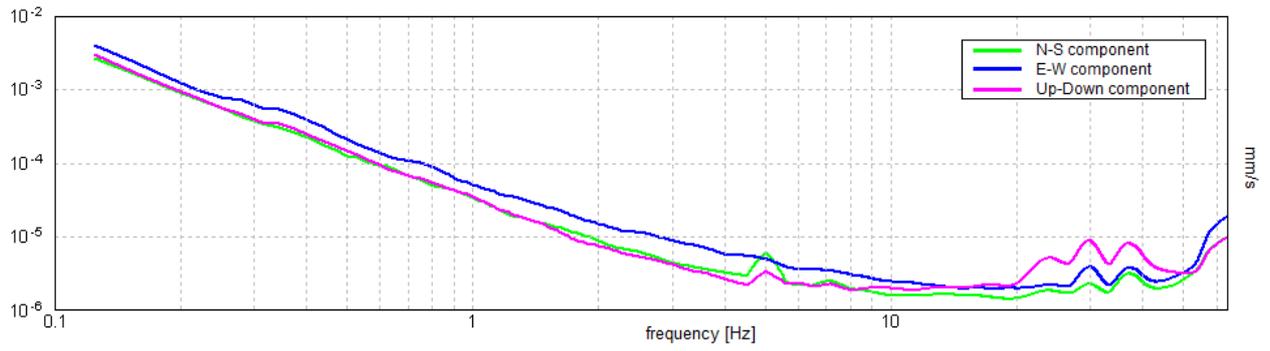
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Picco H/V a 4.59 ± 0.2 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

|  |                             |    |  |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 4.59 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | 4042.5 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 221 times | OK |  |

### Criteria for a clear H/V 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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 16.594 Hz          | OK |    |
| $A_0 > 2$   | 1.82 > 2           |    | NO |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.04457  < 0.05$ | OK |    |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.20476 < 0.22969  | OK |    |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.2011 < 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  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

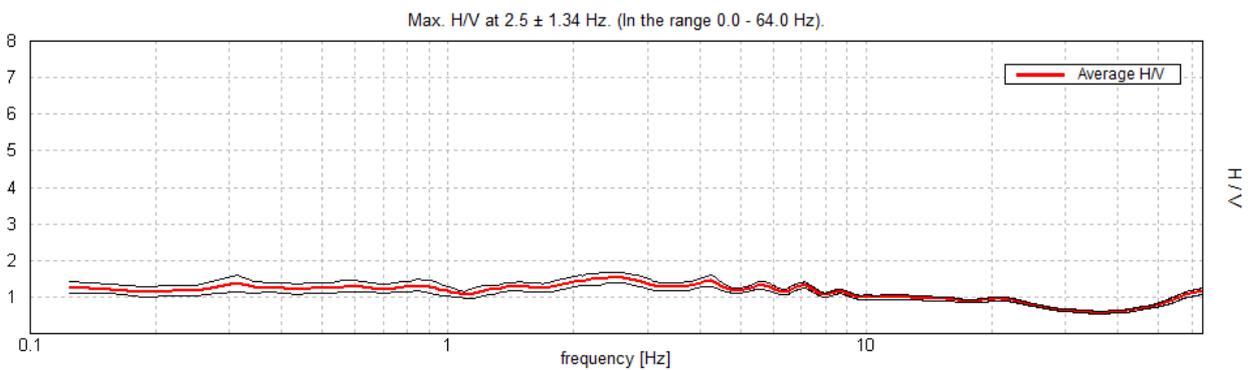
### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

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

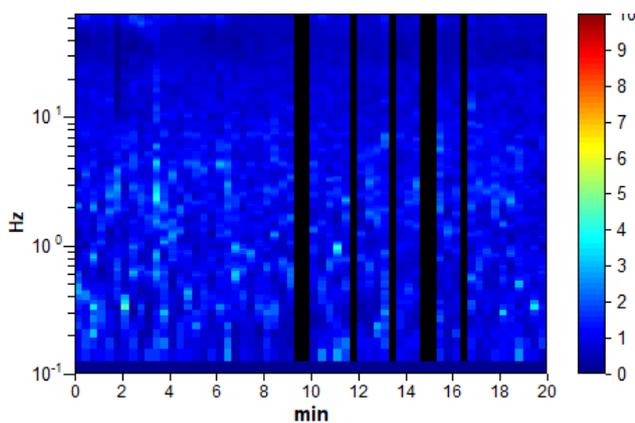
## SAN SEVERINO, VILLADARIA -EOLICO HV 5

Strumento: TEP-0068/01-10  
 Formato dati: 16 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 08/02/2022 09:43:47 Fine registrazione: 08/02/2022 10:03:47  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Posizione GPS: 013°10.6292 E, 43°11.3771 N (785.2 m)  
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni  
 Num. satelliti: 04  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

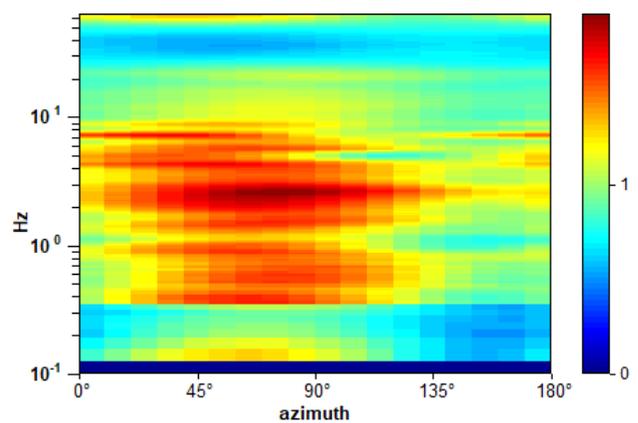
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



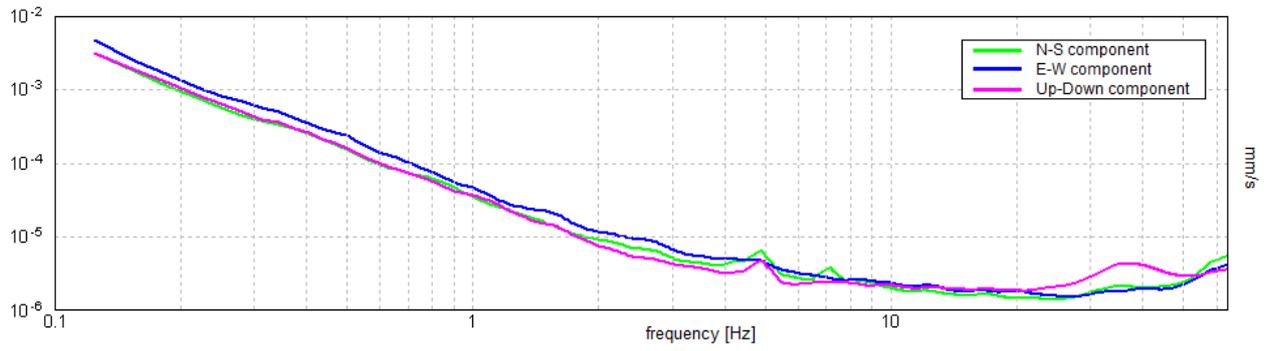
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Picco H/V a  $2.5 \pm 1.34$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

|  |                             |           |  |
|--|-----------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | $2.50 > 0.50$               | <b>OK</b> |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | $2650.0 > 200$              | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 121 times | <b>OK</b> |  |

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|   |                    |           |           |
|---|--------------------|-----------|-----------|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   |                    |           | <b>NO</b> |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    |                    |           | <b>NO</b> |
| $A_0 > 2$   | $1.55 > 2$         |           | <b>NO</b> |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.53416  < 0.05$ |           | <b>NO</b> |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | $1.3354 < 0.125$   |           | <b>NO</b> |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | $0.1366 < 1.58$    | <b>OK</b> |           |

|                        |   |
|------------------------|---|
| $L_w$                  | 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  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## SAN SEVERINO, VILLADARIA -EOLICO HV 6

Strumento: TEP-0068/01-10

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 08/02/2022 11:51:41 Fine registrazione: 08/02/2022 12:11:41

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Posizione GPS: 013°10.0690 E, 43°11.6475 N (861.7 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 06

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 42% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

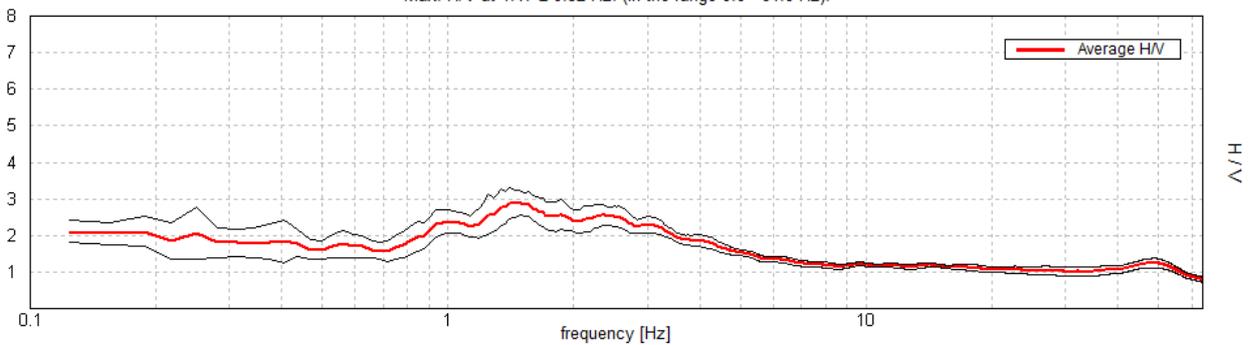
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

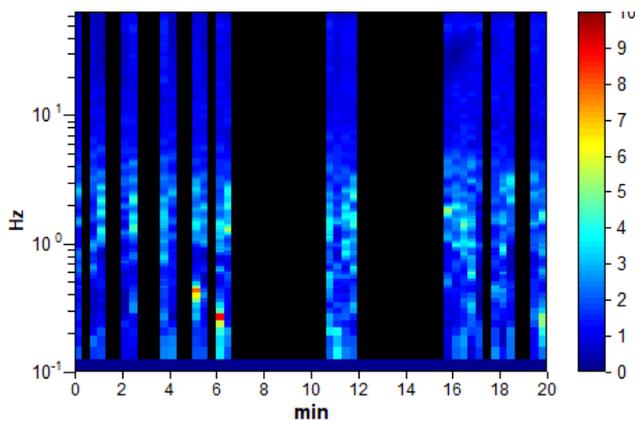
Lisciamento: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

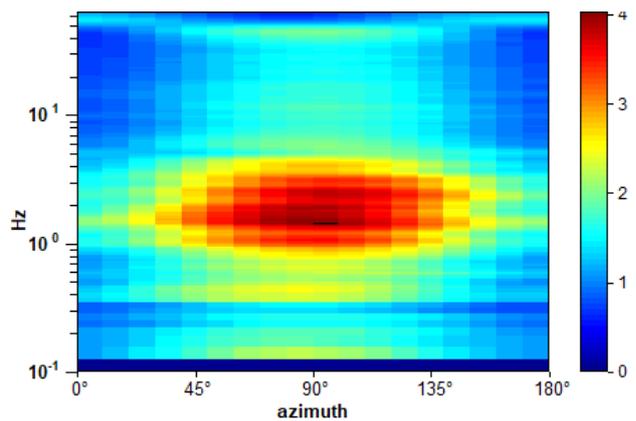
Max. H/V at  $1.47 \pm 0.52$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



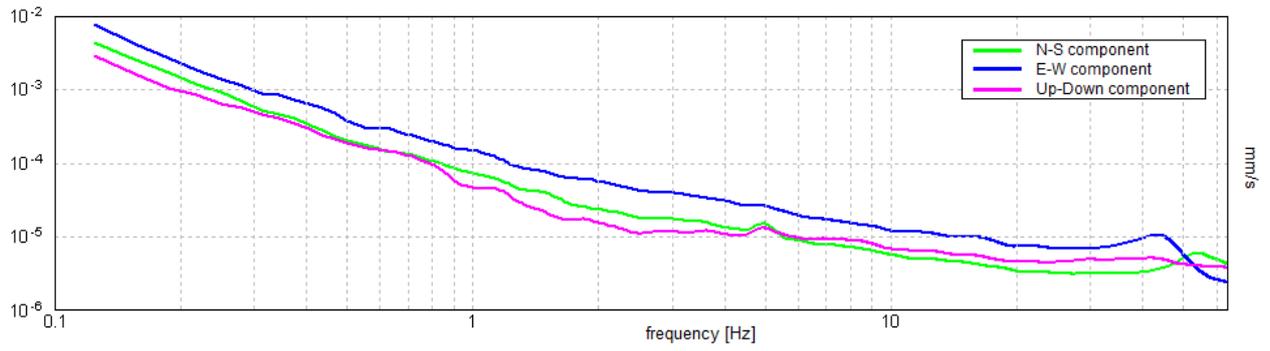
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Picco H/V a  $1.47 \pm 0.52$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

|  |                            |    |  |
|--|----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | $1.47 > 0.50$              | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | $734.4 > 200$              | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 71 times | OK |  |

### Criteria for a clear H/V 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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 5.438 Hz            | OK |    |
| $A_0 > 2$   | $2.88 > 2$          | OK |    |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.35498  < 0.05$  |    | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | $0.52138 < 0.14688$ |    | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | $0.339 < 1.78$      | 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  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

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

## SAN SEVERINO, VILLADARIA -EOLICO HV 7

Strumento: TEP-0068/01-10

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 08/02/2022 14:01:46 Fine registrazione: 08/02/2022 14:21:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Posizione GPS: 013°09.9202 E, 43°12.1010 N (788.9 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 04

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

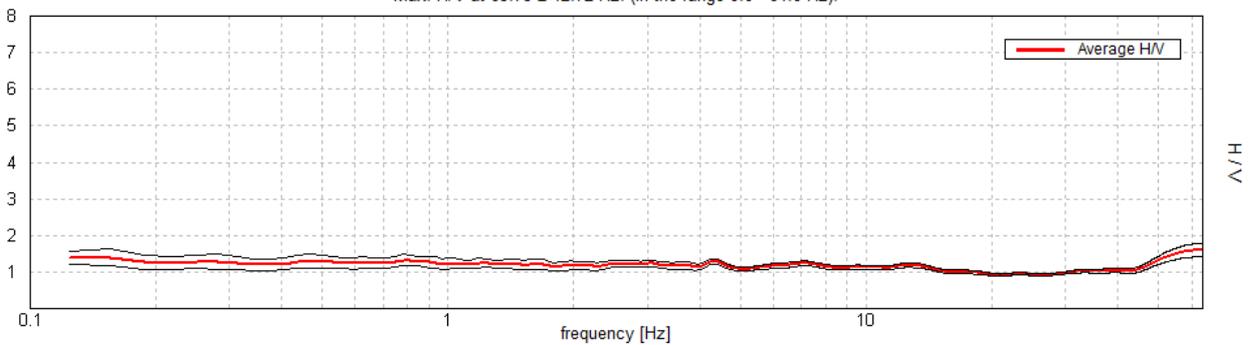
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

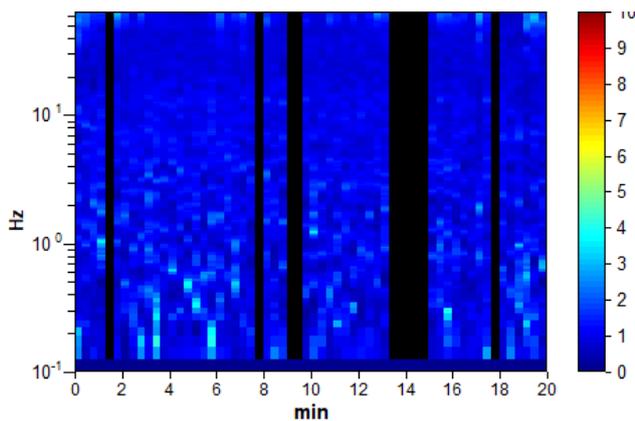
Lisciamento: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

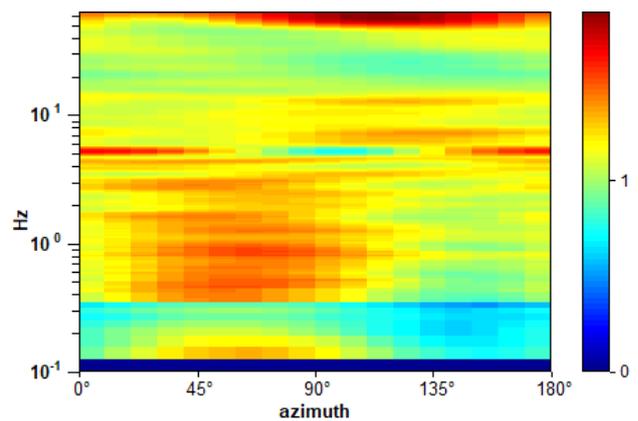
Max. H/V at 63.75 ± 12.72 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



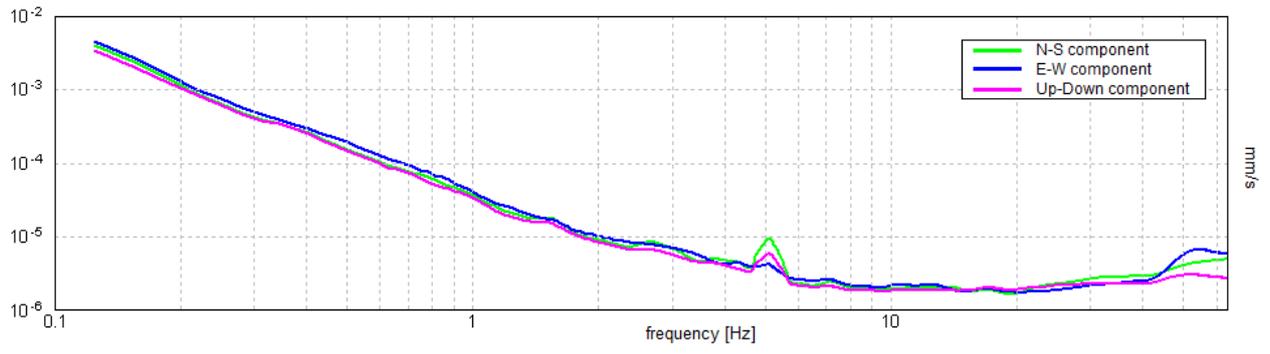
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Picco H/V a 63.75 ± 12.72 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

|  |                              |    |  |
|--|------------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 63.75 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | 63750.0 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 1029 times | OK |  |

### Criteria for a clear H/V 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 |
| $A_0 > 2$   | 1.62 > 2           |    | NO |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.19948  < 0.05$ |    | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 12.71681 < 3.1875  |    | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.187 < 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  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

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