

ISTANZA VIA
Presentata al
Ministero della Transizione Ecologica
e al Ministero della Cultura
(Art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii
Art. 12 del D. Lgs. 387/03 e ss. mm. ii.)

PROGETTO

IMPIANTO AGRIVOLTAICO

POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp
POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW
Comune di Sassari (SS)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05

PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (SANTA GIUSTA PV) S.r.l.
Piazzale Giulio Douhet, 25 – CAP 00143 Roma (RM)
P. IVA e C.F. 16882231000 – REA RM - 1681812

PROFESSIONISTA INCARICATO

DOTT. ALESSANDRO STANCARI
Iscritto all' Ordine dei Geologi della Regione Sardegna al n. 541

| Data | Rev. | Tipo revisione | Redatto | Verificato | Approvato |
|-------------|-------------|-----------------------|----------------|-------------------|------------------|
| 12/2022 | 0 | Prima emissione | AS | GC | G.Calzolari |

| | | | |
|---|---|-------------|---------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 2 di 32 |

INDICE

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1 | Premessa | 3 |
| 1.2 | Normativa di Riferimento | 3 |
| 1.3 | Riferimenti bibliografici | 4 |
| 1.4 | Inquadramento geografico e topografico. Uso del suolo | 4 |
| 1.5 | Caratteristiche costruttive dell'opera in progetto | 5 |
| 1.6 | Metodologia delle indagini..... | 5 |
| 2 | STUDIO GEOLOGICO..... | 9 |
| 2.1 | Contesto geologico..... | 9 |
| 2.2 | Assetto litostratigrafico locale | 10 |
| 2.2.1 | ZONA N°1 | 11 |
| 2.2.2 | ZONA N°2 | 14 |
| 2.2.3 | ZONA N°3 | 15 |
| 2.2.4 | ZONA N°4 | 17 |
| 2.3 | Contesto geomorfologico e idrografico..... | 18 |
| 2.4 | Contesto idrogeologico | 19 |
| 2.5 | Analisi vincolistica dell'area di intervento..... | 20 |
| 3 | STUDIO GEOTECNICO..... | 22 |
| 3.1 | Caratteristiche geotecniche dei terreni..... | 22 |
| 3.1.1 | ZONA N°1 | 22 |
| 3.1.2 | ZONA N°2 | 24 |
| 3.1.3 | ZONA N°3 | 26 |
| 3.1.4 | ZONA N°4 | 27 |
| 3.2 | Analisi del rischio sismico globale del sito | 28 |
| 3.2.1 | Calcolo dei parametri sismici | 28 |
| 4 | CONCLUSIONI | 30 |
| 5 | ALLEGATI | 32 |

| | | | |
|---|---|-------------|---------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 3 di 32 |

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa

In riferimento al progetto per la realizzazione di un IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW, nell'agro del Comune di Sassari nella località *Santa Giusta*, è stato commissionato allo scrivente geologo dott. Alessandro Stancari¹, dalla TEP RENEWABLES S.R.L., lo studio necessario alla stesura della presente RELAZIONE GEOLOGICA le cui finalità, riferite all'area in oggetto, sono:

- Descrivere, in generale, le caratteristiche geologiche stratigrafiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area vasta che include le aree in studio
- Conseguire la parametrizzazione geotecnica per i terreni interessati dai carichi di esercizio delle sovrastrutture in progetto;
- Conseguire la caratterizzazione sismica del sito in conformità alla normativa vigente

Le osservazioni e i dimensionamenti si basano su:

- Una analisi geologica dell'area di interesse basata sul dato bibliografico edito disponibile e sulle risultanze del rilevamento di campagna appositamente effettuato.
- N° 6 (sei) saggi di scavo geognostici
- N° 6 (sei) prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH
- N° 2 (due) analisi sismiche mediante metodo MASW e rifrazione
- Dati provenienti da indagini eseguite dallo scrivente in aree adiacenti e geotecnicamente assimilabili.

La stesura della presente relazione è stata eseguita tra il 01 e il 30 settembre 2022, in ottemperanza a quanto stabilito dalla normativa vigente con particolare riferimento a:

1.2 Normativa di Riferimento

- **D.M. 14.01.2008** - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- **Circolare del 2 febbraio 2009**, n. 617, C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- **D.M. 17.01.2018** - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
- **Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019**, n. 7, del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
- **Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007, C.S.LL.PP** - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- **Eurocodice 8 (1998)** - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- **Eurocodice 7.1 (1997)** - Progettazione geotecnica - Parte I: Regole Generali – UNI
- **Eurocodice 7.2 (2002)** - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- **Eurocodice 7.3 (2002)** - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

¹ Albo dei geologi della Regione Sardegna n° 541

| | | | |
|---|---|-------------|---------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 4 di 32 |

- **DPR 7 gennaio 1956 n° 164** art. 12 che tra tutte le operazioni di scavo e sbancamento specifica le norme riguardanti lo splateamento e lo sbancamento
- **D.M. Ambiente del 10 agosto 2012 n. 161**: I piani di utilizzo delle terre e rocce da scavo

1.3 Riferimenti bibliografici

- **Bowles Joseph** , 1991 - “Fondazioni -progetto ed analisi” - McGraw - Hill;
- **Day W. Robert**, 2002 - “Geotechnical Earthquake Engineering Handbook” - McGraw - Hill;
- **Nori Luca**, 2009 - “Caratterizzazione geotecnica e parametri di progetto secondo l'EC7 e 8 e il DM 14/01/2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- **Terzaghi**, 1943 –
- **Aru A., Baldacci P., Vacca A. (1991)**: NOTA ILLUSTRATIVA ALLA CARTA DEI SUOLI DELLA SARDEGNA 1:250.000. pp 583.
- **Comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna** - CARTA GEOLOGICA DELLA SARDEGNA - (scala 1: 200.000);
- **Carmigniani L., Oggiano G., Barca S., Conti P., Salvatori I., Eltrudis A., Funedda A. E. Pasci S. (2001)**. NOTE ILLUSTRATIVE ALLA CARTA GEOLOGICA DELLA SARDEGNA IN SCALA 1:200.000. - MEMORIE DESCRITTIVE DELLA CARTA GEOLOGICA ITALIANA, vol. 60: 283.
- **ISPRA – Servizio Geologico d'Italia** - CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - FOGLIO 459 SASSARI (SCALA 1: 50.000);
- **RAS - Sardegna Geoportale** - CARTA GEOLOGICA – ELEMENTI AREALI <https://www.sardegnameoportale.it/webgis2/sardegnameoportale/?map=mappetematiche>

Le indagini geotecniche sono state eseguite secondo le prescrizioni A.G.I. “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche – giugno 1975”.

1.4 Inquadramento geografico e topografico. Uso del suolo.

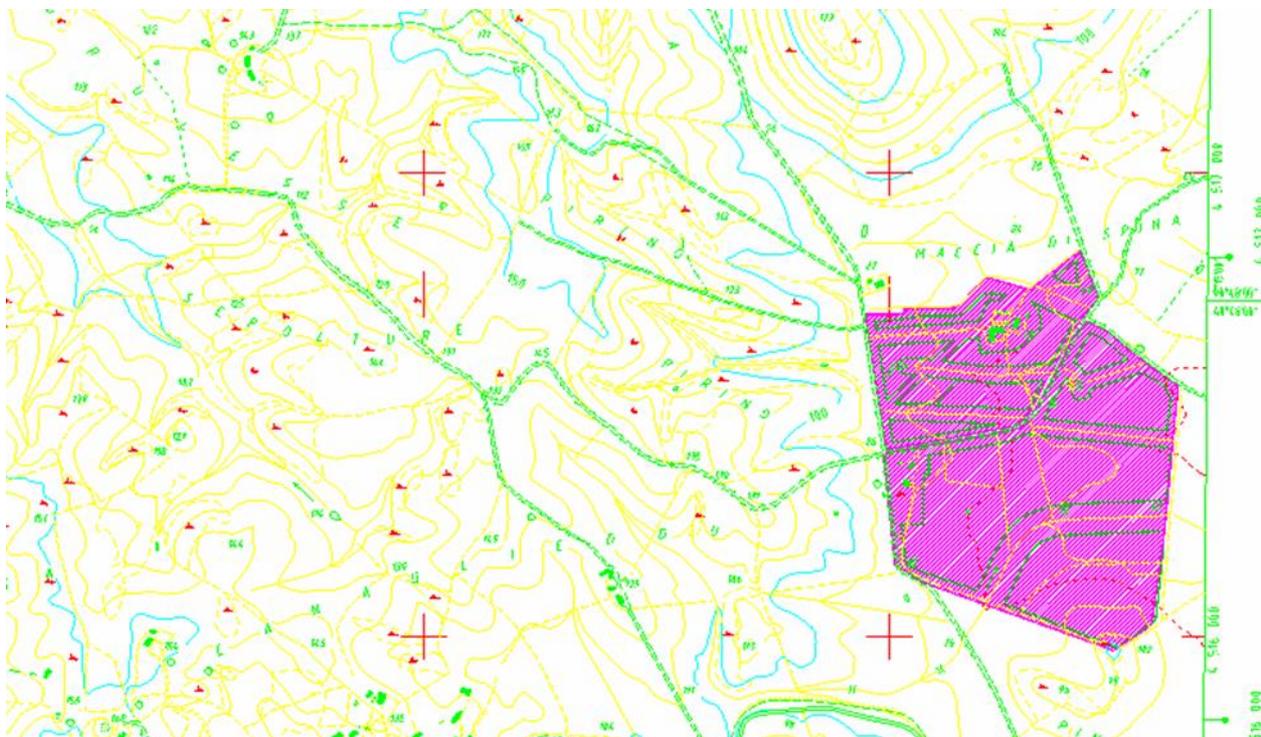
Le aree destinate ad accogliere gli interventi in progetto sono ubicate nell'agro del Comune di Sassari (SS), raggiungibile dalla SP4, nella parte mediana dell'allineamento Abitato Palmadula – Centrale Termoelettrica di Fiume Santo, nella località *Santa Giusta*. Le aree hanno una estensione di circa 41 ha, con andamento planoaltimetrico solo in parte inclinato (limite verso S) ma sostanzialmente pianeggiante e debolmente inclinato (verso NE) e quote comprese tra 95 m e 34 m s.l.m.m. L'uso del suolo è caratterizzato in parte dal prato-pascolo non irriguo al servizio dell'allevamento estensivo di ovini e in parte per la coltivazione di cerealicole.

I riferimenti topografici e cartografici consistono in:

- Foglio n° 458 sez.I “PALMADULA” dell'I.G.M.I. (scala 1:25.000)
- Foglio n° 458030 “SA PEDRAIA” della Carta Tecnica Regionale Numerica (scala 1:10.000)

| | | | |
|---|---|-------------|---------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 5 di 32 |

Tav. 1: in quadramento su Foglio n° 458030 “SA PEDRAIA” della CTRN



1.5 Caratteristiche costruttive dell’opera in progetto

Come accennato in premessa l’intervento consiste nella posa in opera di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 23,12 MW su una superficie di circa 50 ha con pannelli che presentano un’elevazione massima di circa 4,5 m rispetto al livello del suolo, questi saranno fissati direttamente al terreno tramite pali metallici di tipologia variabile in base alle caratteristiche del terreno. Sono previsti altresì alcuni manufatti a servizio dell’impianto dotati di fondazioni di tipo superficiale da dettagliare nelle successive fasi progettuali.

Per i dati caratteristici dell’impianto si rimanda alle relazioni tecniche progettuali.

1.6 Metodologia delle indagini

Nel mese di settembre 2022 è stata realizzata l’indagine geognostica nell’area oggetto del presente studio. Dopo una serie di rilevamenti atti a descrivere il quadro geologico superficiale si è provveduto a meglio definire l’assetto stratigrafico del sottosuolo con l’esecuzione di n° 6 (sei) saggi di scavo geognostici, mediante l’utilizzo di un escavatore oleodinamico cingolato tipo *girosagoma* da 80 q.li. L’approfondimento dei saggi di scavo è stato sempre spinto fino al limite operativo del mezzo utilizzato, determinato dal raggiungimento dello sbraccio massimo dell’utensile di scavo o dal rifiuto all’avanzamento per via dell’elevato addensamento dei litotipi attraversati. Le informazioni stratigrafiche ricavate dall’esecuzione dei saggi di scavo sono state integrate con quelle meccaniche conseguite con l’esecuzione di n° 6 (sei) prove penetrometriche dinamiche continue, per le quali è stato utilizzato un penetrometro dinamico super pesante (maglio da 63,5 kg – DPSH secondo la classificazione dell’ISSMFE (1988)), modello PAGANI TG 63-200 (Foto 1-2) avente i seguenti standard tecnici:

| | | | |
|---|---|-------------|---------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 6 di 32 |

| | |
|--|--------------------------|
| PESO DEL MAGLIO | 63,5 kg |
| VOLATA DEL MAGLIO | 70 cm |
| ANGOLO DI APERTURA DELLA PUNTA CONICA | 90° |
| AREA DI BASE DELLA PUNTA CONICA | 20 cm² |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | 50,5 cm |
| PASSO DI LETTURA | 20 cm |

La prova consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica in acciaio con apertura e diametro di base standard, tramite la percussione offerta dal maglio che, con la volata standard, percuote direttamente su una serie di aste di prolunga che reggono la punta conica stessa; nel proseguo della prova, l'infissione della punta alle varie profondità è garantita dall'aggiunta progressiva delle aste di prolunga (lunghezza = 1,00 m cadauna), fino al rifiuto all'infissione stabilito quando, per 50 colpi del maglio, questa risulta inferiore a 20 cm. Rilevando il numero di colpi del maglio per ogni 20 cm di infissione della punta si determina il parametro N_{20} . Questo parametro permette di individuare strati con un determinato N_{20} medio, il quale, previa relazione al parametro N_{spt} , consente di estrapolare, sulla base di relazioni empiriche, i principali parametri geotecnici dei vari strati stessi costituenti il volume significativo progettuale.

Il parametro N_{20} non è sufficiente per la quantificazione delle caratteristiche meccaniche delle litologie attraversate, che invece viene conseguita integrando il valore assoluto del parametro con le caratteristiche tessiturali e granulometriche dei terreni in analisi.

L'indagine ha quindi permesso di definire l'andamento stratigrafico del volume geotecnico significativo interessato dai carichi strutturali, valutando, per lo stesso, le caratteristiche meccaniche delle litologie rilevate mediante la quantificazione dei principali parametri geotecnici, fondamentali per le determinazioni geomeccaniche quali capacità portante, cedimenti assoluti e cedimenti differenziali.

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. 7 di 32 |



Foto 1 ÷ 6 Prova penetrometrica 220919_DPSH01, 220919_DPSH02, 220919_DPSH03, 220919_DPSH04, 220919_DPSH05 e 220919_DPSH06

Di seguito le coordinate geografiche dei punti di indagine:

| ID | TIPOLOGIA | DATA | LATITUDINE | LONGITUDINE | DA m | A m | ALTITUDINE |
|---------------|-----------|----------|---------------|--------------|------|------|------------|
| 220914_Pz1 | Saggio | 14/09/22 | 40°47'42.04"N | 8°14'34.92"E | 0,00 | 3,20 | 74m slm |
| 220914_Pz2 | Saggio | 14/09/22 | 40°47'35.24"N | 8°14'46.34"E | 0,00 | 3,50 | 81 m slm |
| 220914_Pz3 | Saggio | 14/09/22 | 40°47'44.81"N | 8°14'49.44"E | 0,00 | 3,50 | 69 m slm |
| 220914_Pz4 | Saggio | 14/09/22 | 40°47'52.63"N | 8°14'46.05"E | 0,00 | 3,20 | 67 m slm |
| 220914_Pz5 | Saggio | 14/09/22 | 40°47'57.91"N | 8°14'44.88"E | 0,00 | 3,00 | 70 m slm |
| 220914_Pz6 | Saggio | 14/09/22 | 40°47'49.82"N | 8°14'30.54"E | 0,00 | 2,00 | 82 m slm |
| 220919_DPSH01 | DPSH | 19/09/22 | 40°47'42.38"N | 8°14'34.64"E | 0,00 | 8,00 | 74 m slm |
| 220919_DPSH02 | DPSH | 19/09/22 | 40°48'51.60"N | 8°46'59.45"E | 0,00 | 4,00 | 81 m slm |
| 220919_DPSH03 | DPSH | 19/09/22 | 40°47'45.31"N | 8°14'49.27"E | 0,00 | 0,80 | 69 m slm |
| 220919_DPSH04 | DPSH | 19/09/22 | 40°47'52.54"N | 8°14'45.99"E | 0,00 | 8,20 | 69 m slm |
| 220919_DPSH05 | DPSH | 19/09/22 | 40°47'57.78"N | 8°14'44.78"E | 0,00 | 7,00 | 70 m slm |
| 220901_DPSH06 | DPSH | 19/09/22 | 40°47'49.69"N | 8°14'30.40"E | 0,00 | 1,60 | 82 m slm |

Per le caratteristiche tecniche dell'indagine geofisica e per i relativi risultati conseguiti si rimanda al Report Sismico allegato alla presente relazione.

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. 8 di 32 |



Tav 2: Inquadramento planimetrico da foto satellitare. Google Earth Pro®

| | | | |
|---|---|-------------|---------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 9 di 32 |

2 STUDIO GEOLOGICO

Per meglio inquadrare le problematiche che verranno espresse in dettaglio nei prossimi paragrafi, verrà descritto il contesto geologico in cui si opererà al fine di ottenere il massimo supporto informativo tale da permettere la realizzazione degli interventi previsti in condizioni di massima sicurezza.

2.1 Contesto geologico

Le litologie che interessano nella quasi interezza l'area in studio sono da riferire ai depositi marini miocenici legati alla formazione della Fossa Sarda Auct., noto seguito delle geodinamiche transtensive legate al movimento rototraslazionale del Blocco Sardo Corso. Si evidenzia anche la presenza di depositi riferibili alla più antica era mesozoica, ed in particolare al suo periodo Triassico, oltre ad un limitatissimo affioramento di vulcaniti tardo paleozoiche nel limite W dell'area in studio; questi depositi costituiscono il basamento di appoggio dei sedimenti marini miocenici di cui sopra.

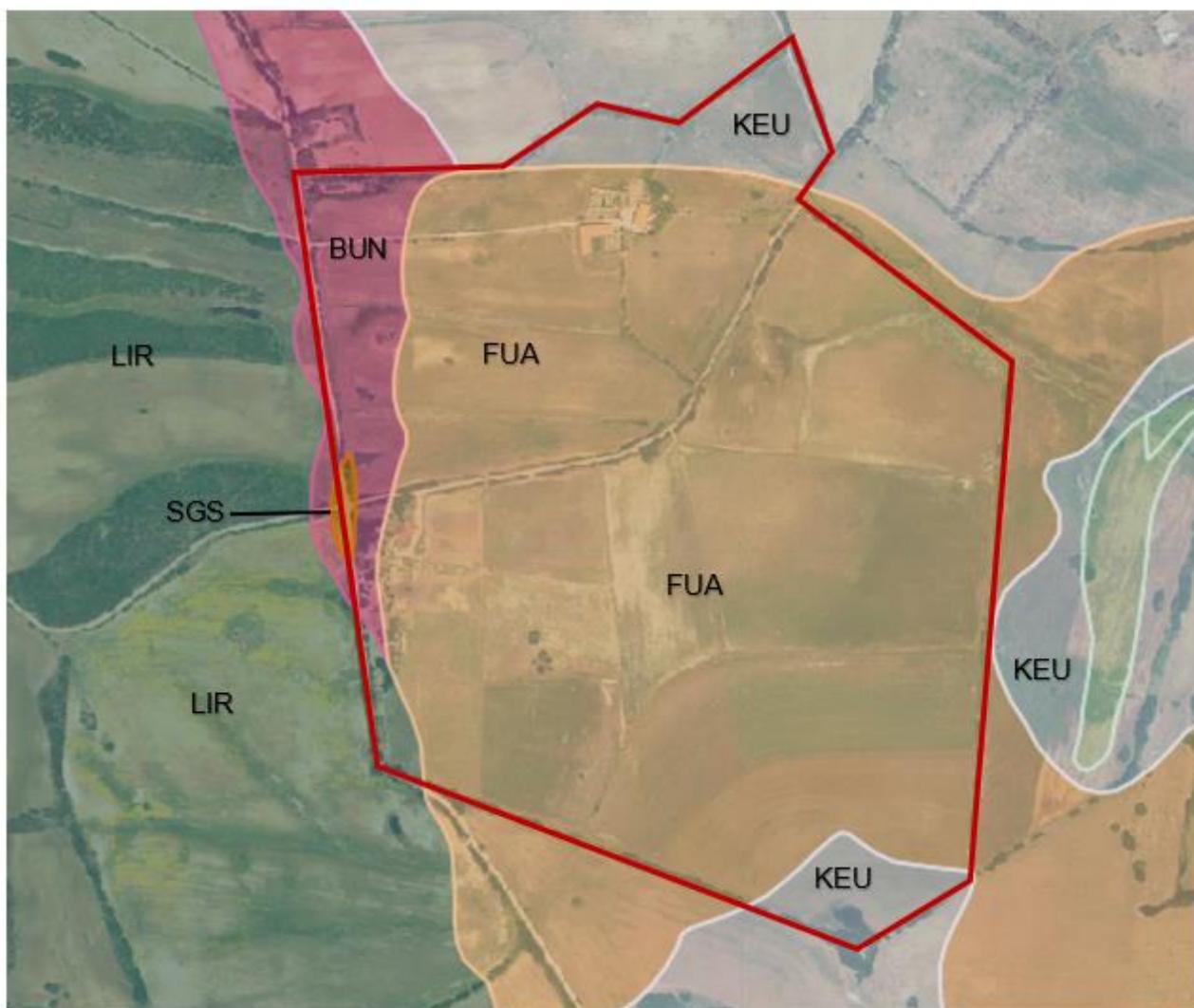
La successione sedimentaria mesozoica dell'area in studio appartiene alla successione della Nurra e risulta parzialmente correlabile con quella del Sulcis (Sardegna SW). Il Triassico, che va riferito alla parte più bassa della successione mesozoica, è stato attribuito da vari autori alla facies "Germanica". L'ambiente di sedimentazione del triassico mostra una lenta evoluzione da un bacino ristretto lagunare a sedimentazione in prevalenza terrigena del trias inferiore (Bundasandstein), verso una laguna ristretta ma con maggiori comunicazioni con il mare aperto e con limitati episodi ad alta energia dal Trias Medio (Muschelkalk) al Trias Superiore (Keuper).

Nel sottosuolo della Nurra la successione del Bundasandstein (**BUN**) ha uno spessore di circa 100 m comprendendo un primo intervallo (circa 60 m) di conglomerati e arenarie e argille variegata dal tipico colore rosso scuro (vinaccia), e un secondo intervallo (40 m) di alternanze di argille gessifere e arenarie con intercalazioni marnoso dolomitiche con colore più variegati dal rosso scuro ma anche grigio chiaro.

La successione in complesso è rappresentativa di un sistema deposizionale comprendente conoidi e deposito di piana alluvionale che si evolve a piana con lagune costiere. Poggia direttamente sulle unità permiane sottostanti, mentre superiormente passa con gradualità ai termini carbonatici della successione del Muschelkalk; quest'ultima successione, tuttavia non è presente nell'area in studio, ma si rileva, in affioramento, direttamente la soprastante successione del Keuper (**KEU**). La successione è costituita da due litofacies non sempre affioranti, è rappresentata da argilliti gessose da rossastre a verdastre talora fortemente piegate (Pomesano Cherchi, 1968), con cristalli idiomorfi di quarzo, e dolomie cariate; a queste litologie seguono dolomie grigie e subordinati calcari dolomitici con livelli intraclastici. L'ambiente di sedimentazione è riconducibile a condizioni di laguna peritidale in ambiente caldo e arido.

Come già anticipato i depositi mesozoici sopradescritti costituiscono il basamento dei depositi marini di età miocenica legati alla formazione della Fossa Sarda Auct, qui rappresentati dalla Formazione di Fiume Santo (**FUA**), costituita da depositi detritico-alluvionali legati all'apporto di materiale da un bacino di proporzioni modeste. Nel dettaglio si distinguono nella sua parte inferiore, depositi eolici dunari arrossati, erosi da una superficie sulla loro sommità. Al di sopra della superficie d'erosione, sulle eolianiti, si trova un deposito di spiaggia costituito da una sequenza di livelli medio-fini per uno spessore di diversi metri (3÷4 m) che documenta un lungo periodo di presenza della linea di costa in questo punto. La Formazione di Fiume Santo si chiude con questo deposito sul quale sono evidenti le tracce di una attiva idrografia. Infatti, sulla parte sommitale di questi depositi si possono osservare dei conglomerati ad elementi esclusivamente silicei, provenienti dai depositi del Paleozoico, ben elaborati e ricchi di patine di ossidazione e di incrostazioni magnesifere che in alcuni punti formano dei veri e propri canali scavati nella formazione stessa.

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 10 di 32 |



Tav. 3: inquadramento su RAS- Sardegna Geoportale – Carta Geologica – Elementi areali

<https://www.sardegnameoportale.it/webgis2/sardegnameoportale/?map=mappetematiche>

2.2 Assetto litostratigrafico locale

Dall'analisi dei terreni attraversati sia dai saggi di scavo che dalle prove penetrometriche eseguite (cfr par.1.6), si riportano gli andamenti stratigrafici e le caratteristiche tessiturali degli stessi; l'analisi è affrontata suddividendo l'area totale in 4 zone caratterizzate da un certo grado di omogeneità. I saggi hanno raggiunto in quasi tutte le posizioni la profondità consentita dallo sbraccio massimo dell'utensile di scavo che si attesta a circa 3,00 m da p.c., negli altri casi si è rilevato un rifiuto all'avanzamento per elevata durezza dei litotipi attraversati. Le prove DPSH sono state eseguite nei pressi dei saggi di scavo e sono state protrate fino alla profondità massima di 8,00 m da p.c. o fino al rifiuto all'avanzamento.

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 11 di 32 |

2.2.1 ZONA N°1



La caratterizzazione dell'area è stata resa possibile dalla realizzazione di tre saggi di scavo: 220914_Pz1, 220914_Pz2 e 220914_Pz3, oltre che con l'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche: 220914_DPSH01, 220914_DPSH02 e 220914_DPSH03. Nell'area si rilevano tre strati così distinti dall'alto verso il basso:

- **LIMI SABBIOSI ARGILLOSI COMPATTI SUPERFICIALI:** lo strato include la copertura da pedogenesi e terreni costituiti da limi sabbiosi argillosi con intercalazioni ghiaiose, in matrice comunque limosa sabbiosa argillosa, con tessitura spesso grossolana (ciottoli e/o trovanti anche decimetrici, e, in taluni casi, con inclusi globulari (con dimensioni anche pluridecimetriche) o livelli cementati (con spessori decimetrici), entrambi generati dalla riprecipitazione secondaria di carbonati. La presenza di queste intercalazioni grossolane può comportare brevi aumenti della resistenza dinamica delle DPSH fino al rifiuto rifiuto all'avanzamento della stessa (220919_DPSH03)
- **LIMI SABBIOSI ARGILLOSI MOLLI PROFONDI:** trattasi di terre in facies limoso sabbiosa argillosa, non osservate, in questa zona, nei saggi di scavo eseguiti, visto che il tetto dello strato è posizionato solitamente a circa 3,00 m di profondità da p.c., ma facilmente individuabili in tutte le DPSH che li hanno attraversati, data la sensibile diminuzione del valore N_{20}
- **MARNE LAPIDEE:** basamento lapideo locale rilevato solo nella prova penetrometrica 220919_DPSH05, ma ben evidenziato nei rilevamenti geofisici per i quali si rimanda al report allegato.

SAGGIO DI SCAVO 220914_PZ1

- Da **0,00 m a 0,30 m** Suolo con tessitura limosa sabbiosa argillosa poco evoluto con ciottoli squadri asciutto;
- Da **0,30 m a 1,60 m** Limi sabbiosi argillosi compatti poco plastici rossastri in testa allo strato, più marroncini alla base, poco umidi

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 12 di 32 |

- Da **1,60 m** a **2,00 m** Ghiaie grossolane di litotipi sia mesozoici che paleozoici (quarziti) con ciottoli con dimensione massima decimetrica, in matrice limoso sabbiosa argillosa marrone umida e poco plastica, ben addensate.
- Da **2,00 m** a **3,20 m (e oltre?)** Limi sabbiosi argillosi compatti poco plastici, marroncini, umidi. Fine scavo per raggiunto sbraccio massimo

SAGGIO DI SCAVO 220914_PZ3

- Da **0,00 m** a **0,40 m** Suolo con tessitura limosa sabbiosa argillosa poco evoluto con ciottoli squadrati, asciutto;
- Da **0,40 m** a **3,50 m** Limi sabbiosi argillosi compatti poco plastici varicolori (violacei, grigi, biancastri), poco umidi con inclusi globulari (con dimensioni anche pluridecimetriche) e livelli cementati (con spessori decimetrici), entrambi generati dalla riprecipitazione secondaria di carbonati. Fine scavo per raggiunto sbraccio massimo.

SAGGIO DI SCAVO 220914_PZ5

- Da **0,00 m** a **0,30 m** Suolo con tessitura limosa sabbiosa argillosa poco evoluto con ciottoli squadrati asciutto;
- Da **0,30 m** a **0,70 m** Sabbie limose ghiaiose asciutte ed addensate, marroni, da poco a non plastiche
- Da **0,70 m** a **3,50 m** Limi sabbiosi argillosi compatti poco da bruni intesta allo strato a rossasatri in profondità; caoticamente distribuiti nello strato (anche se per lo più concentrati nella parte alta), si rilevano frammenti di litotipi carbonatici con dimensioni anche pluridecimetriche. Fine scavo per raggiunto sbraccio massimo.

PROVA PENETROMETRICA 220901_DPSH01

- Da **0,00 m** a **3,20 m** I valori di resistenza meccanica alla punta si presentano poco omogenei e sono da riferire ai depositi pedogenici superficiali e ai limi sabbiosi argillosi compatti superficiali con i relativi livelli ghiaiosi e sabbiosi ben evidenziati dai vari picchi di resistenza dinamica. N_{20} medio = 11
- Da **3,20 m** a **8,00 m e oltre** I valori di resistenza meccanica alla punta si presentano molto omogenei e sono da riferire ai limi sabbiosi argillosi molli profondi. N_{20} medio = 8

PROVA PENETROMETRICA 220901_DPSH03

La prova è caratterizzata (unica nel campo prova) da un pressoché immediato rifiuto all'avanzamento (0,80m) dovuto sicuramente alla presenza di un livello cementato subsuperficiale incluso nei limi sabbiosi argillosi compatti superficiali

PROVA PENETROMETRICA 220901_DPSH05

- Da **0,00 m** a **3,20 m** I valori di resistenza meccanica alla punta si presentano poco omogenei e sono da riferire ai depositi pedogenici superficiali e ai limi sabbiosi argillosi compatti superficiali con i relativi livelli ghiaiosi e sabbiosi ben evidenziati dai vari picchi di resistenza dinamica. N_{20} medio = 13
- Da **3,20 m** a **6,60 m** I valori di resistenza meccanica alla punta si presentano molto omogenei e sono da riferire ai depositi pedogenici superficiali e ai limi sabbiosi molli profondi. N_{20} medio = 7
- Da **6,60 m** a **7,00 m e oltre** I valori di resistenza alla punta aumentano in maniera molto netta verso il rifiuto all'avanzamento (7,00 m) da riferire al basamento lapideo locale

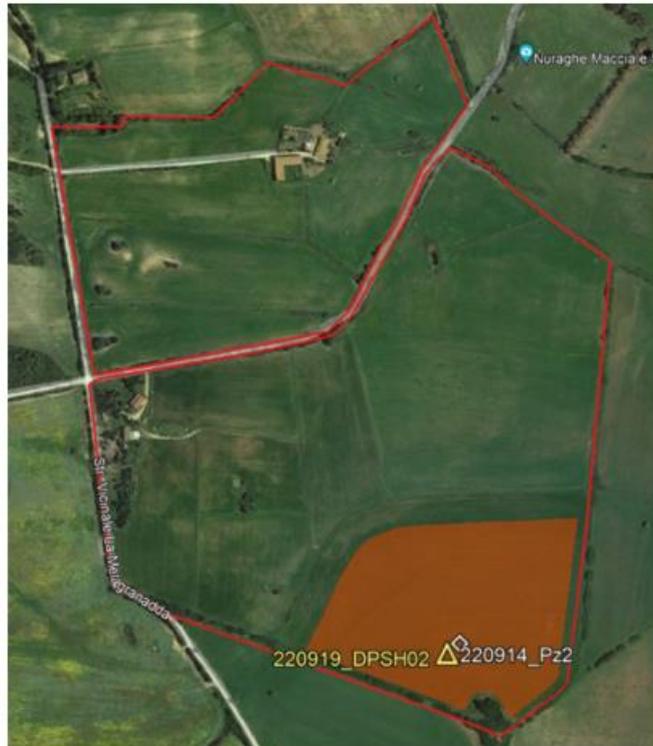
| | | |
|---|---|----------------------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. 13 di 32 |



Foto 3, 4 e 5: Saggi di scavo 220914_Pz1, 220914_Pz3 e 220914_Pz5. In evidenza i limiti di strato

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 14 di 32 |

2.2.2 ZONA N°2



La caratterizzazione dell'area è stata resa possibile dalla realizzazione di un saggio di scavo (220914_Pz2) e con l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica (220919_DPSH02). Nell'area si rileva la presenza di una copertura pedogenetica direttamente poggiata sui LIMI SABBIOSI ARGILLOSI MOLLI PROFONDI di cui alla precedente zona. I limi poggiano, con contatto netto, sul basamento lapideo locale, costituito dalle MARNE LAPIDEE che affiorano nel prospiciente rilievo topografico non coltivato.

SAGGIO DI SCAVO 220914_PZ2

- Da **0,00 m** a **0,70 m** Suolo con tessitura limosa sabbiosa argillosa poco evoluto con ciottoli squadrati, asciutto;
- Da **0,70 m** a **1,20 m** Limi sabbiosi argillosi compatti poco plastici marroni con screziature rossastre, poco umidi. Fine scavo per raggiunto sbraccio massimo.
- Da **1,20 m e oltre** Marna lapidea. Fine scavo per rifiuto all'avanzamento.

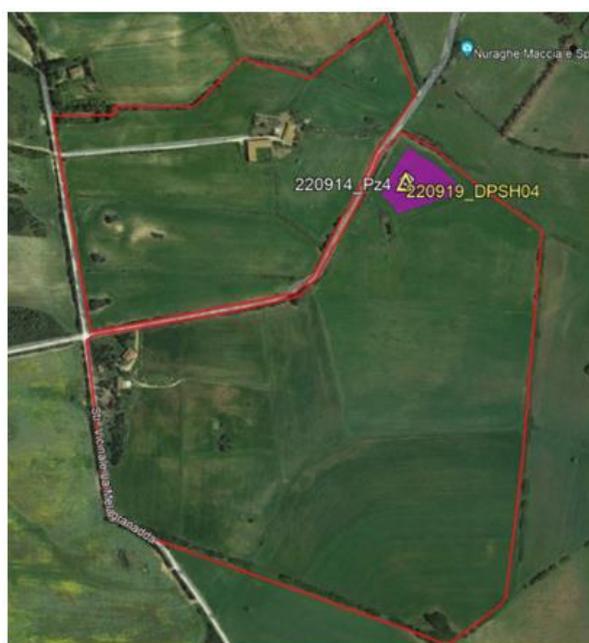
PROVA PENETROMETRICA 220901_DPSH02

- Da **0,00 m** a **3,80 m** I valori di resistenza meccanica alla punta si presentano molto omogenei e sono da riferire ai depositi pedogenici superficiali e ai limi sabbiosi molli profondi. N_{20} medio = 7
- Da **3,80 m e oltre?** I valori di resistenza alla punta aumentano in maniera molto netta verso il rifiuto all'avanzamento (3,80) da riferire al basamento lapideo locale

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 15 di 32 |



2.2.3 ZONA N°3



La caratterizzazione dell'area è stata resa possibile dalla realizzazione di un saggio di scavo (220901_Pz4) e con l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica (220901_DPSH04). La zona n° 3 è pressoché identica alla zona n°1, con i depositi da pedogenesi sovrapposti ai limi sabbiosi argillosi compatti superficiali, a loro volta sovrapposti ai limi sabbiosi argillosi molli profondi;

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 16 di 32 |

la sostanziale differenza consiste nell'elevata inconsistenza di questi ultimi, che peraltro si presentano in condizioni idrauliche sature: si rileva, infatti, la presenza di una falda imbriferà, il cui livello piezometrico è stato misurato all'interno del foro della prova DPSH eseguita.

SAGGIO DI SCAVO 220919_PZ4

- Da **0,00 m** a **0,40 m** Suolo con tessitura limosa sabbiosa argillosa poco evoluto con ciottoli squadri asciutto;
- Da **0,40 m** a **1,80 m** Ghiaie grossolane di litotipi sia mesozoici che paleozoici (quarziti) con clasti con dimensione massima pluridecimetrica concentrata in testa allo strato, in matrice limoso sabbiosa argillosa marrone o rossiccia umida e poco plastica, ben addensate. Talvolta si rilevano, nello strato, lenti di sola matrice con spessore massimo di 0,40m.
- Da **1,80 m** a **3,20 m (e oltre?)** Limi sabbiosi argillosi compatti poco plastici da rossicci in testa allo strato a grigio verdi alla base, poco umidi. Fine scavo per raggiunto sbraccio massimo.

PROVA PENETROMETRICA 220901_DPSH04

- Da **0,00 m** a **3,20 m** I valori di resistenza meccanica alla punta si presentano poco omogenei e sono da riferire ai depositi pedogenici superficiali e ai limi sabbiosi argillosi compatti superficiali con i relativi livelli ghiaiosi e sabbiosi ben evidenziati dai vari picchi di resistenza dinamica. N_{20} medio = 12
- Da **3,20 m** a **8,00 m** I valori di resistenza meccanica alla punta si presentano molto omogenei e sono da riferire ai depositi pedogenici superficiali e ai limi sabbiosi molli profondi, in questo caso caratterizzati da una R_{dp} molto bassa frequentemente nulla ($N_{20} = 0$). N_{20} medio = 1



Foto 7: Saggi di scavo 220914_Pz4. In evidenza i limiti di strato

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 17 di 32 |

2.2.4 ZONA N°4



La caratterizzazione dell'area è stata resa possibile dalla realizzazione di un saggio di scavo (220914_Pz6) e con l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica (220901_DPSH06). L'area coincide con un alto morfologico locale, da riferire alla presenza di un substrato lapideo, che, con buona probabilità, non ha subito le dinamiche tettoniche di sprofondamento oligomioceniche. In questa zona la copertura terrosa da pedogenesi poggia su una coltre detritica molto grossolana ed addensata circa metrica che ricopre il basamento lapideo.

SAGGIO DI SCAVO 220901_PZ6

- Da **0,00 m a 0,20 m** Suolo con tessitura limosa sabbiosa argillosa poco evoluto con ciottoli quadrati asciutto;
- Da **0,20 m a 1,20 m** Ghiaie sabbiose limose marroni rossicce molto addensate con gli elementi grossolani poco arrotondati di litotipi paleozoci e mesozoici, asciutte;
- Da **1,20 m a 2,00 m** Ghiaie molto grossolane in scarsa matrice sabbiosa limosa marrone giallognola molto addensata con gli elementi grossolani poco arrotondati di litotipi paleozoci e mesozoici, asciutte;
- Da **2,20 m e oltre** Conglomerati e arenarie lapidee mesozoiche.

PROVA PENETROMETRICA 220901_DPSH06

- Da **0,00 m a 1,40 m** I valori di resistenza meccanica alla punta si presentano abbastanza omogenei quanto elevati e sono da riferire ai depositi pedogenici superficiali e alle ghiaie sabbiose limose superficiali molto addensate. N_{20} medio = 25
- Da **1,40 m e oltre?** I valori di resistenza alla punta aumentano in maniera molto netta verso il rifiuto all'avanzamento (1,60 m) da riferire al basamento lapideo locale

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 18 di 32 |



Foto 8: Saggi di scavo 220914_Pz6. In evidenza i limiti di strato

2.3 Contesto geomorfologico e idrografico

La morfologia e l'evoluzione delle forme del territorio, in riferimento all'area vasta in studio, sono ovviamente influenzate dall'assetto geologico-strutturale del settore geografico e in particolare dagli eventi geodinamici occorsi durante il Terziario e quelli climatici caratterizzanti il Quaternario. Nell'Oligocene superiore, quando il blocco Sardo - Corso faceva parte della Placca Sud - Europea, la collisione nord - appenninica ha innescato una tettonica a carattere essenzialmente trascorrente di tipo transtensivo con la formazione della Fossa Sarda Auct. e la relativa trasgressione marina con la sedimentazione di varie successioni sedimentarie tra cui quella della Formazione di Fiume Santo. Tali depositi si presentano con forme molto dolci e circondate da rilievi in primis di età paleozoica e secondariamente mesozoica, con un assetto planoaltimetrico che ricorda una superficie di spianamento, per la quale, tuttavia, sarebbe difficile stabilirne l'origine. Si potrebbe trattare della parte distale di una lunga superficie pedimentaria, ma non si può però escludere che si tratti di una superficie di abrasione marina, cioè di un vero e proprio terrazzo, ben conservato per via delle caratteristiche tessiturali e chimiche del substrato.

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 19 di 32 |

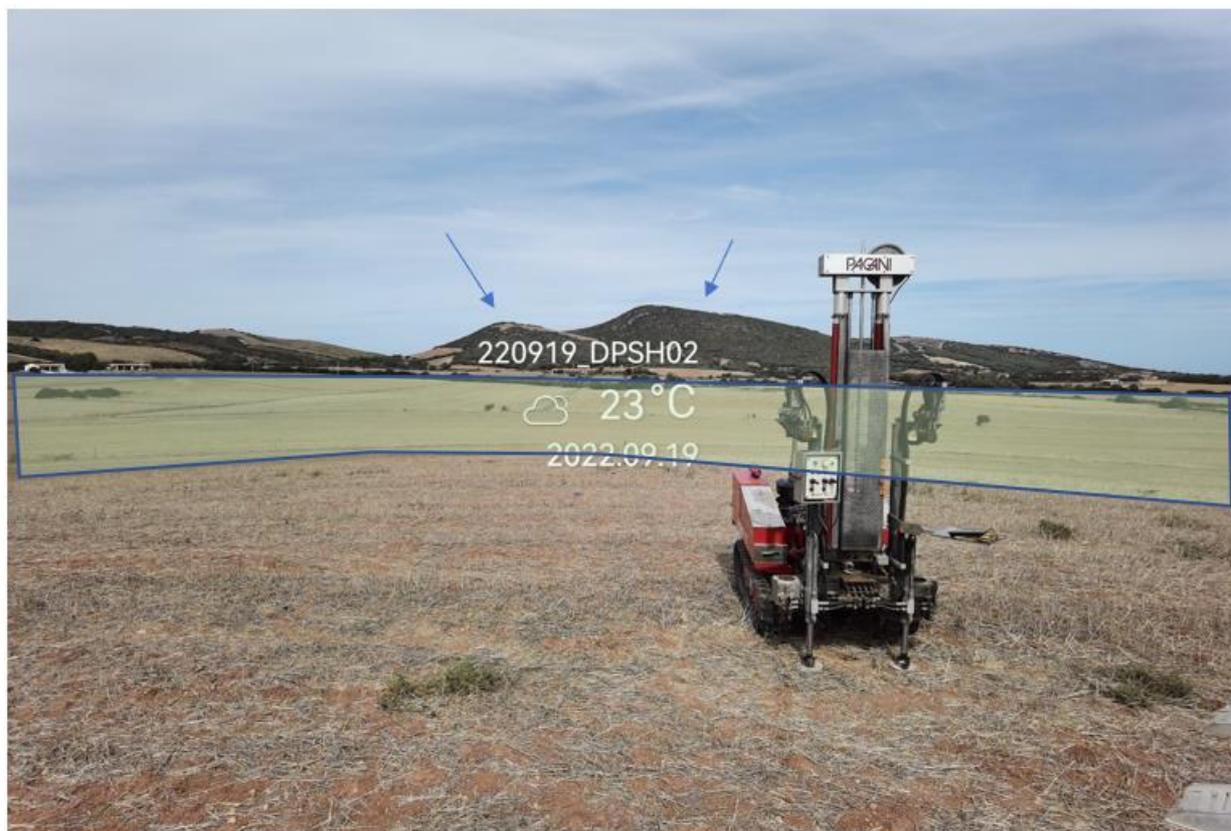


Foto 9: vista da posizionamento prova penetrometrica 220919_DPSH02. In lontananza i rilievi mesozoici (KEU) che circondano l'area in studi; al centro, evidenziata, la probabile superficie di spianamento. Vista verso NW

Da queste considerazioni possiamo affermare che l'assetto geologico strutturale locale conferisce all'area condizioni di assoluta stabilità.

Il reticolo idrografico dell'area, costituito da corsi d'acqua inclusi in bacini di I ordine, a carattere prevalentemente torrentizio stagionale, è poco sviluppato, con una serie di aste fluviali in alveo naturale, che complessivamente defluiscono verso NE. Si rileva, nelle aree più a N del lotto in studio (ZONA N° 3) la presenza di un bacino artificiale scavato al di sotto del piano di campagna, con scopo di intercetto ed accumulo delle acque di falda imbrifera.

2.4 Contesto idrogeologico

Le indagini effettuate non hanno individuato, per le profondità raggiunte, la presenza di falde imbrifere, fatta eccezione per la prova penetrometrica 220919_DPSH04, dove la misura piezometrica eseguita con una sonda freaticometrica all'interno del foro di prova, immediatamente dopo avere sfilato le aste di prolunga, hanno evidenziato la presenza di una falda imbrifera con quota piezometrica -4,68 m da p.c. Si ritiene, inoltre, più che probabile la presenza di circolazioni idriche profonde ($\approx 10,0 \div 20,0$ m) per permeabilità di tipo sia fissurale nello sviluppo verticale delle unità terrose e lapidee profonde.

Si riporta nuovamente la tabella delle letture piezometriche effettuate:

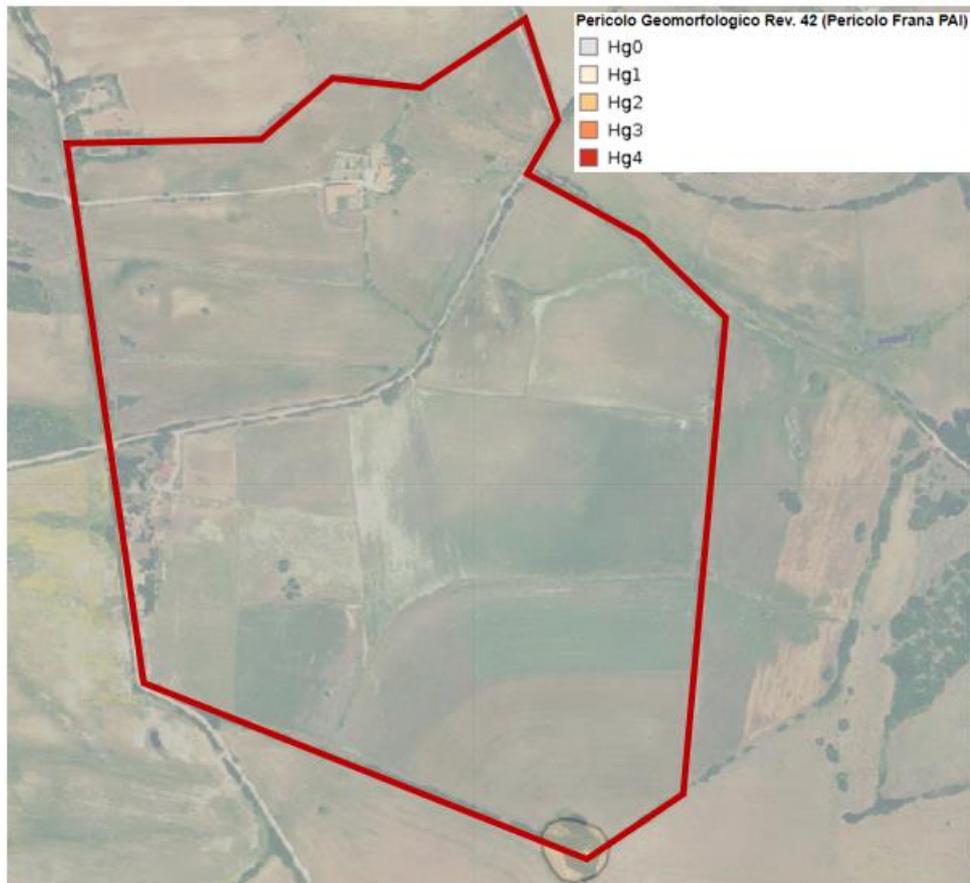
| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 20 di 32 |

| ID | DATA | PROFONDITÀ FORO (m da p.c.) | SOGGIACENZA (m da p.c.) |
|---------------|-------------|--|------------------------------------|
| 220914_Pz1 | 14/09/2022 | 3,20 | assente |
| 220914_Pz2 | 14/09/2022 | 3,50 | assente |
| 220914_Pz3 | 14/09/2022 | 3,50 | assente |
| 220914_Pz4 | 14/09/2022 | 3,20 | assente |
| 220914_Pz5 | 14/09/2022 | 3,00 | assente |
| 220914_Pz6 | 14/09/2022 | 2,00 | assente |
| 220919_DPSH01 | 19/09/2022 | 8,00 | assente |
| 220919_DPSH02 | 19/09/2022 | 4,00 | assente |
| 220919_DPSH03 | 19/09/2022 | 0,80 | assente |
| 220919_DPSH04 | 19/09/2022 | 8,20 | 4,68 |
| 220919_DPSH05 | 19/09/2022 | 7,00 | assente |
| 220919_DPSH06 | 19/09/2022 | 1,60 | assente |

2.5 Analisi vincolistica dell'area di intervento

A seguito di accertamenti e verifiche sul P.A.I. (Piano di assetto idrogeologico. Individuazione e perimetrazione delle aree a Rischio idraulico e geomorfologico e delle Relative misure di salvaguardia. Legge 267 del 3-08-1998 e successivi aggiornamenti (2020)) e sul P.F.A.R. (Piano Forestale Ambientale Regionale) si afferma che l'area vasta delimitata dal limite di proprietà, ed in particolare tutti i lotti di intervento che prevedono la realizzazione di soprastrutture, risultano inclusi in una fascia con pericolosità geomorfologica H₉₀ secondo *PAI 2018 Rev. 42 PERICOLO FRANA*, così come evidenziato in Tav. 4. La realizzazione dell'intero intervento dovrà, quindi, essere esclusivamente coerente agli strumenti urbanistici in vigore nell'area in studio ed ai piani di settore vigenti il cui compito volgerà a disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, e, in particolare, la realizzazione dei nuovi impianti in progetto.

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 21 di 32 |



Tav 4: Inquadramento aree di perimetrazione rischi PAI (2020). Pericolo idraulico Rev. 59

https://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=aree_tutelate

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 22 di 32 |

3 STUDIO GEOTECNICO

La schematizzazione geotecnica dell'area segue pedissequamente quella di sintesi stratigrafica, con l'identificazione di quattro unità geotecniche:

- limi sabbiosi argillosi compatti superficiali
- limi sabbiosi argillosi molli profondi
- una coltre detritica in facies ghiaiosa grossolana
- il substrato lapideo costituito da marne o arenarie e conglomerati

Data la forte disomogeneità della distribuzione, sia orizzontale che verticale, dei litotipi si procede alla parametrizzazione riferendosi alla suddivisione in zone così come al par. 2.2

3.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

3.1.1 ZONA N°1



La caratterizzazione dell'area è stata resa possibile dalla realizzazione di tre saggi di scavo: 220914_Pz1, 220914_Pz2 e 220914_Pz3, oltre che con l'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche: 220914_DPSH01, 220914_DPSH02 e 220914_DPSH03. Nell'area si rilevano tre strati così distinti dall'alto verso il basso:

- **LIMI SABBIOSI ARGILLOSI COMPATTI SUPERFICIALI:** lo strato include la copertura da pedogenesi e terreni costituiti da limi sabbiosi argillosi con intercalazioni ghiaiose, in matrice comunque limosa sabbiosa argillosa, con tessitura spesso grossolana (ciottoli e/o trovanti anche decimetrici, e, in taluni casi, con inclusi globulari (con dimensioni anche pluridecimetriche) o livelli cementati (con spessori decimetrici), entrambi generati dalla riprecipitazione secondaria di carbonati. La presenza di queste intercalazioni grossolane può comportare brevi aumenti della resistenza dinamica delle DPSH fino al rifiuto all'avanzamento della stessa (220919_DPSH03)

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 23 di 32 |

- LIMI SABBIOSI ARGILLOSI MOLLI PROFONDI: trattasi di terre in facies limoso sabbiosa argillosa, non osservate, in questa zona, nei saggi di scavo eseguiti, visto che il tetto dello strato è posizionato solitamente a circa 3,00 m di profondità da p.c., ma facilmente individuabili in tutte le DPSH che li hanno attraversati, data la sensibile diminuzione del valore N_{20}
- MARNE LAPIDEE: basamento lapideo locale rilevato solo nella prova penetrometrica 220919_DPSH05, ma ben evidenziato nei rilevamenti geofisici per i quali si rimanda al report allegato.

LIMI SABBIOSI ARGILLOSI COMPATTI SUPERFICIALI

Da **0,00 m min - 3,00 m**: il comportamento meccanico dello strato è quello proprio delle terre fini (coesivo);

| | | | | |
|--------------------------------|--------------------|-------------|-------------------|---|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | 3,00 | m | |
| SPESSORE DELLO STRATO | | 3,00 | m | |
| N_{20} | | 12 | | PS_20220919_253 PS_20220919_255 PS_20220919_257 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | 12 | MPa | PS_20220919_253 PS_20220919_255 PS_20220919_257 |
| N_{SPT} | | 13 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (ϕ) | 0 | ° | |
| COESIONE NON DRENATA | (C_u) | 92 | kPa | TerzaghiPeck |
| DENSITÀ RELATIVA | D_r | - | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ_{nat}) | 20,0 | kN/m ³ | Meyerhof |
| MODULO ELASTICO | (E) | 12,7 | MPa | Schultze |
| MODULO EDOMETRICO | (E_d) | 11,5 | MPa | Vesic |

LIMI SABBIOSI ARGILLOSI MOLLI PROFONDI

Da **3,00 m min - 7,00 m (min) e oltre**: il comportamento meccanico dello strato è quello proprio delle terre fini (coesivo);

| | | | | |
|--------------------------------|--------------------|--------------|-------------------|---|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | ≥7,00 | m | |
| SPESSORE DELLO STRATO | | ≥4,00 | m | |
| N_{20} | | 7 | | PS_20220919_253 PS_20220919_255 PS_20220919_257 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | 7 | MPa | PS_20220919_253 PS_20220919_255 PS_20220919_257 |
| N_{SPT} | | 8 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (ϕ) | 0 | ° | |
| COESIONE NON DRENATA | (C_u) | 57 | kPa | TerzaghiPeck |
| DENSITÀ RELATIVA | D_r | - | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ_{nat}) | 18,6 | kN/m ³ | Meyerhof |
| MODULO ELASTICO | (E) | 7,0 | MPa | Schultze |
| MODULO EDOMETRICO | (E_d) | 7,1 | MPa | Vesic |

MARNA LAPIDEA

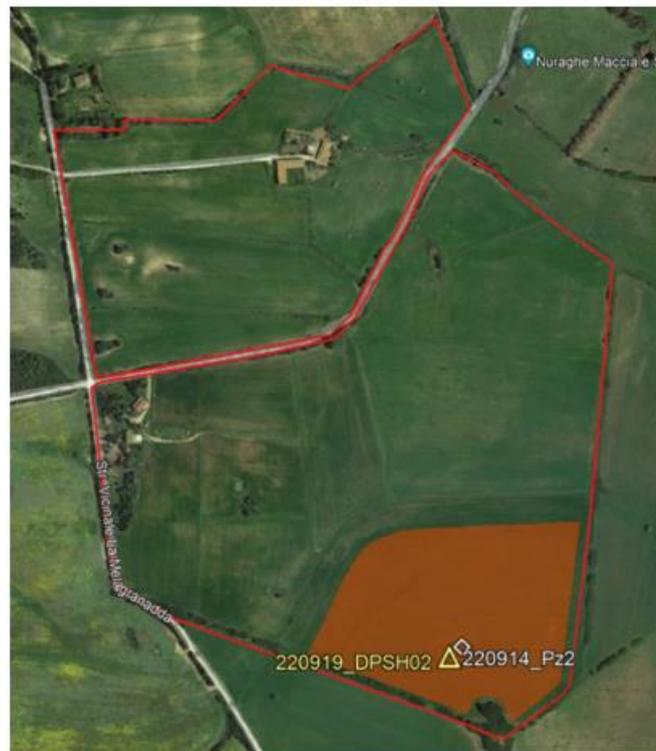
Da **3,00 m max e oltre**: marne lapidee molto consistenti. Il comportamento meccanico è quello proprio di un ammasso roccioso, che ha comportato il rifiuto all'avanzamento della prova penetrometrica DPSH eseguita.

| | | | | |
|---|---|--|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | | Pag. | 24 di 32 |

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stata effettuata sulla base delle conoscenze dello scrivente circa le caratteristiche strutturali locali dello stesso e adottando il metodo di Beniauskas (1989), noto anche come RMR System.

| | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|----------------|-------------------|-----------------------------------|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | - | m | |
| SPESORE DELLO STRATO | | - | m | |
| N₂₀ | | >50 | | PS_20220901_198 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | - | Mpa | PS_20220901_198 |
| N_{SPT} | | >50 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (φ) | 25÷35 | ° | RMR System - Beniauskas (1989) |
| COESIONE NON DRENATA | (C _u) | 200÷300 | kPa | RMR System - Beniauskas (1989) |
| DENSITÀ RELATIVA | D _r | - | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ _{nat}) | 20÷22 | kN/m ³ | RMR System - Beniauskas (1989) |
| MODULO ELASTICO | (E) | 52 | MPa | RMR System - Beniauskas (1989) |

3.1.2 ZONA N°2



La caratterizzazione dell'area è stata resa possibile dalla realizzazione di un saggio di scavo (220914_Pz2) e con l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica (220919_DPSH02). Nell'area si rileva la presenza di una copertura pedogenetica direttamente poggiata sui LIMI SABBIOSI ARGILLOSI MOLLI PROFONDI di cui alla precedente zona. I limi poggiano, con contatto netto, sul basamento lapideo locale, costituito dalle MARNE LAPIDEE che affiorano nel prospiciente rilievo topografico non coltivato.

| | | | | |
|---|---|--|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | | Pag. | 25 di 32 |

LIMI SABBIOSI ARGILLOSI MOLLI PROFONDI

Da **3,00 m min - 7,00 m (min) e oltre**: il comportamento meccanico dello strato è quello proprio delle terre fini (coesivo);

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | 3,80 | m | |
| SPESSORE DELLO STRATO | | 3,80 | m | |
| N₂₀ | | 7 | | PS_20220919_254 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | 7 | MPa | PS_20220919_254 |
| N_{SPT} | | 8 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (ϕ) | 0 | ° | |
| COESIONE NON DRENATA | (C _u) | 57 | kPa | TerzaghiPeck |
| DENSITÀ RELATIVA | D _r | - | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ_{nat}) | 18,6 | kN/m ³ | Meyerhof |
| MODULO ELASTICO | (E) | 7,0 | MPa | Schultze |
| MODULO EDOMETRICO | (E _d) | 7,1 | MPa | Vesic |

MARNA LAPIDEA

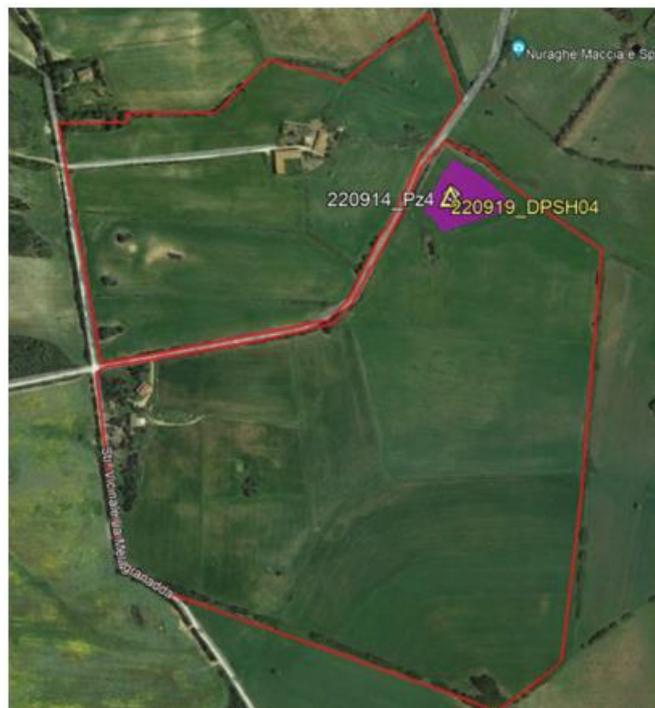
Da **3,00 m max e oltre**: marne lapidee molto consistenti. Il comportamento meccanico è quello proprio di un ammasso roccioso, che ha comportato il rifiuto all'avanzamento della prova penetrometrica DPSH eseguita.

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stata effettuata sulla base delle conoscenze dello scrivente circa le caratteristiche strutturali locali dello stesso e adottando il metodo di Beniawsky (1989), noto anche come RMR System.

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | - | m | |
| SPESSORE DELLO STRATO | | - | m | |
| N₂₀ | | >50 | | PS_20220901_198 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | - | Mpa | PS_20220901_198 |
| N_{SPT} | | >50 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (ϕ) | 25÷35 | ° | RMR System - Beniawsky (1989) |
| COESIONE NON DRENATA | (C _u) | 200÷300 | kPa | RMR System - Beniawsky (1989) |
| DENSITÀ RELATIVA | D _r | - | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ_{nat}) | 20÷22 | kN/m ³ | RMR System - Beniawsky (1989) |
| MODULO ELASTICO | (E) | 52 | MPa | RMR System - Beniawsky (1989) |

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 26 di 32 |

3.1.3 ZONA N°3



La caratterizzazione dell'area è stata resa possibile dalla realizzazione di un saggio di scavo (220901_Pz4) e con l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica (220901_DPSH04). La zona n° 3 è pressoché identica alla zona n°1, con i depositi da pedogenesi sovrapposti ai limi sabbiosi argillosi compatti superficiali, a loro volta sovrapposti ai limi sabbiosi argillosi molli profondi; la sostanziale differenza consiste nell'elevata inconsistenza di questi ultimi, che peraltro si presentano in condizioni idrauliche sature: si rileva, infatti, la presenza di una falda imbriferà, il cui livello piezometrico è stato misurato all'interno del foro della prova DPSH eseguita (4,68 m da p.c.).

LIMI SABBIOSI ARGILLOSI COMPATTI SUPERFICIALI

Da **0,00 m min - 3,00 m**: il comportamento meccanico dello strato è quello proprio delle terre fini (coesivo);

| | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | 3,20 | m | |
| SPESORE DELLO STRATO | | 3,20 | m | |
| N₂₀ | | 12 | | PS_20220919_256 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | 12 | MPa | PS_20220919_256 |
| N_{SPT} | | 13 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (φ) | 0 | ° | |
| COESIONE NON DRENATA | (C _u) | 92 | kPa | TerzaghiPeck |
| DENSITÀ RELATIVA | D _r | - | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ _{nat}) | 20,0 | kN/m ³ | Meyerhof |
| MODULO ELASTICO | (E) | 12,7 | MPa | Schultze |
| MODULO EDOMETRICO | (E _d) | 11,5 | MPa | Vesic |

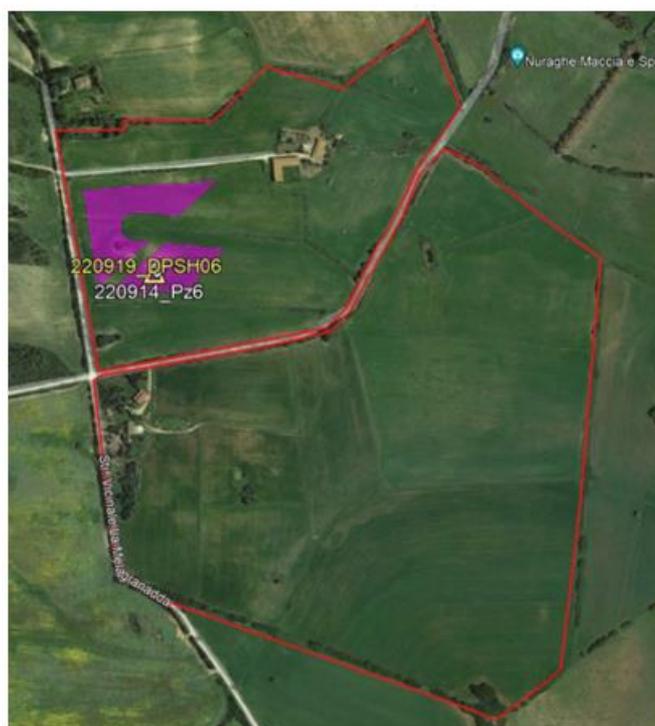
LIMI SABBIOSI ARGILLOSI MOLLI PROFONDI

Da **3,00 m min - 8,00 m e oltre**: il comportamento meccanico dello strato è quello proprio delle terre fini (coesivo);

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 27 di 32 |

| | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|--------------|-------------------|-----------------|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | ≥8,00 | m | |
| SPESORE DELLO STRATO | | ≥4,60 | m | |
| N₂₀ | | 1 | | PS_20220919_256 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | 1 | MPa | PS_20220919_256 |
| N_{SPT} | | 1 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (φ) | 0 | ° | |
| COESIONE NON DRENATA | (C _u) | 7 | kPa | TerzaghiPeck |
| DENSITÀ RELATIVA | D _r | - | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ _{nat}) | 18,0 | kN/m ³ | Meyerhof |
| MODULO ELASTICO | (E) | 3,9 | MPa | Schultze |
| MODULO EDOMETRICO | (E _d) | 1,5 | MPa | Vesic |

3.1.4 ZONA N°4



La caratterizzazione dell'area è stata resa possibile dalla realizzazione di un saggio di scavo (220914_Pz6) e con l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica (220901_DPSH06). L'area coincide con un alto morfologico locale, da riferire alla presenza di un substrato lapideo, che, con buona probabilità, non ha subito le dinamiche tettoniche di sprofondamento oligomioceniche. In questa zona la copertura terrosa da pedogenesi poggia su una coltre detritica molto grossolana ed addensata circa metrica che ricopre il basamento lapideo.

LIMI SABBIOSI ARGILLOSI MOLLI PROFONDI

Da **0,00 m min - 1,40 m**: il comportamento meccanico dello strato è quello proprio delle terre grossolane (attritivo);

| | | | | |
|---|---|--|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | | Pag. | 28 di 32 |

| | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | 1,40 | m | |
| SPESSORE DELLO STRATO | | 1,40 | m | |
| N₂₀ | | 25 | | PS_20220919_258 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | 25 | MPa | PS_20220919_258 |
| N_{SPT} | | 27 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (φ) | 40 | ° | Schmertmann |
| COESIONE NON DRENATA | (C _u) | 0 | kPa | |
| DENSITÀ RELATIVA | D _r | 91 | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ _{nat}) | 20.4 | kN/m ³ | Meyerhof |
| MODULO ELASTICO | (E) | 39 | MPa | Schultze |
| MODULO EDOMETRICO | (E _d) | - | MPa | |

CONGLOMERATI O ARENARIE LAPIDEE

Da **3,00 m max e oltre**: conglomerati o arenarie lapidee molto consistenti. Il comportamento meccanico è quello proprio di un ammasso roccioso, che ha comportato il rifiuto all'avanzamento della prova penetrometrica DPSH eseguita.

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stata effettuata sulla base delle conoscenze dello scrivente circa le caratteristiche strutturali locali dello stesso e adottando il metodo di Beniawsky (1989), noto anche come RMR System.

| | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|
| PROFONDITÀ BASE DELLO STRATO | (z) | - | m | |
| SPESSORE DELLO STRATO | | - | m | |
| N₂₀ | | >50 | | PS_20220901_198 |
| RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA | | - | Mpa | PS_20220901_198 |
| N_{SPT} | | >50 | | f.c.=1,1 |
| ANGOLO D'ATTRITO | (φ) | 25÷35 | ° | RMR System - Beniawsky (1989) |
| COESIONE NON DRENATA | (C _u) | 200÷300 | kPa | RMR System - Beniawsky (1989) |
| DENSITÀ RELATIVA | D _r | - | % | |
| PESO DI VOLUME NATURALE | (γ _{nat}) | 20÷22 | kN/m ³ | RMR System - Beniawsky (1989) |
| MODULO ELASTICO | (E) | 52 | MPa | RMR System - Beniawsky (1989) |

3.2 Analisi del rischio sismico globale del sito

Ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto, si definiscono di seguito i parametri sismici relativi alla struttura in studio:

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

La classificazione sismica del territorio nazionale al 31 marzo 2022, recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'OPCM 20 marzo 2003, n. 3274 e dell'OPCM 28 aprile 2006, n. 3519, inserisce il territorio delle aree in studio nella Zona 4 per la quale è previsto una accelerazione con probabilità di superamento pari a 10% in 50 anni $a_g \leq 0,05 g$

3.2.1 Calcolo dei parametri sismici

L'area in studio identificato dalle seguenti coordinate geografiche (WGS84)

| | | | | |
|---|---|--|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | | Pag. | 29 di 32 |

- latitudine: 40.795527
- longitudine: 8.2448860

e ricade all'interno del seguente reticolo di riferimento:

| Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo | | | | |
|---|-------|-------------|------------|------------------------|
| Punto 1 | ID: 1 | Lat: 41,320 | Lon: 8,100 | Distanza (km): 59.521 |
| Punto 2 | ID: 2 | Lat: 41,320 | Lon: 9,850 | Distanza (km): 146.642 |
| Punto 3 | ID: 3 | Lat: 38,850 | Lon: 8,100 | Distanza (km): 216.739 |
| Punto 4 | ID: 4 | Lat: 38,850 | Lon: 9,850 | Distanza (km): 256.133 |

Sito in esame:

Vita nominale della struttura (V_N): 50 anni

Classe d'uso:

I Presenza occasionale di persone, edifici agricoli

Periodo di riferimento (V_R):

50 anni

Categoria di sottosuolo:

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

Categoria topografica:

T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $I \leq 15^\circ$)

Coeff. smorzamento viscoso conv: 2%

Coefficiente CU:

2

Periodo di riferimento:

100 anni

Parametri sismici:

| | | P_{VR} (adm) | T_R (adm) | a_g (g) | F_0 (adm) | T_c (s) |
|------------|---------------------------------|-------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| SLE | SLO Operatività | 81% | 30 | 0,019 | 2,610 | 0,273 |
| | SLD Danno | 63% | 35 | 0,020 | 2,628 | 0,280 |
| SLU | SLV Salvaguardia vita | 10% | 332 | 0,045 | 2,855 | 0,332 |
| | SLC Prevenzione collasso | 5% | 682 | 0,055 | 2,930 | 0,356 |

Coefficienti sismici:

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--|------------|------------|------------|------------|
| SS Amplificazione stratigrafica | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| CC Coefficiente funz. categoria | 1,43 | 1,42 | 1,37 | 1,35 |
| ST Amplificazione topografica | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kh Coefficiente sismico orizzontale | 0,004 | 0,005 | 0,011 | 0,013 |
| Kv Coefficiente sismico verticale | 0,002 | 0,002 | 0,005 | 0,007 |
| A_{max} Accelerazione max attesa (m/sec²) | 0,219 | 0,235 | 0,532 | 0,647 |
| Beta | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 30 di 32 |

4 CONCLUSIONI

In riferimento al progetto per la realizzazione di un IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW, è stato commissionato allo scrivente geologo dott. Alessandro Stancari², dalla TEP RENEWABLES S.R.L, lo studio necessario alla stesura della presente RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA le cui finalità, riferite all'area in oggetto, sono:

- Descrivere, in generale, le caratteristiche geologiche stratigrafiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area vasta che include le aree;
- Conseguire la parametrizzazione geotecnica per i terreni interessati dai carichi di esercizio delle soprastrutture in progetto;
- Conseguire la caratterizzazione sismica del sito in conformità alla normativa vigente.

Le osservazioni e i dimensionamenti si basano su:

- Una analisi geologica dell'area di interesse basata sul dato bibliografico edito disponibile e sulle risultanze del rilevamento di campagna appositamente effettuato.
- N° 6 (sei) saggi di scavo geognostici
- N° 6 (sei) prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH
- N° 2 (due) analisi sismiche mediante metodo MASW e rifrazione
- Dati provenienti da indagini eseguite in aree adiacenti e geotecnicamente assimilabili.

Il substrato locale è costituito da terreni ascrivibili ad una successione sedimentaria del Miocene inferiore, denominata Formazione di Fiume Santo (**FUA**). Le facies di questa successione, nell'area qui in studio, sono costituite da depositi di origine detritica alluvionale prevalentemente in facies medio fine (limi sabbiosi) da molli a compatti ma talvolta anche in facies grossolana (ghiaie) fortemente addensata, con uno spessore di diversi metri (max 2÷3 m); questi depositi poggiano su un basamento lapideo, non sempre raggiunto dalle prove DPSH eseguite, costituito da litotipi di età mesozoica (**KEU**) a composizione marnosa.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da bacini di I grado, con regime a forte carattere stagionale, con deflusso generale verso NE.

L'area vasta in studio, risulta incluso nella fascia H₉₀ secondo il PAI 2018 Rev. 42 - PERICOLO FRANA: la realizzazione dell'intero intervento dovrà, quindi, essere esclusivamente coerente agli strumenti urbanistici in vigore nell'area in studio ed ai piani di settore vigenti il cui compito volgerà a disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, e, in particolare, la realizzazione dei nuovi impianti in progetto.

Le indagini effettuate non hanno individuato, per le profondità raggiunte, la presenza di falde imbrifere ad eccezione di una zona al limite N del perimetro complessivo dove una misura freaticometrica, eseguita nel foro della prova DPSH, ha individuato una falda imbrifera con livello piezometrico a -4,68 da p.c. attuale; si ritiene più che probabile la presenza di circolazioni idriche profonde ($\approx 10,0 \div 20,0$ m) per permeabilità di tipo fessurale nell'ambito degli spessori dei litotipi lapidei.

La caratterizzazione geotecnica svolta ha evidenziato la presenza di terreni con comportamento meccanico sia attritivo che coesivo, entrambi contraddistinti da valori dei parametri geotecnici da medi a molto elevati; fa eccezione una zona a N dell'area in studio dove si evidenziano, in profondità, terreni con valori di resistenza meccanica alla punta molto scadenti.

Per le caratteristiche tecniche dell'indagine geofisica e per i relativi risultati conseguiti si rimanda al Report Sismico allegato alla presente relazione.

| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 31 di 32 |

Sanluri, settembre 2022

Dott. Geol. Alessandro Stancari



| | | | |
|---|---|-------------|----------|
|  | IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS) | Rev. | 0 |
| | 22-00035-IT-SANTAGIUSTA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Pag. | 32 di 32 |

5 ALLEGATI

In allegato alla presente relazione:

Certificati prova penetrometrica DPSH:

- PS_20220919_253
- PS_20220919_254
- PS_20220919_255
- PS_20220919_256
- PS_20220919_257
- PS_20220919_258

Report Sismico: INDAGINE GEOFISICA

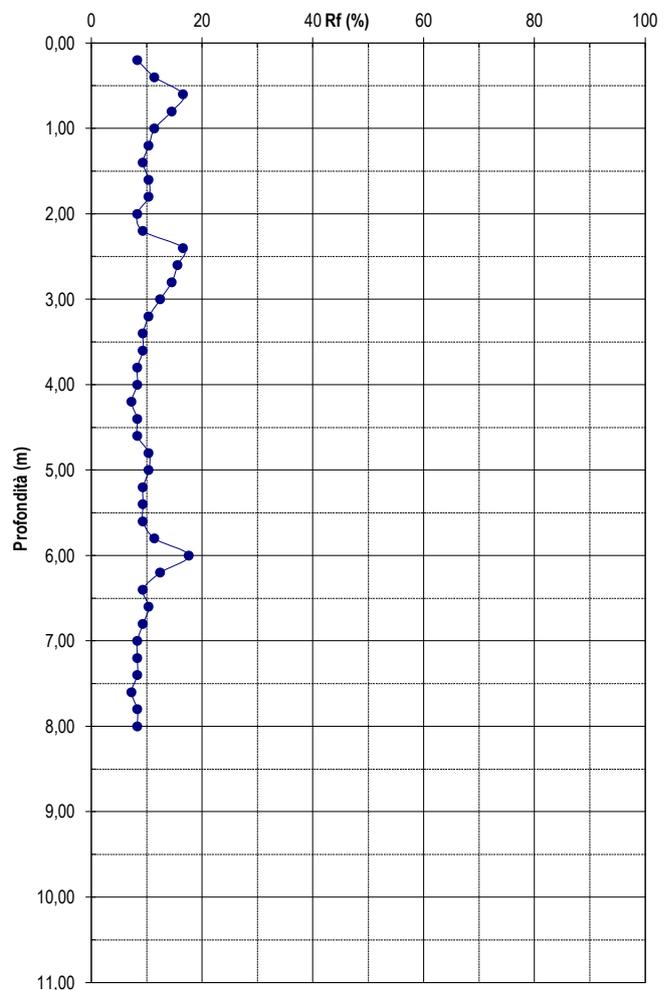
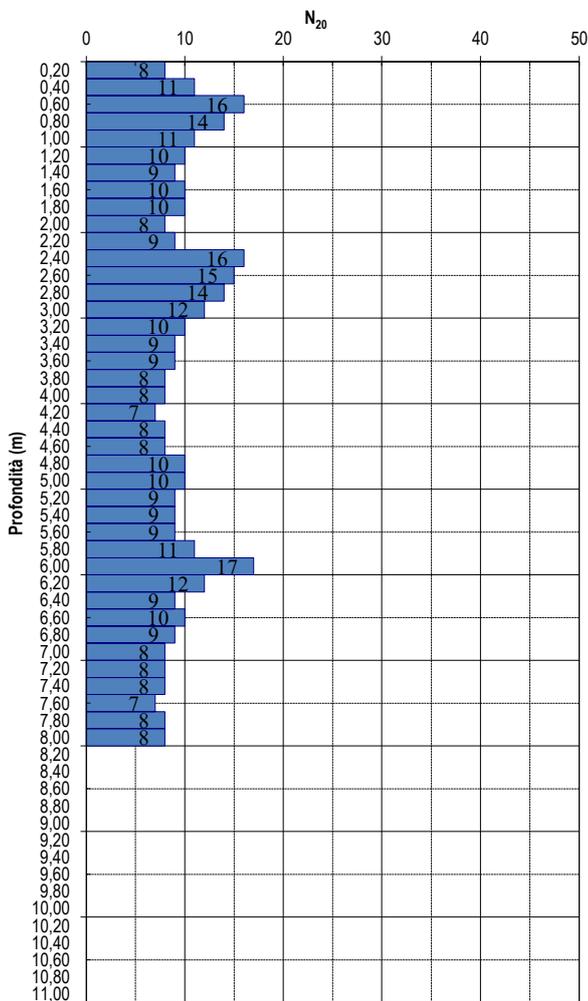


SEDE LEGALE E UFFICI Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
LABORATORIO Via Cagliari n. 33
Zona Industriale di Sanluri
TELEFONO / FAX +39 070 501363
E MAIL info@geotechna.eu
PEC geotechna.cagliari@pec.it

CERTIFICATO N.: PS_20220919_253
COMMITTENTE: TEP RENEWABLES S.r.l.
LOCALITA': Santa Giusta (SS)
CANTIERE: Nuovo Fotovoltaico Agricolo
NOME PROVA 220919_DPSH01
PREFORO 0 (m)
LIVELLO FALDA - (m)
TECNICO OPER. Dott. Alessandro STANCARI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA [ISSMFE 1988-89]

DATA INIZIO PROVA: 19/09/2022
PENETROMETRO Pagani mod: Tg 63-200
DISPOSITIVO BATTITURA DPSH-B
CARATTERISTICHE DELLA PUNTA: Apertura: 90° - Superficie base: 20 cm²



IL TECNICO DI LABORATORIO
Dott. Geol. Alessandro Stancari

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

| Profondità (m) | N ₂₀ | Rpd (kg/cm ²) | Rpd (MPa) |
|-------------------|-----------------|------------------------------|--------------|
| 0,2 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 0,4 | 11 | 116,31 | 11,4 |
| 0,6 | 16 | 169,19 | 16,6 |
| 0,8 | 14 | 148,04 | 14,5 |
| 1 | 11 | 116,31 | 11,4 |
| 1,2 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 1,4 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 1,6 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 1,8 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 2 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 2,2 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 2,4 | 16 | 169,19 | 16,6 |
| 2,6 | 15 | 158,61 | 15,6 |
| 2,8 | 14 | 148,04 | 14,5 |
| 3 | 12 | 126,89 | 12,4 |
| 3,2 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 3,4 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 3,6 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 3,8 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 4 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 4,2 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 4,4 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 4,6 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 4,8 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 5 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 5,2 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 5,4 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 5,6 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 5,8 | 11 | 116,31 | 11,4 |
| 6 | 17 | 179,76 | 17,6 |
| 6,2 | 12 | 126,89 | 12,4 |
| 6,4 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 6,6 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 6,8 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 7 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 7,2 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 7,4 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 7,6 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 7,8 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 8 | 8 | 84,59 | 8,3 |

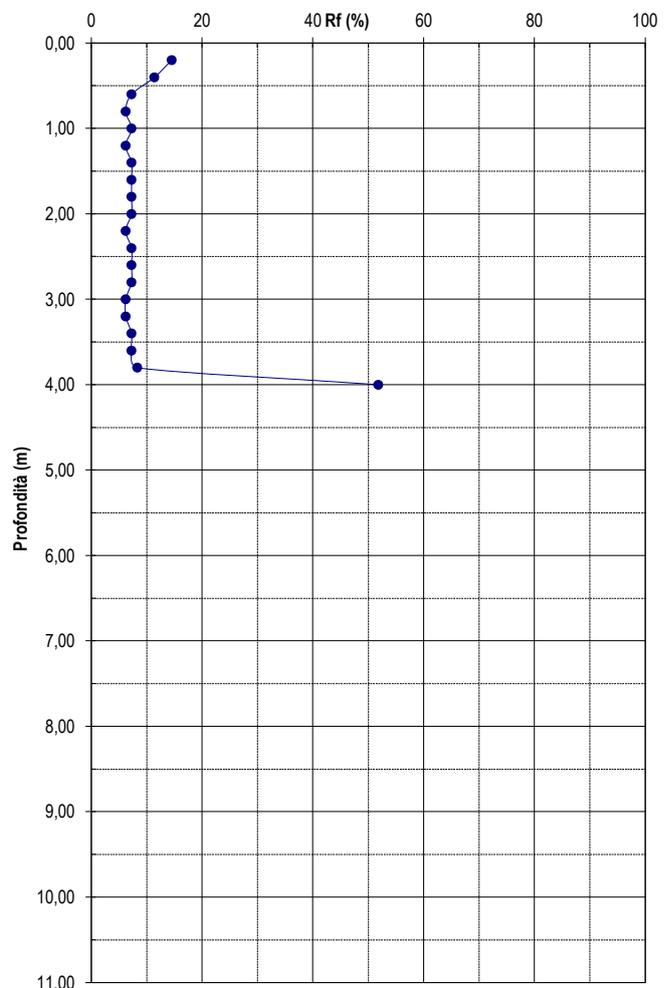
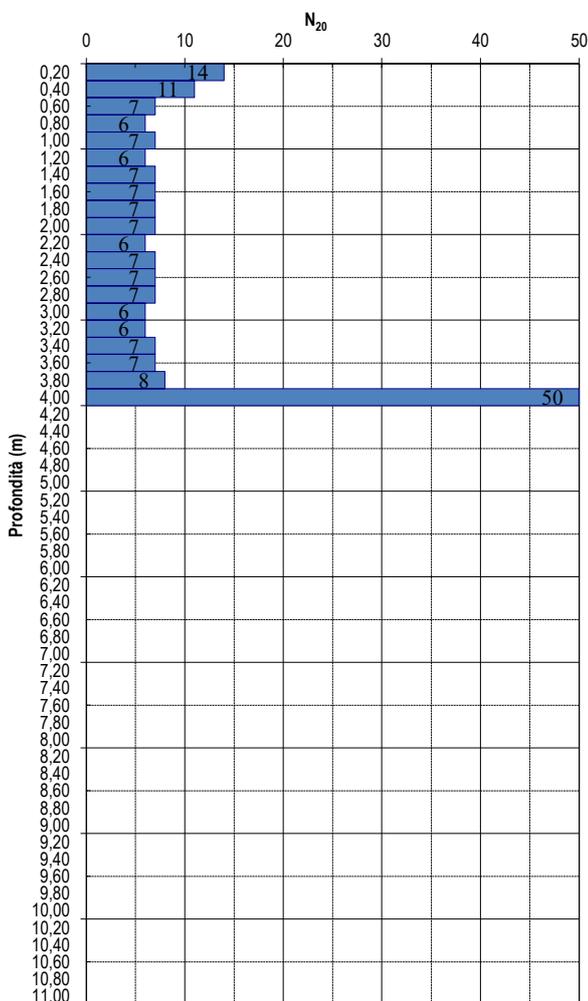


SEDE LEGALE E UFFICI Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
LABORATORIO Via Cagliari n. 33
Zona Industriale di Sanluri
TELEFONO / FAX +39 070 501363
E MAIL info@geotechna.eu
PEC geotechna.cagliari@pec.it

CERTIFICATO N.: PS_20220919_254
COMMITTENTE: TEP RENEWABLES S.r.l.
LOCALITA': Santa Giusta (SS)
CANTIERE: Nuovo Fotovoltaico Agricolo
NOME PROVA 220919_DPSH02
PREFORO 0 (m)
LIVELLO FALDA - (m)
TECNICO OPER. Dott. Alessandro STANCARI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA [ISSMFE 1988-89]

DATA INIZIO PROVA: 19/09/2022
PENETROMETRO Pagani mod: Tg 63-200
DISPOSITIVO BATTITURA DPSH-B
CARATTERISTICHE DELLA PUNTA: Apertura: 90° - Superficie base: 20 cm²



IL TECNICO DI LABORATORIO
Dott. Geol. Alessandro Stancari

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

| Profondità (m) | N ₂₀ | Rpd (kg/cm ²) | Rpd (MPa) |
|-------------------|-----------------|------------------------------|--------------|
| 0,2 | 14 | 148,04 | 14,5 |
| 0,4 | 11 | 116,31 | 11,4 |
| 0,6 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 0,8 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 1 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 1,2 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 1,4 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 1,6 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 1,8 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 2 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 2,2 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 2,4 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 2,6 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 2,8 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 3 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 3,2 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 3,4 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 3,6 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 3,8 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 4 | 50 | 528,70 | 51,8 |

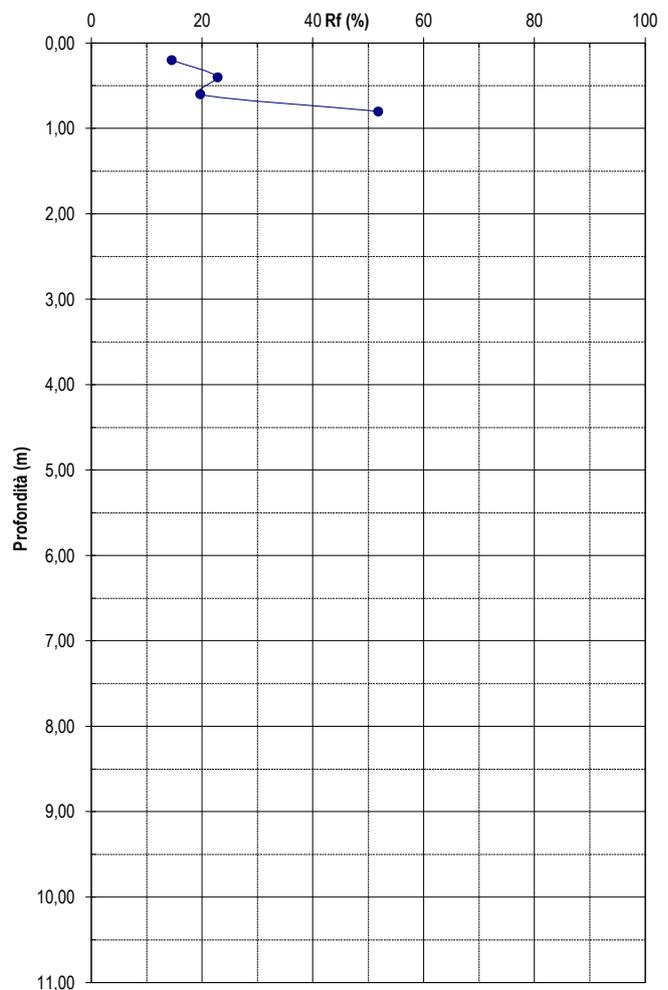
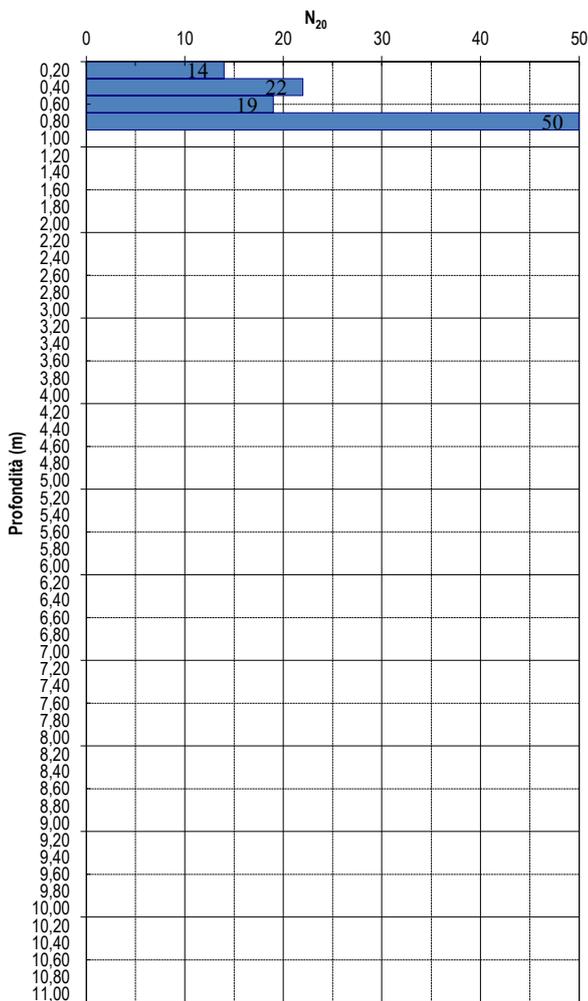


SEDE LEGALE E UFFICI Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
LABORATORIO Via Cagliari n. 33
Zona Industriale di Sanluri
TELEFONO / FAX +39 070 501363
E MAIL info@geotechna.eu
PEC geotechna.cagliari@pec.it

CERTIFICATO N.: PS_20220919_255
COMMITTENTE: TEP RENEWABLES S.r.l.
LOCALITA': Santa Giusta (SS)
CANTIERE: Nuovo Fotovoltaico Agricolo
NOME PROVA 220919_DPSH03
PREFORO 0 (m)
LIVELLO FALDA - (m)
TECNICO OPER. Dott. Alessandro STANCARI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA [ISSMFE 1988-89]

DATA INIZIO PROVA: 19/09/2022
PENETROMETRO Pagani mod: Tg 63-200
DISPOSITIVO BATTITURA DPSH-B
CARATTERISTICHE DELLA PUNTA: Apertura: 90° - Superficie base: 20 cm²



IL TECNICO DI LABORATORIO
Dott. Geol. Alessandro Stancari

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

| Profondità (m) | N ₂₀ | Rpd (kg/cm ²) | Rpd (MPa) |
|-------------------|-----------------|------------------------------|--------------|
| 0,2 | 14 | 148,04 | 14,5 |
| 0,4 | 22 | 232,63 | 22,8 |
| 0,6 | 19 | 200,91 | 19,7 |
| 0,8 | 50 | 528,70 | 51,8 |

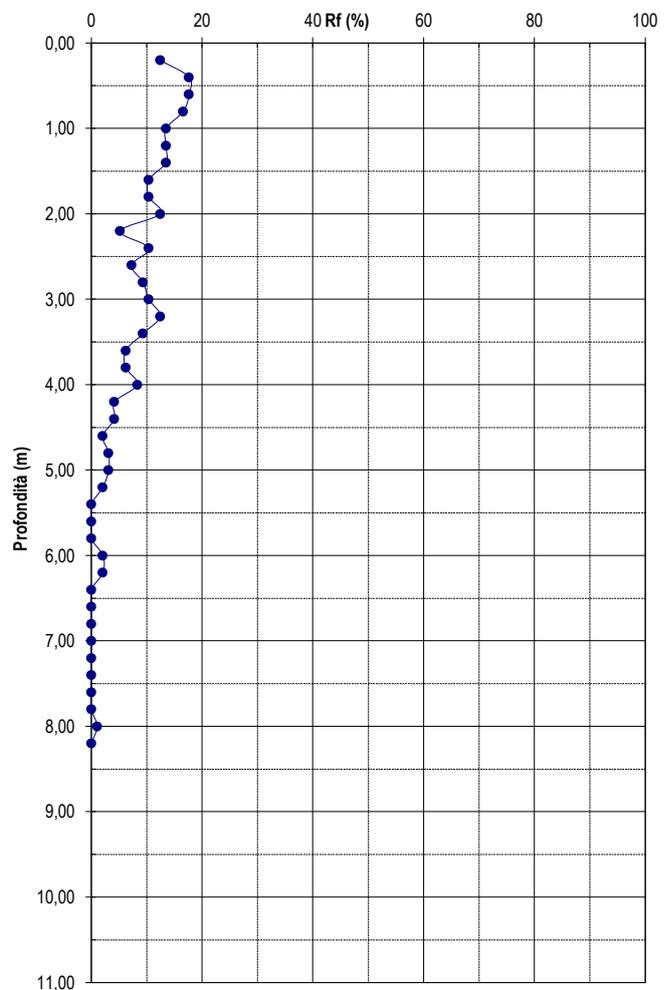
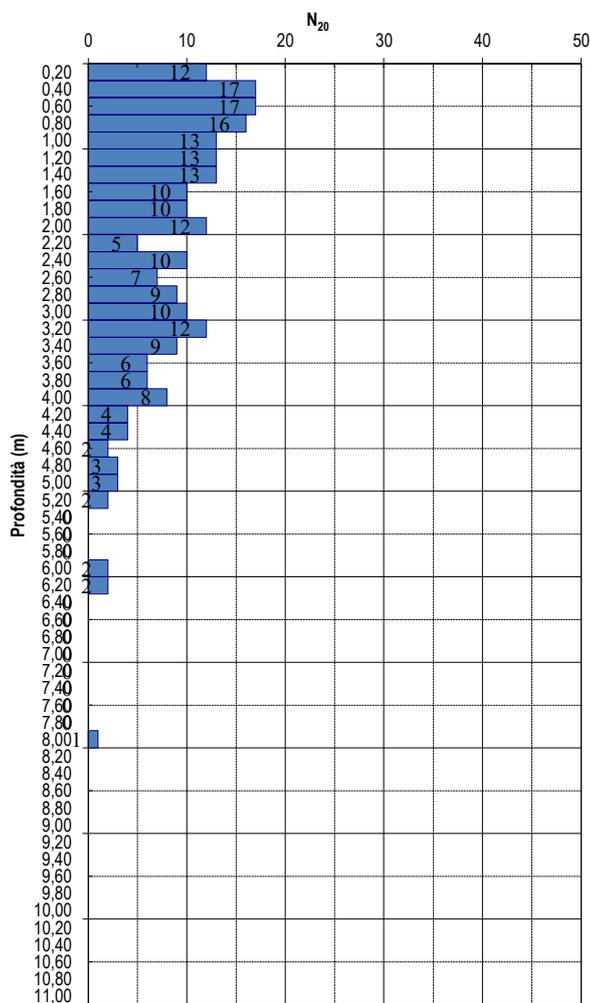


SEDE LEGALE E UFFICI Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
LABORATORIO Via Cagliari n. 33
Zona Industriale di Sanluri
TELEFONO / FAX +39 070 501363
E MAIL info@geotechna.eu
PEC geotechna.cagliari@pec.it

CERTIFICATO N.: PS_20220919_256
COMMITTENTE: TEP RENEWABLES S.r.l.
LOCALITA': Santa Giusta (SS)
CANTIERE: Nuovo Fotovoltaico Agricolo
NOME PROVA 220919_DPSH04
PREFORO 0 (m)
LIVELLO FALDA 4,68 (m)
TECNICO OPER. Dott. Alessandro STANCARI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA [ISSMFE 1988-89]

DATA INIZIO PROVA: 19/09/2022
PENETROMETRO Pagani mod: Tg 63-200
DISPOSITIVO BATTITURA DPSH-B
CARATTERISTICHE DELLA PUNTA: Apertura: 90° - Superficie base: 20 cm²



IL TECNICO DI LABORATORIO
Dott. Geol. Alessandro Stancari

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

| Profondità (m) | N ₂₀ | Rpd (kg/cm ²) | Rpd (MPa) |
|-------------------|-----------------|------------------------------|--------------|
| 0,2 | 12 | 126,89 | 12,4 |
| 0,4 | 17 | 179,76 | 17,6 |
| 0,6 | 17 | 179,76 | 17,6 |
| 0,8 | 16 | 169,19 | 16,6 |
| 1 | 13 | 137,46 | 13,5 |
| 1,2 | 13 | 137,46 | 13,5 |
| 1,4 | 13 | 137,46 | 13,5 |
| 1,6 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 1,8 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 2 | 12 | 126,89 | 12,4 |
| 2,2 | 5 | 52,87 | 5,2 |
| 2,4 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 2,6 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 2,8 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 3 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 3,2 | 12 | 126,89 | 12,4 |
| 3,4 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 3,6 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 3,8 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 4 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 4,2 | 4 | 42,30 | 4,1 |
| 4,4 | 4 | 42,30 | 4,1 |
| 4,6 | 2 | 21,15 | 2,1 |
| 4,8 | 3 | 31,72 | 3,1 |
| 5 | 3 | 31,72 | 3,1 |
| 5,2 | 2 | 21,15 | 2,1 |
| 5,4 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 5,6 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 5,8 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 6 | 2 | 21,15 | 2,1 |
| 6,2 | 2 | 21,15 | 2,1 |
| 6,4 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 6,6 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 6,8 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 7 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 7,2 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 7,4 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 7,6 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 7,8 | 0 | 0,00 | 0,0 |
| 8 | 1 | 10,57 | 1,0 |
| 8,2 | 0 | 0,00 | 0,0 |

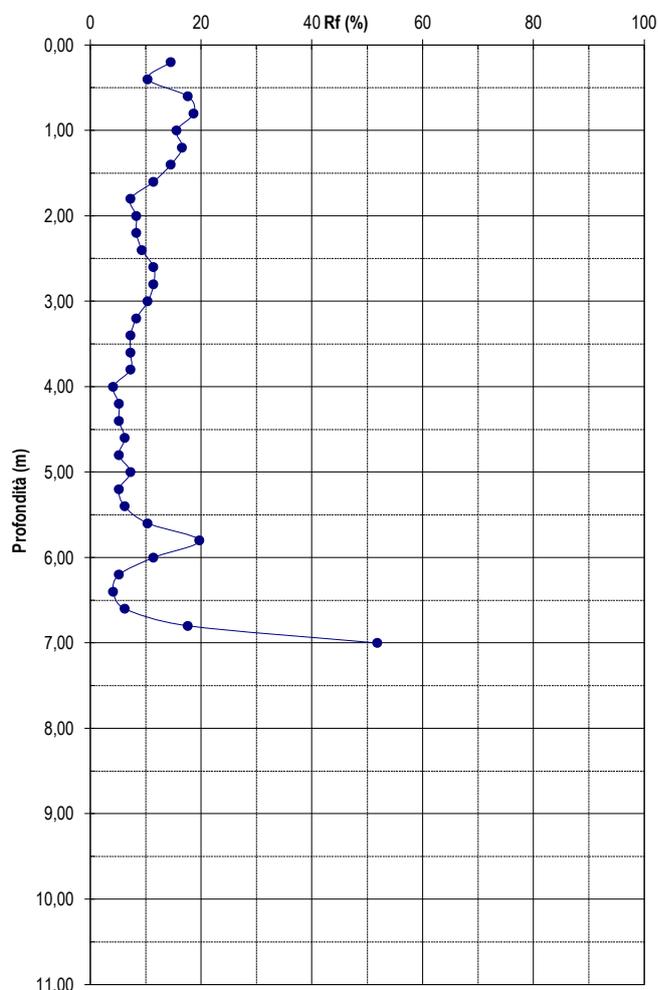
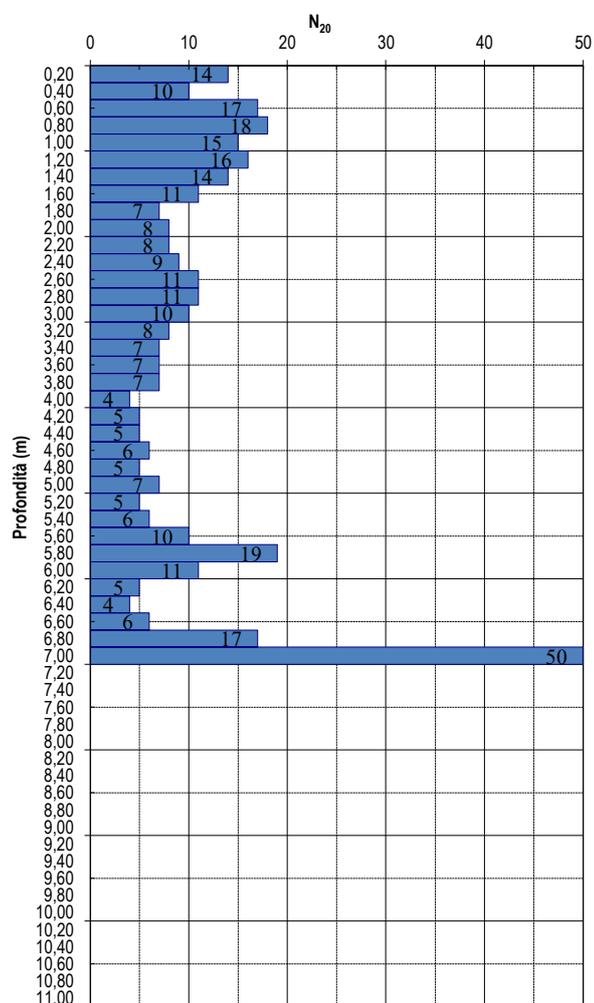


SEDE LEGALE E UFFICI Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
LABORATORIO Via Cagliari n. 33
Zona Industriale di Sanluri
TELEFONO / FAX +39 070 501363
E MAIL info@geotechna.eu
PEC geotechna.cagliari@pec.it

CERTIFICATO N.: PS_20220919_257
COMMITTENTE: TEP RENEWABLES S.r.l.
LOCALITA': Santa Giusta (SS)
CANTIERE: Nuovo Fotovoltaico Agricolo
NOME PROVA 220919_DPSH05
PREFORO 0 (m)
LIVELLO FALDA - (m)
TECNICO OPER. Dott. Alessandro STANCARI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA [ISSMFE 1988-89]

DATA INIZIO PROVA: 19/09/2022
PENETROMETRO Pagani mod: Tg 63-200
DISPOSITIVO BATTITURA DPSH-B
CARATTERISTICHE DELLA PUNTA: Apertura: 90° - Superficie base: 20 cm²



IL TECNICO DI LABORATORIO
Dott. Geol. Alessandro Stancari

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

| Profondità (m) | N ₂₀ | Rpd (kg/cm ²) | Rpd (MPa) |
|-------------------|-----------------|------------------------------|--------------|
| 0,2 | 14 | 148,04 | 14,5 |
| 0,4 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 0,6 | 17 | 179,76 | 17,6 |
| 0,8 | 18 | 190,33 | 18,7 |
| 1 | 15 | 158,61 | 15,6 |
| 1,2 | 16 | 169,19 | 16,6 |
| 1,4 | 14 | 148,04 | 14,5 |
| 1,6 | 11 | 116,31 | 11,4 |
| 1,8 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 2 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 2,2 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 2,4 | 9 | 95,17 | 9,3 |
| 2,6 | 11 | 116,31 | 11,4 |
| 2,8 | 11 | 116,31 | 11,4 |
| 3 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 3,2 | 8 | 84,59 | 8,3 |
| 3,4 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 3,6 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 3,8 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 4 | 4 | 42,30 | 4,1 |
| 4,2 | 5 | 52,87 | 5,2 |
| 4,4 | 5 | 52,87 | 5,2 |
| 4,6 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 4,8 | 5 | 52,87 | 5,2 |
| 5 | 7 | 74,02 | 7,3 |
| 5,2 | 5 | 52,87 | 5,2 |
| 5,4 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 5,6 | 10 | 105,74 | 10,4 |
| 5,8 | 19 | 200,91 | 19,7 |
| 6 | 11 | 116,31 | 11,4 |
| 6,2 | 5 | 52,87 | 5,2 |
| 6,4 | 4 | 42,30 | 4,1 |
| 6,6 | 6 | 63,44 | 6,2 |
| 6,8 | 17 | 179,76 | 17,6 |
| 7 | 50 | 528,70 | 51,8 |

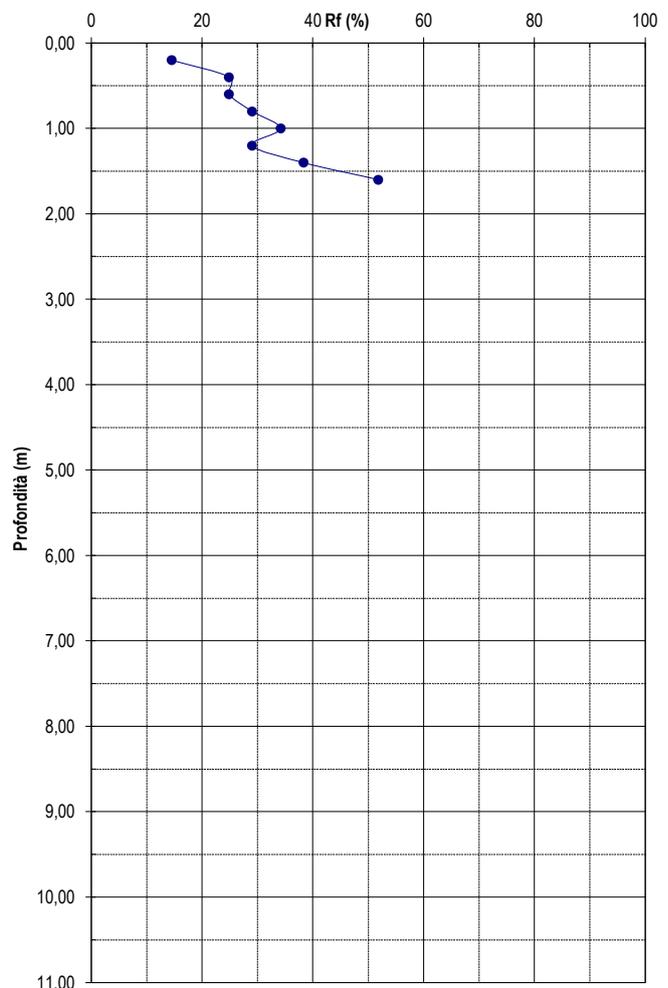
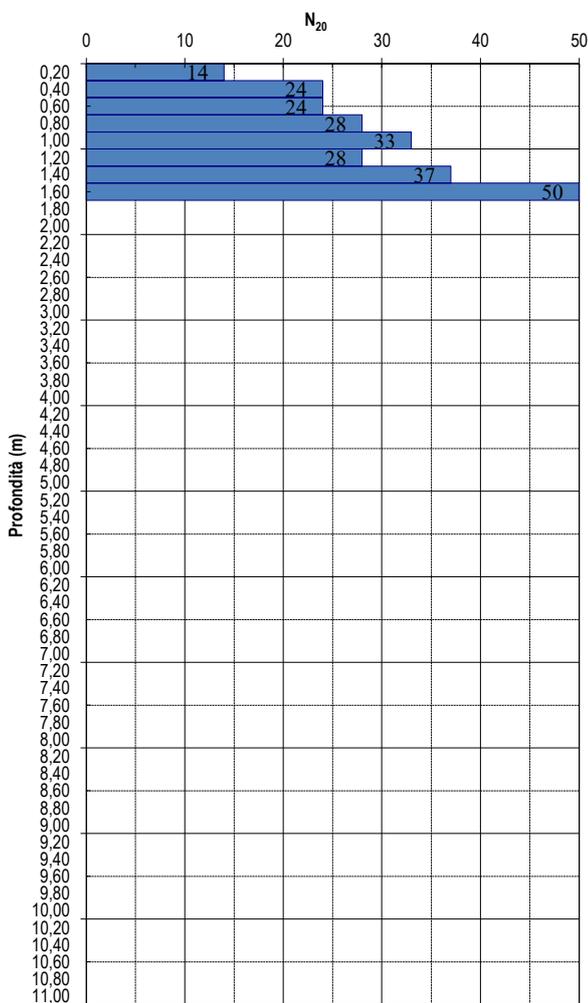


SEDE LEGALE E UFFICI Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
LABORATORIO Via Cagliari n. 33
Zona Industriale di Sanluri
TELEFONO / FAX +39 070 501363
E MAIL info@geotechna.eu
PEC geotechna.cagliari@pec.it

CERTIFICATO N.: PS_20220919_258
COMMITTENTE: TEP RENEWABLES S.r.l.
LOCALITA': Santa Giusta (SS)
CANTIERE: Nuovo Fotovoltaico Agricolo
NOME PROVA 220919_DPSH06
PREFORO 0 (m)
LIVELLO FALDA - (m)
TECNICO OPER. Dott. Alessandro STANCARI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA [ISSMFE 1988-89]

DATA INIZIO PROVA: 19/09/2022
PENETROMETRO Pagani mod: Tg 63-200
DISPOSITIVO BATTITURA DPSH-B
CARATTERISTICHE DELLA PUNTA: Apertura: 90° - Superficie base: 20 cm²



IL TECNICO DI LABORATORIO
Dott. Geol. Alessandro Stancari

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

| Profondità (m) | N ₂₀ | Rpd (kg/cm ²) | Rpd (MPa) |
|-------------------|-----------------|------------------------------|--------------|
| 0,2 | 14 | 148,04 | 14,5 |
| 0,4 | 24 | 253,78 | 24,9 |
| 0,6 | 24 | 253,78 | 24,9 |
| 0,8 | 28 | 296,07 | 29,0 |
| 1 | 33 | 348,94 | 34,2 |
| 1,2 | 28 | 296,07 | 29,0 |
| 1,4 | 37 | 391,24 | 38,4 |
| 1,6 | 50 | 528,70 | 51,8 |



Dott. Geol. Mario Collu
C.FISC: CLLMRA72A18H856W
P.IVA: 02592760926

Via: Via Cavour 7
09035 Gonnosfanadiga - SU
Tel: 3496413891
Email: collu.geo@gmail.com

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO)
COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp
POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW**

INDAGINE GEOFISICA

Data: AGOSTO 2022

**Il committente
TEP RENEWABLES S.R.L.**

**Il Tecnico
GEOL. MARIO COLLU**

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1.0 | Premessa | 2 |
| 2.0 | Dati generali e localizzazione | 2 |
| 3.0 | Indagini sismiche | 4 |
| 3.1 | MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) | 4 |
| 3.1.1 | Tecnica e parametri utilizzati | 4 |
| 3.1.2 | Strumentazione utilizzata..... | 5 |
| 3.1.3 | Elaborazione dei dati..... | 5 |
| 3.1.4 | Categorie di sottosuolo | 6 |
| 3.2 | RIFRAZIONE | 7 |
| 3.2.1 | Elaborazione | 7 |
| 4.0 | MASW 1..... | 8 |
| 4.1 | Localizzazione e foto | 8 |
| 4.2 | Risultati dell'indagine MASW M1..... | 9 |
| 4.2.1 | Tracce | 9 |
| 4.2.2 | Analisi spettrale e curva di dispersione..... | 9 |
| 4.2.3 | Inversione, profilo di velocità e sismostratigrafia | 10 |
| 4.2.4 | Risultati: categoria di sottosuolo e altri parametri geotecnici..... | 12 |
| 4.2.5 | Altri parametri geotecnici..... | 12 |
| 4.3 | Risultati dell'indagine sismica rifrazione R1 | 13 |
| 5.0 | MASW 2..... | 14 |
| 5.1 | Localizzazione e foto | 14 |
| 5.2 | Risultati dell'indagine MASW 2 | 15 |
| 5.2.1 | Tracce | 15 |
| 5.2.2 | Analisi spettrale e curva di dispersione..... | 15 |
| 5.2.3 | Inversione, profilo di velocità e sismostratigrafia | 16 |
| 5.2.4 | Risultati: categoria di sottosuolo e altri parametri geotecnici..... | 18 |
| 5.2.5 | Altri parametri geotecnici..... | 18 |
| 5.3 | Risultati dell'indagine sismica rifrazione R2 | 19 |

1.0 PREMESSA

Su incarico della TEP RENEWABLES S.R.L., lo scrivente, Dott. Geol. Mario Collu, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Sardegna al numero 455, redige la presente relazione sulle indagini geosismiche eseguite in località Santa Giusta nel Comune di Sassari (SS).

L'intervento consiste nella posa in opera di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 23,115 MW su una superficie di circa 50 ha con pannelli che presentano un'elevazione massima di 4,5 m rispetto al livello del suolo, questi saranno fissati direttamente al terreno tramite pali metallici di tipologia variabile in base alle caratteristiche del terreno.

2.0 DATI GENERALI E LOCALIZZAZIONE

L'indagine geosismica è stata eseguita nell'ambito del progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra (agrivoltaico) collegato alla RTN potenza nominale (dc) 23,115 MWp e potenza in immissione (ac) 20,5 MW.

L'ubicazione generale è riportata in Figura 1.

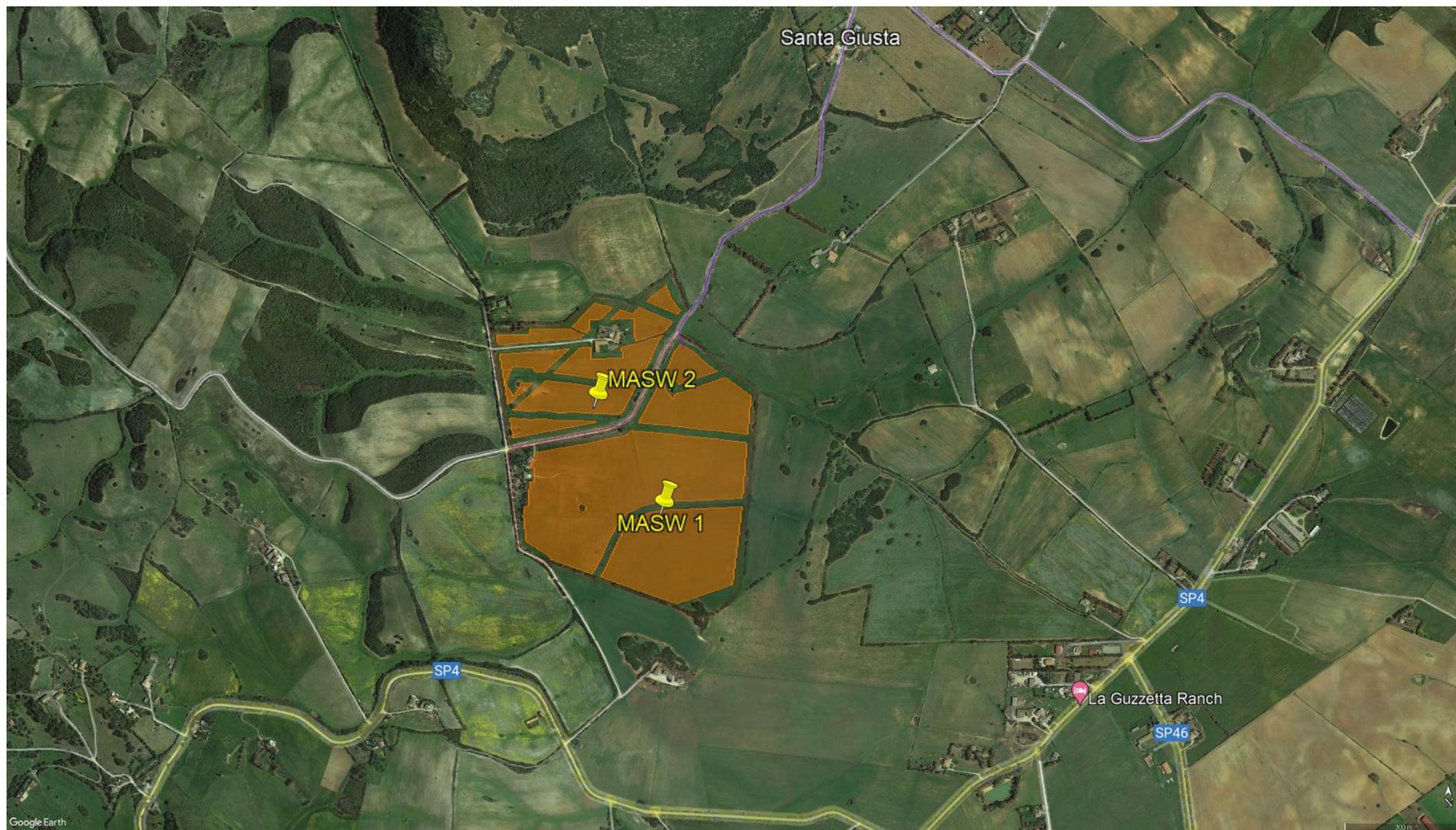


Figura 1. Inquadramento geografico dei 2 interventi (fonte Google Earth)

3.0 INDAGINI SISMICHE

La sismica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

3.1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

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

3.1.1 Tecnica e parametri utilizzati

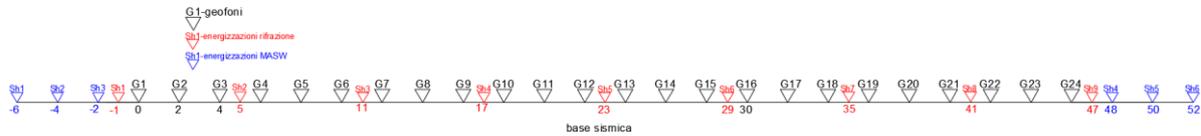
Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

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

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

L'indagine si sviluppa mediante la materializzazione sul terreno di una linea retta con la posa di una fettuccia metrica. A seguire vengono posizionati i geofoni intervallati ad una distanza pari a 1,5 m. Esternamente alla stesa geofonica, da ora base sismica, a distanza di interesse che può essere pari ad un multiplo della distanza intergeofonica ma anche variabile (in funzione delle disponibilità di

cantiere), sia in andata (ovvero in prossimità del geofono 1) che al ritorno (ovvero all'ultimo geofono posizionato sulla base sismica), vengono svolte delle energizzazioni mediante massa battente pari a Kg 10,0. Nel caso in esame, sono state svolte le energizzazioni in "andata" e in "ritorno" con distanza dal geofono 1 e dal geofono 24 crescente e pari a 2m e 4m e 6m.



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

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

Il numero di geofoni utile all'esecuzione ottimale di un'indagine M.A.S.W. è risultato, per il cantiere svolto, di 24 geofoni dei quali sono state utilizzate tutte le tracce. Il tempo dell'acquisizione è stata definita in 2 secondi.

3.1.2 Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione del cantiere d'interesse, ci siamo avvalsi di una strumentazione di acquisizione DoReMi, prodotto da SARA Electronic Instruments, 24bit con frequenza di campionamento 1000 Hz per ognuno dei 24 canali registrati, ciascuno attrezzato con geofoni verticali SARA electronics con frequenza propria di 4.5 Hz

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza battente da 10 kg impattante su piastra di battuta in duralluminio, diametro 18 cm, spessore 4 cm, peso 2 kg.

3.1.3 Elaborazione dei dati

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

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

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

3.1.4 Categorie di sottosuolo

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

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

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

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

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

Con:

h_i = spessore dello 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.

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

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

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

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

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

| Categoria | Descrizione | Profondità m | Vs 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. | Fino a 30 | C - D |

3.2 RIFRAZIONE

In ambito di indagini indirette l'esplorazione geofisica di sismica a rifrazione risulta tra le metodologie più affermate e meglio sperimentate. Il metodo si basa sugli effetti di rifrazione del segnale sismico in corrispondenza dell'interfaccia tra un mezzo soprastante a velocità sismica minore rispetto ad uno strato sottostante al primo con velocità sismica inferiore.

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

Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà fisico - meccaniche dei terreni e il grado di addensamento e/o la compattezza dei materiali da queste attraversati.

Le profondità raggiunte sono al massimo la metà della distanza compresa tra lo shot esterno e l'ultimo geofono della stesa sismica sviluppata. È comunque generalmente considerato che la profondità esplorata non superi 1/3 dello sviluppo geometrico sopradescritto.

La capacità risolutiva in termini di spessore degli strati sismici viene ad essere valutato in circa il 25% della distanza geofonica.

Nel caso in esame sono state eseguite 9 energizzazioni (due esterne e sette interne) al fine di meglio descrivere la geometria degli orizzonti rifrattori lungo l'intera base sismica, così come riportato precedentemente.

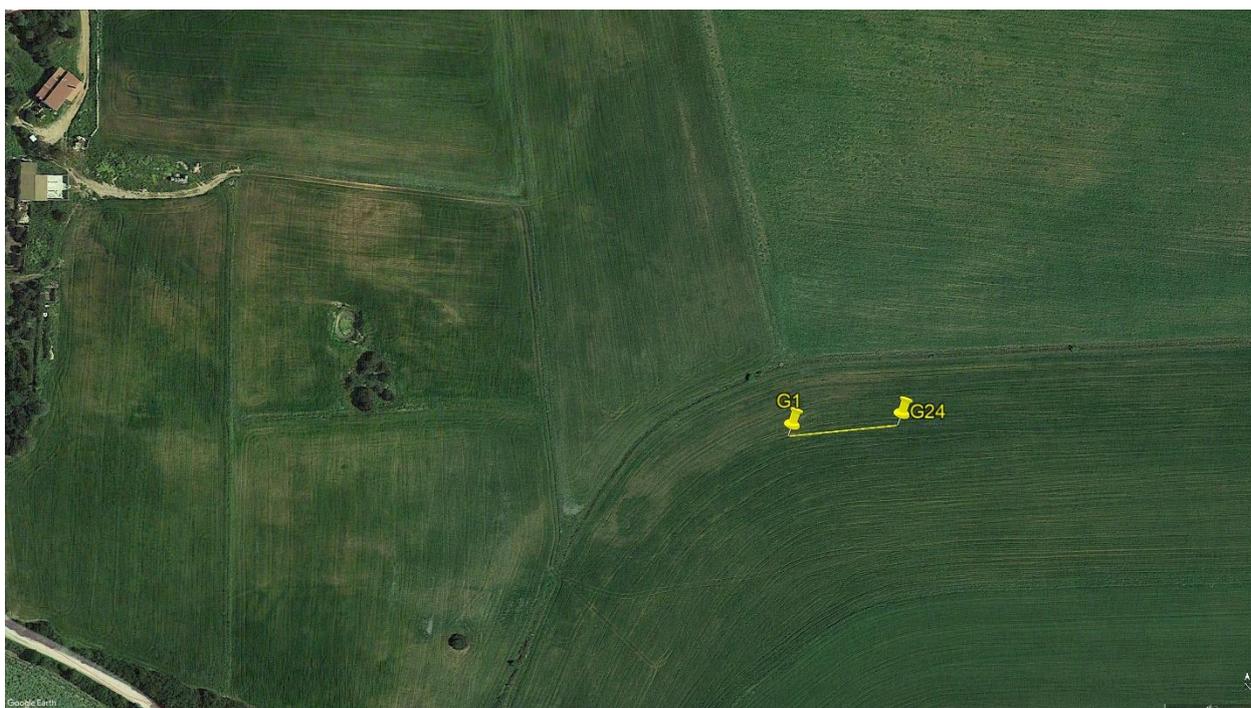
3.2.1 Elaborazione

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

4.0 MASW 1

4.1 Localizzazione e foto

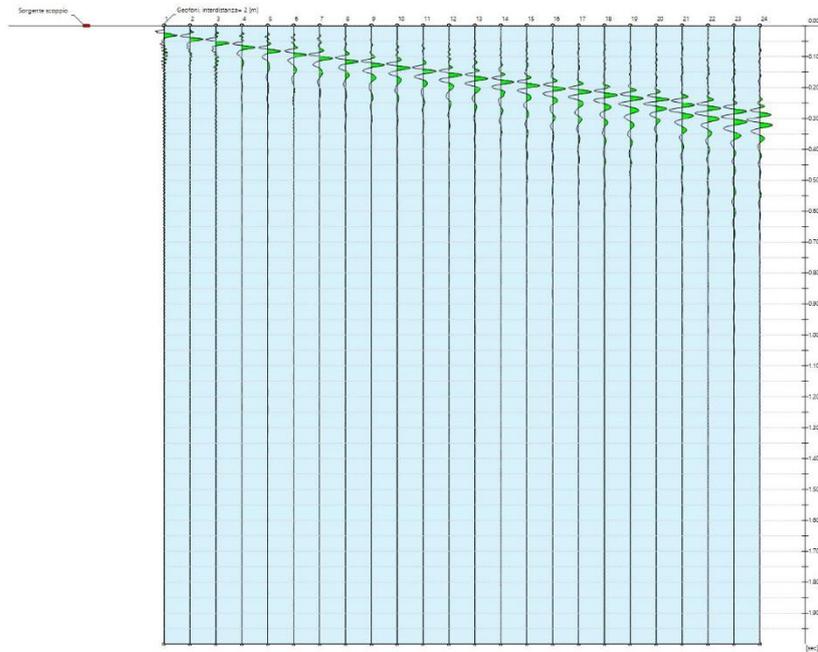
| | |
|--------------------|------------|
| Data | 19/09/2022 |
| Latitudine | 40.794483° |
| Longitudine | 8.245462° |



4.2 Risultati dell'indagine MASW M1

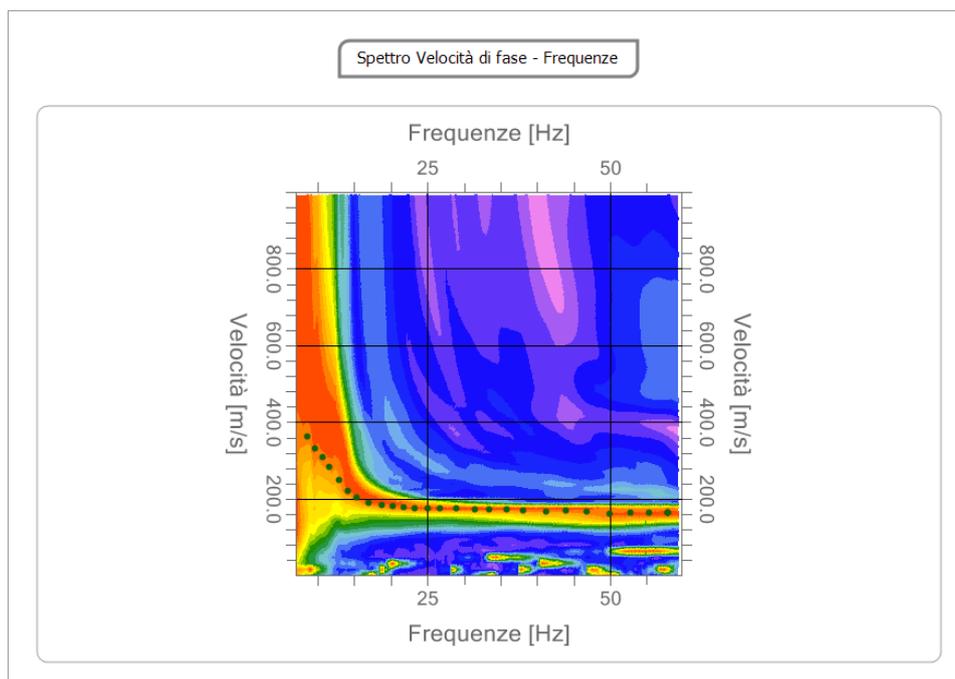
4.2.1 Tracce

| | |
|--|--------|
| N. tracce | 24 |
| Durata acquisizione [msec] | 2000.0 |
| Interdistanza geofoni [m] | 2.0 |
| Periodo di campionamento [msec] | 1.00 |



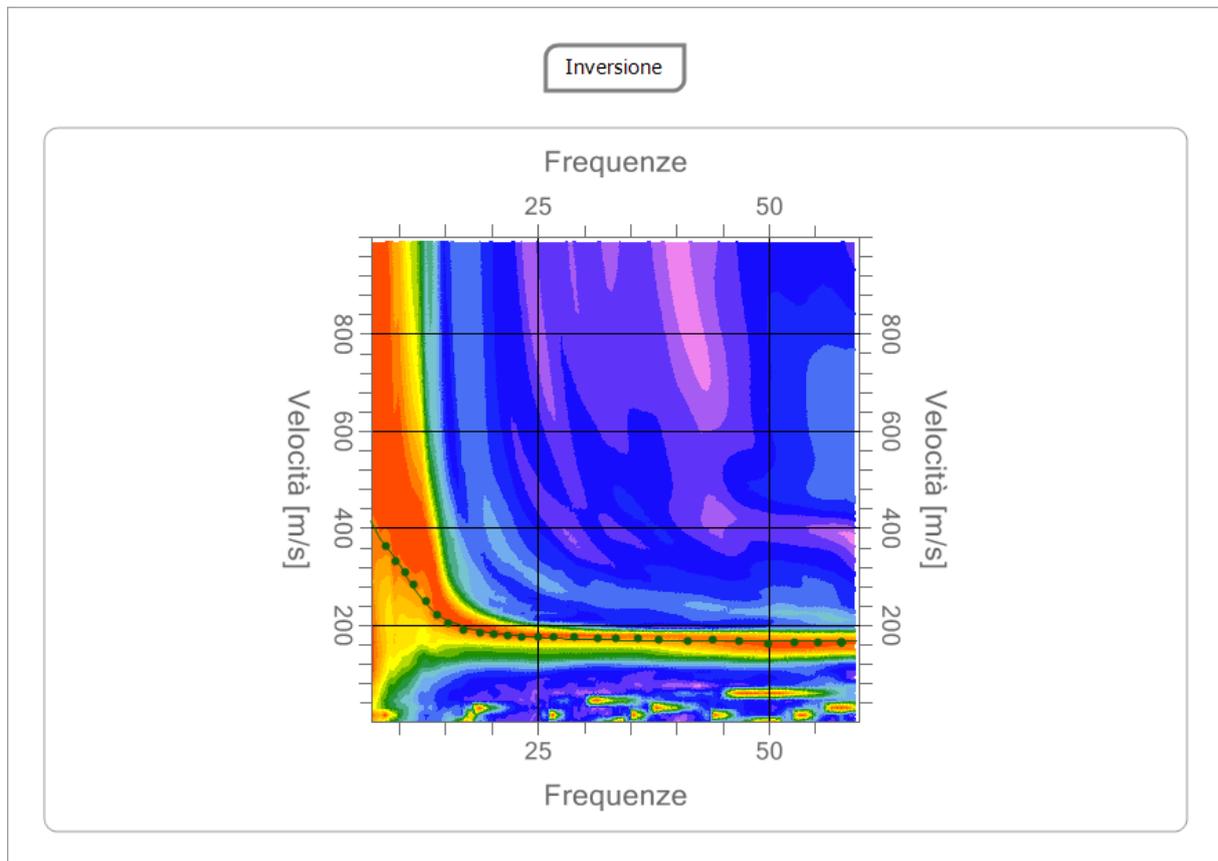
4.2.2 Analisi spettrale e curva di dispersione

| | |
|---|------|
| Frequenza minima di elaborazione [Hz] | 7 |
| Frequenza massima di elaborazione [Hz] | 60 |
| Velocità minima di elaborazione [m/sec] | 1 |
| Velocità massima di elaborazione [m/sec] | 1000 |
| Intervallo velocità [m/sec] | 1 |



4.2.3 Inversione, profilo di velocità e sismostratigrafia

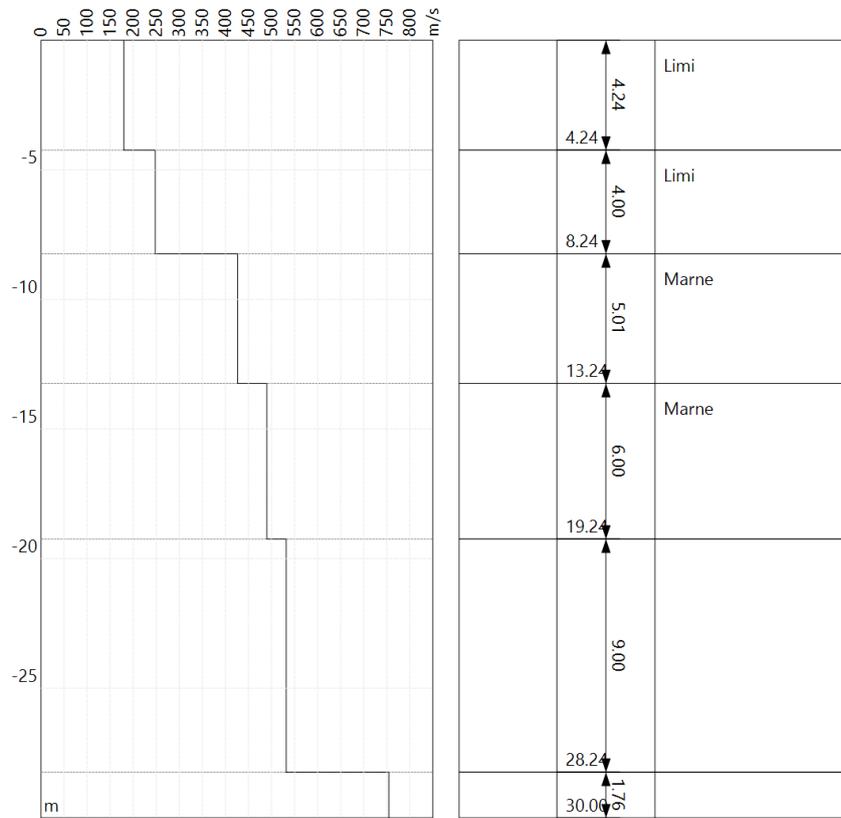
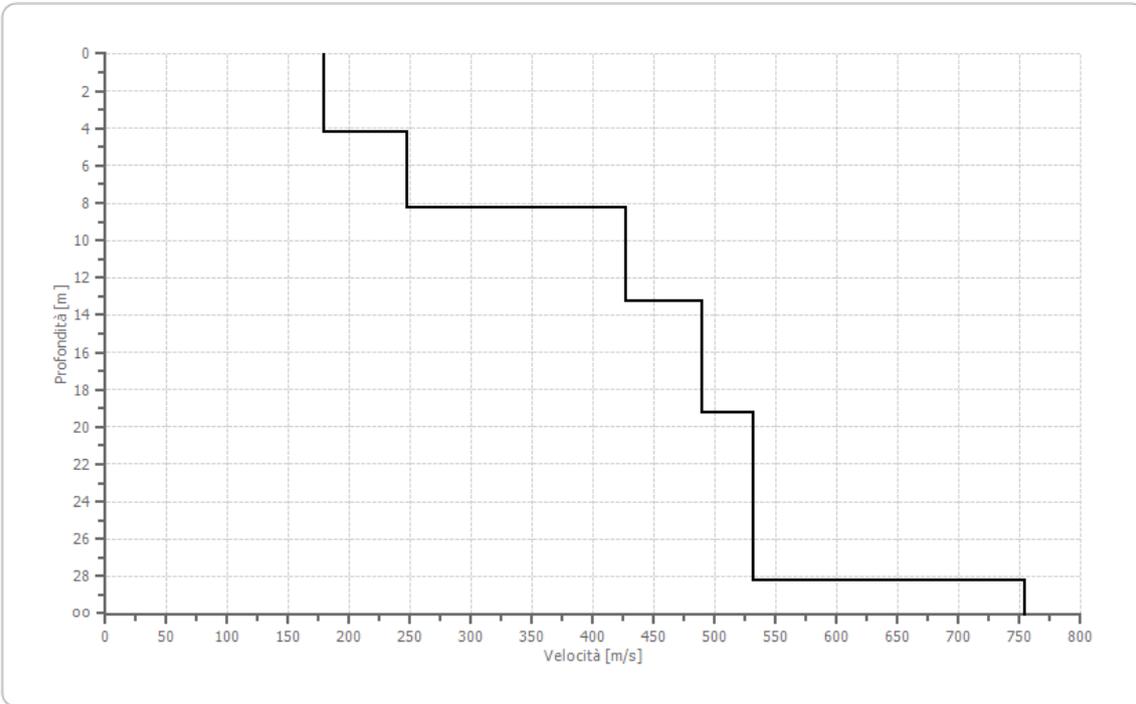
| n | Descrizione | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Coeff. Poisson | Falda | Vp [m/sec] | Vs [m/sec] |
|---|-------------|----------------|--------------|---------------------------|----------------|-------|------------|------------|
| 1 | Limi | 4.24 | 4.24 | 1800.0 | 0.30 | No | 335.3 | 179.2 |
| 2 | Limi | 8.24 | 4.00 | 1900.0 | 0.30 | No | 463.1 | 247.5 |
| 3 | Marne | 13.24 | 5.01 | 2000.0 | 0.25 | No | 739.0 | 426.7 |
| 4 | | 19.24 | 6.00 | 2000.0 | 0.25 | No | 848.3 | 489.7 |
| 5 | | 28.24 | 9.00 | 2000.0 | 0.25 | No | 920.8 | 531.6 |
| 6 | | oo | oo | 2000.0 | 0.25 | No | 1306.7 | 754.4 |



Percentuale di errore

0.030%

Profilo di velocità



4.2.4 Risultati: categoria di sottosuolo e altri parametri geotecnici

| | |
|-------------------------------------|--------|
| Profondità piano di posa [m] | 0.00 |
| Vs,eq [m/sec] (H=30 m) | 364,60 |
| Categoria del suolo | B |

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

4.2.5 Altri parametri geotecnici

| n | Prof.tà [m] | Spess. [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Densità [kg/mc] | Coeff. Poisson | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] |
|---|-------------|------------|----------|----------|-----------------|----------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 4.24 | 4.24 | 179.23 | 335.30 | 1800.00 | 0.30 | 57.82 | 202.37 | 125.28 | 150.33 |
| 2 | 8.24 | 4.00 | 247.53 | 463.08 | 1900.00 | 0.30 | 116.41 | 407.44 | 252.23 | 302.67 |
| 3 | 13.24 | 5.01 | 426.66 | 739.00 | 2000.00 | 0.25 | 364.08 | 1092.24 | 606.80 | 910.20 |
| 4 | 19.24 | 6.00 | 489.74 | 848.26 | 2000.00 | 0.25 | 479.70 | 1439.10 | 799.50 | 1199.25 |
| 5 | 28.24 | 9.00 | 531.65 | 920.84 | 2000.00 | 0.25 | 565.30 | 1695.89 | 942.16 | 1413.25 |
| 6 | oo | oo | 754.44 | 1306.73 | 2000.00 | 0.25 | 1138.37 | 3415.11 | 1897.28 | 2845.92 |

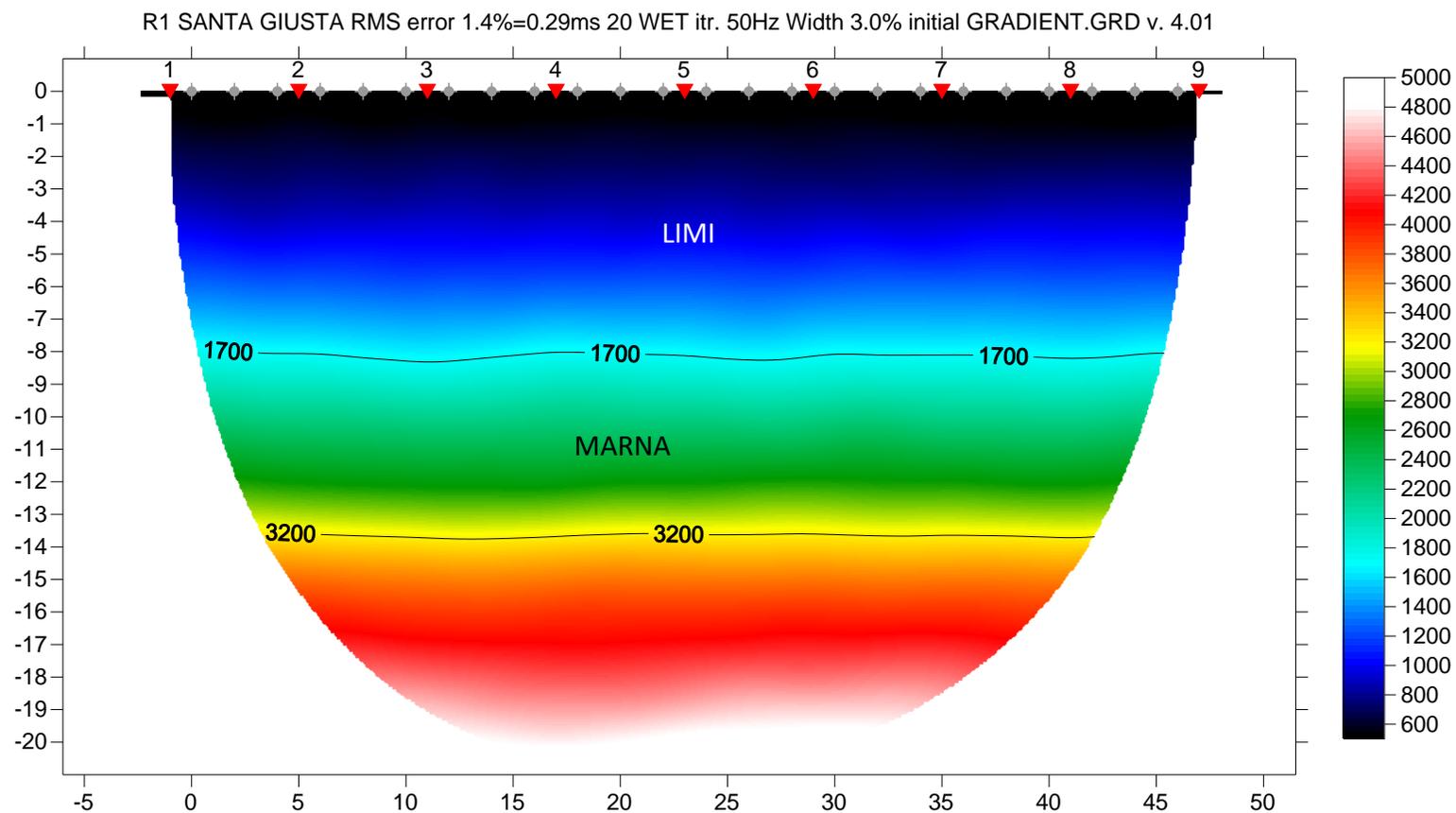
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

4.3 Risultati dell'indagine sismica rifrazione R1



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

| n. | Descrizione | Profondità [m] | Spessore [m] | Vp [m/sec] |
|----|-------------|----------------|--------------|------------|
| 1 | LIMI | 8 | 8 | 500 - 1700 |
| 2 | MARNE | >8 | | >1700 |

5.0 MASW 2

5.1 Localizzazione e foto

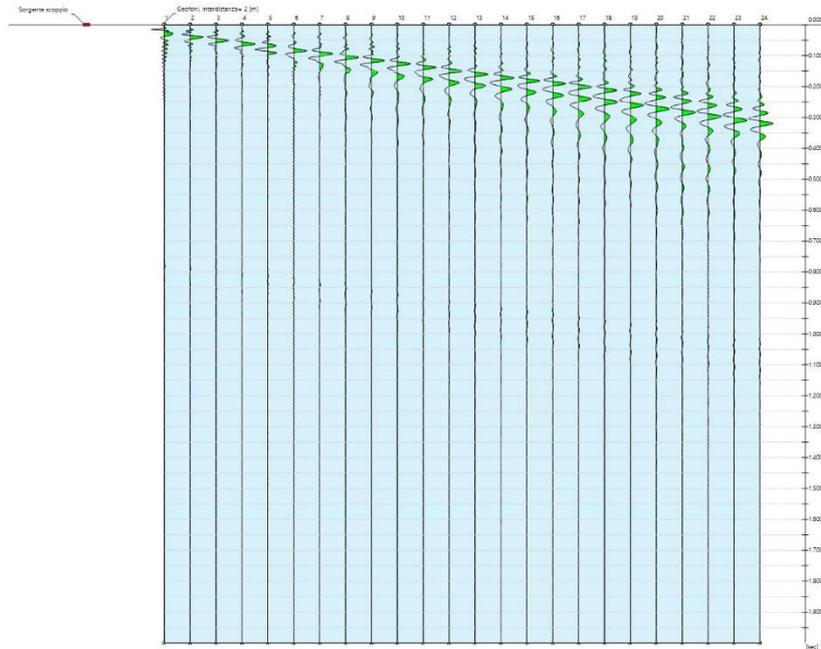
| | |
|--------------------|------------|
| Data | 01/09/2022 |
| Latitudine | 40.796908° |
| Longitudine | 8.243480° |



5.2 Risultati dell'indagine MASW 2

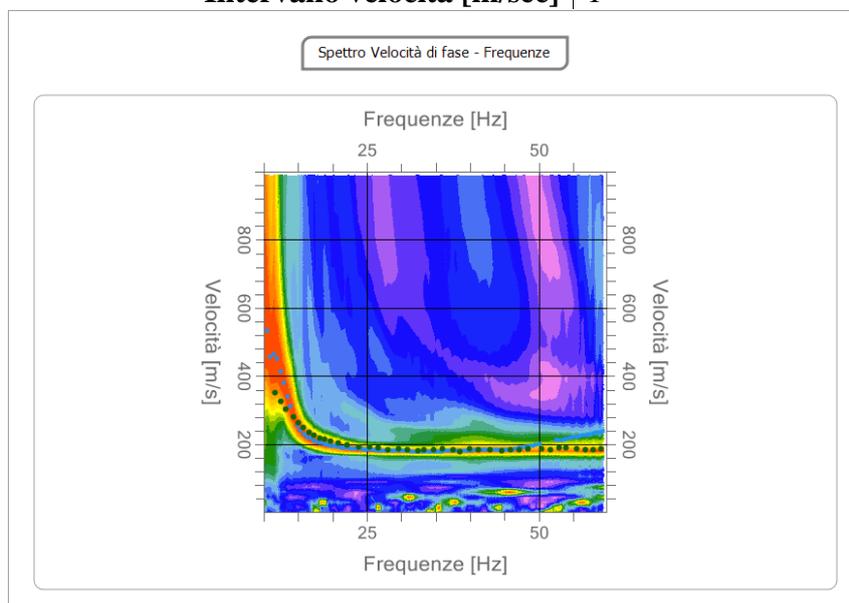
5.2.1 Tracce

| | |
|--|--------|
| N. tracce | 24 |
| Durata acquisizione [msec] | 2000.0 |
| Interdistanza geofoni [m] | 2.0 |
| Periodo di campionamento [msec] | 1.00 |



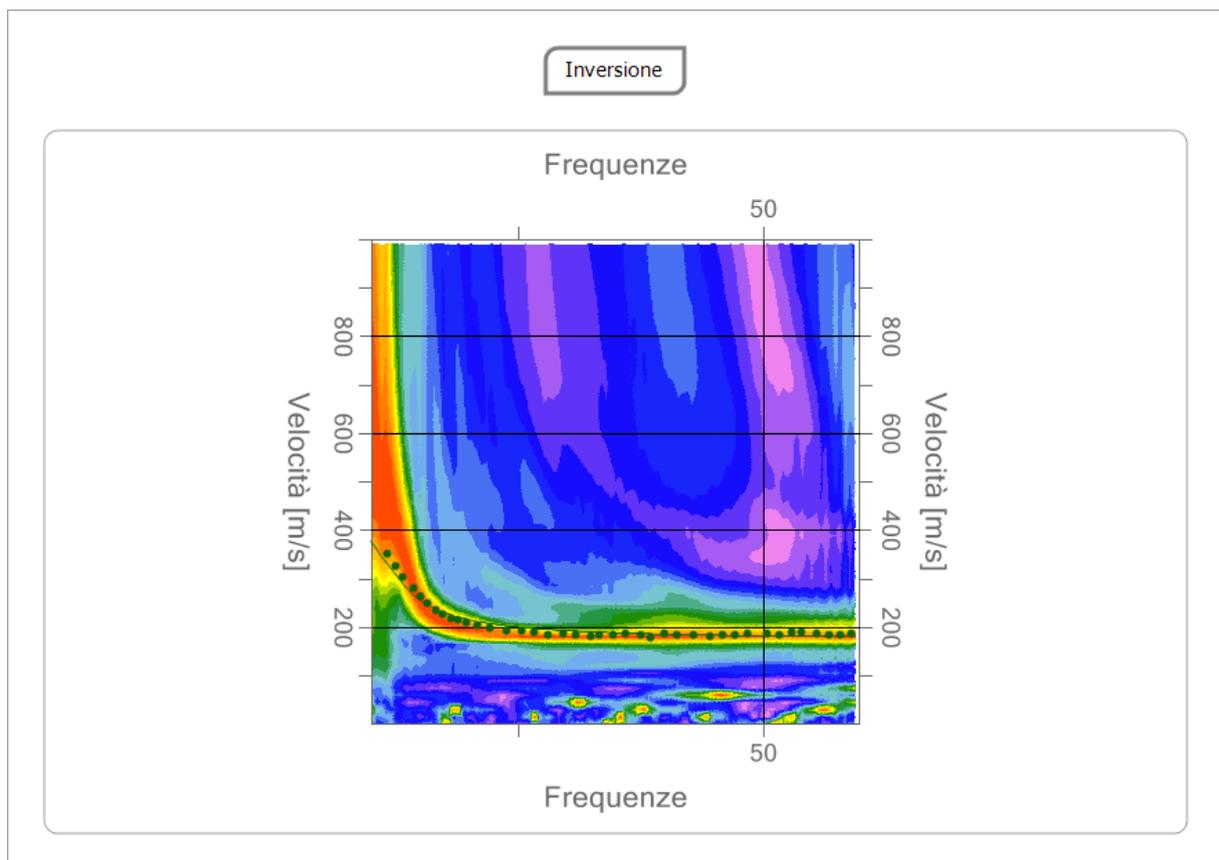
5.2.2 Analisi spettrale e curva di dispersione

| | |
|---|------|
| Frequenza minima di elaborazione [Hz] | 10 |
| Frequenza massima di elaborazione [Hz] | 60 |
| Velocità minima di elaborazione [m/sec] | 1 |
| Velocità massima di elaborazione [m/sec] | 1000 |
| Intervallo velocità [m/sec] | 1 |



5.2.3 Inversione, profilo di velocità e sismostratigrafia

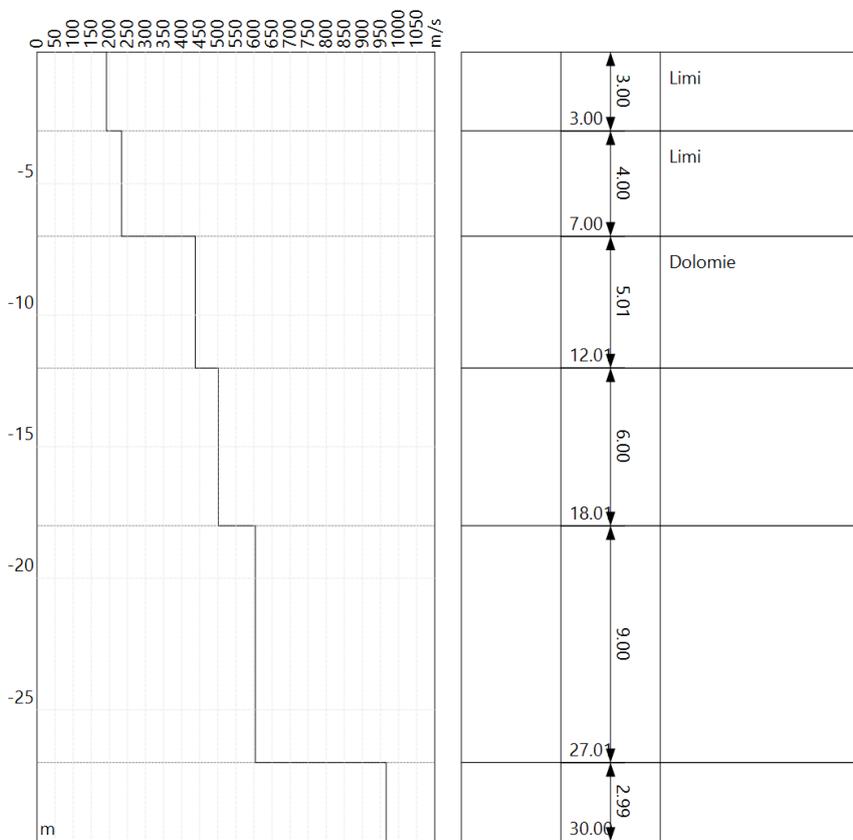
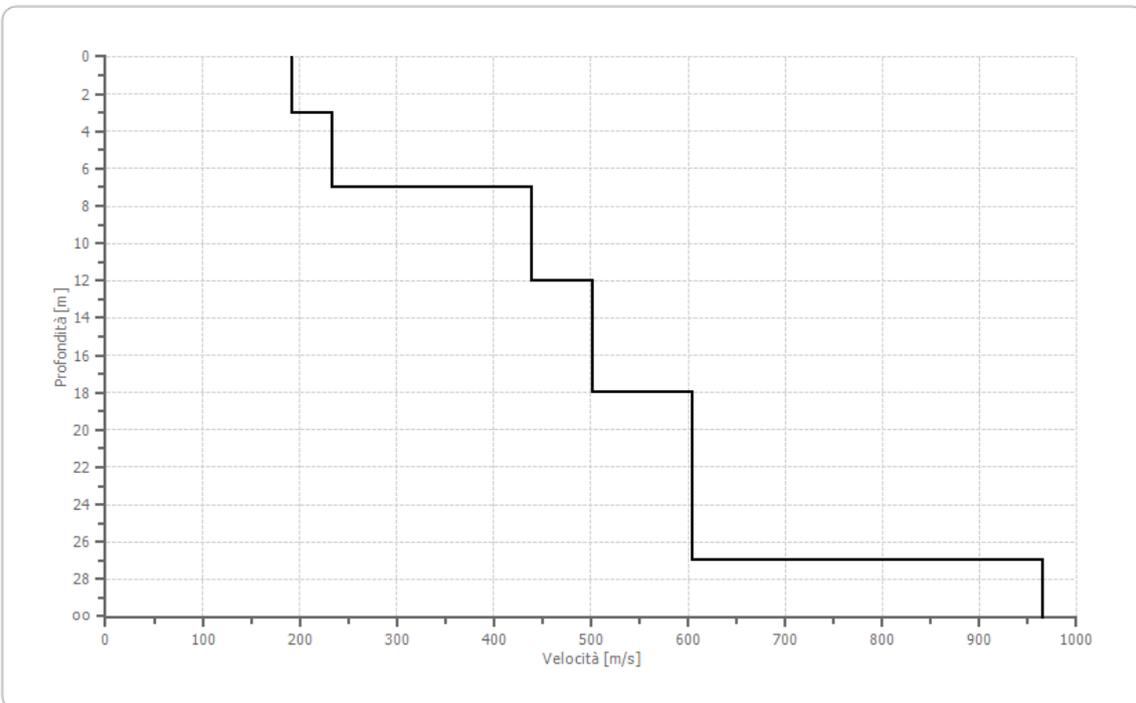
| n | Descrizione | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Coeff. Poisson | Falda | Vp [m/sec] | Vs [m/sec] |
|---|-------------|----------------|--------------|---------------------------|----------------|-------|------------|------------|
| 1 | Limi | 3.00 | 3.00 | 1800.0 | 0.35 | No | 400.0 | 192.1 |
| 2 | Limi | 7.00 | 4.00 | 1900.0 | 0.25 | No | 405.0 | 233.8 |
| 3 | Dolomie | 12.01 | 5.01 | 2000.0 | 0.25 | No | 758.6 | 438.0 |
| 4 | | 18.01 | 6.00 | 2000.0 | 0.25 | No | 868.2 | 501.3 |
| 5 | | 27.01 | 9.00 | 2000.0 | 0.25 | No | 1046.1 | 604.0 |
| 6 | | oo | oo | 2000.0 | 0.25 | No | 1672.2 | 965.5 |



Percentuale di errore

0.134%

Profilo di velocità



5.2.4 Risultati: categoria di sottosuolo e altri parametri geotecnici

| | |
|------------------------------|--------|
| Profondità piano di posa [m] | 0.00 |
| Vs,eq [m/sec] (H=27.01 m) | 380.26 |
| Categoria del suolo | B |

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

5.2.5 Altri parametri geotecnici

| n | Prof.tà [m] | Spess. [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Densità [kg/mc] | Coeff. Poisson | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] |
|---|-------------|------------|----------|----------|-----------------|----------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 3.00 | 3.00 | 192.15 | 399.99 | 1800.00 | 0.35 | 66.46 | 287.99 | 199.38 | 179.44 |
| 2 | 7.00 | 4.00 | 233.82 | 404.98 | 1900.00 | 0.25 | 103.87 | 311.62 | 173.12 | 259.68 |
| 3 | 12.01 | 5.01 | 437.97 | 758.58 | 2000.00 | 0.25 | 383.63 | 1150.89 | 639.38 | 959.08 |
| 4 | 18.01 | 6.00 | 501.27 | 868.23 | 2000.00 | 0.25 | 502.55 | 1507.66 | 837.59 | 1256.38 |
| 5 | 27.01 | 9.00 | 603.99 | 1046.14 | 2000.00 | 0.25 | 729.60 | 2188.81 | 1216.00 | 1824.00 |
| 6 | oo | oo | 965.46 | 1672.22 | 2000.00 | 0.25 | 1864.21 | 5592.63 | 3107.02 | 4660.52 |

G0: Modulo di deformazione al taglio;

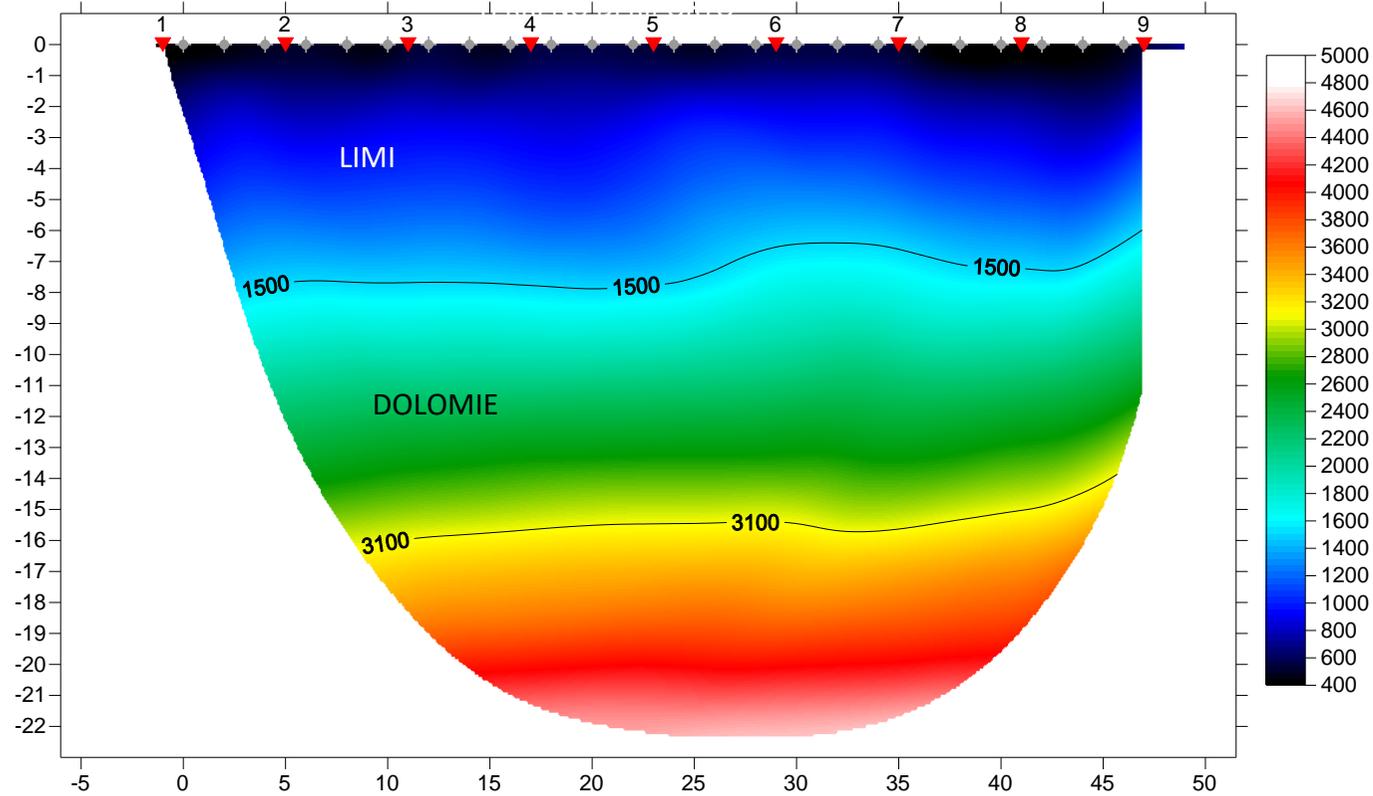
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

5.3 Risultati dell'indagine sismica rifrazione R2

R2 SANTA GIUSTA RMS error 1.9%=0.39ms 20 WET itr. 50Hz Width 3.0% initial GRADIENT.GRD v. 4.01



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

| n. | Descrizione | Profondità [m] | Spessore [m] | Vp [m/sec] |
|----|-------------|----------------|--------------|------------|
| 1 | LIMI | 7 | 7 | 400 – 1500 |
| 2 | DOLOMIE | >7 | | >1500 |

