

# REGIONE SARDEGNA

COMUNE DI SILIGO (SS)

## ATLAS SOLAR 6 s.r.l.

Rovereto (TN)  
Piazza Manifattura n.1, CAP 38068  
C.F. e P.IVA 03054610302  
Pec: atlassolar6@legalmail.it

**PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE ABBINATA AD ATTIVITA' ZOOTECNICA, SITO NEL COMUNE DI SILIGO (SS) PER UNA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 30144 KW E POTENZA IN A.C. DI 27500 KW, ALLA TENSIONE RETE DI 36 KV, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE RICADENTI ANCHE NEI COMUNI DI CODRONGIANOS (SS), PLOAGHE (SS) E SILIGO (SS)**

**PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE  
COMPRESIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE**

**ELABORATO**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**DATA:** 03/11/2022

**SCALA :**

**aggiornamento :**

### PROGETTISTI

Ing. Nicola ROSELLI

Ing. Rocco SALOME

### PROGETTISTA PARTI ELETTRICHE

Per. Ind. Alessandro CORTI

### CONSULENZE E COLLABORAZIONI

Arch. Gianluca DI DONATO  
Dott. Massimo MACCHIAROLA  
Ing. Elvio MURETTA  
Archeol. Gerardo FRATIANNI  
Geol. Vito PLESCIA



Energy for the Future

Udine (UD) Via Andreuzzi n°12, CAP 33100  
Partita IVA 02943070305  
www.atlas-re.eu

| revisione | descrizione         | data       | <b>DOC<br/>RS3.1</b> |
|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| A         | RELAZIONE GEOLOGICA | 03/11/2022 |                      |
| B         |                     |            |                      |
| C         |                     |            |                      |

Sono vietati l'uso e la riproduzione non autorizzati del presente elaborato

## INDICE

|   |              |
|---|--------------|
| <b>PREMESSA.....</b>  | <b>pag 1</b> |
| <b>NORMATIVA NAZIONALE.....</b>   | <b>pag 2</b> |
| <b>1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA<br/>OGGETTO DELL'INTERVENTO.....</b> | <b>// 4</b>  |
| <b>2. PROGETTO PAI.....</b>   | <b>// 8</b>  |
| <b>3. RISCHIO IDRAULICO.....</b>  | <b>// 10</b> |
| <b>4. GEOLOGIA.....</b>   | <b>// 16</b> |
| <b>5. LITOLOGIA.....</b>  | <b>// 20</b> |
| <b>6. INDAGINI GEOGNOSTICHE E RISULTATI.....</b>  | <b>// 22</b> |
| <i>6.1 INDAGINE GEOFISICA-SISMICA A RIFRAZIONE.....</i>   | <i>// 26</i> |
| <i>6.2 SISMICA PASSIVA RE.MI.....</i>   | <i>// 27</i> |
| <i>6.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE .....</i>                                       | <i>// 28</i> |
| <i>6.4 RISULTATI DELLE PROVE SISMICHE A RIFRAZIONE.....</i>                                     | <i>// 29</i> |
| <i>6.5 RISULTATI DELLA PROVA SISMICA PASSIVA RE.MI.....</i>                                     | <i>// 30</i> |
| <i>6.6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-1.....</i>                        | <i>// 32</i> |
| <i>6.7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-2.....</i>                        | <i>// 33</i> |
| <i>6.8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-3.....</i>                        | <i>// 34</i> |
| <b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA.....</b>   | <b>// 35</b> |
| <b>VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE.....</b>   | <b>// 36</b> |
| <b>7. SISMICA.....</b>  | <b>// 37</b> |
| <i>7.1 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA ALLO STUDIO.....</i>                   | <i>// 37</i> |
| <i>7.2 CLASSIFICAZIONE DEL SITO METODO PREVISTO DAL D.M. 17 GENNAIO 2018..</i>                  | <i>// 39</i> |
| <b>8. CONCLUSIONI.....</b>  | <b>// 36</b> |
| <b>Bibliografia.....</b>  | <b>// 40</b> |

*PLANIMETRIA SATELLITARE*

*PLANIMETRIA UBICAZIONE AREA ALLO STUDIO Scala 1 : 12.000*

*CARTA GEOMORFOLOGICA Scala 1 : 12.000*

*CARTA PAI DELRISCHIO IDRAULICO Scala 1 : 12.000*

*CARTA PAI DELRISCHIO GEOMORFOLOGICO Scala 1 : 12.000*

*CARTA PAI DELLA PERICOLO IDRAULICO Scala 1 : 12.000*

*CARTA PAI DELLA PERICOLO GEOMORFOLOGICO Scala 1 : 12.000*

*CARTA GEOLOGICA Scala 1 : 12.000*

*CARTA LITOLOGICA Scala 1 : 12.000*

*UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE*

*DOCUNENTAZIONE FOTOGRAFICA*

*CARTA SISMICA DELL'ITALIA PER LA VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE*

#### **ALLEGATI**

*INDAGINE GEOFISICA TABELLE E GRAFICI SISMICA A RIFRAZIONE . SISMICA PASSIVA*

*TABELLE E GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH*

#### **TAVOLE ALLEGATE FORMATO A0**

TAV.1 PLANIMETRIA SATELLITARE IMPIANTO AGRIVOLTAICO

TAV.2 PLANIMETRIA UBICAZIONE AREA ALLO STUDIO Scala 1 : 5.000

TAV.3 CARTA GEOMORFOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 5.000

TAV.4 CARTA PAI DEL RISCHIO IDRAULICO *Scala 1 : 5.000*

TAV.5 CARTA PAI DELRISCHIO GEOMORFOLOGICO *Scala 1 : 5.000*

TAV.6 CARTA PAI DEL PERICOLO IDRAULICO *Scala 1 : 5.000*

TAV.7 CARTA PAI DEL PERICOLO GEONORFOLOGICO *Scala 1 : 5.000*

TAV.8 CARTA DELLA PERMEABILITA' Scala 1 : 5.000

TAV.9 CARTA GEOLOGICA Scala 1 : 5.000

TAV.10 CARTA LITOLOGICA Scala 1 : 5.000

## **PREMESSA**

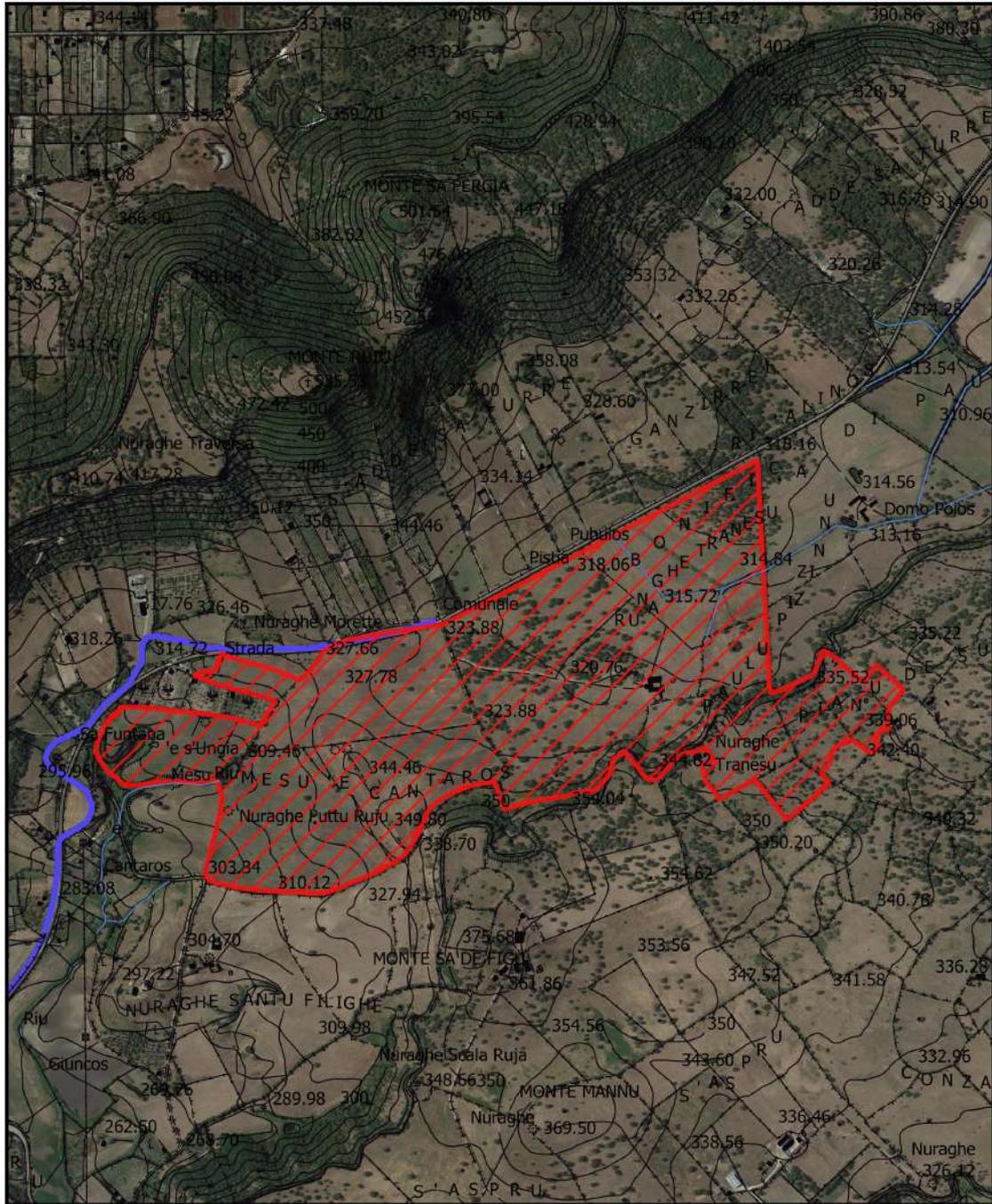
Per conto della Società ATLAS SOLAR 6 S.R.L., con sede in Piazza Manifattura n.1 Trento, il sottoscritto Geologo Plescia Vito Francesco, iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Molise al n° 039 sez. A "Geologi Specialisti", ha eseguito uno studio geologico e sismico, a corredo del progetto definitivo autorizzazione unica ai sensi del DLGS n.37, per la costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico, per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile abbinata ad attività zootecnica, sito nel Comune di Siligo (SS) per una potenza nominale massima di 30144 KW e potenza in A.C. di 27500 KW alla tensione rete di 36 KV, e delle relative opere di connessione ricadenti anche nei comuni di Codrongianos (SS), Ploaghe (SS) e Siligo (SS). L'area interessata è sita in località Spandituro. Mentre la stazione Terna è posizionata a sud-ovest di Ploaghe in Contrada Santu Antoni. Nelle aree in esame è stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato dei luoghi; in seguito, sono stati compiuti altri sopralluoghi sia sull'area interessata dall'intervento, che in quelle vicinarie in modo di avere una visione globale del territorio in cui si trovano le aree in parola (**pericolosità geologica**). Finalità del lavoro è stato quello di rilevare e studiare i tipi di terreni interessati dall'opera in oggetto, di conoscere l'assetto geostrutturale e stratigrafico delle formazioni geologiche, le condizioni morfologiche, tettoniche ed idrogeologiche dell'area, insieme ai parametri geotecnici e geomeccanici dei materiali da utilizzarsi in fase di progettazione dei manufatti. Di rilevare eventuali falde idriche superficiali e profonde, di accertare probabili movimenti franosi.

Nell'area destinata al campo agrivoltaico, per la ricostruzione della serie litostratigrafica locale e per conoscere i parametri geotecnici sono state effettuate tre prove penetrometriche dinamiche continue DPSH, tre prove di sismica a rifrazione ed una prova di sismica passiva RE.MI ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019. L'indagine è stata realizzata dalla Società dalla Società TERGAM S.r.l. con sede in Via G. Verdi, 7 Quartu S. Elena (CA). Mentre per la redazione delle carte tematiche è stato utilizzato il programma QGIS 3.6 e sono stati utilizzati i dati cartografici in shape file della Regione Sardegna, i dati dell'autorità di bacino (PAI). Di seguito si espongono le risultanze di che trattasi e le considerazioni emerse dallo studio effettuato.

## NORMATIVA TECNICA NAZIONALE

- 1) Circolare Min. LL.PP. 31/10/1986 - "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche".
  - 2) D.M. 11/03/1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
  - 3) Circ. LL.PP. n. 30483 (Pres. Cons. Sup. - Servizio Tecnico Centrale) 24/09/88 " Legge 2/2/64 n. 64 art. 1 - D.M. 11/03/88 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione".
  - 4) O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni ed integrazioni.
  - 5) D.M. 14/01/2008 - "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
  - 6) A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana - 1977 - "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
  - 7) A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana - 1994 - "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio".
  - 8) Nuove norme tecniche per le costruzioni 2018 e circolare esplicativa 2019
  - 9) D. M. 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le costruzioni" NTC2018), pubblicato nella G.U. del 20.02.2008 n.42 e s.m.i.
  - 10) Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018".
- Normativa Regionale
- 11) Piano Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna aggiornato con Delibera G.R. n. 54/33 del 30/12/04.

### VISIONE SATELLITARE DELL' AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO



PLANIMETRIA SATELLITARE IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Legenda

-  Area Impianto Siligo
-  Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo
-  04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Strahler

Scala 1: 12.000

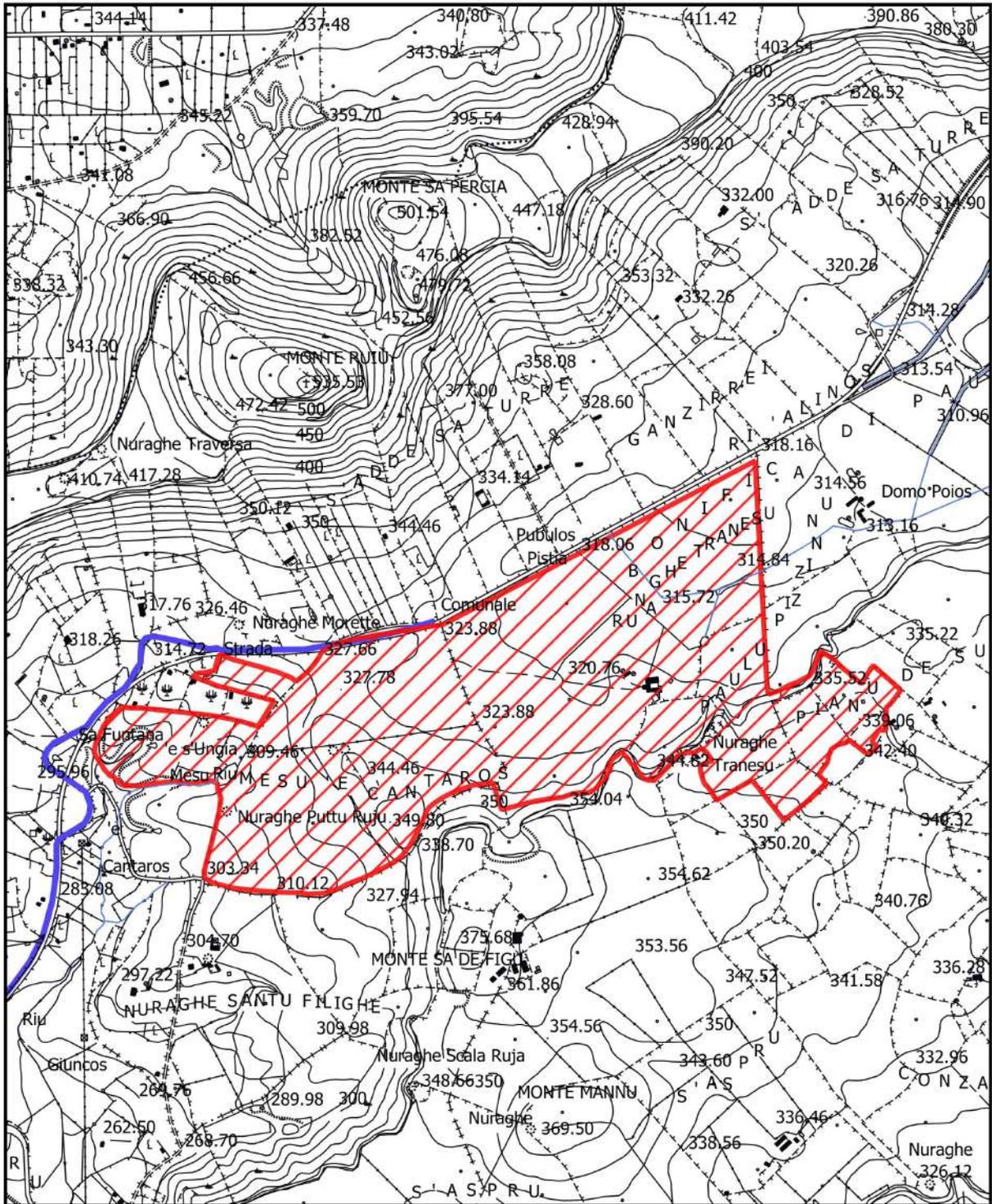
## ***1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL' AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO***

Il territorio interessato dal presente studio è topograficamente individuabile nella Tavoleta IGM al 25.000 I° Nord-Ovest Ploaghe, del Foglio n° 193 Bonovra al 100.000, e nelle Carte Tecniche Regionali elementi 480010, 480020, 460130, 460140 alla scala 1 : 10.000. In particolare l'area interessata dai pannelli fotovoltaici rientra nelle CTR 460130, 460140 posta a Nord del Comune di Siligo. Territorialmente l'area deputata è delimitata a Nord dal Monte Sa Pescia, ad est dalla Contrada Pianu De Su Crastu Covacadu, a Sud da Monte Mannu ed infine ad Ovest dalla Punta Sos Lacchedos. Nell'area deputata ad ospitare l'impianto agrivoltaico si ha la presenza di una dorsale spartiacque che delimita idrograficamente due bacini. La zona ad Est appartiene al bacino imbrifero del Rio De Sadda, la zona ad Ovest al bacino imbrifero del Rio Giuncos. L'assetto geomorfologico di un territorio è determinato dall'interazione tra le caratteristiche geologico-strutturali dei terreni presenti in affioramento e gli agenti morfogenetici predominanti in quella particolare area. Partendo dalla tettonica, che deforma i corpi litologici di un'area dando luogo a forme cosiddette "strutturali", la risposta dei terreni varia a seconda che siano presenti in affioramento rocce coerenti, pseudocoerenti o incoerenti, infatti, queste grandi categorie di terreni hanno una risposta profondamente diversa all'azione degli agenti esogeni.

Le litologie di tipo pseudocoerente si conformano secondo rilievi dall'andamento spesso mammellonare, regolari, interrotti localmente da forme geomorfologiche legate ad attività erosiva intensa; mentre le litologie coerenti e/o cementate danno luogo a forme più acclivi e dall'andamento più accidentato ed irregolari. Questa marcata differenziazione di origine "strutturale" viene ulteriormente accentuata dalla cosiddetta "erosione selettiva", ossia dalla differente risposta dei terreni agli agenti morfogenetici che, nel sistema morfoclimatico attuale, sono dati essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica. Le litologie coerenti vengono erose in misura più ridotta e tendono quindi a risaltare nei confronti delle circostanti litologie pseudocoerenti. La morfologia derivata in quest'ambito è di media collina e l'area deputata all'impianto presenta un'esposizione per la maggior parte verso Est. Altimetricamente l'area è posta a quote minime di mt 303.00, massime di mt.349.80 s.l.m. Essa è solcata da un rilievo che fa da spartiacque; verso Est caratterizza la morfologia da una serie di superfici, più o meno estese, che localmente presentano un

aspetto tabulare con pendenza massima del 2.68%. Mentre verso Ovest si hanno superfici con pendenze massime del 9.11%. In tali aree l'evoluzione dei caratteri morfologici è stata naturalmente condizionata dalla natura del substrato geologico presente. Per quanto riguarda il progetto PAI dalla verifica effettuata in loco risulta che un piccolo lembo di terra (Sa Funtana e Sungia) presenta una pericolosità geomorfologica media HG2 ed un'area a rischio medio RG2. Tuttavia questo piccolo lembo interno all'area prescelta non è interessato dall'impianto agrivoltaico. La restante zona che dovrà ospitare l'impianto agrivoltaico non risulta interessata da pericolosità e rischio geomorfologico e da pericolosità e rischio idrogeologico. Dalla lettura delle carte PAI si evince che l'area non risulta interessata da pericolosità e rischio geomorfologico e da pericolosità e rischio idrogeologico in quanto l'area presenta una bassissima pendenza che non permette l'instaurarsi di fenomeni franosi. Pertanto nelle aree allo studio ed in quelle vicinorie non si riscontrano fenomeni franosi in atto o potenziali, fenomeni quiescenti, fenomeni franosi stabilizzati zone di erosione o di ruscellamento accelerato.

Il terreno interessato dall'impianto agrivoltaico e dalla linea Mt per la bassa acclività si presenta stabile e privo di fenomenologie eversive. Tutto ciò è visibile, nella carta geomorfologica e nelle carte del rischio e pericolosità geomorfologica redatta dall'autorità di bacino ed allegata al Piano di Assetto Idrogeologico (Ved. Tavole 2,3,4,5,6,7).

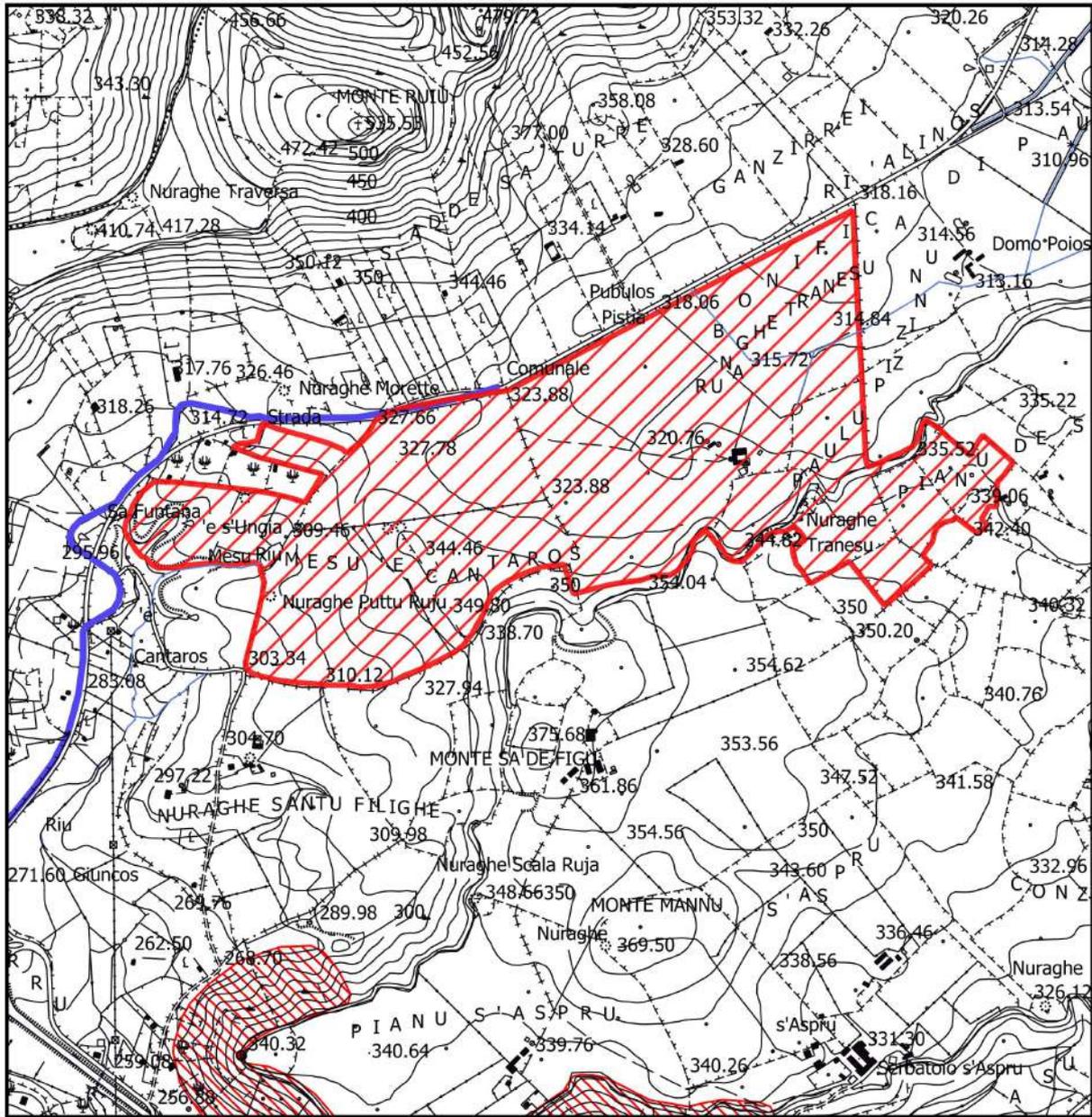


PLANIMETRIA UBICAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Legenda

-  Area Impianto Siligo
-  Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo
-  04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Strahler

Scala 1: 12.000



CARTA GEOMORFOLOGICA

Legenda

-  Area Impianto Siligo
-  Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo
-  04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Strahler

Catalogo frane - Aree soggette a franosità diffuse

-  Aree soggette a crolli/ribaltam
-  Aree soggette a sprofondame
-  Aree soggette a frane superfic

Catalogo frane - Frane poligonali

-  Crollo/ribaltamento
-  Scivolamento rotazionale
-  Espansione
-  Colamento lento
-  Colamento rapido
-  Sprofondamento
-  Complesso
-  n.d.

Scala 1: 12.000

## **2. PROGETTO PAI SARDEGNA**

Il Progetto PAI è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica, individuando e norma per l'intero ambito del bacino le aree a pericolosità e rischio idraulico e le aree a pericolosità e rischio geomorfologico.

Le aree a pericolosità idraulica individuate dal PAI sono suddivise, in funzione dei differenti gradi di rischio in:

### **AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA**

- 1) Aree a pericolosità idraulica moderata – (Hi1);
- 2) Aree a pericolosità idraulica media – (Hi2);
- 3) Aree a pericolosità idraulica elevata – (Hi3);
- 4) Aree a pericolosità idraulica molto elevata – (Hi4);

### **AREE A PERICOLOSITA' DA FRANA**

- 5) Aree a pericolosità nulla – (Hg0);
- 6) Aree a pericolosità moderata da frana – (Hg1);
- 7) Aree a pericolosità media da frana – (Hg2);
- 8) Aree a pericolosità elevata da frana – (Hg3);
- 9) Aree a pericolosità molto elevata da frana – (Hg4);

### **AREE A RISCHIO IDRAULICO**

- 1) Aree a rischio idraulico moderato – Ri1;
- 2) Aree a rischio idraulico medio – Ri2;
- 3) Aree a rischio idraulico elevato – Ri3;
- 4) Aree a rischio idraulico molto elevato – Ri4;

### **AREE A RISCHIO FRANA**

- 1) Aree a rischio nullo – Rg0;
- 2) Aree a rischio frana moderato – Rg1;
- 3) Aree a rischio frana medio – Rg2;
- 4) Aree a rischio frana elevato – Rg3;
- 5) Aree a rischio frana molto elevato – Rg4;

Nell' area allo studio (Ved. Tav. 3,4,5,6,7) dalle verifiche effettuate non sono presenti pericolosità idraulica e rischio idraulico. Mentre per quanto riguarda il rischio geomorfologico è presente in un piccolo lembo di terra RG2 ( Rischio a frana medio), posto ad ovest del terreno di proprietà. Tuttavia lo stesso lembo non è interessato dal campo agrivoltaico vero e proprio. Ugualmente per la pericolosità geomorfologica lo stesso lembo è classificato Hg2 (Area a pericolosità geomorfologica media). Quindi si può affermare che dal punto di vista della pericolosità idraulica e geomorfologica e per il rischio idraulico e geomorfologico l'area scelta per il campo agrivoltaico non è interessata. Infine sia il tracciato del cavo nonché la cabina utente non sono interessati da pericolosità idraulica e geomorfologica e da rischio idraulico e geomorfologico.

### 3. RISCHIO IDRAULICO

Premesso che per bacino idrografico, o bacino imbrifero, si intende la porzione di superficie terrestre, limitata dalla linea di displuvio o spartiacque, entro la quale si raccolgono e defluiscono le acque derivanti dalle precipitazioni liquide (pioggia), dallo scioglimento delle nevi, da eventuali sorgenti. Le acque defluiscono in superficie attraverso la rete di drenaggio oppure in sotterraneo (falda freatica o artesianica) fino a giungere alla sezione di chiusura.

Inoltre, un bacino idrografico può essere suddiviso in sottobacini in cui si mettono in evidenza la presenza di aree intermedie definite come interbacini, spesso prive di rete di drenaggio completamente sviluppata.

Un bacino idrografico presenta, dal punto di vista morfologico, tre zone, in genere facilmente distinguibili :

- 1) Il bacino di raccolta come produttore di sedimenti e di deflusso. Si identifica con la parte del sistema situata alle quote più elevate, altrimenti denominata “zona di testata” (upland o headwater).
- 2) Il canale di trasferimento in cui avviene il deflusso dei sedimenti.
- 3) I conoidi alluvionali, oppure le zone deltizie in cui il deflusso viene recapitato al recipiente (mare, lago o altro corso d'acqua). Vi si verifica principalmente deposizione dei materiali trasportati. Ai fini della definizione del **rischio** diventa necessario stabilire l'arco temporale entro cui si decide di accettare il verificarsi di un evento di entità uguale o superiore ad uno già verificatosi. Tale arco temporale può essere la vita prevista per un'opera o un intervento. Il grado di esposizione di un'area a fenomeni naturali quali gli allagamenti, le frane, le valanghe ( e così via fino alle eruzioni vulcaniche ed ai terremoti).

Il **rischio** cui è esposto un bene dovrebbe essere calcolabile mediante procedure oggettive (ciò non significa affatto esatte né definitive) e almeno dal punto di vista lessicale sono state proposte alcune definizioni di base che permettono di distinguere:

**Pericolosità ( $H$ )** : traduce il termine *hazard* o *natural hazard* ed indica la probabilità che si verifichi entro un assegnato intervallo di tempo ed entro una area assegnata un fenomeno potenzialmente dannoso. Pertanto, il termine *rischio idraulico*, indicante la probabilità che in un periodo di  $n$  anni, si presenti un evento uguale o superiore all'evento stimato con tempo di ritorno  $T$

data dalla relazione (KITE, 1988)  $n R = I - (I - I/T)$  assume un significato simile e più limitato di *pericolosità*. Anche il termine francese *risque* dovrebbe assumere lo stesso significato.

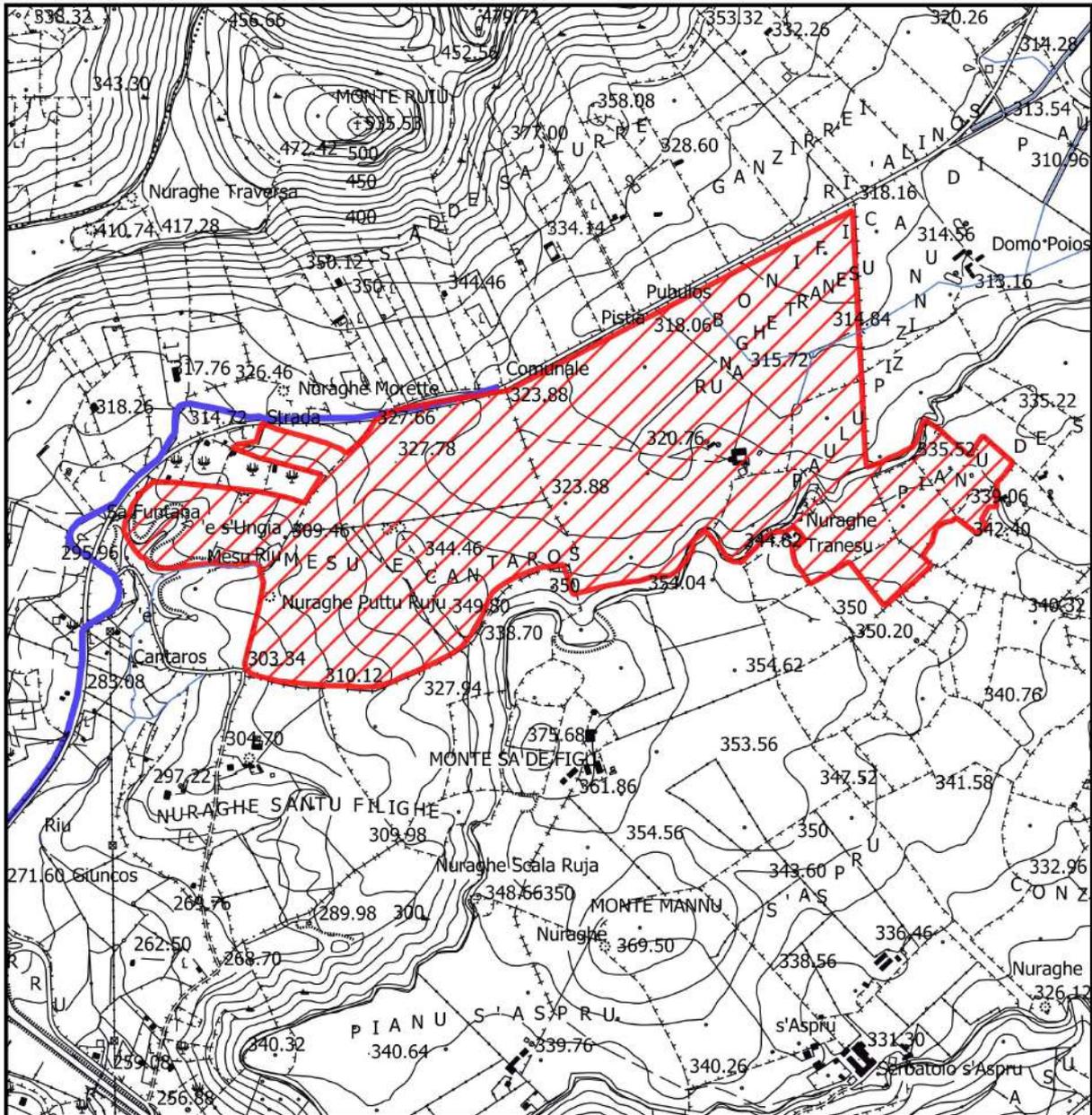
**Vulnerabilità ( $V$ )** : indica il grado delle perdite arrecate ad un bene o ad una pluralità di beni (esposti a rischio) a seguito del verificarsi di un fenomeno naturale di assegnata entità. Si esprime con riferimento ad una scala di valori compresa fra 0 (nessun danno) e 1 (perdita totale).

**Rischio specifico ( $R$ )** : indica l'entità del danno atteso a seguito di un particolare fenomeno naturale. Si esprime con il prodotto  $R_s = H \times V \times s$ .

**Elemento o bene a rischio ( $E$ )** : indica la popolazione, le proprietà, le attività economiche, inclusi i servizi pubblici che si trovano esposti al pericolo di un evento naturale in una determinata area.

**Rischio totale ( $R_t$ )** : indica il numero atteso di morti, feriti, danni alle proprietà o interruzione di attività economiche a seguito di un evento naturale ed è perciò dato dal prodotto  $R_t = R_s \times E = E \times H \times V$ .

Considerando che l'area in esame fa parte delle zone di testata di un piccolo rigagnolo, si esclude la possibilità ed il verificarsi di fenomeni inondabili o alluvionali in quanto detti fenomeni si accentuano e si verificano in zone terminali di un bacino idrografico. Tali rilievi sono confermati dalla carta del rischio idraulico e dalla carta della pericolosità idraulica redatte dall'autorità di bacino allegate al presente rapporto nel progetto PAI.

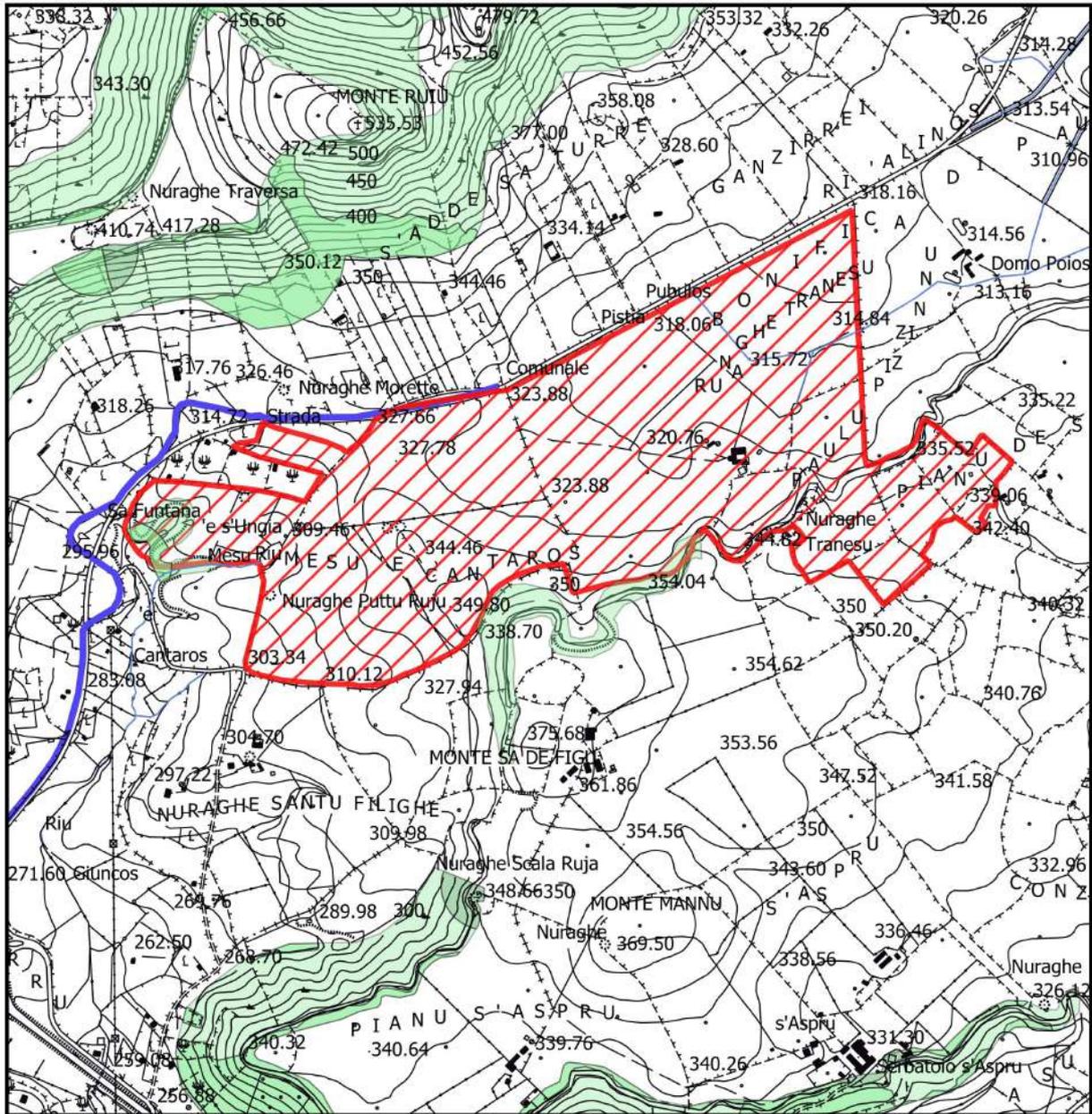


CARTA PAI DEL RISCHIO IDRALICO

Legenda

- Area Impianto Siligo
- Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo
- 04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Strahler
- PAI\_RISCHIOIDRALICO\_REV41Polygon
  - Ri1
  - Ri2
  - Ri3
  - Ri4

Scala 1: 12.000

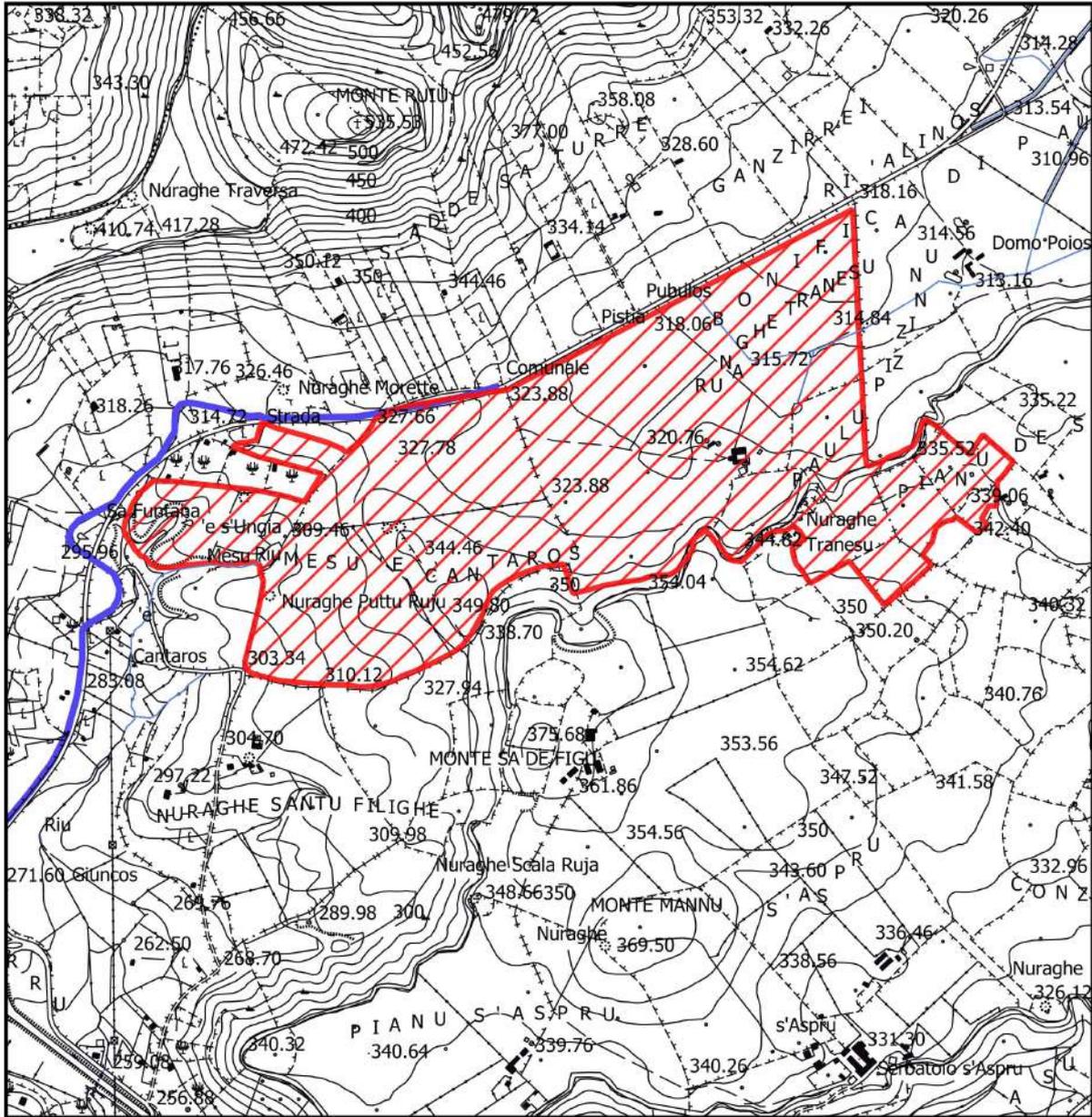


CARTA PAI DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Legenda

- Area Impianto Siligo
- Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo
- 04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Strahler
- PAI\_RISCHIOGEOMORFOL\_REV42Polygon
- Rg0
- Rg1
- Rg2
- Rg3
- Rg4

Scala 1: 12.000

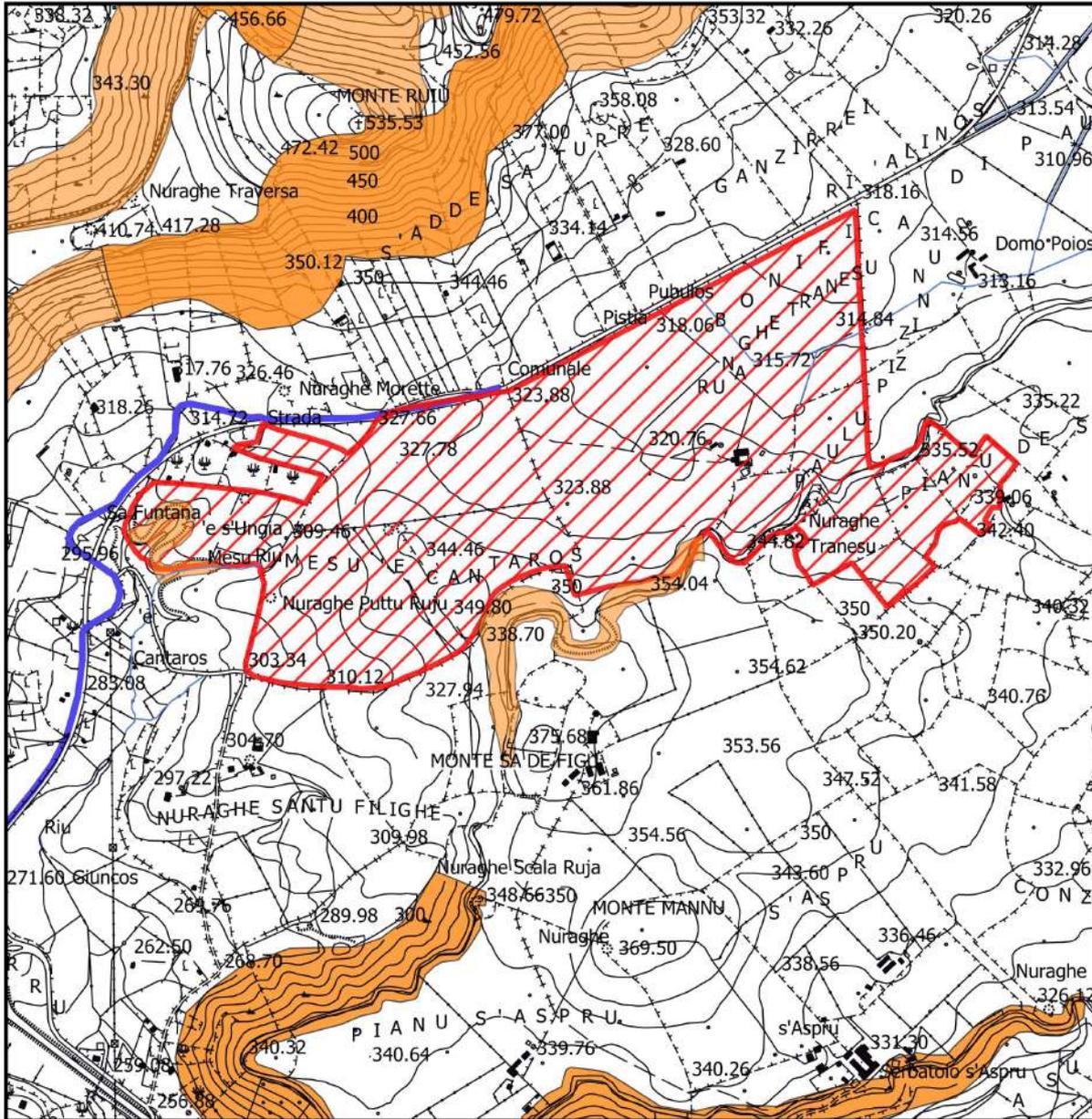


CARTA PAI DEL PERICOLO IDRAULICO

Legenda

-  Area Impianto Siligo
  -  Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo
  -  04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Strahler
- PAI\_PERICOLOIDRAULICO\_REV41Polygon
-  Hi1
  -  Hi2
  -  Hi3
  -  Hi4

Scala 1: 12.000



CARTA PAI DEL PERICOLO GEOMORFOLOGICO

Legenda

-  Area Impianto Siligo
-  Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo
-  04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Stahler
- PAI\_PERICOLOGEOMORFOL\_REV42Polygon
  -  Hg0
  -  Hg1
  -  Hg2
  -  Hg3
  -  Hg4

Scala 1: 12.000

#### 4. GEOLOGIA

La geologia del territorio interessato dall'intervento ospita nove formazioni geologiche sedimentarie per lo più appartenenti al bacino del Logudoro. Detto bacino è un semi-graben orientato NNW-SSE. La strutturazione del bacino stesso, avviene tramite una serie di faglie dirette che ne identificano il margine occidentale, mentre quello orientale è caratterizzato dalla trasgressione miocenica su un substrato costituito prevalentemente dalle vulcaniti Aquitaniane-Burdigaliane e da sedimenti mesozoici. I sedimenti miocenici, procedendo da E verso W, mostrano un'evoluzione di ambienti prossimali e distali. La sequenza più antica ha un'età che va dal Burdigaliano superiore al Langhiano. Essa poggia con rapporti di onlap sulle sottostanti vulcaniti Oligo-Aquitaniane ed è interrotta superiormente da una superficie erosiva. E' caratterizzata da una successione sedimentaria costituita alla base da sedimenti clastici grossolani tipici di ambiente fulvio-deltizio che passano a calcari litorali e sabbie seguiti da siltiti e marne arenacee tipiche di ambiente marino profondo. Su questi ultimi giace la seconda sequenza deposizionale che arriva fino al Tortoniano – Messiniano, costituita da sabbie fluvio-marine alla base, cui seguono calcari di piattaforma interna ricchi in alghe ed episodi termali. Movimenti tettonici responsabili di sollevamenti differenziali di settori di piattaforma sono evidenziati sia da strutture deposizionali sintettoniche che dall'erosione di parte della prima sequenza.

In particolare procedendo dall'alto verso il basso si hanno le seguenti formazioni (Ved.Tavola 9):

**Coltri eluvio –colluviali**, sedimenti legati a graniti. Trattasi di detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti arricchiti in frazione organica. Detta formazione è presente nella parte centrale del foglio rilevato ed interessa parte dell'area che ospiterà il campo agrivoltaico. L'età dalla letteratura è ascrivibile all' Olocene.

Seguono i sedimenti alluvionali formati da **depositi alluvionali** costituiti da sabbie e ghiaie presenti nel foglio allo studio nella zona a Sud-Ovest nell'alveo del Rio Funtana Ide. L'età è ascrivibile all'Olocene.

La terza formazione continentale è rappresentata dai **depositi di frana**. Si tratta nella quasi totalità di accumuli di blocchi derivanti dall'arretramento di cornici rocciose, per frane di crollo e/o di ribaltamento. I blocchi hanno dimensioni variabili da pochi decimetri cubi ad alcune decina di

metri cubi e sono sovente parzialmente immersi in una matrice fine pedogenizzata che include detriti angolosi di varia granulometria.

È presente a Nord dell'area nei pressi del Monte Ruia e del Monte Sa Percia.

La quarta formazione presente è la **Subunità di San Matteo** Basalti dei Plateau. (Basalti del Logudoro), Trachibasalti olocristallini, porfirici per fenocristalli di Pi, Ol, con noduli gabbrici e peridotitici, e xenoliti quarzose: in estese colate. Occupa aree poste a Sud dell'area ed in parte rientra nei terreni interessati dal campo agrivoltaico. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Pleistocene Medio.

La quinta formazione è rappresentata dalla **Subunità di Monte Ruiu** Basalti dei Plateau. (Basalti del Logudoro), Basalti alcalini, porfirici per fenocristalli di Pi, Ol, e frequenti zenocristalli di Opx rari xenoliti quarzosi a struttura granoblastica, frequenti noduli gabbrici e peridotiti. Occupa aree poste a Nord del campo agrivoltaico e l'età dalla letteratura è ascrivibile al Pleistocene Medio.

La sesta formazione è rappresentata dalla **Formazione di Florinas** della Successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro Sassarese, costituita da due litofacies sabbie e biocalcareni. È presente a Nord dell'area in parola ed occupa parte dei terreni destinati al campo agrivoltaico. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Serravalliano - Miocene.

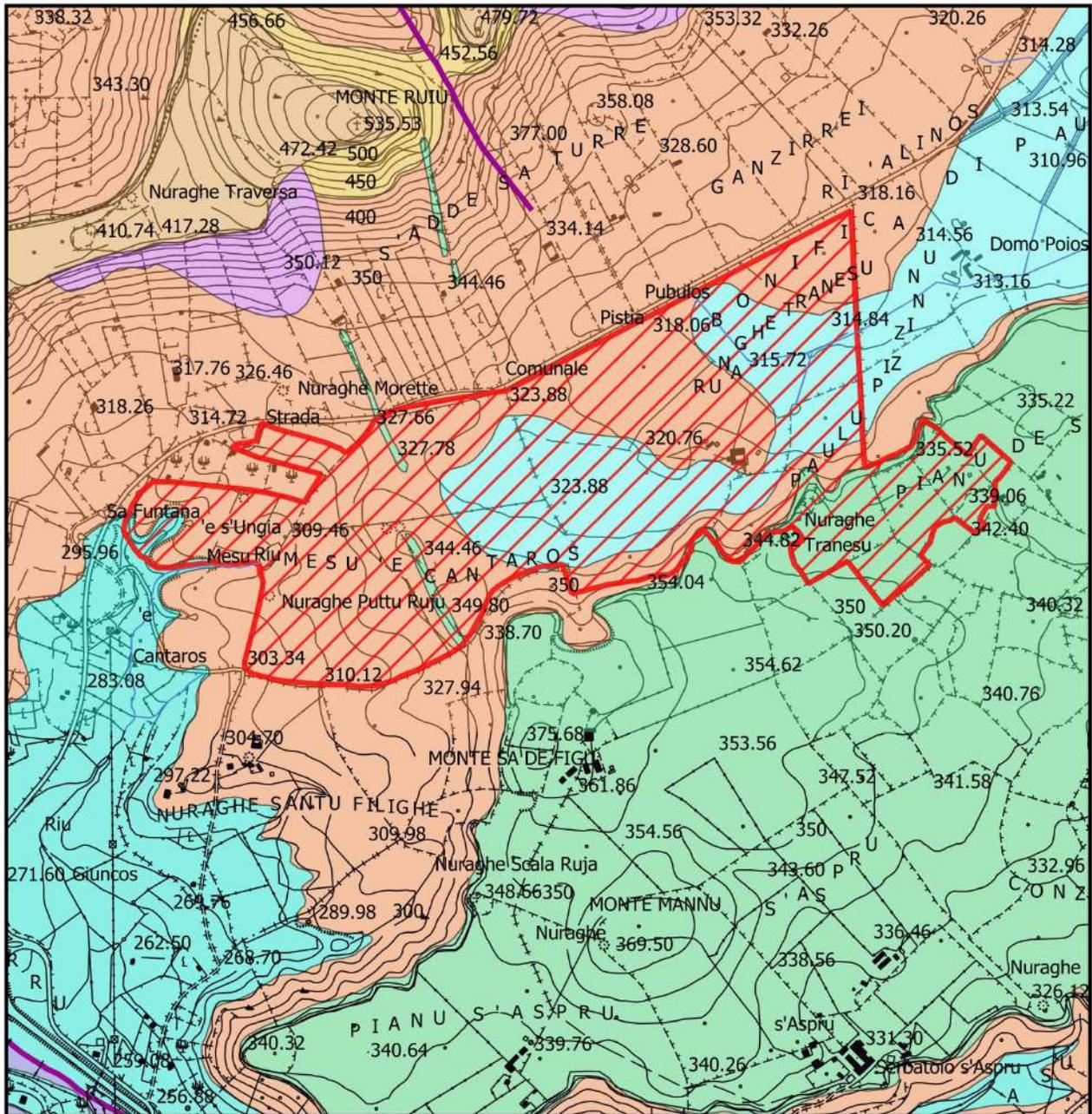
La settima formazione denominata di **Oppia Nuova** è della successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro-Sassarese. Sabbie quarzose-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico, vulcaniti oligomioceniche e calcari mesozoici, Ambiente di sedimentazione da conoide alluvionale a fluvio-deltizio. Affiora a Sud-Ovest del foglio rilevato. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Burdigliano Miocene Medio-Superiore.

L'ottava formazione è denominata **formazione del Borutta**. Fa parte della successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro-Sassarese. Costituita da Marne, marne arenacee bioturbate e calcari marnosi, localmente in alternanza ritmiche. Occupa aree a Sud-Ovest e a Nord-Ovest dell'area allo studio. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Langhiano - Miocene.

L'ultima formazione è rappresentata dalla **formazione di Mores** della Successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro Sassarese. Questa formazione è rappresentata da due Litofacies. La prima costituita da arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso feldspatici a grana medio grossa, localmente

ricchi di ossidi di ferro. La seconda costituita da calcareniti calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile con fauna a gasteropodi, ostreidi ed echinidi. Questa formazione occupa aree poste ad Est e a Sud del territorio che ospiterà l'impianto agrivoltaico. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Burdigaliano Miocene. Per quanto riguarda la presenza di elementi lineari (Fratture) nell'area in esame che dovrà ospitare l'impianto agrivoltaico, non si riscontrano.

Inoltre è da mettere in evidenza come la diversa composizione litologica dei litotipi presenti sul territorio, si riflette spesso sulle forme morfologiche derivanti dalla evoluzione geomorfologica dei versanti. Queste considerazioni emergono dalla visione geologica generale estesa in tutto il territorio posto nel foglio 193 Bonovra. Si è ritenuto opportuno estendere la visione geologica come descritto in quanto tutto ciò permette di avere una visione completa e globale della morfologia e della geologia del territorio su cui si andrà ad intervenire.



CARTA GEOLOGICA

Legenda

-  Area Impianto Siligo
-  Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo
-  04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Strahler

GEOLOGIA

-  Depositi alluvionali
-  Coltri eluvio-colluviali
-  Depositi di frana
-  Formazione di Florinas sabbie
-  Sub unità di San Matteo

GEOLOGIA

-  Formazione di Oppia Nuova
-  Sub unità di Monte Ruiu
-  Formazione di Florinas biocalcarenti
-  Litofacies della formazione di Mores -arenarie
-  Litofacies della formazione di Mores calcareniti
-  Formazione del Borutta
-  geologiaLineari

Scala 1 : 12.000

## **5. LITOLOGIA**

Premesso che la Regione Sardegna ha suddiviso le rocce in tre grandi classi :

A rocce magmatiche;

B rocce metamorfiche;

C rocce sedimentarie;

all'interno delle grandi classi sono state distinte otto sottoclassi e sono state distinte famiglie di rocce raggruppate per affinità. Nel Territorio allo studio si ha la presenza di sette sottoclassi (Ved.Tavola.10).

Sottoclasse A2.1 costituita da rioliti e riodaciti.

Sottoclasse A2.3 costituita da basalti alcalini, trachibasalti hawaii, mugeariti, fonoliti e tefriti.

Sottoclasse C1.2 costituita da depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie, sabbie, limi, argille, conglomerati, arenarie, siltiti, peliti).

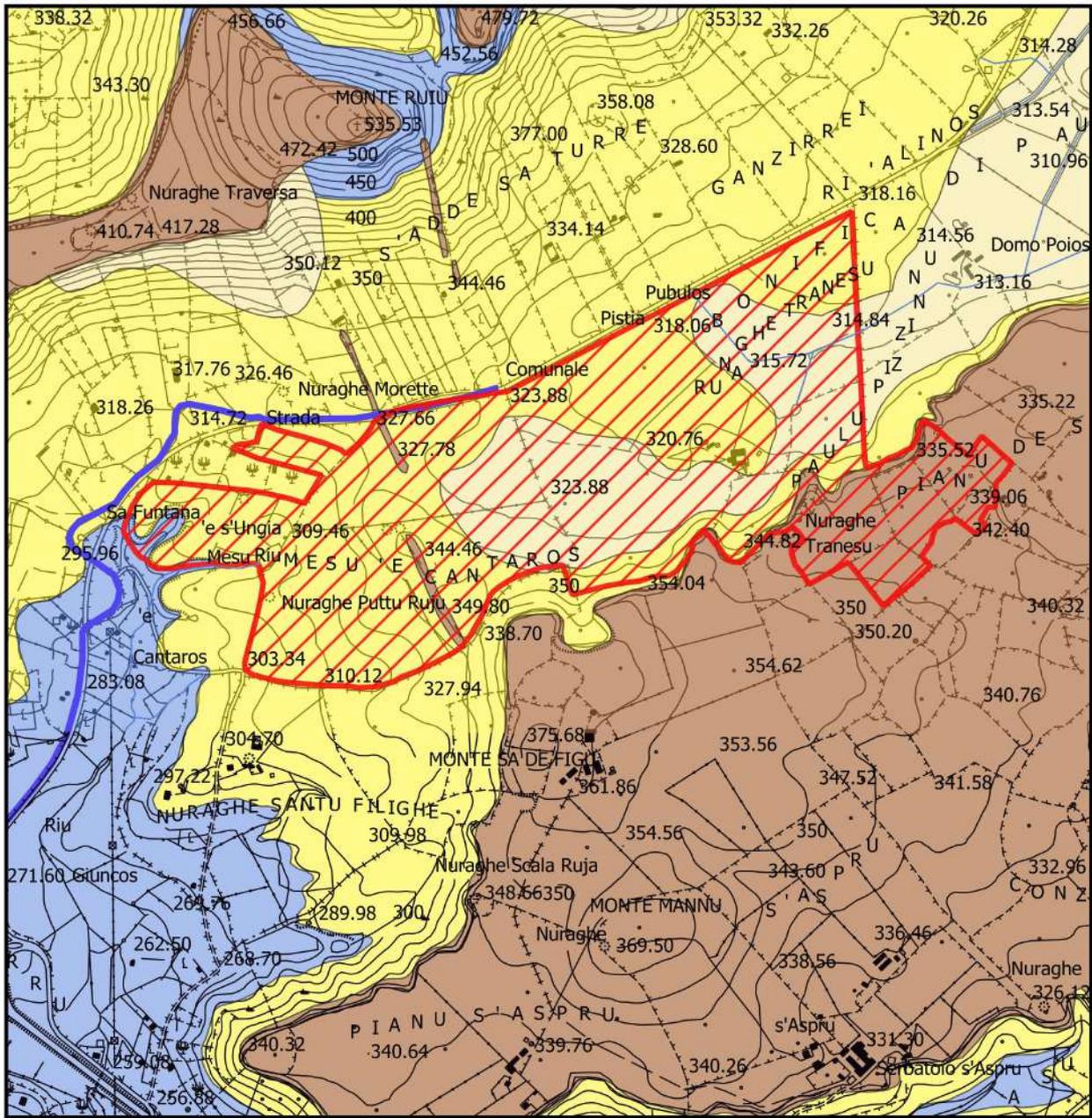
Sottoclasse C1.3 costituita da depositi terrigeni continentali legati a gravità (detriti di versante, frane, coltri eluvio-colluviali “debris avalances” breccie).

Sottoclasse C1.5 costituita da depositi terrigeni litorali (ghiaie, sabbie, arenarie, conglomerati).

Sottoclasse C1.8 costituita da depositi terrigeni fulvio-deltizi ( sabbie, micro conglomerati, arenarie carbonatiche, siltiti argillose).

Sottoclasse C2.2 costituita da depositi carbonatici marini (marne, calcari, calcari dolomitici, calcari oolitici, calcari bioclastici, calcareniti).

L'area destinata al campo agrivoltaico ospita le sottoclassi A2.3, C1.3, C1.8, C2.2.



CARTA LITOLOGICA

Legenda

-  Area Impianto Siligo
-  Connessione Siligo - Percorso Connessione Siligo

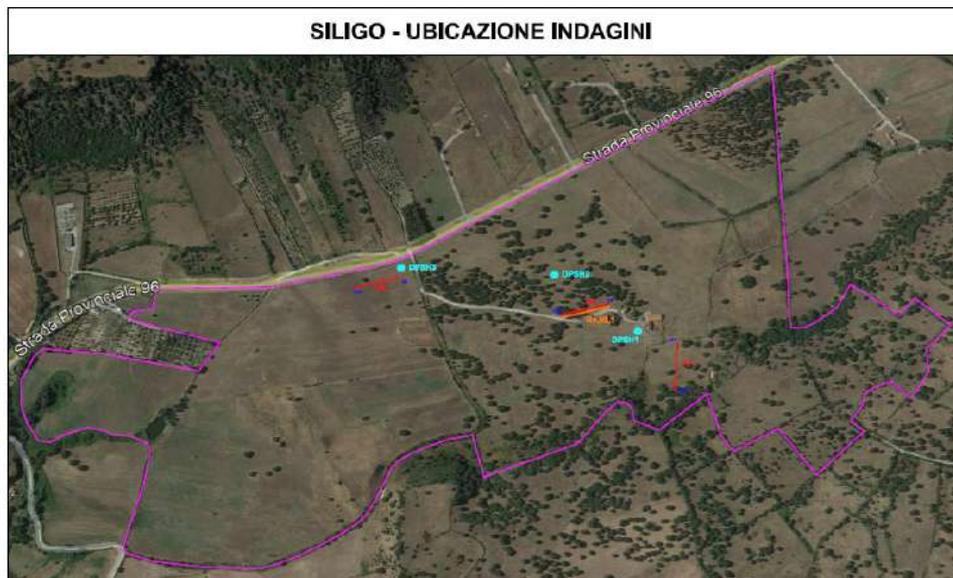
carta\_litologica2019

-  A2.1
-  A2.3
-  C1.2
-  C1.3
-  C1.5
-  C1.8
-  C2.2

Scala 1: 12.000

## 6. INDAGINI GEOGNOSTICHE E RISULTATI

Nelle aree in esame come già descritto è stata effettuata una campagna indagini geognostiche dalla Società TERGAM S.r.l. con sede in Via G.Verdi, 7 Quartu S.Elena (CA). Detta campagna è composta da prove penetrometriche del tipo dinamica pesante DPSH spinte fino alle profondità significative, prove di sismica a rifrazione e prove di sismica passiva RE.MI. In dettaglio nell'area destinata al campo agrivoltaico, state effettuate tre prove penetrometriche dinamiche continue DPSH, tre prove di sismica a rifrazione ed una prova di sismica passiva RE.MI.



***Prova penetrometrica dinamica continua DPSH -1***



***Prova penetrometrica dinamica continua DPSH -2***



***Prova penetrometrica dinamica continua DPSH -3***



***Sismica a rifrazione P1 e RE.MI.***



***Sismica a rifrazione P2***



***Sismica a rifrazione P3***



### 6.1 INDAGINE GEOFISICA-SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini geofisiche rappresentano una moderna metodologia d'indagine geofisica non invasiva e per l'acquisizione dei dati sismici è stato impiegato un apparato del tipo *RAS-24* della *ABEM Instruments* a 24 canali, con risoluzione dei tempi di 0.125 ms. I profili sismici sono stati materializzati con l'utilizzo di n. 24 geofoni/profilo con distanza intergeofonica pari a 4 metri e lunghezza totale del profilo pari a 92 metri. Al fine di consentire la costruzione di un adeguato numero di dromocrone (curve spazio-tempo), in corrispondenza di tutti i profili sono state effettuate 9 registrazioni che corrispondono ad altrettante energizzazioni eseguite, in corrispondenza dei geofoni G1, G4, G7, G10, G13, G16, G19, G22 e G24. Come sorgente di energia è stata utilizzata una massa battente di 8 kg impattante su una piastra opportunamente collegata al sistema di *trigger*, assolutamente appropriata per le profondità d'indagine richieste.

La qualità del segnale è risultata nel complesso buona; in ogni caso l'utilizzo della tecnica di accumulo del segnale ha consentito di ottenere un buon rapporto segnale/disturbo; alla buona qualità dei dati acquisiti hanno anche contribuito importanti requisiti dell'apparato di registrazione quali il sistema di amplificazione dei segnali di ogni singolo geofono e la dotazione di filtri. La procedura di elaborazione dei dati acquisiti consiste nell'analisi dei singoli sismogrammi ottenuti per ciascuna registrazione dai quali si individuano, manualmente, per ogni singola traccia registrata, i tempi di primo arrivo delle onde generate. Successivamente il *processing* dei dati è stato condotto mediante il software *SeisOptPro V5.0*. Il *SeisOptPro* usa esclusivamente i tempi di primo arrivo e la geometria d'acquisizione per ricavare la distribuzione delle velocità nel sottosuolo. In particolare, esso impiega una tecnica di ottimizzazione non lineare e lavora in termini di modellizzazione. In sintesi, viene creato un modello di velocità iniziale al quale sono associate delle dromocrone sintetiche; queste ultime vengono quindi confrontate con i dati sperimentali ed i modelli di velocità vengono progressivamente modificati sino al raggiungimento della miglior convergenza con i dati sperimentali. Non si tratta quindi di uno dei metodi classici più comunemente impiegati nella sismica a rifrazione (tempi intercetti, metodo reciproco, metodo reciproco generalizzato, ecc), bensì di un *processing* sofisticato che, in luogo della tipica e non sempre realistica rappresentazione per strati omogenei, fornisce una sezione in cui le variazioni di velocità sono rappresentate con elevata risoluzione, secondo modalità tipiche della tomografia sismica.

## 6.2 SISMICA PASSIVA RE.MI.

Per la stima della  $V_{seq}$ , è stato adottato il metodo Re.Mi. (*Refraction Microtremor*), che consiste essenzialmente nei seguenti passi:

- 1) si esegue una registrazione sismica multicanale del disturbo naturale e/o indotto dalle attività antropiche, senza ricorrere ad energizzazioni di tipo impulsivo come quelle normalmente impiegate nella sismica di prospezione (rifrazione, riflessione, tomografia cross-hole etc.); la registrazione deve avere lunghezza temporale adeguata (p.e. alcune decine di secondi); la geometria dello stendimento sismico deve essere stabilita in funzione delle caratteristiche e dell'obiettivo con l'ausilio di n. 24 geofoni con bassa frequenza naturale (8 Hz);
- 2) per uno stesso stendimento sismico vengono eseguite diverse registrazioni (da alcune a qualche decina);
- 3) dopo le fasi di preparazione (*pre-processing*) i dati, acquisiti nel dominio spazio-tempo ( $s-t$ ), vengono trasformati nel dominio lentezza-frequenza ( $p-f$ ), essendo la lentezza  $p$  il reciproco della velocità; questa operazione produce per ciascuna registrazione uno spettro di lentezza che, rappresentato graficamente, di norma secondo una scala cromatica, mostra la localizzazione nel piano  $p-f$  degli eventi dotati di maggiore energia; al fine di migliorare il rapporto segnale/disturbo, è possibile selezionare solo gli spettri migliori, i quali vengono sommati tra loro in modo da ottenere un solo spettro da interpretare;
- 4) una volta ottenuto lo spettro  $p-f$  si devono riconoscere, in esso, gli eventi sicuramente associati alle onde superficiali (onde di *Rayleigh* e/o onde di *Love*); dato che le onde superficiali hanno la caratteristica di essere dispersive, il loro riconoscimento può non essere difficile se i dati sono di buona qualità ed elaborati in modo corretto;
- 5) si esegue quindi il “*picking*” della curva di dispersione, ottenendo un file numerico contenente le coppie  $p-f$  riconosciute come appartenenti alle onde superficiali;
- 6) l'inversione della curva di dispersione delle onde superficiali fornisce i valori della velocità di propagazione delle stesse in funzione della profondità, e, poiché la velocità di propagazione delle onde superficiali è in rapporto noto con quella delle onde di taglio (p.e.  $V_{Rayleigh} \approx 0.9 V_s$ ), quest'ultima risulta stimata.

Una volta ottenuto un modello stratificato del terreno in cui sono stimati gli spessori e le relative  $V_s$ , si stima la  $V_{seq}$  mediante l'equazione:

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

con

$h_i$  = spessore dello stato  $i$ -esimo;

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

$N$  = numero di strati;

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

### 6.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nel determinare il numero di colpi necessari ad infiggere una punta conica nel terreno per successive profondità costanti, utilizzando metodologie ed attrezzature standardizzate. È noto, infatti, come un oggetto conico infisso mediante battute successive incontri, durante la penetrazione, una resistenza che è direttamente proporzionale a quella del mezzo attraversato. Se il mezzo attraversato è il terreno, questa resistenza dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche nel quale esso si trova allo stato naturale e pertanto, per terreni incoerenti dipende prevalentemente dallo stato d'addensamento dei granuli, mentre per terreni coesivi dal contenuto in umidità naturale. Le prove sono state eseguite secondo le modalità ISSMFE, mediante infissione nel terreno di una punta conica posta all'estremità di un'asta d'acciaio; la penetrazione avviene per mezzo di un meccanismo di battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso.

Il conteggio dei colpi necessari all'avanzamento di un tratto di asta di lunghezza 30 cm, permette di utilizzare le relazioni empiriche che forniscono la resistenza del terreno all'infissione ( $R_d$ ), consente di correlare NDPSH a NSPT. Inoltre la prova, con l'estrazione delle aste, mette in evidenza la presenza e la profondità di rinvenimento della falda freatica.

#### 6.4. RISULTATI DELLE PROVE SISMICHE A RIFRAZIONE SILIGO

In base all'elaborazione delle prove sismiche a rifrazione P1, P2, P3 vediamo che lo strato incoerente varia da una profondità minima di circa 4-5 mt. nella prova P1, ad un massimo di circa 14-16 mt. nella Prova P3. (Vedi quaderno indagini allegato). Oltre queste profondità si ha la presenza del basamento lapideo.

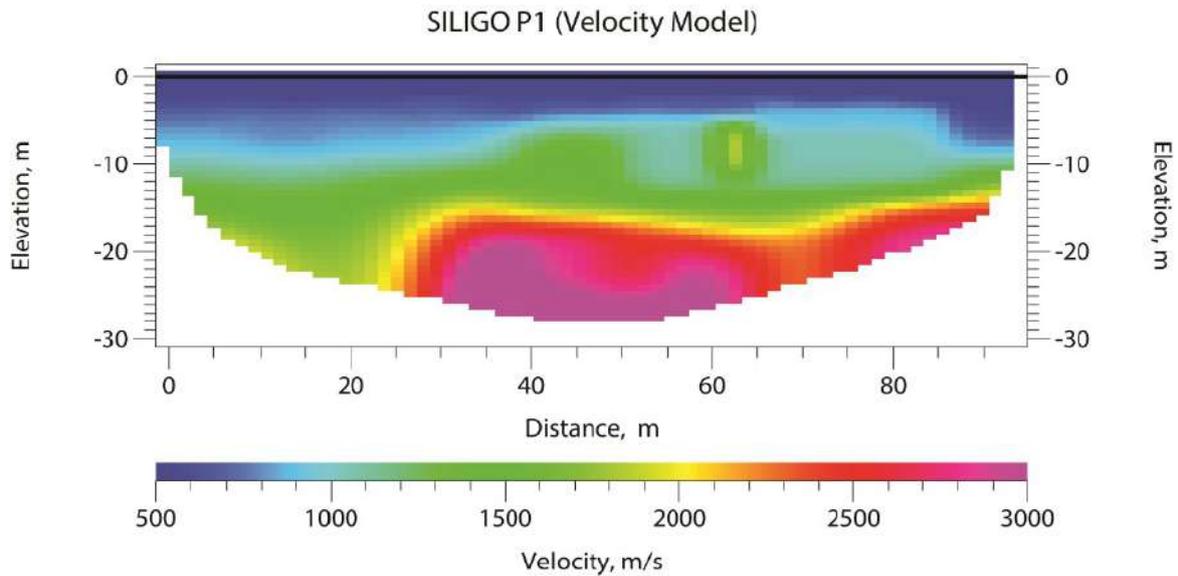


Fig. 1 – Tomografia sismica P1

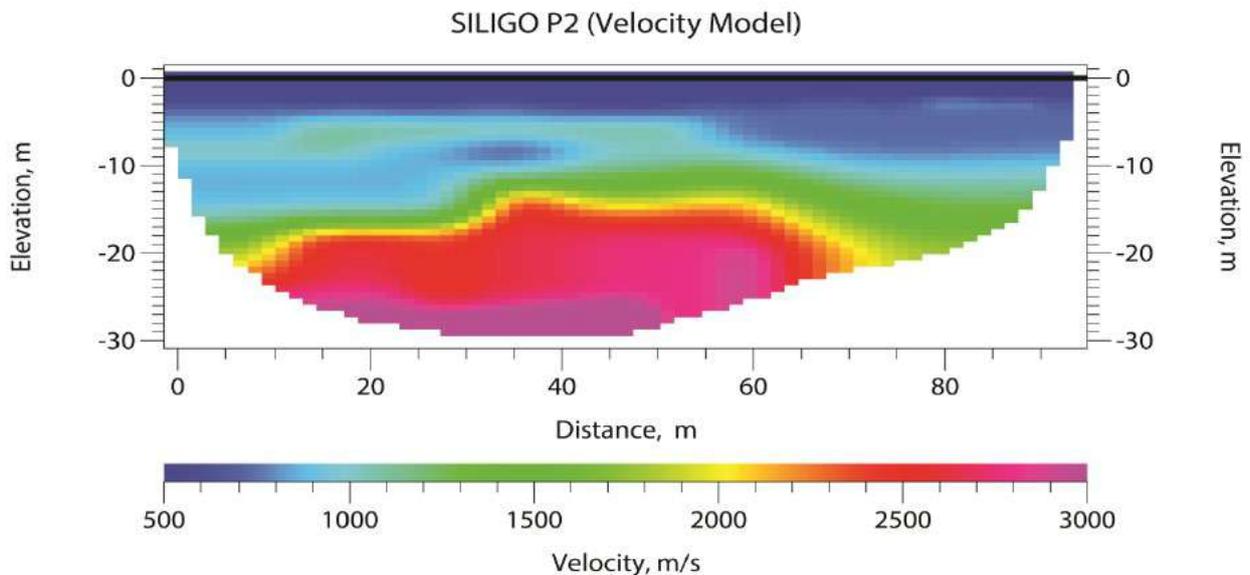


Fig. 2 – Tomografia sismica P2

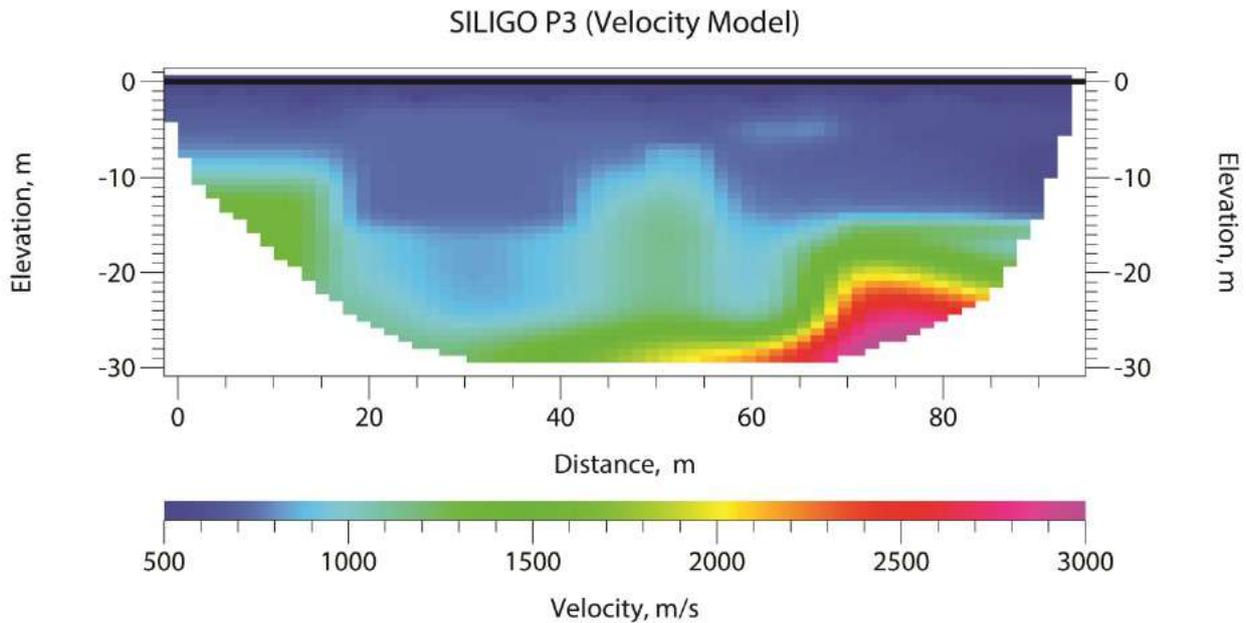
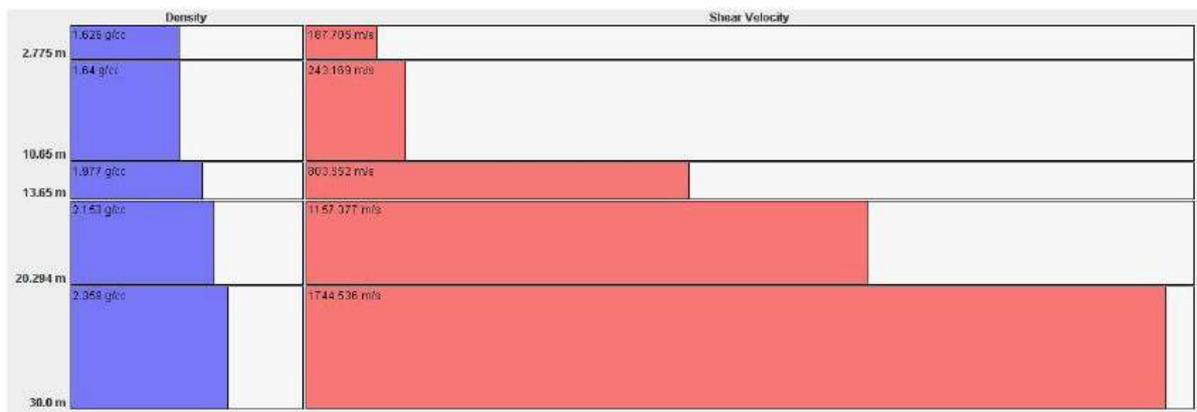


Fig. 3 – Tomografia sismica P3

## 6.5 RISULTATI DELLA PROVA SISMICA PASSIVA RE.MI. SILIGO

Per quanto riguarda la prova sismica passiva RE.MI. abbiamo cinque sismostrati ed una velocità  $V_{S30}$ -equ pari a 225.79 m/sec, che classifica questo materiale di tipo 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.).



| N. strato | Profondità (m) | Densità (g/cm <sup>3</sup> ) | Vs (m/s) | Vp (m/s) |
|-----------|----------------|------------------------------|----------|----------|
| 1         | 0.00 – 2.78    | 1.61                         | 187.71   | 324.73   |
| 2         | 2.78– 10.65    | 1.49                         | 243.174  | 420.68   |
| 3         | 10.65 – 13.65  | 1.77                         | 803.55   | 1390.14  |
| 4         | 13.65 – 20.29  | 1.83                         | 1157.38  | 2002.26  |
| 5         | 20.29 – 30.00  | 1.89                         | 1744.54  | 3018.05  |

Tabella A: sintesi dei risultati dell'inversione della curva di dispersione.

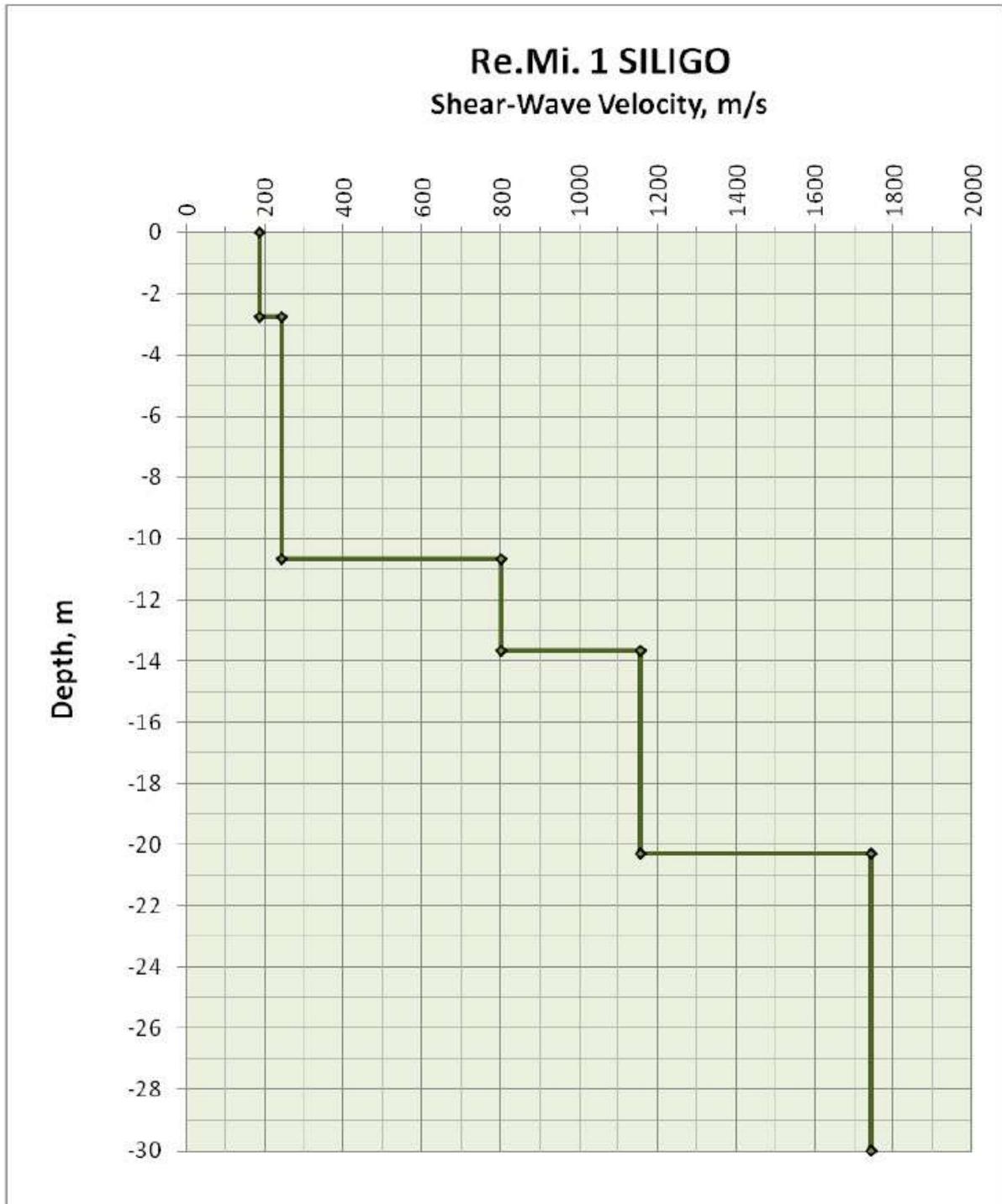


Fig. 7 - Velocità delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità.

## 6.6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-1 SILIGO TERRENO DI TIPO ATTRITIVO

**TERGAM S.r.L.**  
Territorio - Geologia - Ambiente

Rapporto di prova n°: 134

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : ATLAS RE S.r.l. - data prova : 27/04/2022  
- lavoro : Parco fotovoltaico - quota inizio : Piano campagna  
- località : Siligo (SS) - prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto speriment. :  
- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                      |     |     | VCA | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|-----|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s   | M-s |     |         |      | M+s |
| 0  | 0.00           | 0.30 |           | 0.0                     | 0   | 0   | 0.0                  | --- | --- | --- | 61      | 1.15 | 70  |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.15$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

| n° | H1   | H2   | NATURA GRANULARE |     |     |     |         | NATURA COESIVA |      |      |      |     | Q    | Litologia |       |     |
|----|------|------|------------------|-----|-----|-----|---------|----------------|------|------|------|-----|------|-----------|-------|-----|
|    |      |      | Nspt             | Vs  | G   | Dr  | $\phi'$ | E'             | Ysat | Yd   | Cu   | Ed  |      |           | Ysat  | W   |
| 0  | 0.00 | 0.30 | ---              | --- | --- | --- | ---     | ---            | ---  | ---  | ---  | --- | ---  | ---       | ---   | --- |
| 2  | 0.30 | 2.40 | 18               | 120 | 112 | 47  | 32.4    | 216            | 1.98 | 1.57 | 1.13 | 108 | 2.00 | 26.2      | 0.708 | --- |
| 3  | 2.40 | 5.10 | 46               | 171 | 224 | 81  | 40.0    | 552            | 2.13 | 1.82 | 2.88 | 276 | 2.33 | 10.1      | 0.274 | --- |
| 4  | 5.10 | 5.40 | 70               | 196 | 306 | 92  | 44.0    | 840            | 2.19 | 1.92 | 4.38 | 420 | 2.63 | 1.7       | 0.046 | --- |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

| Strato | Prof. Strato (m) | Nspt | Dr (%) | $\phi$ Angolo d'attrito interno (°) | E' modulo di deformazione drenato (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Classificazione AGI  | $\gamma$ Peso di volume del terreno (t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_w$ Peso di volume del terreno saturo (t/m <sup>3</sup> ) | G modulo di taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|------------------|------|--------|-------------------------------------|---|----------------------|---|--|---|
| 1-     | 0.00-0.30        | ---  | ---    | ---                                 | ---   | ---                  | ---   | ---  | ---   |
| 2      | 0.30—2.40        | 18   | 47     | 32.4                                | 216   | Mediamente addensato | 1.57  | 1.98   | 112   |
| 3      | 2.40-5.10        | 46   | 81     | 40.0                                | 552   | Addensato            | 1.82  | 2.13   | 224   |
| 4      | 5.10-5.40        | 70   | 92     | 44.0                                | 840   | Molto addensato      | 1.92  | 2.19   | 306   |

Assenza di falda



6.8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-3 SILIGO  
TERRENO DI TIPO ATTRITIVO

**TERGAM S.r.L.**

Territorio - Geologia - Ambiente

Rapporto di prova n°: 134

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 3**

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)  
- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- aiuto sperim. :  
- note :

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |       |       | VCA | $\beta$ | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|-------|-------|-----|---------|------|
|    |                |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s   | M+s   |     |         |      |
| 1  | 0.00 0.60      | N         | 7.5                     | 4   | 11  | 5.8                   | ---  | ---   | ---   | 8   | 1.15    | 9    |
|    |                | Rpd       | 45.5                    | 24  | 67  | 34.9                  | ---  | ---   | ---   | 49  |         |      |
| 2  | 0.60 1.20      | N         | 9.0                     | 6   | 12  | 7.5                   | ---  | ---   | ---   | 9   | 1.15    | 10   |
|    |                | Rpd       | 52.8                    | 36  | 69  | 44.6                  | ---  | ---   | ---   | 53  |         |      |
| 3  | 1.20 3.30      | N         | 34.3                    | 27  | 42  | 30.6                  | 5.4  | 28.9  | 39.7  | 34  | 1.15    | 39   |
|    |                | Rpd       | 188.8                   | 156 | 222 | 172.3                 | 26.5 | 162.2 | 215.3 | 187 |         |      |
| 4  | 3.30 3.90      | N         | 58.0                    | 47  | 69  | 52.5                  | ---  | ---   | ---   | 58  | 1.15    | 67   |
|    |                | Rpd       | 298.4                   | 248 | 349 | 273.2                 | ---  | ---   | ---   | 298 |         |      |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta = 1.15$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 3**

| n° | H1   | H2   | NATURA GRANULARE |     |     |     |         |     | NATURA COESIVA |      |      |     |      | Q    | Litologia |     |
|----|------|------|------------------|-----|-----|-----|---------|-----|----------------|------|------|-----|------|------|-----------|-----|
|    |      |      | Nspt             | Vs  | G   | Dr  | $\phi'$ | E'  | Ysat           | Yd   | Cu   | Ed  | Ysat |      |           | W   |
| 1  | 0.00 | 0.60 | ---              | --- | --- | --- | ---     | --- | ---            | ---  | ---  | --- | ---  | ---  | ---       | --- |
| 2  | 0.60 | 1.20 | 10               | 100 | 73  | 35  | 30.0    | 120 | 1.93           | 1.50 | 0.63 | 60  | 1.90 | 33.0 | 0.892     | --- |
| 3  | 1.20 | 3.30 | 39               | 151 | 199 | 74  | 38.3    | 468 | 2.10           | 1.76 | 2.44 | 234 | 2.25 | 13.3 | 0.360     | --- |
| 4  | 3.30 | 3.90 | 67               | 181 | 296 | 91  | 43.6    | 804 | 2.19           | 1.91 | 4.19 | 402 | 2.59 | 2.6  | 0.070     | --- |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

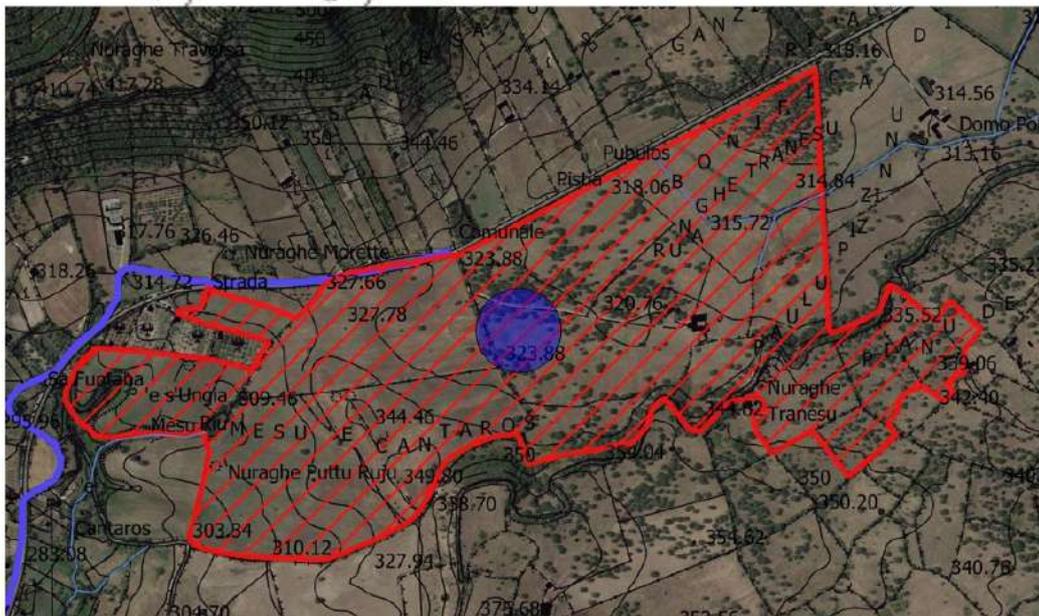
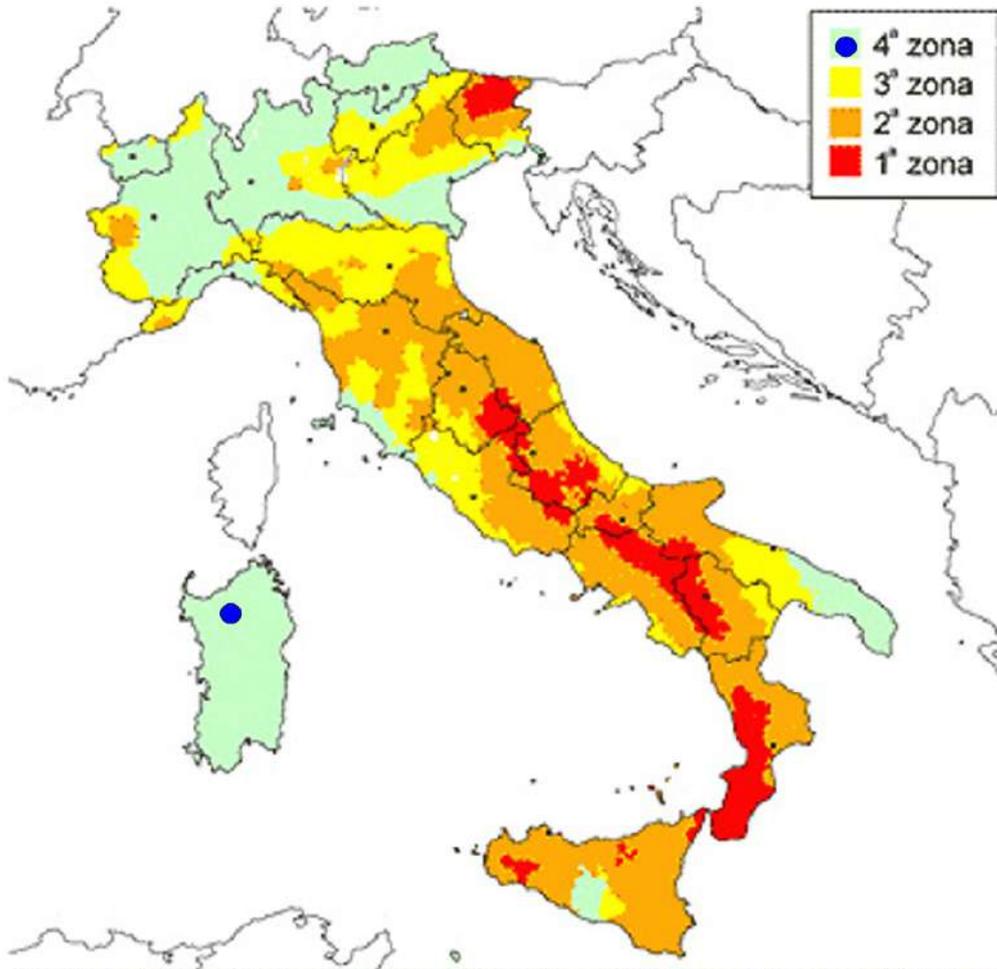
| Strato | Prof. Strato (m) | Nspt | Dr (%) | $\phi$ Angolo d'attrito interno (°) | E' modulo di deformazione drenato (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Classificazione AGI  | $\gamma$ Peso di volume del terreno (t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_w$ Peso di volume del terreno saturo (t/m <sup>3</sup> ) | G modulo di taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|------------------|------|--------|-------------------------------------|---|----------------------|---|--|---|
| 1-     | 0.00-0.60        |      |        |                                     |   |                      |   |  |   |
| 2      | 0.60—1.20        | 10   | 35     | 30.0                                | 120   | Mediamente addensato | 1.50  | 1.93   | 73  |
| 3      | 1.20-3.30        | 39   | 74     | 38.3                                | 468   | Addensato            | 1.76  | 2.10   | 199   |
| 4      | 3.30-3.90        | 67   | 91     | 43.6                                | 804   | Molto addensato      | 1.91  | 2.19   | 296   |

Assenza di falda

# **RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA**

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019

VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE



## 7. SISMICA

### 7.1 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA ALLO STUDIO

Premesso che per pericolosità sismica di un'area si intende che in essa, in un dato intervallo di tempo, può verificarsi un terremoto di una certa intensità e che detta intensità dipende dalla geologia del sito, morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie. In Sintesi dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno, degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che lo costituiscono.

Ciò premesso, il territorio comunale di Siligo già era classificato sismico ai sensi del D.M.19.03.1982. L'Ordinanza P.C.M. n.3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale e in tale quadro il territorio di Siligo viene confermato in zona sismica 4 (Bassa sismicità). Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

| Zone Sismiche | Classe             | NORMATIVA PRECEDENTE      |   | NORMATIVA ATTUALE                 |
|---------------|--------------------|---------------------------|---|-----------------------------------|
|               |                    | Coefficiente Sismico<br>S | Amplificazione<br>sismica<br>$C = (S- 2)/100$ | Amplificazione sismica<br>$a (g)$ |
| 1             | Elevata Sismicità  | 12                        | 0,1   | 0,35                              |
| 2             | Media Sismicità    | 9                         | 0,07  | 0,25                              |
| 3             | Moderata Sismicità | 6                         | 0,04  | 0,15                              |
| 4             | Bassa Sismicità    | 0                         | 0   | 0,05                              |

Con l'entrata in vigore del D.M.17 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. Quindi alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la pericolosità sismica viene espressa come risposta sismica locale. La stessa consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzi detti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido, (categoria A)

con superficie topografica orizzontale (categoria T1).

In definitiva la risposta sismica locale è l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata, contenuto in frequenza, subite trasmettendosi dal substrato rigido. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s).

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

con

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo;

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

$N$  = numero di strati;

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

Dai risultati delle velocità delle onde di taglio, si evince che l'area nei pressi della cabina MT del campo agrivoltaico, presenta una velocità  $V_{s,eq}$  di 225,79 m/sec. che individua un terreno di tipo

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

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità viene riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

## 7.2 CLASSIFICAZIONE DEL SITO METODO PREVISTO DAL D.M. 17 GENNAIO 2018

Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

| Classe | Descrizione  |
|--------|--|
| A      | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.   |
| B      | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s   |
| C      | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.   |
| D      | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| 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.  |
|        |  |

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

## 8. CONCLUSIONI

In sede preliminare è stato dato un quadro topografico e geomorfologico del territorio in cui ricade il sito in esame. E' stata poi analizzata la morfologia e la geologia in senso stretto del territorio circostante e dell'area allo studio, ne deriva che si hanno nove formazioni geologiche sedimentarie per lo più appartenenti al bacino del Logudoro la cui età è compresa tra il Miocene all'Olocene attuale (ved. Tav.9).

In particolare procedendo dall'alto verso il basso si hanno le seguenti formazioni:

**Coltri eluvio –colluviali**, sedimenti legati a graniti. Trattasi di detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti arricchiti in frazione organica. Detta formazione è presente nella parte centrale del foglio rilevato ed interessa parte dell'area che ospiterà il campo agrivoltaico. L'età dalla letteratura è ascrivibile all' Olocene.

Seguono i sedimenti alluvionali formati da **depositi alluvionali** costituiti da sabbie e ghiaie presenti nel foglio allo studio nella zona a Sud-Ovest nell'alveo del Rio Funtana Ide. L'età è ascrivibile all'Olocene.

La terza formazione continentale è rappresentata dai **depositi di frana**. Si tratta nella quasi totalità di accumuli di blocchi derivanti dall'arretramento di cornici rocciose, per frane di crollo e/o di ribaltamento. I blocchi hanno dimensioni variabili da pochi decimetri cubi ad alcune decina di metri cubi e sono sovente parzialmente immersi in una matrice fine pedogenizzata che include detriti angolosi di varia granulometria.

È presente a Nord dell'area nei pressi del Monte Ruia e del Monte Sa Percia.

La quarta formazione presente è la **Subunità di San Matteo** Basalti dei Plateau. (Basalti del Logudoro), Trachibasalti olocristallini, porfirici per fenocristalli di Pi, Ol, con noduli gabbrici e peridotitici, e xenoliti quarzose: in estese colate. Occupa aree poste a Sud dell'area ed in parte rientra nei terreni interessati dal campo agrivoltaico. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Pleistocene Medio.

La quinta formazione è rappresentata dalla **subunità di Monte Ruiu** Basalti dei Plateau. (Basalti del Logudoro), Basalti alcalini, porfirici per fenocristalli di Pi, Ol, e frequenti zenocristalli di Opx rari xenoliti quarzosi a struttura granoblastica, frequenti noduli gabbrici e peridotiti. Occupa aree poste a Nord del campo agrivoltaico e l'età dalla letteratura è ascrivibile al Pleistocene Medio.

La sesta formazione è rappresentata dalla **Formazione di Florinas** della Successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro Sassarese, costituita da due litofacis sabbie e biocalcareni. E' presente a Nord dell'area in parola ed occupa parte dei terreni destinati al campo agrivoltaico. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Serravalliano - Miocene.

La settima formazione denominata di **Oppia Nuova** è della successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro-Sassarese. Sabbie quarzose-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico, vulcaniti oligomioceniche e calcari mesozoici, Ambiente di sedimentazione da conoide alluvionale a fluvio-deltizio. Affiora a Sud-Ovest del foglio rilevato. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Burdigliano Miocene Medio-Superiore.

L'ottava formazione è denominata **formazione del Borutta**. Fa parte della successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro-Sassarese. Costituita da Marne, marne arenacee bioturbate e calcari marnosi, localmente in alternanza ritmiche. Occupa aree a Sud-Ovest e a Nord-Ovest dell'area allo studio. L'età dalla letteratura è ascrivibile al Langhiano - Miocene.

L'ultima formazione è rappresentata dalla **formazione di Mores** della Successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro Sassarese. Questa formazione è rappresentata da due Litofacies. La prima costituita da arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso feldspatici a grana medio grossa, localmente ricchi di ossidi di ferro. La seconda costituita da calcareniti calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile con fauna a gasteropodi, ostreidi ed echinidi. Questa formazione occupa aree poste ad Est e a Sud del territorio che ospiterà l'impianto agrivoltaico. Per quanto riguarda la presenza di elementi lineari (Fratture) nell'area in esame che dovrà ospitare l'impianto agrivoltaico, non si riscontrano.

Dal punto di vista geomorfologico ed idrogeologico, l'area interessata dai pannelli agrivoltaici si presenta poco acclive. Altimetricamente l'area è posta a quote minime di mt 303.00, massime di mt.349.80 s.l.m. Essa è solcata da un rilievo che fa da spartiacque; verso Est caratterizza la morfologia da una serie di superfici, più o meno estese, che localmente presentano un aspetto tabulare con pendenza massima del 2.68%. Mentre verso Ovest si hanno superfici con pendenze massime del 9.11%. In tali aree l'evoluzione dei caratteri morfologici è stata naturalmente condizionata dalla natura del substrato geologico presente. Per quanto riguarda il progetto PAI dalla

verifica effettuata in loco risulta che un piccolo lembo di terra (Sa Funtana e Sungia) presenta una pericolosità geomorfologica media HG2 ed un'area a rischio medio RG2. Tuttavia questo piccolo lembo interno all'area prescelta non è interessato dall'impianto agrivoltaico. La restante zona che dovrà ospitare l'impianto agrivoltaico non risulta interessata da pericolosità e rischio geomorfologico e da pericolosità e rischio idrogeologico. Pertanto nelle aree allo studio ed in quelle vicinorie non si riscontrano fenomeni franosi in atto o potenziali, fenomeni quiescenti, fenomeni franosi stabilizzati zone di erosione o di ruscellamento accelerato. (Ved. Tavole 3,4,5,6,7).

A conclusione di quanto sopra esposto e dalle risultanze emerse nei calcoli delle verifiche innanzi effettuate si deduce che le aree in parola, non sono interessate da **“pericolosità geologica”** in quanto :

- I pendii risultano stabili.
- Non vi sono fenomeni franosi in atto o potenziali.
- Non vi sono fenomeni erosivi.
- Non vi sono fenomeni di ruscellamento.

Dall'ultima proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale, risulta che il territorio di Siligo è zona sismica 4, di classe bassa sismicità. Pertanto, per il dimensionamento delle opere d'arte, è prevista l'adozione e le relative prescrizioni e norme antisismiche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019.

Tanto Dovevasi.

*IL GEOLOGO*

*Dott. Vito. F. PLESCIA*



## **Bibliografia**

REGIONE SARDEGNA Carta Tecnica Regionale C.T.R. elementi : 480010, 480020, 460130, 460140, alla scala 1 : 10.000

Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia – Note illustrative della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA Foglio 193 Bonovra.

ISPRA note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1 : 50.000 Foglio 459 Sassari

Autorità di Bacino Regione Sardegna

Il Dipartimento Difesa del Suolo - *Servizio Geologico d'Italia* dell'APAT (ora in ISPRA). Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia).

ENI Acque dolci sotterranee “Inventario dei dati raccolti dall'Agip durante la ricerca di idrocarburi in Italia”.

D.M. 17/01/2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019

C. Cestelli Guidi Geotecnica e tecnica delle fondazioni Vol. I° e II°

Delgado J., Lopez Casado C., Giner J., Estevez A., Cuenca A. e Molina, S., 2000. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations, *Pure Appl. Geophys.*, **157**, 1445–1462.

Bard P.-Y., 1998. Microtremor measurements: a tool for site effect estimation? Second International Symposium on the Effects of the Surface Geology on Seismic Motion-ESG98, Japan.

Borcherdt R. D., 1992. Simplified site classes and empirical amplification factors for site-dependent code provisions, in *Proc. NCEER, SEAOC, BSSC Workshop on Site Response during Earthquakes and Seismic Code Provisions*, November 18-20, University of Southern California, Los Angeles, California.

Budny M, 1984. *Seismische Bestimmung der bodendynamischen Kennwerte von oberflächennahen Schichten in Erdbebengebieten der Niederrheinischen Bucht und ihre ingenieur seismologische Anwendung*, Ph.D. Thesis, Special publications No. 57, Geologisches Institut der Universität zu Köln, 209 pp. (in German).

Ben-Menahem A. e Singh S.J.; 1981: *Seismic waves and sources*, Springer-Verlag, New York, 1108 pp.

Mucciarelli M. e Gallipoli M.R.; 2006: Comparison between Vs30 and other estimates of site amplification in Italy, *Conf. Earthq. Eng. and Seismol.*, Geneva, 3-8 Sept., no. 270.

Regione Abruzzo dipartimento della protezione civile, Linee guida per la microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana.

## **ALLEGATI**

**INDAGINE GEOGNOSTICA NEI TERRENI  
INTERESSATI DALLA RELIZZAZIONE DI UN  
PARCO FOTOVOLTAICO IN AGRO DI SILIGO (SS)**

**INDAGINE GEOFISICA**

- **SISMICA A RIFRAZIONE**
- **SISMICA PASSIVA**

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)**

COMMITTENTE: ATLAS RE S.R.L.

DATA: APRILE 2022

## **1 - PREMESSA**

Nell'ambito della progettazione per la messa in opera di un parco fotovoltaico in agro di Siligo (SS) la società scrivente riceveva nel mese di Aprile 2022 l'incarico per l'esecuzione delle indagini geofisiche e le prove penetrometriche dinamiche continue come dal piano delle indagini geognostiche concordato con il dott. Geol. Vito Plescia.

L'indagine geofisica prevede l'utilizzo della sismica a rifrazione e della sismica passiva quest'ultima utilizzata per la classificazione sismica dei terreni. Mentre per quanto attiene la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche pesanti.

L'indagine sismica si è concretizzata con l'esecuzione di n. 3 profili sismici a rifrazione e n. 1 profilo di sismica passiva eseguito con la tecnica Re.Mi. mentre sono state eseguite n. 3 DSPH. Nell'allegato 1 è riportata l'ubicazione e la sigla delle singole prove.

Di seguito si procederà con l'illustrazione dell'indagine geofisica, mentre per quanto attiene le prove penetrometriche dinamiche continue in allegato alla presente (Allegato 3) sono riportati i certificati delle prove DSPH.

## **2 - ARTICOLAZIONE E DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOFISICA**

### **2.1 Strumentazione di acquisizione e software di elaborazione**

Per l'acquisizione dei dati sismici è stato impiegato un apparato del tipo RAS-24 della *ABEM Instruments* a 24 canali, con risoluzione dei tempi di 0.125 ms. I profili sismici sono stati materializzati con l'utilizzo di n. 24 geofoni/profilo con distanza intergeofonica pari a 4 metri e lunghezza totale del profilo pari a 92 metri. Al fine di consentire la costruzione di un adeguato numero di dromocrone (curve spazio-tempo), in corrispondenza di tutti i profili sono state effettuate 9 registrazioni che corrispondono ad altrettante energizzazioni eseguite, generalmente, in corrispondenza dei geofoni G1, G4, G7, G10, G13, G16, G19, G22 e G24.

Come sorgente di energia è stata utilizzata una massa battente di 8 kg impattante su una piastra opportunamente collegata al sistema di *trigger*, assolutamente appropriata per le profondità d'indagine richieste.

La qualità del segnale è risultata nel complesso buona; in ogni caso l'utilizzo della tecnica di accumulo del segnale ha consentito di ottenere un buon rapporto segnale/disturbo; alla buona qualità dei dati acquisiti hanno anche

contribuito importanti requisiti dell'apparato di registrazione quali il sistema di amplificazione dei segnali di ogni singolo geofono e la dotazione di filtri.

La procedura di elaborazione dei dati acquisiti consiste nell'analisi dei singoli sismogrammi ottenuti per ciascuna registrazione dai quali si individuano, manualmente, per ogni singola traccia registrata, i tempi di primo arrivo delle onde generate. Successivamente il *processing* dei dati è stato condotto mediante il software *SeisOptPro V5.0*. Il *SeisOptPro* usa esclusivamente i tempi di primo arrivo e la geometria d'acquisizione per ricavare la distribuzione delle velocità nel sottosuolo. In particolare, esso impiega una tecnica di ottimizzazione non lineare e lavora in termini di modellizzazione. In sintesi, viene creato un modello di velocità iniziale al quale sono associate delle dromocrone sintetiche; queste ultime vengono quindi confrontate con i dati sperimentali ed i modelli di velocità vengono progressivamente modificati sino al raggiungimento della miglior convergenza con i dati sperimentali. Non si tratta quindi di uno dei metodi classici più comunemente impiegati nella sismica a rifrazione (tempi intercetti, metodo reciproco, metodo reciproco generalizzato, ecc), bensì di un *processing* sofisticato che, in luogo della tipica e non sempre realistica rappresentazione per strati omogenei, fornisce una sezione in cui le variazioni di velocità sono rappresentate con elevata risoluzione, secondo modalità tipiche della tomografia sismica. I risultati ottenuti dall'indagine sismica sono stati rappresentati mediante una sezione sismica interpretativa, creata dal software di interpretazione, secondo parametri stabiliti dall'interprete nella quale la distribuzione delle velocità nel sottosuolo viene visualizzata secondo una scala di colori. Inoltre nella sezione, per una più immediata comprensione, sono indicati i seguenti dati: la sigla del profilo, le scale planimetrica e altimetrica, la scala di velocità. Si sottolinea che la progressiva 0 corrisponde con il geofono G1, mentre la 92 con il geofono G24.

## **2.2 ANALISI DEI RISULTATI**

### **Profilo P1**

La tomografia individua un primo livello caratterizzato da velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali inferiori a 800-900 m/s che si attesta fino ad una profondità di circa 8-9 metri rispetto al piano di campagna dalla progressiva 0 fino alla progressiva 40 m, mentre dalla progressiva 40 fino alla 92 m tale orizzonte tende ad assottigliarsi attestandosi su valori di circa 4-5 metri attribuibile ad un materiale incoerente debolmente compattato. Al di sotto

è presente il basamento lapideo nei diversi stati di alterazione e/o fratturazione caratterizzato da velocità superiori a 1200 m/s.

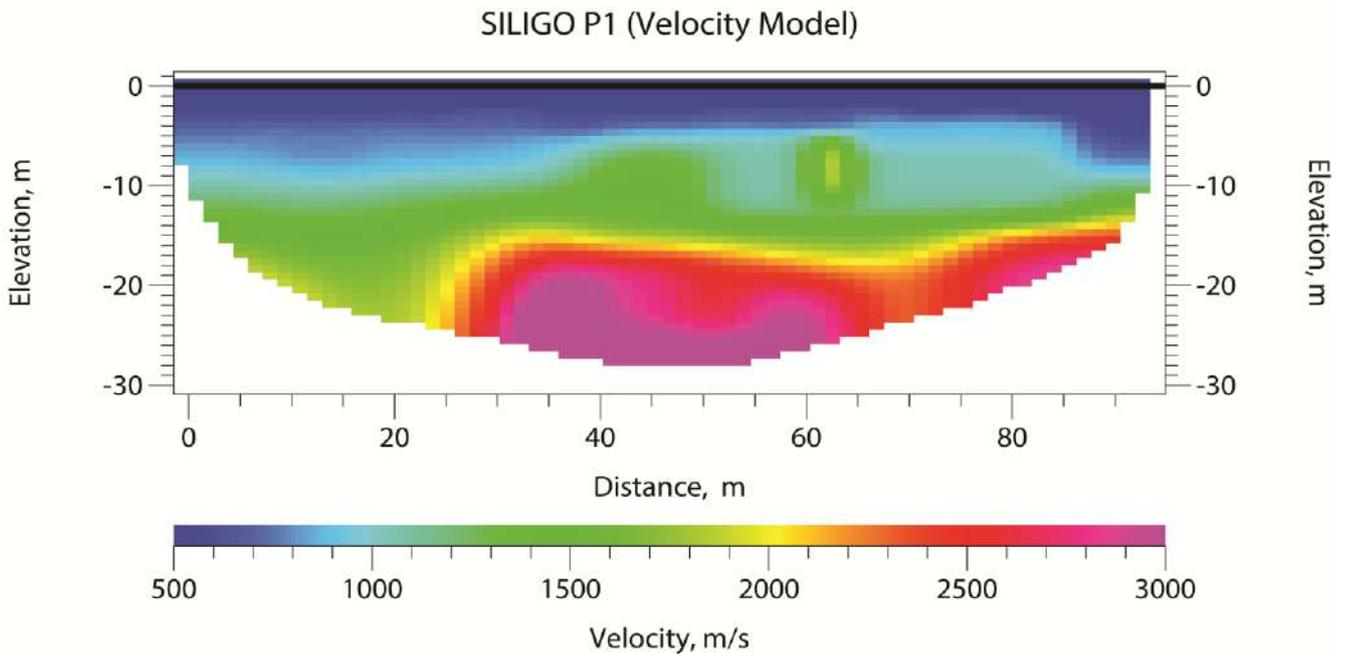


Fig. 1 – Tomografia sismica P1

### Profilo P2

La tomografia individua un primo livello caratterizzato da velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali inferiori a 800-900 m/s che si attesta fino ad una profondità di circa 9-10 metri tali velocità possono essere attribuite ad un materiale incoerente debolmente compattato. Al di sotto, rimarcato da un passaggio graduale e progressivo è presente il basamento lapideo nei diversi stati di alterazione e/o fratturazione caratterizzato da velocità superiori a 1200 m/s.

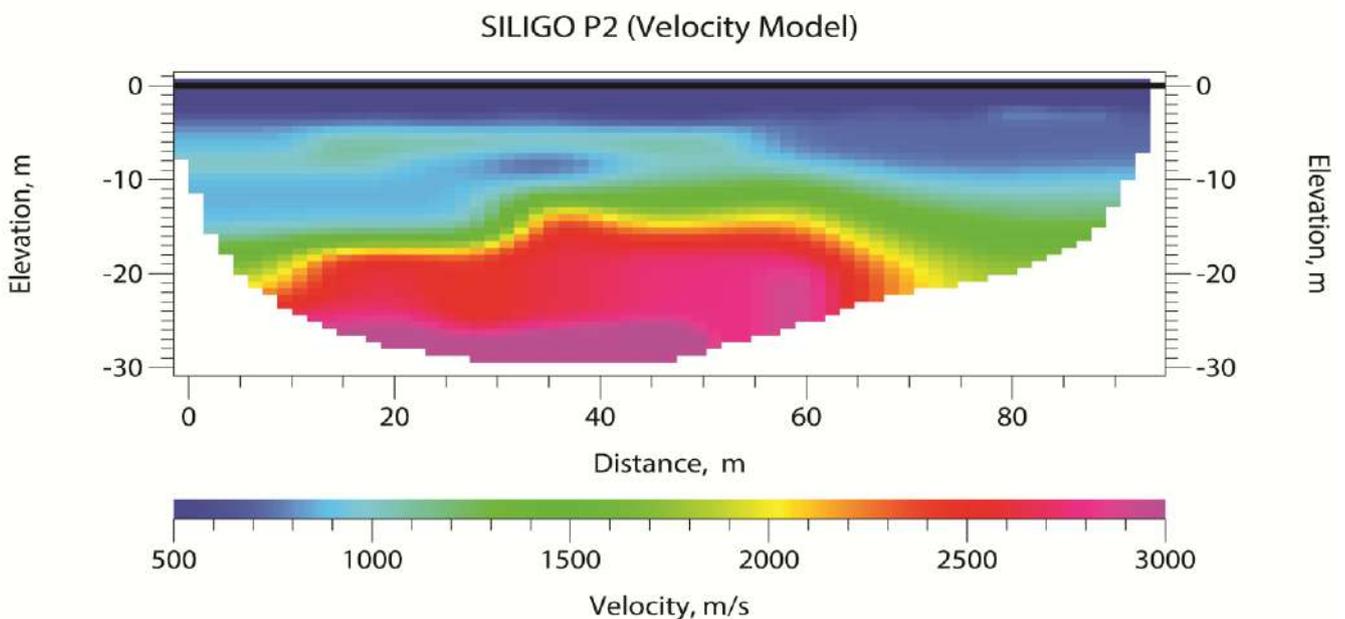


Fig. 2 – Tomografia sismica P2

### Profilo P3

La tomografia individua un primo livello caratterizzato da velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali inferiori a 800-900 m/s che si attesta fino ad una profondità di circa 8-9 metri rispetto al piano di campagna tra le progressive 0-15 m, che tende ad approfondirsi nella parte centrale della sezione attestandosi a valori di circa 15-16 m per poi risalire leggermente tra le progressive 65-92 m, attestandosi su valori di 14 metri; tali velocità sono attribuibili ad un materiale incoerente debolmente compattato. Al di sotto, rimarcato da un passaggio graduale e progressivo è presente il basamento lapideo stati di alterazione e/o fratturazione caratterizzato da velocità superiori a 1200 m/s. A differenza delle altre sezioni in questo caso, ad esclusione della porzione inferiore tra le progressive 60 e 80 m, in corrispondenza del basamento lapideo, fino alle massime profondità indagate, sono state registrate velocità inferiori a 1800 m/s.

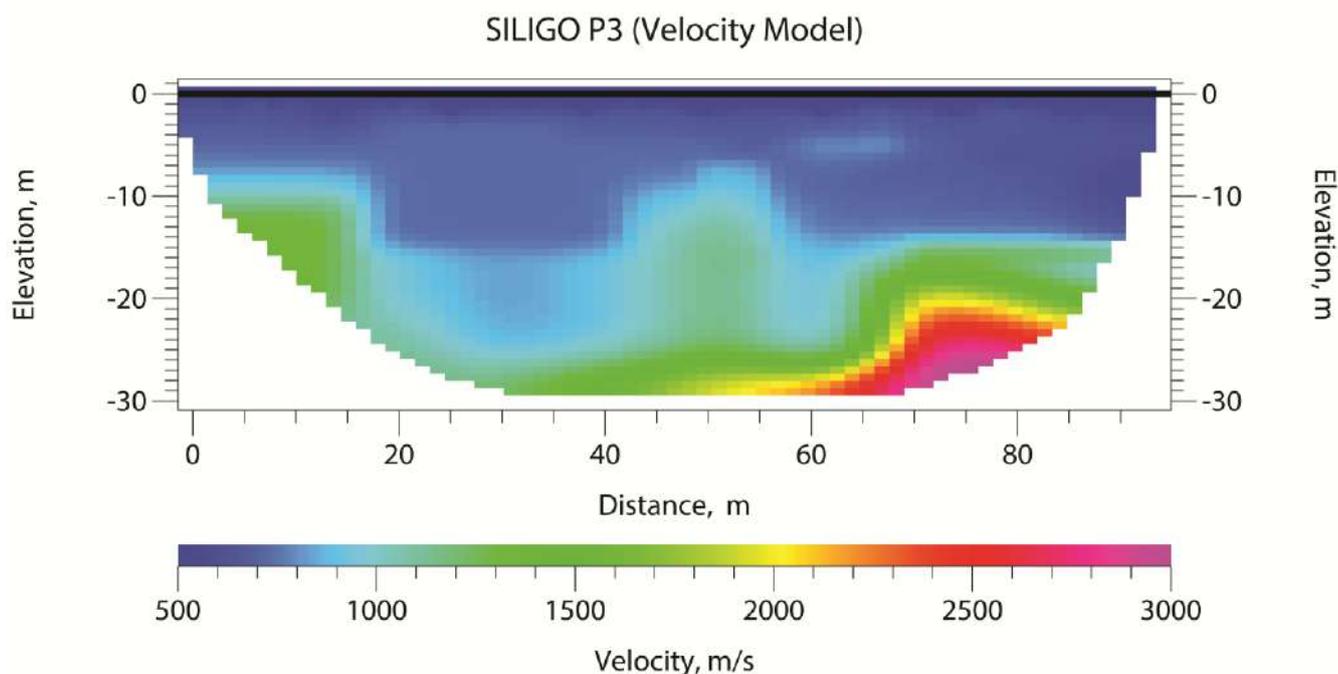


Fig. 3 – Tomografia sismica P3

## 3 - SISMICA PASSIVA

### 3.1. Premessa

L'indagine eseguita risponde alle prescrizioni dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, del decreto attuativo n. 14 del 14/01/2008 e dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" del 17 gennaio 2018; in particolare quest'ultimo decreto apporta delle novità la più importante delle quali è l'abbandono del parametro Vs30 a favore di un

simile parametro denominato “Velocità equivalente”. Quest’ultima è calcolata in modo analogo alla Vs30, ma invece di estendere la media pesata fino ai rigorosi 30 metri di profondità adesso viene portata fino ad una profondità H (che può essere pari a 30 m, ma anche ad un valore minore). A stabilire tale profondità H è il raggiungimento del “substrato” roccioso, caratterizzato da valori di velocità superiori a 800 m/s. L’aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni prescrive l’adozione di una classificazione dei terreni secondo cinque categorie (A, B, C, D, E) da determinarsi in base alla velocità di propagazione delle onde di taglio fino alla profondità “H” definita in base alla profondità del basamento roccioso, da calcolare mediante l’equazione:

$$V_{Seq} = H / \sum_{i=1,n} (h_i / V_{Si}) \quad (1)$$

Dove:

- H rappresenta la profondità del basamento
- n rappresenta il numero degli strati nel modello del terreno;
- $h_i$  sono gli spessori dei diversi strati;
- $V_{Si}$  sono le velocità delle onde di taglio nei diversi strati.

In dettaglio, le cinque categorie ordinarie sono:

**A:** amassi 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;

**B:** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;

**C:** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 metri, 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 ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < C_u < 250$  kPa);

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

**E:** terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 metri.

Come da piano delle indagini è stata eseguita una stima della  $V_{seq}$  con misure effettuate in corrispondenza di n. 1 profilo sismico della lunghezza di 92 metri ubicato come da planimetria allegata.

### **3.2 Breve descrizione del metodo**

Per la stima della  $V_{seq}$ , è stato adottato il metodo Re.Mi. (*Refraction Microtremor*), che consiste essenzialmente nei seguenti passi:

1) si esegue una registrazione sismica multicanale del disturbo naturale e/o indotto dalle attività antropiche, senza ricorrere ad energizzazioni di tipo impulsivo come quelle normalmente impiegate nella sismica di prospezione (rifrazione, riflessione, tomografia cross-hole etc.); la registrazione deve avere lunghezza temporale adeguata (p.e. alcune decine di secondi); la geometria dello stendimento sismico deve essere stabilita in funzione delle caratteristiche e dell'obiettivo con l'ausilio di n. 24 geofoni con bassa frequenza naturale (8 Hz);

2) per uno stesso stendimento sismico vengono eseguite diverse registrazioni (da alcune a qualche decina);

3) dopo le fasi di preparazione (*pre-processing*) i dati, acquisiti nel dominio spazio-tempo ( $s-t$ ), vengono trasformati nel dominio lentezza-frequenza ( $p-f$ ), essendo la lentezza  $p$  il reciproco della velocità; questa operazione produce per ciascuna registrazione uno spettro di lentezza che, rappresentato graficamente, di norma secondo una scala cromatica, mostra la localizzazione nel piano  $p-f$  degli eventi dotati di maggiore energia; al fine di migliorare il rapporto segnale/disturbo, è possibile selezionare solo gli spettri migliori, i quali vengono sommati tra loro in modo da ottenere un solo spettro da interpretare;

4) una volta ottenuto lo spettro  $p-f$  si devono riconoscere, in esso, gli eventi sicuramente associati alle onde superficiali (onde di *Rayleigh* e/o onde di *Love*); dato che le onde superficiali hanno la caratteristica di essere dispersive, il loro riconoscimento può non essere difficile se i dati sono di buona qualità ed elaborati in modo corretto;

5) si esegue quindi il "*picking*" della curva di dispersione, ottenendo un file numerico contenente le coppie  $p-f$  riconosciute come appartenenti alle onde superficiali;

6) l'inversione della curva di dispersione delle onde superficiali fornisce i valori della velocità di propagazione delle stesse in funzione della profondità, e, poiché la velocità di propagazione delle onde superficiali è in rapporto noto con quella delle onde di taglio (p.e.  $V_{Rayleigh} \approx 0.9 V_s$ ), quest'ultima risulta stimata.

Una volta ottenuto un modello stratificato del terreno in cui sono stimati gli spessori e le relative  $V_s$ , si stima la  $V_{seq}$  mediante l'equazione (1) in premessa.

### **3.3 Acquisizione dati**

I dati sono stati acquisiti mediante un profilo di 24 geofoni con frequenza naturale di 8 Hz, in linea, ad intervallo costante di 4 m. In corrispondenza di del profilo sono state eseguite n. 14 registrazioni che hanno sfruttato come “rumore di fondo” quello provocato dalla caduta di una massa battente in testa al profilo; in tutte le acquisizioni la lunghezza di registrazione è stata di 30 secondi con intervallo di campionamento di 0.002 secondi. L'apparato di acquisizione dei dati è lo stesso di quello utilizzato per l'indagine sismica a rifrazione. Lo studio ha riguardato le onde di *Rayleigh*.

### **3.4 – Elaborazione ed interpretazione dei dati**

#### **3.4.1 Stendimento Re.Mi. 1 Siligo**

La curva di dispersione è stata interpretata in modo soddisfacente con un modello a cinque strati. Per quanto attiene gli spessori dei singoli strati, si sottolinea il fatto che essi sono puramente convenzionali e non possono essere interpretati direttamente in termini geologici; stessa considerazione vale per i valori di velocità.

Nelle figure seguenti 4, 5, 6 e 7 sono mostrati nell'ordine:

- lo spettro  $p-f$ ;
- la curva di dispersione con sovrapposta la curva di migliore adattamento (la linea blu che separa i campi bianco e grigio);
- il modello corrispondente alla curva di migliore adattamento;
- il grafico della velocità delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità.

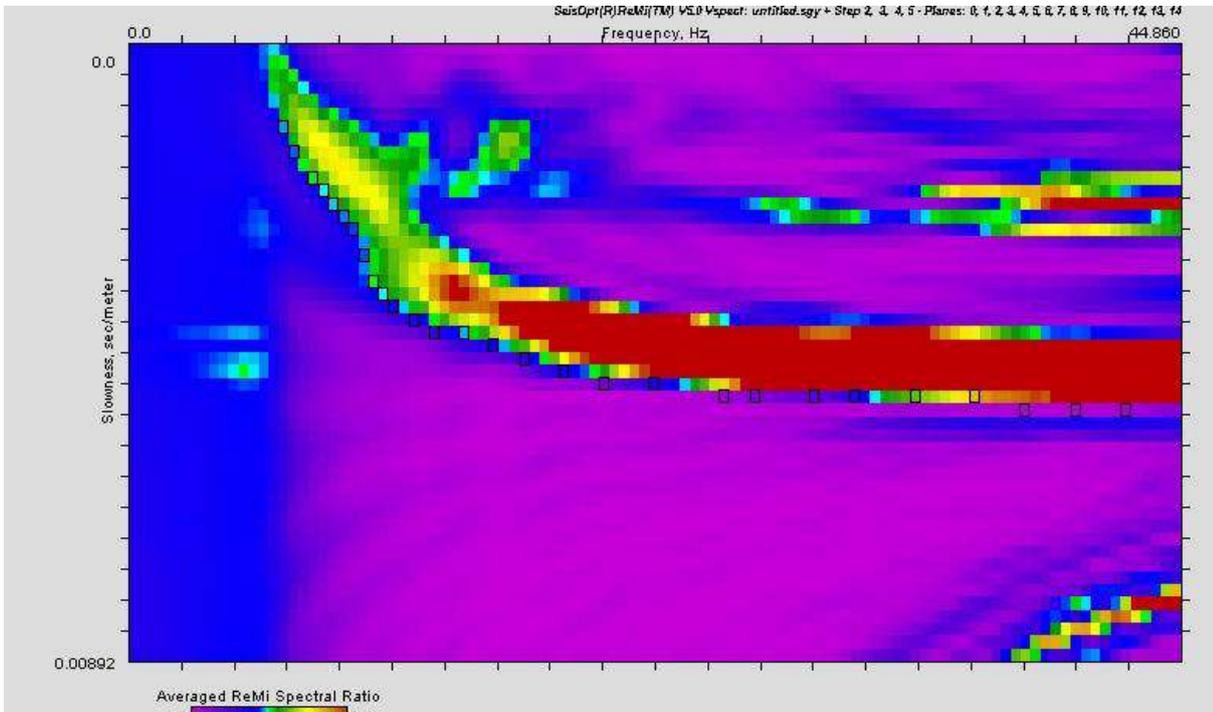


Fig. 4 – Spettro  $p-f$ .

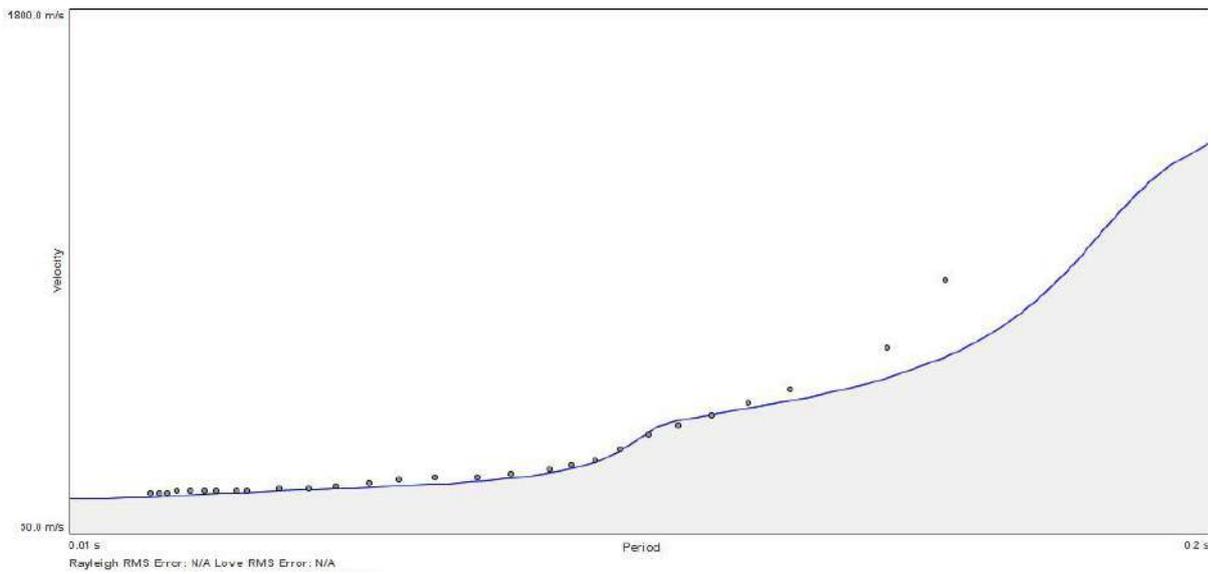


Fig. 5 – Curva di dispersione.

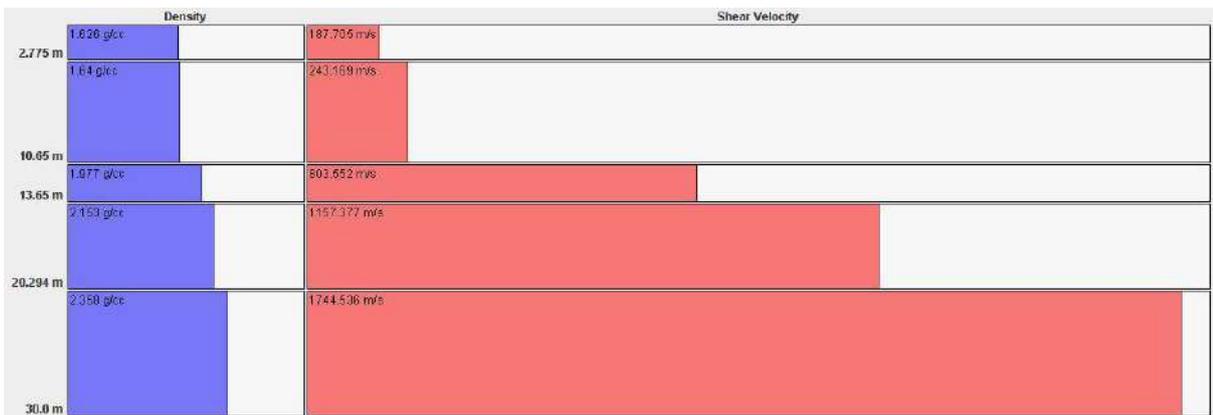


Fig. 6 – Modello di interpretazione

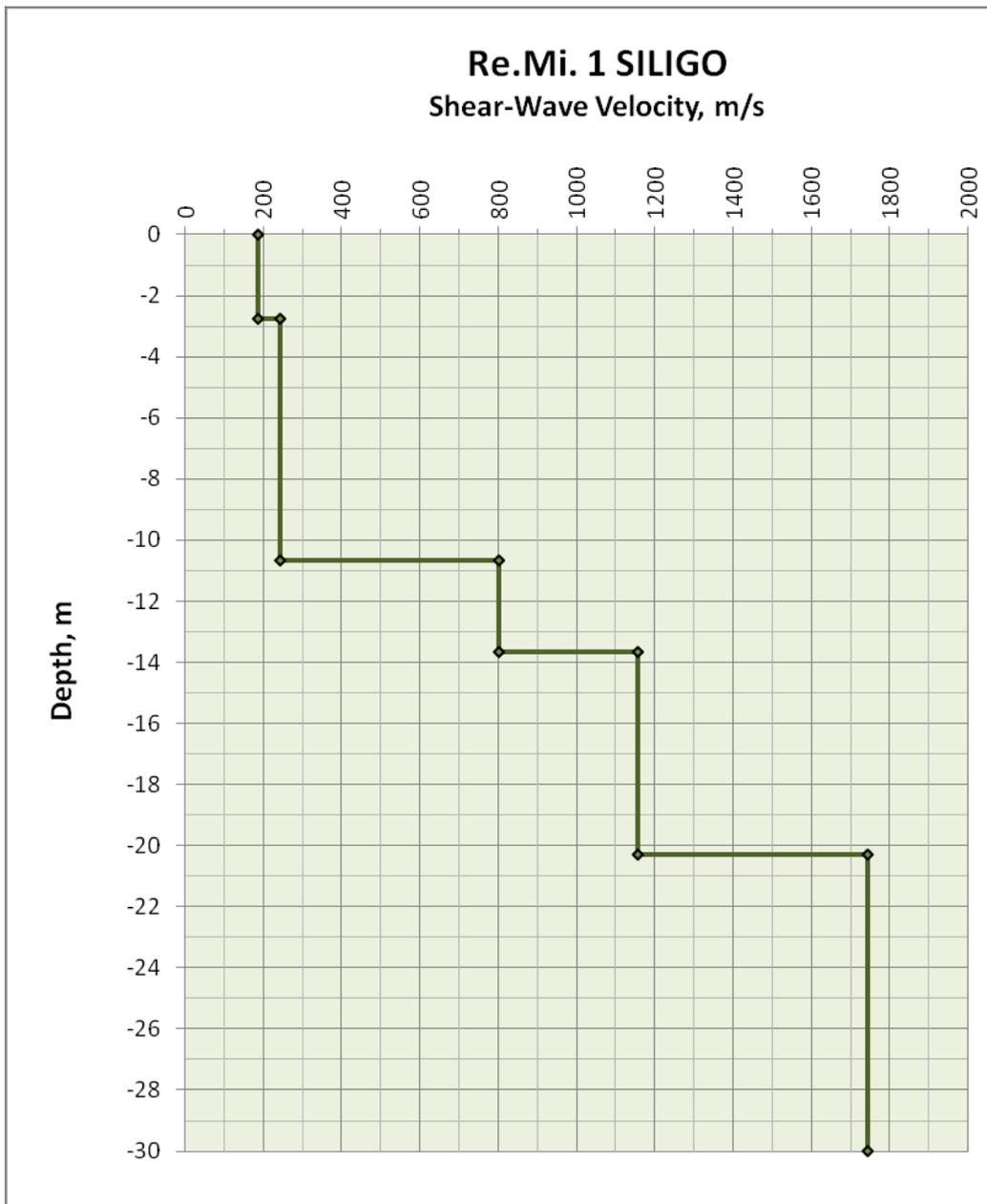


Fig. 7 - Velocità delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità.

Dal confronto tra le funzioni di velocità ricavate con l'inversione delle curve di dispersione delle onde di *Rayleigh*, si osserva che la velocità di propagazione delle onde di taglio supera i valori di 800 m/s alla profondità di 10.65 m

#### *Stima delle $V_{s30}$*

Nella tabella A sono sintetizzati i risultati dell'inversione della curva di dispersione; in particolare, nella prima colonna è indicato il numero progressivo dello strato; nella seconda la profondità; nella terza il valore di densità assegnato; nella quarta il valore di  $V_s$ . La quinta colonna riporta i valori stimati per la velocità delle onde compressionali per un rapporto  $V_p/V_s = 1.73$ , assunto arbitrariamente.

| <b>N. strato</b> | <b>Profondità (m)</b> | <b>Densità (g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Vs (m/s)</b> | <b>Vp (m/s)</b> |
|------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1                | 0.00 – 2.78           | 1.61                              | 187.71          | 324.73          |
| 2                | 2.78– 10.65           | 1.49                              | 243.174         | 420.68          |
| 3                | 10.65 – 13.65         | 1.77                              | 803.55          | 1390.14         |
| 4                | 13.65 – 20.29         | 1.83                              | 1157.38         | 2002.26         |
| 5                | 20.29 – 30.00         | 1.89                              | 1744.54         | 3018.05         |

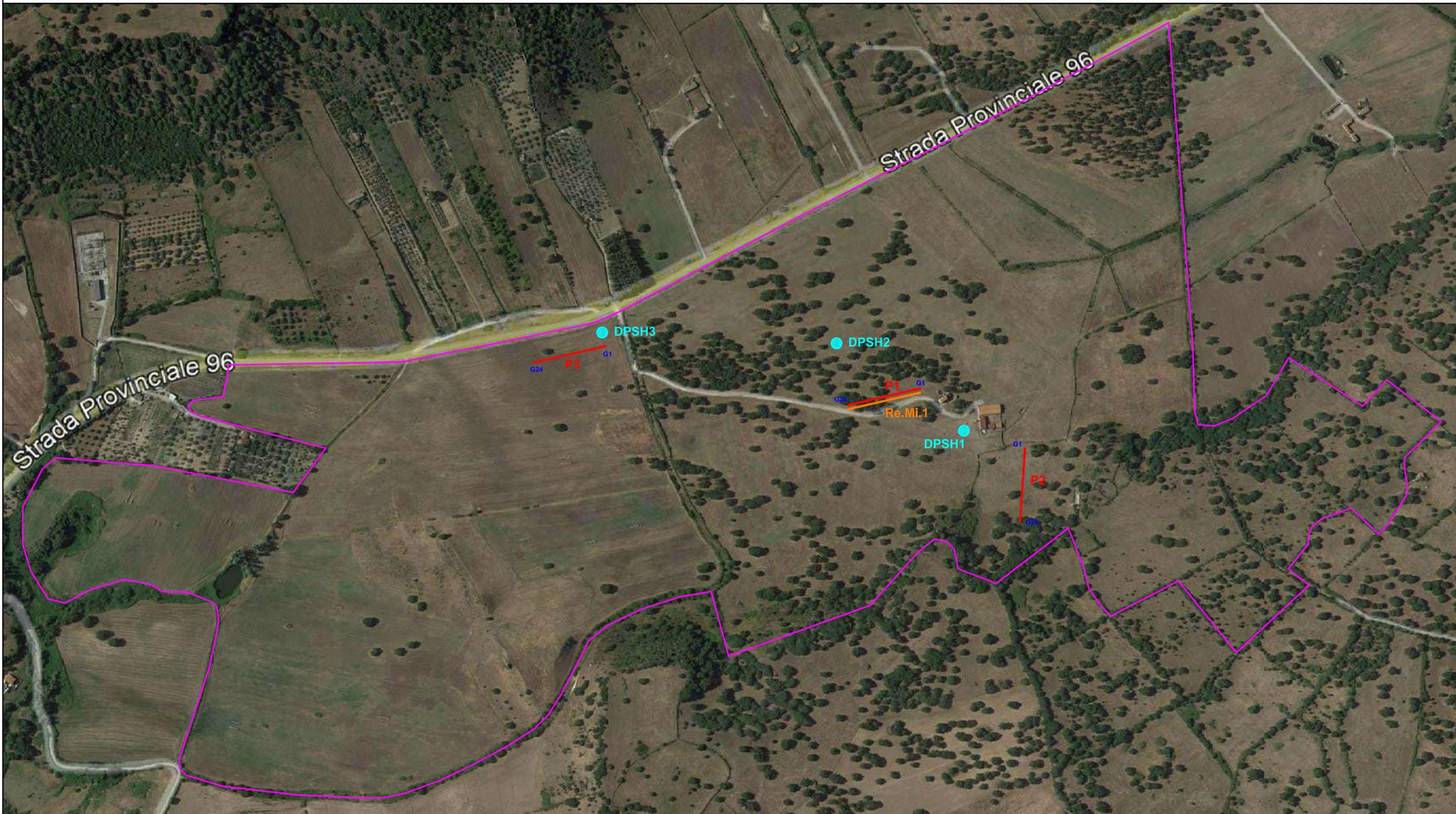
Tabella A: sintesi dei risultati dell'inversione della curva di dispersione.

Per quanto riguarda la stima dalla  $V_{s_{eq}}$ , è stata applicata pedissequamente l'equazione secondo la quale si ottiene un valore delle  $V_{s_{eq}}$  pari a 225.79. Poiché sono stati riscontrati valori di velocità delle Vs superiori a 800 m/s alla profondità di 10.65 il profilo stratigrafico in questione è da classificare come appartenente alla **categoria E** del decreto del 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni, ovvero “terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 metri”.

## **ALLEGATO 1**

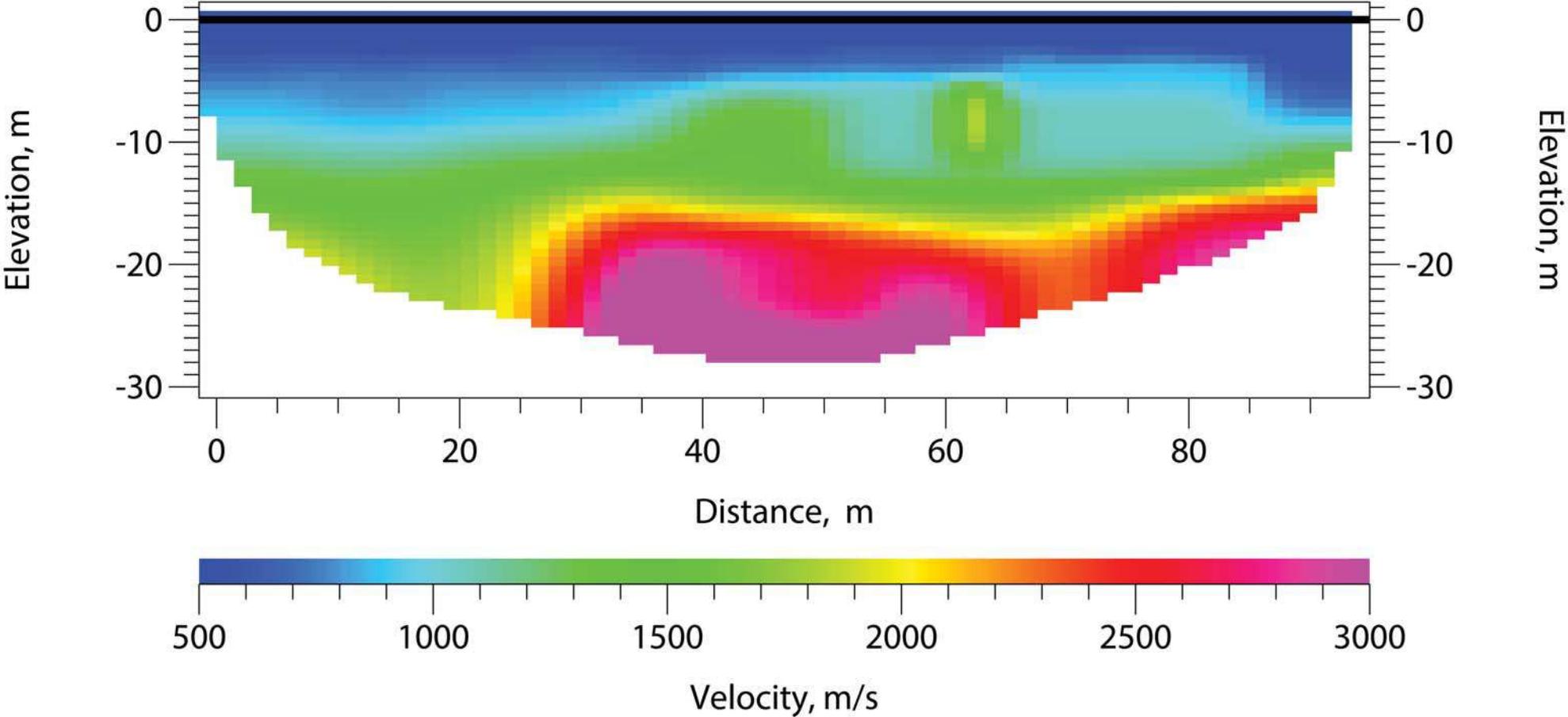
### **UBICAZIONE INDAGINI SILIGO**

# SILIGO - UBICAZIONE INDAGINI

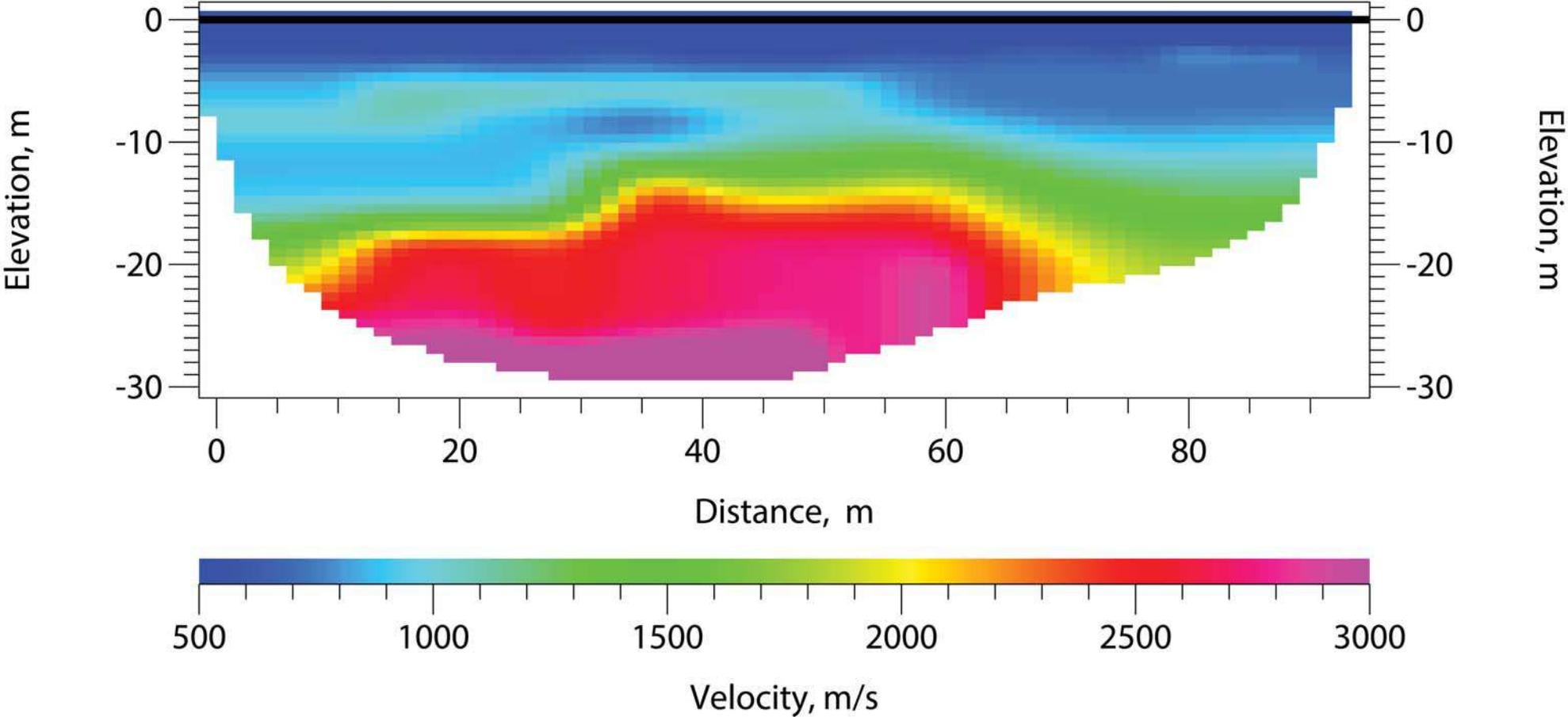


**ALLEGATO 2**  
**TOMOGRAFIE SISMICHE**

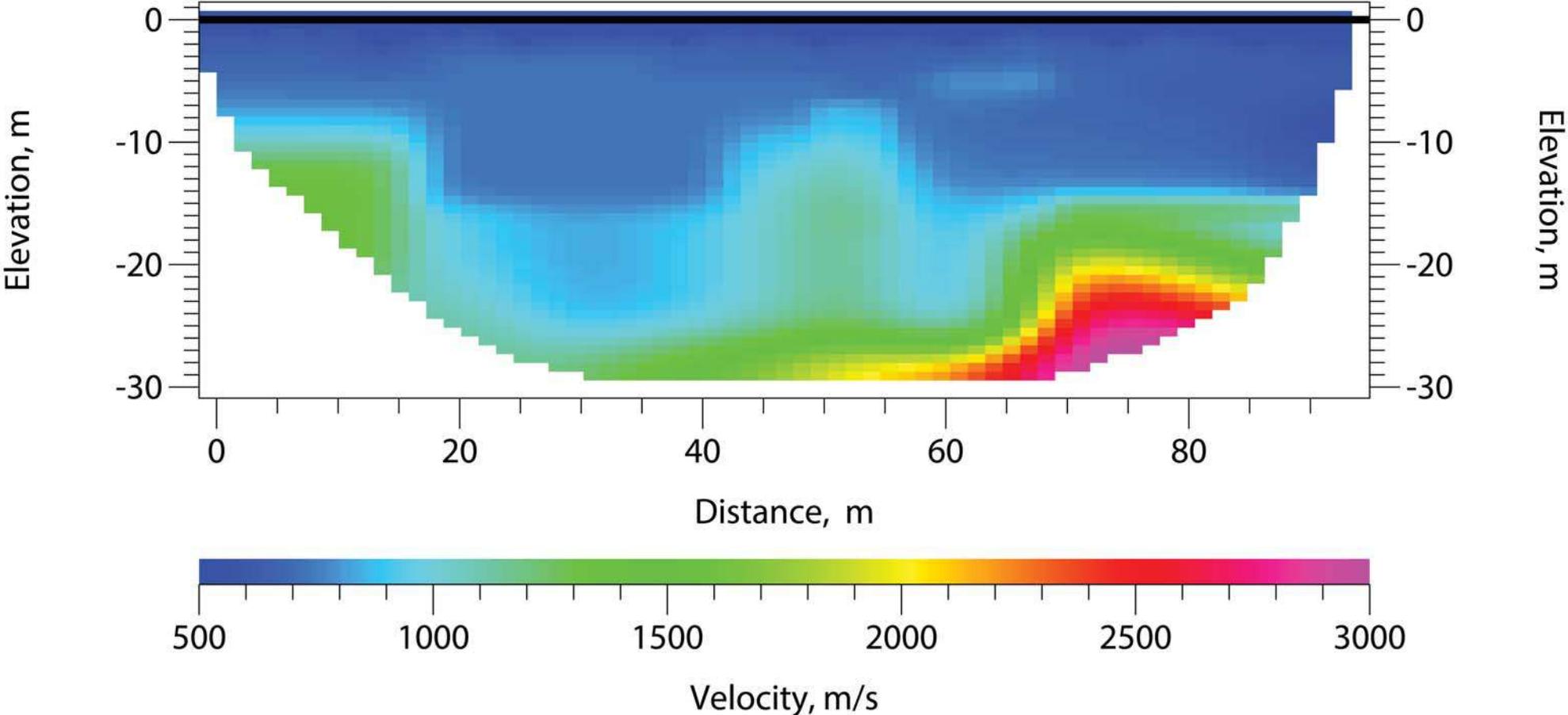
### SILIGO P1 (Velocity Model)



SILIGO P2 (Velocity Model)



### SILIGO P3 (Velocity Model)



**ALLEGATO 3**  
**CERTIFICATI DPSH**

**PENETROMETRO DINAMICO IN USO : SCPT**

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici |                    |                          |
|---|--------------------|--------------------------|
| TIPO  | Sigla Certificato  | Massa Battente<br>M (kg) |
| Leggero   | DPL (Light)        | $M \leq 10$              |
| Medio   | DPM (Medium)       | $10 < M < 40$            |
| Pesante   | DPH (Heavy)        | $40 \leq M < 60$         |
| Super pesante   | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$              |

**CARATTERISTICHE TECNICHE : SCPT**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| MASSA BATTENTE                      | M = 73.00 kg  |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA               | H = 0.75 m  |
| MASSA SISTEMA BATTUTA               | M <sub>s</sub> = 30.00 kg   |
| DIAMETRO PUNTA CONICA               | D = 50.80 mm  |
| AREA BASE PUNTA CONICA              | A = 20.2700 cm <sup>2</sup>   |
| ANGOLO APERTURA PUNTA               | $\alpha = 60^\circ$   |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE                | L <sub>a</sub> = 0.90 m   |
| MASSA ASTE PER METRO                | M <sub>a</sub> = 6.00 kg  |
| PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA | P1 = 0.90 m   |
| AVANZAMENTO PUNTA                   | $\delta = 0.30$ m   |
| NUMERO DI COLPI PUNTA               | N = N(30) ⇒ Relativo ad un avanzamento di 30 cm   |
| RIVESTIMENTO / FANGHI               | SI  |
| RENDIMENTO SPECIFICO x COLPO        | Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 9.00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Q <sub>spt</sub> = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> ) |
| COEFF.TEORICO RENDIMENTO            | $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.150$ ( teoricamente : N <sub>spt</sub> = $\beta_t$ N )                             |

Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub> [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R<sub>pd</sub> = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = massa battente (altezza caduta H)  
P = massa totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa ≈ 0,1 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 1**

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto speriment. :  
- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.30 | 10         | 60.6                     | 1    | 2.70 - 3.00 | 36         | 189.9                    | 4    |
| 0.30 - 0.60 | 15         | 90.9                     | 1    | 3.00 - 3.30 | 37         | 195.2                    | 4    |
| 0.60 - 0.90 | 23         | 139.5                    | 1    | 3.30 - 3.60 | 40         | 211.0                    | 4    |
| 0.90 - 1.20 | 14         | 80.9                     | 2    | 3.60 - 3.90 | 44         | 222.5                    | 5    |
| 1.20 - 1.50 | 15         | 86.6                     | 2    | 3.90 - 4.20 | 41         | 207.3                    | 5    |
| 1.50 - 1.80 | 15         | 86.6                     | 2    | 4.20 - 4.50 | 43         | 217.4                    | 5    |
| 1.80 - 2.10 | 16         | 88.2                     | 3    | 4.50 - 4.80 | 42         | 203.9                    | 6    |
| 2.10 - 2.40 | 23         | 126.8                    | 3    | 4.80 - 5.10 | 45         | 218.4                    | 6    |
| 2.40 - 2.70 | 36         | 198.5                    | 3    | 5.10 - 5.40 | 61         | 296.1                    | 6    |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **SCPT**

- M (massa battente)= **73.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **20.2700 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50.80 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [  $\delta$  = 30 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 2**

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :  
- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.30 | 7          | 42.4                     | 1    | 2.10 - 2.40 | 33         | 182.0                    | 3    |
| 0.30 - 0.60 | 10         | 60.6                     | 1    | 2.40 - 2.70 | 36         | 198.5                    | 3    |
| 0.60 - 0.90 | 12         | 72.8                     | 1    | 2.70 - 3.00 | 43         | 226.8                    | 4    |
| 0.90 - 1.20 | 14         | 80.9                     | 2    | 3.00 - 3.30 | 48         | 253.2                    | 4    |
| 1.20 - 1.50 | 22         | 127.1                    | 2    | 3.30 - 3.60 | 54         | 284.8                    | 4    |
| 1.50 - 1.80 | 32         | 184.8                    | 2    | 3.60 - 3.90 | 65         | 328.6                    | 5    |
| 1.80 - 2.10 | 33         | 182.0                    | 3    | 3.90 - 4.20 | 81         | 409.5                    | 5    |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **SCPT**

- M (massa battente)= **73.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **20.2700 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50.80 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [  $\delta$  = 30 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 3**

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :  
- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.30 | 11         | 66.7                     | 1    | 2.10 - 2.40 | 40         | 220.6                    | 3    |
| 0.30 - 0.60 | 4          | 24.3                     | 1    | 2.40 - 2.70 | 35         | 193.0                    | 3    |
| 0.60 - 0.90 | 6          | 36.4                     | 1    | 2.70 - 3.00 | 30         | 158.2                    | 4    |
| 0.90 - 1.20 | 12         | 69.3                     | 2    | 3.00 - 3.30 | 42         | 221.5                    | 4    |
| 1.20 - 1.50 | 27         | 155.9                    | 2    | 3.30 - 3.60 | 47         | 247.9                    | 4    |
| 1.50 - 1.80 | 31         | 179.0                    | 2    | 3.60 - 3.90 | 69         | 348.8                    | 5    |
| 1.80 - 2.10 | 35         | 193.0                    | 3    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **SCPT**

- M (massa battente)= **73.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **20.2700 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50.80 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [  $\delta$  = 30 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

Scala 1: 50

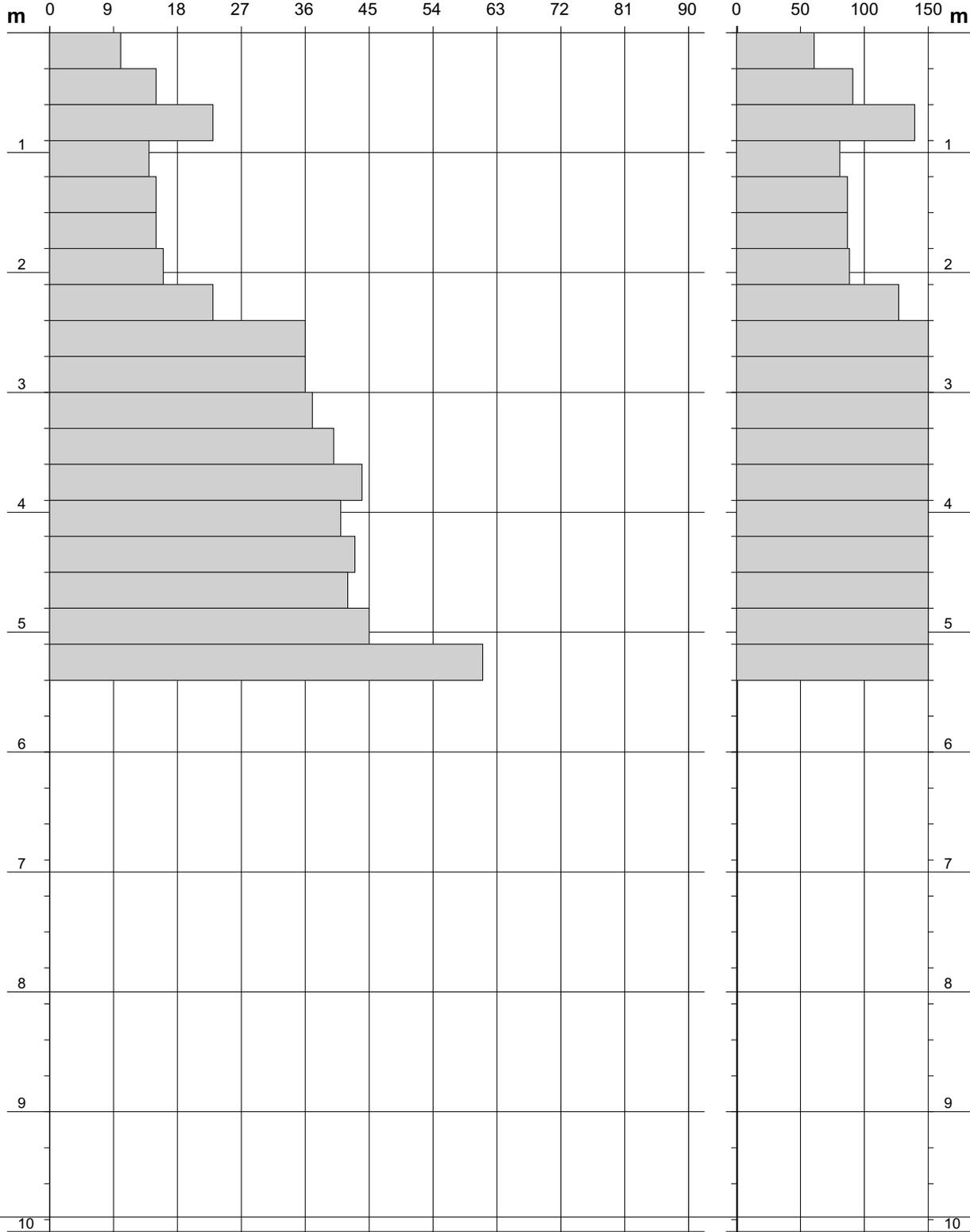
- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :  
- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 30.00$  cm

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 2**

Scala 1: 50

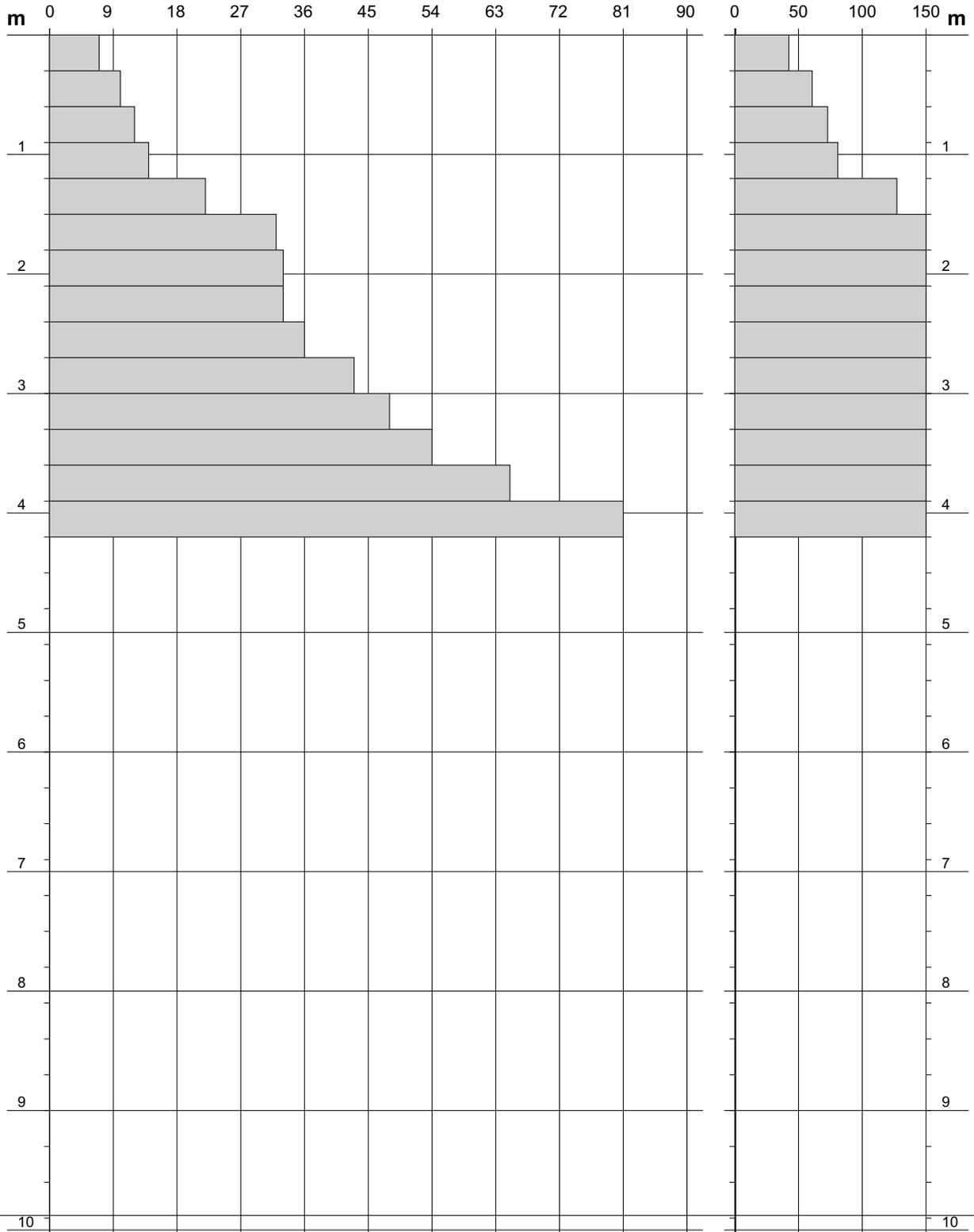
- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :  
- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 30.00$  cm

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 3**

Scala 1: 50

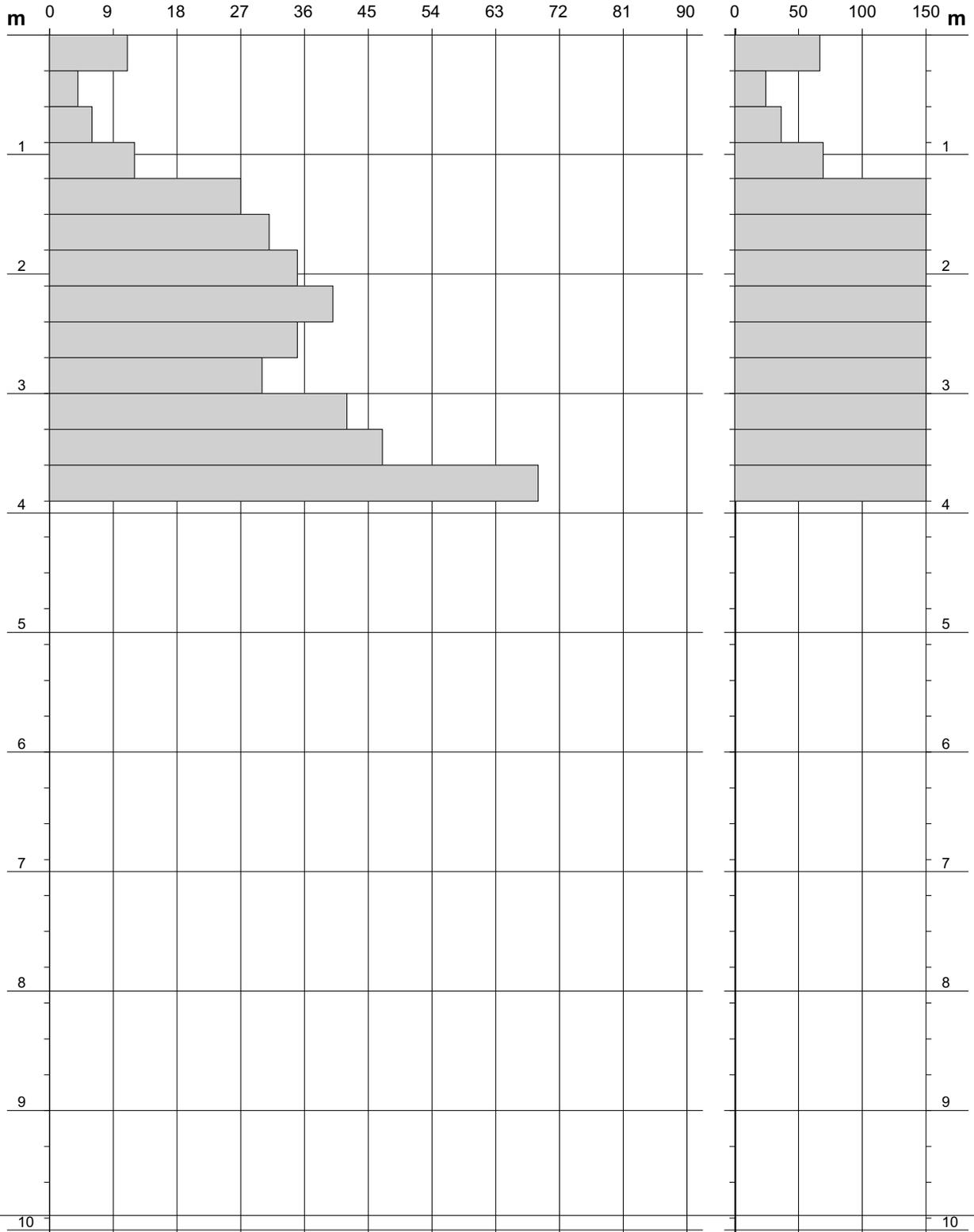
- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :  
- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 30.00$  cm

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

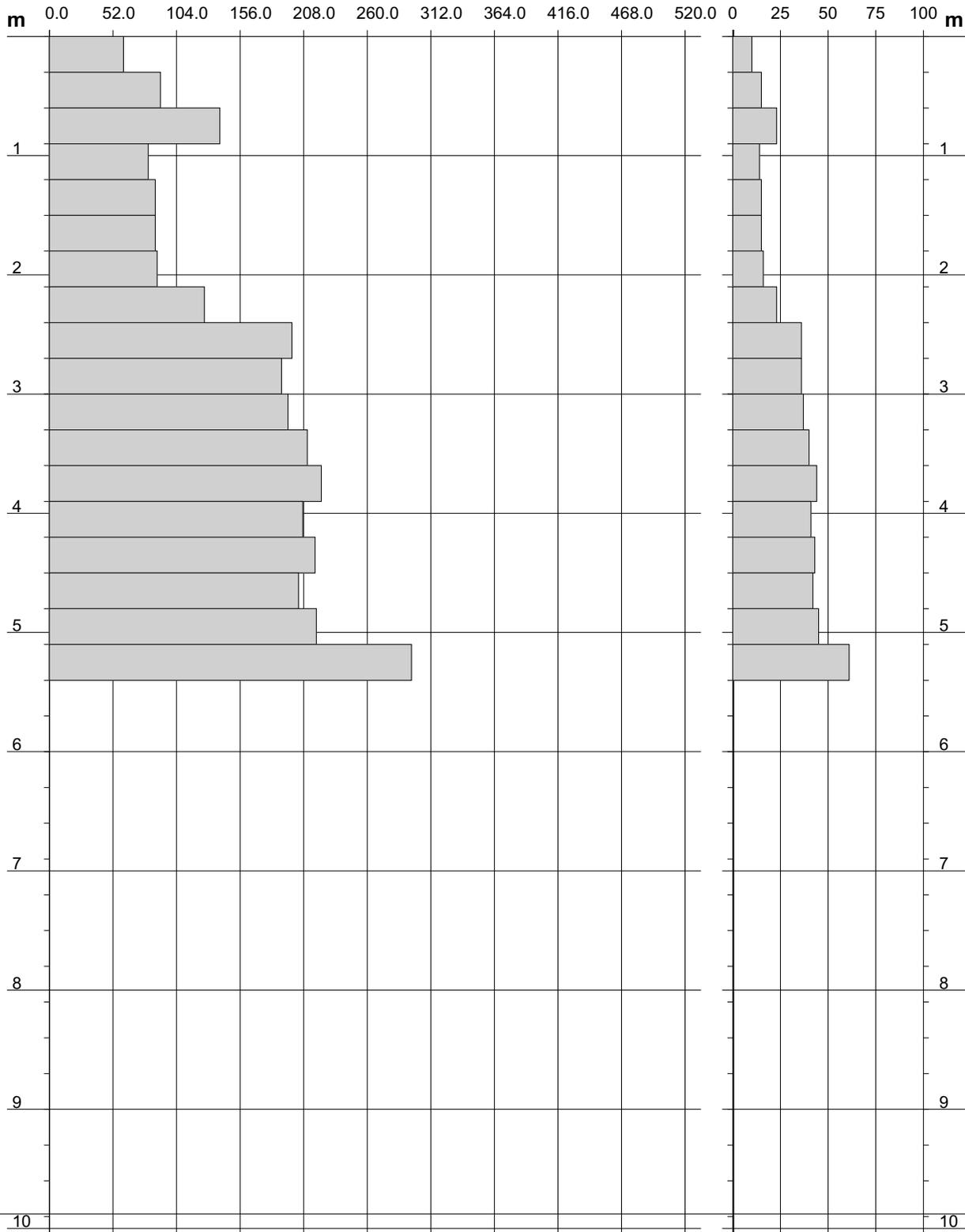
**DIN 1**  
Scala 1: 50

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(30) n° colpi  $\delta = 30.00$  cm



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

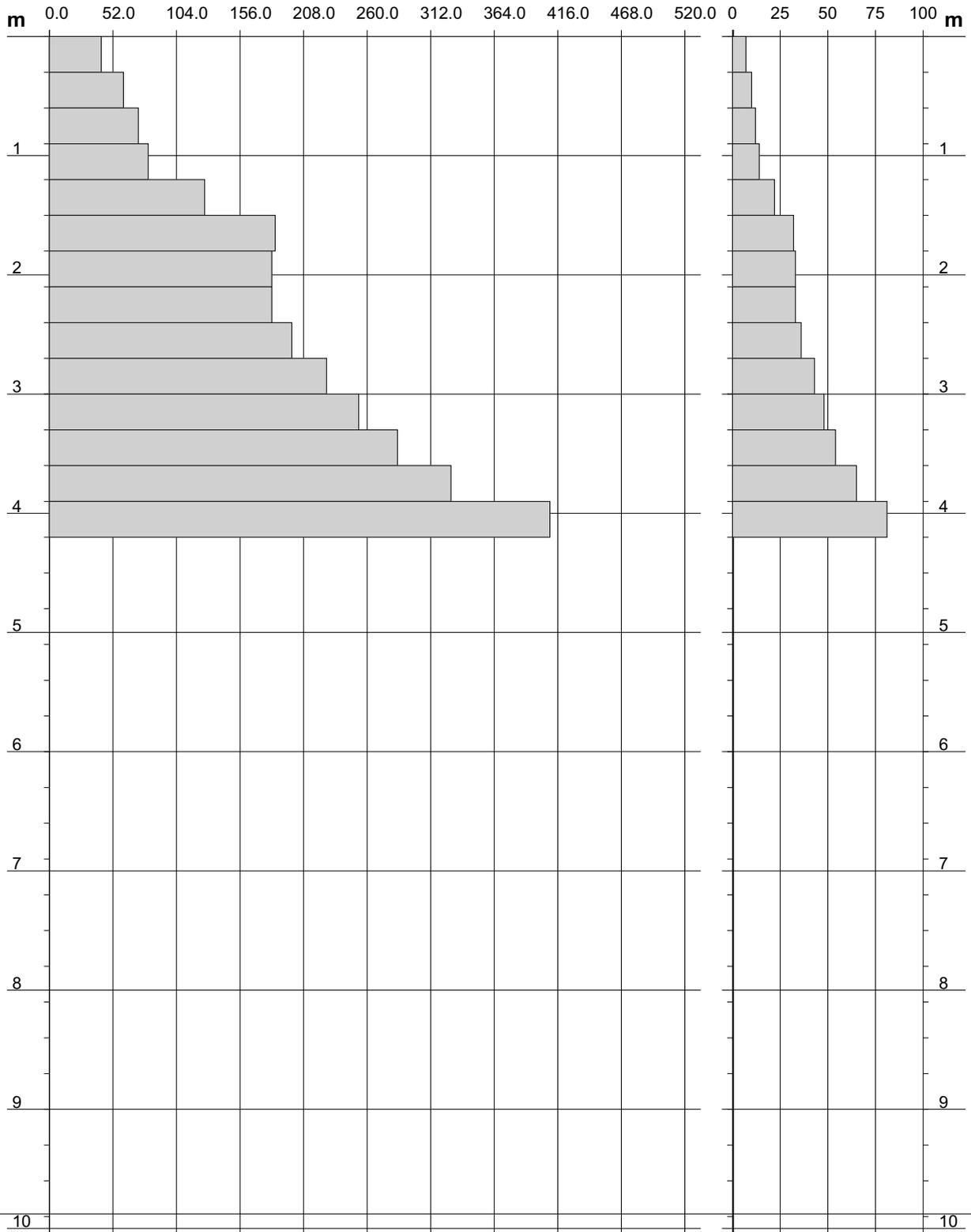
**DIN 2**  
Scala 1: 50

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(30) n° colpi  $\delta = 30.00$  cm



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

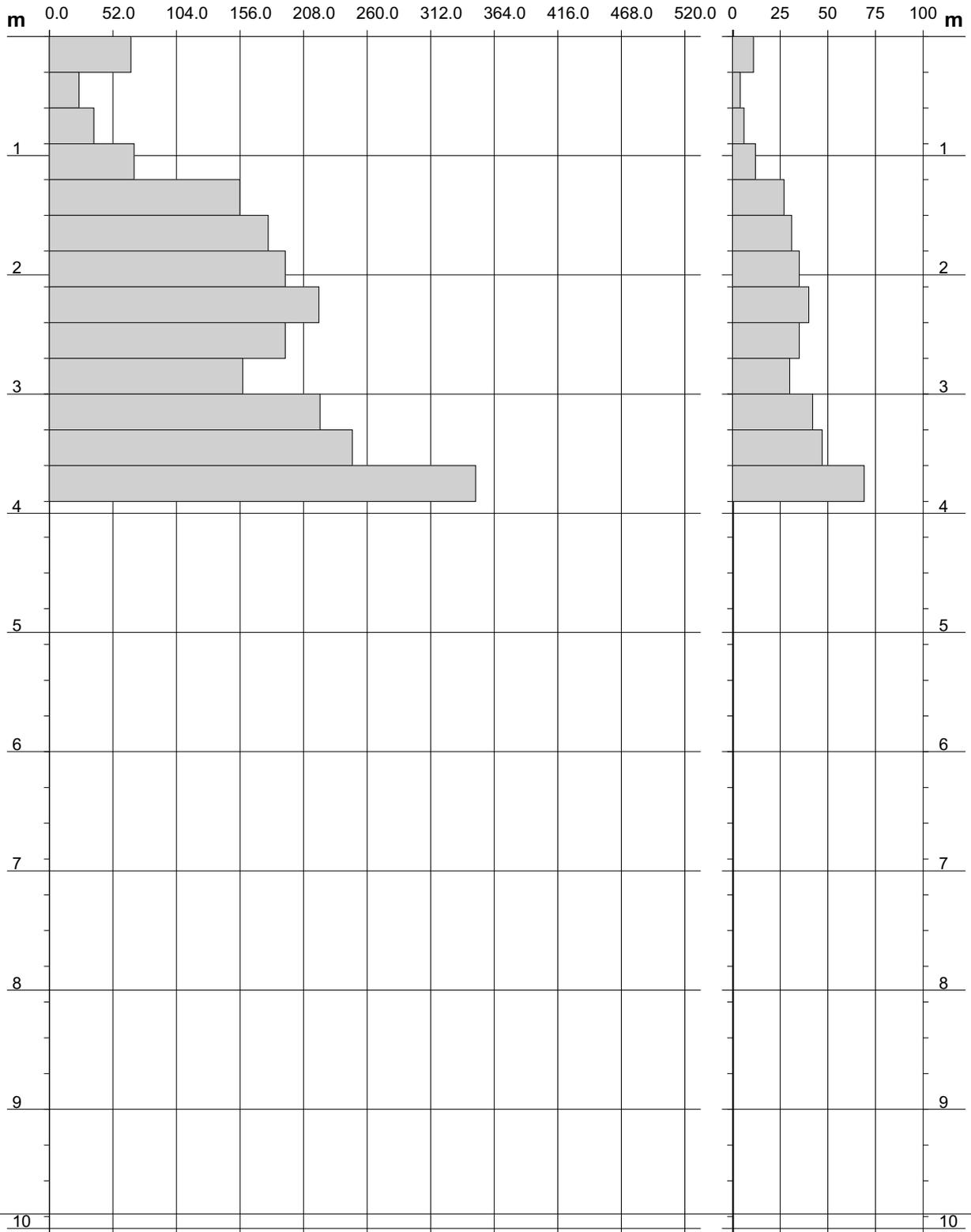
**DIN 3**  
Scala 1: 50

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(30) n° colpi  $\delta = 30.00$  cm



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 1**

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :  
- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                      |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |           |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|------|------|------|---------|------|-----------|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s       |
| 0  | 0.00           | 0.30 |           | 0.0                     | 0   | 0   | 0.0                  | ---- | ---- | ---- | 61      | 1.15 | <b>70</b> |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.15$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 1**

| n° | H1 H2 |      | NATURA GRANULARE |     |     | NATURA COESIVA |         |     |      |      | Q    | Litologia |      |      |       |     |
|----|-------|------|------------------|-----|-----|----------------|---------|-----|------|------|------|-----------|------|------|-------|-----|
|    |       |      | Nspt             | Vs  | G   | Dr             | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   |      |           | Cu   | Ed   | Ysat  | W   |
| 0  | 0.00  | 0.30 | ---              | --- | --- | ---            | ---     | --- | ---  | ---  | ---  | ---       | ---  | ---  | ---   | --- |
| 2  | 0.30  | 2.40 | 18               | 120 | 112 | 47             | 32.4    | 216 | 1.98 | 1.57 | 1.13 | 108       | 2.00 | 26.2 | 0.708 | --- |
| 3  | 2.40  | 5.10 | 46               | 171 | 224 | 81             | 40.0    | 552 | 2.13 | 1.82 | 2.88 | 276       | 2.33 | 10.1 | 0.274 | --- |
| 4  | 5.10  | 5.40 | 70               | 196 | 306 | 92             | 44.0    | 840 | 2.19 | 1.92 | 4.38 | 420       | 2.63 | 1.7  | 0.046 | --- |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 2**

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :  
- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                      |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 0  | 0.00           | 0.30 |           | 0.0                     | 0   | 0   | 0.0                  | ---- | ---- | ---- | 67      | 1.15 | 77  |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.15$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 2**

| n° | H1 H2 |      | Nspt Vs G |     |     | NATURA GRANULARE |         |     |      |      | NATURA COESIVA |     |      |      |       | Q Litologia |     |
|----|-------|------|-----------|-----|-----|------------------|---------|-----|------|------|----------------|-----|------|------|-------|-------------|-----|
|    |       |      |           |     |     | Dr               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ed  | Ysat | W    | e     |             |     |
| 0  | 0.00  | 0.30 | ---       | --- | --- | ---              | ---     | --- | ---  | ---  | ---            | --- | ---  | ---  | ---   | ---         | --- |
| 2  | 0.30  | 1.50 | 15        | 107 | 98  | 42               | 31.5    | 180 | 1.96 | 1.54 | 0.94           | 90  | 1.96 | 28.6 | 0.773 | ---         | --- |
| 3  | 1.50  | 3.00 | 40        | 151 | 202 | 75               | 38.5    | 480 | 2.10 | 1.77 | 2.50           | 240 | 2.26 | 12.8 | 0.347 | ---         | --- |
| 4  | 3.00  | 4.20 | 71        | 183 | 309 | 92               | 44.1    | 852 | 2.19 | 1.92 | 4.44           | 426 | 2.64 | 1.4  | 0.038 | ---         | --- |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 3**

- committente : ATLAS RE S.r.l.  
- lavoro : Parco fotovoltaico  
- località : Siligo (SS)

- data prova : 27/04/2022  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- aiuto sperim. :  
- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                      |      |       | VCA   | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|------|-------|-------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s    | M-s   |       |         |      | M+s |
| 1  | 0.00           | 0.60 | N         | 7.5                     | 4   | 11  | 5.8                  | ---- | ----  | ----  | 8       | 1.15 | 9   |
|    |                |      | Rpd       | 45.5                    | 24  | 67  | 34.9                 | ---- | ----  | ----  | 49      |      |     |
| 2  | 0.60           | 1.20 | N         | 9.0                     | 6   | 12  | 7.5                  | ---- | ----  | ----  | 9       | 1.15 | 10  |
|    |                |      | Rpd       | 52.8                    | 36  | 69  | 44.6                 | ---- | ----  | ----  | 53      |      |     |
| 3  | 1.20           | 3.30 | N         | 34.3                    | 27  | 42  | 30.6                 | 5.4  | 28.9  | 39.7  | 34      | 1.15 | 39  |
|    |                |      | Rpd       | 188.8                   | 156 | 222 | 172.3                | 26.5 | 162.2 | 215.3 | 187     |      |     |
| 4  | 3.30           | 3.90 | N         | 58.0                    | 47  | 69  | 52.5                 | ---- | ----  | ----  | 58      | 1.15 | 67  |
|    |                |      | Rpd       | 298.4                   | 248 | 349 | 273.2                | ---- | ----  | ----  | 298     |      |     |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.15$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 3**

| n° | H1 H2 |      | NATURA GRANULARE |     |     |     |         |     |      | NATURA COESIVA |      |     |      |      | Q     | Litologia |     |
|----|-------|------|------------------|-----|-----|-----|---------|-----|------|----------------|------|-----|------|------|-------|-----------|-----|
|    |       |      | Nspt             | Vs  | G   | Dr  | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd             | Cu   | Ed  | Ysat | W    |       |           | e   |
| 1  | 0.00  | 0.60 | ---              | --- | --- | --- | ---     | --- | ---  | ---            | ---  | --- | ---  | ---  | ---   | ---       | --- |
| 2  | 0.60  | 1.20 | 10               | 100 | 73  | 35  | 30.0    | 120 | 1.93 | 1.50           | 0.63 | 60  | 1.90 | 33.0 | 0.892 | ---       | --- |
| 3  | 1.20  | 3.30 | 39               | 151 | 199 | 74  | 38.3    | 468 | 2.10 | 1.76           | 2.44 | 234 | 2.25 | 13.3 | 0.360 | ---       | --- |
| 4  | 3.30  | 3.90 | 67               | 181 | 296 | 91  | 43.6    | 804 | 2.19 | 1.91           | 4.19 | 402 | 2.59 | 2.6  | 0.070 | ---       | --- |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972