

PROPONENTE:

K4 ENERGY s.r.l.

Sede in: Via Vecchia Ferriera, 22
36100 Vicenza (VI) - ITALIA
Pec: k4-energy-srl-vi@pec.it

K4 ENERGY



PROVINCIA DI ORISTANO



COMUNE DI NARBOLIA



COMUNE DI SAN VERO MILIS



REGIONE SARDEGNA

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN CON POTENZA COMPLESSIVA DI
23,8 MW NEI COMUNI DI SAN VERO MILIS (OR) E NARBOLIA (OR)

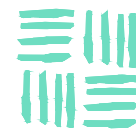
NOME ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE GEOTECNICA

PROGETTO SVILUPPATO DA:

AGREENPOWER s.r.l.

Sede legale: Via Serra, 44
09038 Serramanna (SU) - ITALIA
Email: info@agreenpower.it



agreenpower s.r.l.

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Simone Abis
Ing. Giovanni Cis
Dott. Gianluca Fadda
Ing. Federico Micheli

COLLABORATORI:

Ing. Federico Miscali
Dott. Agr. Vincenzo Satta
Dott.ssa Archeol. Anna Luisa Sanna
Ing. Michele Pigliaru
Dott. Geol. Giovanni Mele
Per.Ind. Alberto Laudadio
Geom. Mario Dessì

TIMBRO E FIRMA:

| SCALA: | CODICE ELABORATO | TIPOLOGIA | FASE PROGETTUALE | | | |
|----------|------------------|-----------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| - | REL07 | IMPIANTO AGRIVOLTAICO | DEFINITIVO | | | |
| FORMATO: | | | | | | |
| - | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 0 | Prima emissione | Luglio 2023 | Giovanni Mele | AGREENPOWER | AGREENPOWER | AGREENPOWER |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | CONTROLLATO | APPROVATO | |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE | 2 |
| 1.1. IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO | 2 |
| 2. UBICAZIONE DEL SITO | 2 |
| 3. GEOLOGIA | 4 |
| 3.1. IL MONTIFERRU | 5 |
| 3.1.1. ALLUVIONI ANTICHE, RECENTI E ATTUALI | 5 |
| 3.1.2. ALLUVIONI MEDIE | 5 |
| 3.1.3. SUOLI SABBIOSI-ARGILLOSI..... | 5 |
| 4. IDROGEOLOGIA | 7 |
| 4.1. CIRCOLAZIONE SUPERFICIALE | 7 |
| 4.2. CIRCOLAZIONE SOTTERRANEA..... | 7 |
| 6. MODELLAZIONE GEOTECNICA | 8 |
| 6.1. ESAME DEL SITO..... | 10 |
| 7. CONCLUSIONI..... | 17 |

1. INTRODUZIONE

La presente Relazione Geologica e di modellazione Geotecnica descrive gli aspetti tecnici e i risultati dello studio geologico svolto a corredo del progetto di realizzazione di un “impianto agrivoltaico con potenza di picco di 23.800 kW e relative opere di connessione alla rete elettrica, sito presso l’Azienda Agricola Guiso in località Spinarba in comune di San Vero Milis, provincia di Oristano, regione Sardegna”, sono state eseguite le indagini geologico-tecniche onde individuare le caratteristiche del substrato in relazione ai lavori previsti.

Lo studio geologico di cui si riportano i risultati è stato sviluppato grazie a:

- Un’accurata ricerca bibliografica, la consultazione dei piani vigenti e una dettagliata analisi della cartografia tematica che ha permesso di inquadrare il sito di interesse sotto l’aspetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico, nonché di individuarne la vincolistica geologica e di definirne la pericolosità geologica di base;
- una indagine geognostica in sito con la realizzazione di n. 3 pozzetti geognostici e il prelievo dei relativi campioni;
- le analisi dei campioni prelevati in sito;
- la rilevazione visiva della stratigrafia superficiale dei terreni oggetto di installazione dell’impianto agrivoltaico;
- caratterizzazione sismica.

Sulla base di tutte le informazioni raccolte è stato quindi costruito il modello geologico e geotecnico del sito di progetto.

1.1. IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo di riferimento per lo svolgimento delle attività che compongono lo studio geologico e la redazione della presente Relazione Geologica è costituito essenzialmente da:

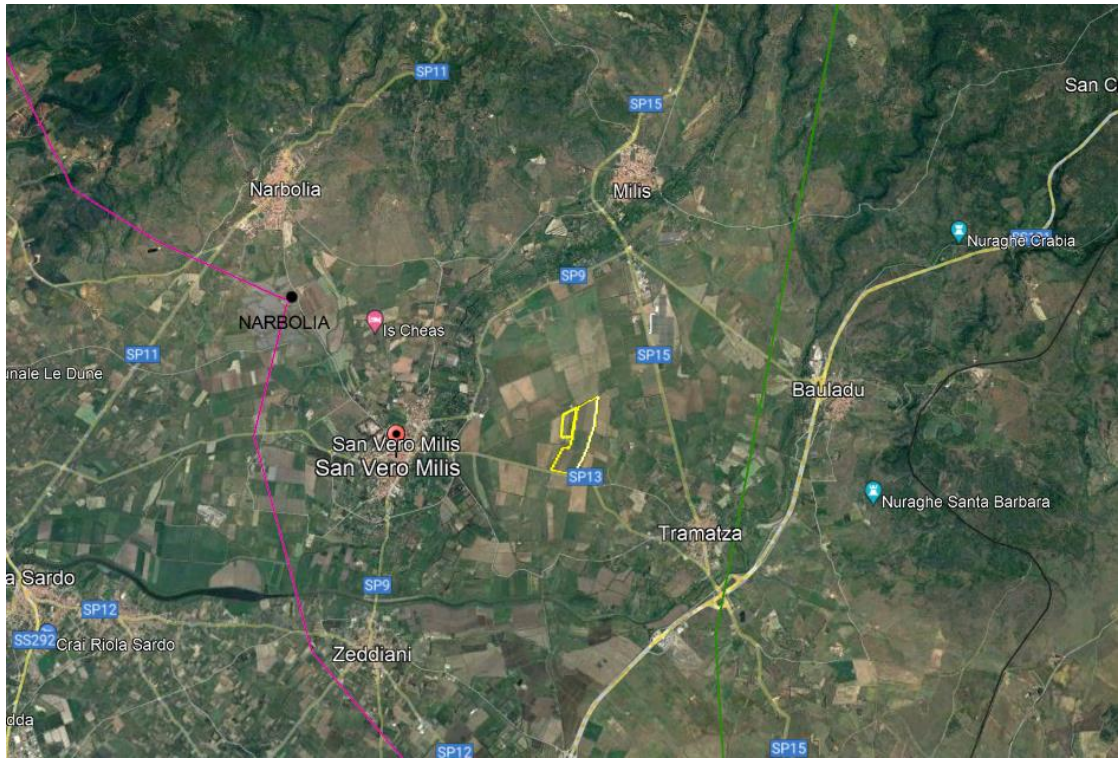
- D.M. 11/3/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce; la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre di fondazione”.
- Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni - NTC 2018, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186.

2. UBICAZIONE DEL SITO

I dati topografici sono desunti dal foglio San Vero Milis della Carta Tecnica dell’Italia meridionale scala 1:5000.

L’area di interesse ricade in comune di San Vero Milis (OR) ed è delimitata, a monte, dai terrazzi alluvionali di Spinarba e Su Sattu Mannu (20-25 m.s.l.m) e, a valle, dal Canale Selcella (- 1 m.s.l.m circa).

In particolare, la porzione d’area compresa tra Spinarba. e la Strada Provinciale 13 di pertinenza dell’Azienda Agricola Guiso, sito di progetto, è costituita da terreni pianeggianti come emerge dalla consultazione della Carta Altimetrica e della Carta delle Pendenze.



1 – Inquadramento di area vasta



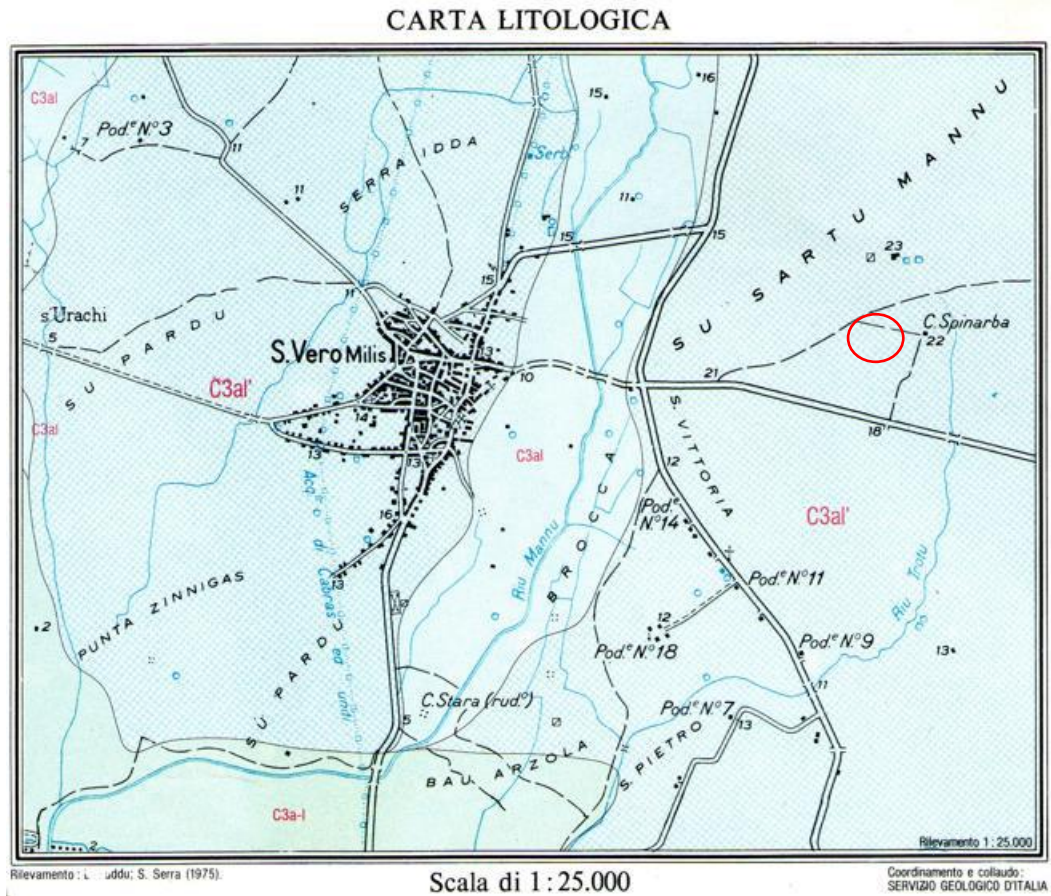
2 – Inquadramento sito-specifico

3. GEOLOGIA

Il territorio di San Vero Milis si sviluppa in due distinte parti: una attorno al paese, costituita da sedimenti quaternari, e dipendente strettamente dal Montiferru, e una frazione verso il mare con una situazione geologica piuttosto complessa.

Data la posizione dei previsti lavori si presenta la descrizione appunto della zona inerente i dintorni del centro abitato.

CARTA GEOLOGICA SCALA 1:25000 (da Carta Tecnica dell'Italia Meridionale)



- C3al**

 Alluvioni recenti del Mannu
- C3al'**

 Alluvioni antiche

3.1 IL MONTIFERRU

Con la sua tipica forma di cono schiacciato il Montiferru chiude a Nord la pianura del Campidano e, con l'attigua catena del Marghine-Goceano contribuisce a dividere in due parti la Sardegna. I prodotti della sua demolizione ad opera degli agenti erosivi hanno prodotto i depositi alluvionali della zona.

La successione stratigrafica presente può essere schematizzata raggruppando i termini affioranti in quattro unità principali di differente significato paleogeografico e strutturale:

- 1) **Basamento oligo-miocenico;**
- 2) **Sedimenti miocenici**
- 3) **Vulcaniti e depositi detritici post-elveziane**
- 4) **Terreni di copertura quaternari**
 - Alluvioni antiche, medie e recenti
 - Arenarie eoliche
 - Panchina tirreniana
 - Sabbie, detrito, alluvioni, suoli.

Nel centro abitato, nei suoi dintorni e nell'area in esame, sono presenti esclusivamente **terreni di copertura quaternari** che vengono descritti in dettaglio.

3.1.1. ALLUVIONI ANTICHE, RECENTI E ATTUALI

Come detto, ben diversa dal Sinis è la situazione della frazione comunale ubicata nel Campidano settentrionale, dove insiste la zona in esame, che è costituita interamente da depositi alluvionali.

Il substrato più profondo è costituito da alluvioni antiche terrazzate che sono state depositate dal Paleo-Tirso e dai suoi affluenti e rappresentano la base di tutte le formazioni sedimentarie quaternarie del Campidano settentrionale. Ad esse si uniscono sia superiormente che lateralmente i conoidi originati dai fiumi provenienti dal Montiferru.

L'estensione della formazione va da Villanova Truschedu sino al mare, con una costante inclinazione verso di questo.

I clasti sono in genere paleozoici, il colore giallo-rossiccio a causa di una certa ferrettizzazione che impartisce loro sia il tipico colore che una certa compattezza.

In comune di San Vero Milis data la lontananza dal vertice del conoide e dallo stesso Tirso, le alluvioni assumono aspetti particolari.

Sono senz'altro presenti in profondità, come testimoniano le stratigrafie visibili in alcuni pozzi, dove al disotto delle alluvioni medie, si rivengono quelle antiche, con un livello quasi esclusivamente ghiaioso fortemente cementato.

Si rinvencono ancora verso il confine con Zeddiani, mentre affiorano in maniera più marcata verso Tramatzia e Milis.

Altri limitati affioramenti ciottolosi si hanno saltuariamente nel territorio comunale, anche se è difficile attribuirli a una precisa formazione. In particolare, resti di terrazzi si hanno nella zona verso Narbolia e Riola.

3.1.2. ALLUVIONI MEDIE

Derivano dal disfacimento delle precedenti e sono presenti nella zona tra San Vero Milis, Narbolia e Riola Sardo.

Rispetto alle alluvioni antiche vi è una minore percentuale di ciottoli, anche le dimensioni sono più piccole, mentre aumenta la frazione sabbioso-argillosa.

Resti di terrazzi sono ancora visibili lungo la strada per Narbolia e nel sito del centro abitato.

Queste alluvioni si estendono anche sotto il Marefoghe, messe in luce dagli scavi fatti per la costruzione del canale adduttore che porta l'acqua sino a Pauli Crechi.

I rapporti tra le varie formazioni sono visibili anche in scavi per pozzi.

La formazione passa spesso lateralmente a depositi più recenti, in genere sabbie o calcari d'acqua dolce. I lavori di sistemazione idraulica e quelli agricoli hanno alterato le originarie giaciture per cui non è sempre agevole distinguere i limiti tra le varie formazioni.

3.1.3. SUOLI SABBIOSI-ARGILLOSI

Rappresentano la formazione arealmente più diffusa del territorio comunale e anche della zona in esame, estendendosi praticamente in tutto il settore a Nord dello stagno di Cabras.

Si tratta di suoli sabbiosi, con una matrice argillosa, specialmente nelle zone più depresse, che ricoprono diverse formazioni.

Questi suoli sono il substrato per le coltivazioni per cui appaiono fortemente rimaneggiati e trasformati ed è difficile distinguere i limiti con le altre formazioni sedimentarie quaternarie.

Depositi argillosi recenti si hanno nella zona percorsa dai torrenti Riu Iscas e il Riu Simamis.

4. IDROGEOLOGIA

4.1. CIRCOLAZIONE SUPERFICIALE

Nel settore del Sinis la circolazione superficiale è dominata dal sistema Sae Proccus – Is Benas. Il primo è in secca nella stagione estiva, mentre il secondo è collegato al mare da un canale artificiale. Data l'alta permeabilità dei terreni presenti e la morfologia pianeggiante la circolazione superficiale naturale è praticamente assente. Nei pressi scorre il canale artificiale che drena la zona depressa di Pauli Naxa.

Attorno al paese si ha invece una circolazione naturale piuttosto articolata. Il corso d'acqua più importante del settore è il Rio Mannu di Milis che con il nome di Rio Sos Molinos nasce dall'omonima zona presso Santu Lussurgiu.

Al confine con Tramatzia e Zeddiani scorre invece il Rio Cispiri, torrente di tutto rispetto, che drena buona parte del settore meridionale del Montiferru.

Poco oltre Zeddiani nel Cispiri confluisce il Rio Mannu dando origine al Rio Marefoghe che alimenta successivamente lo stagno di Cabras.

Dalle vallate tra Narbolia-Seneghe e il Montiferru vero e proprio si origina il Rio Mast'Impera, che arrivato nel territorio comunale prende il nome di Rio Simamis per confluire poi nel Marefoghe.

Dal dosso di Nuraghe Maganzosa, tra Narbolia e Milis provengono vari torrenti, quali il Rio Mandrainas e il Rio Pira Marzani, che si gettano infine nel Rio Mannu.

4.2. CIRCOLAZIONE SOTTERRANEA

Per la circolazione sotterranea si possono individuare due unità ben distinte, rappresentate dai sedimenti miocenici e dai depositi quaternari, essendo il basamento oligocenico praticamente impermeabile.

Nei sedimenti miocenici è presente una abbondante falda profonda, ubicata sotto la formazione di Capo San Marco, attorno ai 60-70 metri. Questo schema riguarda ovviamente la zona del Sinis.

Essa viene sfruttata con pozzi trivellati con acque che hanno un contenuto salino abbastanza elevato, dovuto più che a infiltrazioni marine a una salinità primaria legata alla deposizione dei sedimenti che la racchiudono.

Attorno al centro abitato di San Vero Milis si ha invece una situazione nettamente diversa. Nei sedimenti quaternari esistono diverse falde. Una prima falda superficiale, di solito abbondante, con qualche differenza a seconda della formazione, è impostata nello spesso mantello detritico superficiale e si trova attualmente a una profondità di circa 3 metri dal piano campagna.

In profondità si hanno numerose falde sospese, impostate nei livelli ghiaioso-sabbiosi delle alluvioni antiche, con ottima potenzialità e acque in genere di discreta qualità.

5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

5.1. ESAME DEL SITO

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n.112/1998, e approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10 Luglio 2006, rappresenta un importantissimo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo ai fini della pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale.

Nel corso degli anni il P.A.I. è stato oggetto di modifiche e integrazione, tra cui quelle risalenti al 2015.

Le perimetrazioni individuate nell'ambito del P.A.I. delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano.

Queste ultime si applicano anche alle aree a pericolosità idrogeologica le cui perimetrazioni derivano da studi di compatibilità geologica – geotecnica e idraulica, predisposti ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle suddette Norme di Attuazione, e rappresentate su strati informativi specifici.

Per l'individuazione della pericolosità del sito è stato consultato anche il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) della Regione Sardegna redatto ai sensi dell'art. 134, comma 1, lett. B del D.lgs. 42/2004 (Aree tutelate per legge, art. 142, comma 1, lett. c: fiumi, torrenti, corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al R.D. 11/12/1933 n° 1775 per una fascia di 150 ml).

Non sono state rilevate aree di installazione dell'impianto agrovoltaiico perimetrato all'interno del PAI Sardegna.

6. MODELLAZIONE GEOTECNICA

6.1. ESAME DEL SITO

Il sito in esame è ubicato lungo la Strada Provinciale 13 che dall'abitato di San Vero Milis porta a Tramatzia, in località Spinarba.

Il substrato della zona è costituito dalle alluvioni antiche, come tipico della piana di Milis, ricoperte da spessori variabili di terreno sabbioso-argilloso.

Sono stati eseguiti tre pozzetti geognostici per verificare la tipologia del substrato. L'ubicazione dei pozzetti geognostici è riportata in Figura 2 – Ubicazione Pozzetti.



Figura 3 - Ubicazione pozzetti

POZZETTO N.1

Cm.0-30: terreno vegetale sabbioso-argilloso

Cm.30-120: sabbia argillosa scura, compatta. A Cm 110 Campione n.1

Cm.120-150: ciottolame basaltico in matrice sabbioso-argillosa.



Pozzetto n. 1

POZZETTO N.2

Cm. 0-30: terreno vegetale sabbioso-argilloso;

Cm.30-90: sabbia argillosa scura, compatta

Cm.90-150: ciottolame basaltico in matrice sabbioso-argillosa



Pozzetto n. 2

POZZETTO N.3

Cm.0-30; suolo vegetale sabbioso-argilloso

Cm.30-70: sabbia argillosa scura, compatta

C.70-150: ciottolame basaltico in matrice sabbioso-argillosa



Pozzetto n. 3

Le analisi dei campioni prelevati sono qui di seguito riportate:

soiltech s.n.c.
geologia e geotecnica

Dott. Geol. Paolo Caula - Dott. Geol. Ignazio Dessì

Via Purini, 71a/b - 09045 Quartu Sant'Elena (CA)

Tel. 070862381 - Fax 0704512057 - Cell. P.Caula 3477167780 I.Dessì 3687853386

CERTIFICATO DI ANALISI

Data inizio prove: 20-lug-22 Rif. laboratorio: 13555/22

COMMITTENTE: Dott. Geol. Giovanni Mele

CANTIERE: San Vero Milis - Impianto Fotovoltaico

Data del campionamento: 20-lug-22 Ubicazione pozzetto n°: P1

Sigla del campione: C1 P1 Profondità prelievo m. p.c.: 1,20

ANALISI GRANULOMETRICA - LIMITI DI ATTERBERG - CLASSIFICAZIONE

ASTM D421 D422 D2217 - ASTM 4318 - CNR UNI 10006 - CNR UNI 10008

Analisi granulometrica eseguita
per setacciatura (via umida) "a" e per sedimentazione "b"

| a | | b | |
|----------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Apertura mm | Pass. cum. % | Dimm. grani mm | Sed. cum. % |
| 75 | 100,0 | | |
| 60 | 100,0 | | |
| 50 | 100,0 | | |
| 40 | 100,0 | | |
| 25 | 100,0 | | |
| 19 | 95,8 | | |
| 10 | 95,3 | | |
| 5 | 93,1 | | |
| 2 | 91,1 | | |
| 1 | 89,6 | | |
| 0,4 | 88,0 | | |
| 0,16 | 84,7 | | |
| 0,075 | 83,3 | | |

Umidità: % 21,1

Peso netto: g 633,7

Limite liquido: % 62

Limite plastico: % 23

Indice plastico: % 39

Indice di consistenza: 1,0

Contenuto in ghiaia: % 8,9

Contenuto in sabbia: % 7,7

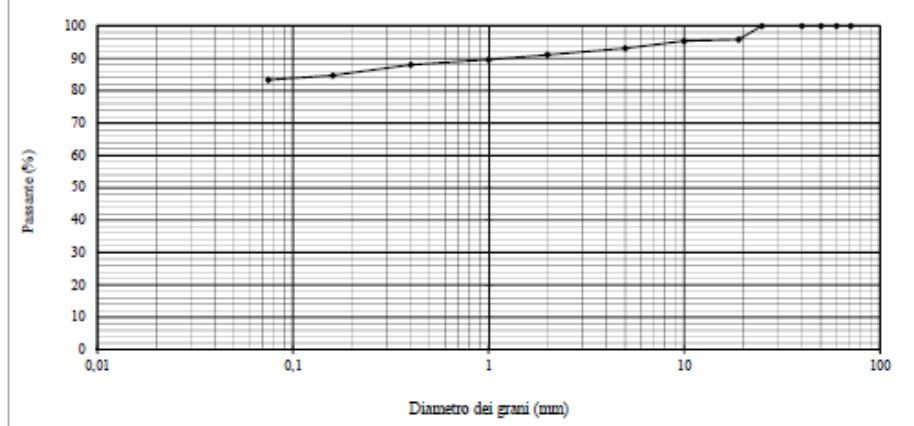
Contenuto in limo e argilla: % 83,3

CLASSIFICAZIONE CNR UNI: A7-6

Descrizione tecnica del campione (Racc. AGI):

Argilla di alta plasticità con limo, debolmente ghiaiosa e sabbiosa

CURVA GRANULOMETRICA



Quartu Sant'Elena, 27 luglio 2022

soiltech s.n.c.
Laboratorio prove geotecniche
Il Responsabile della Sperimentazione
Dott. Geol. Ignazio Dessì

DOCUMENTO DI PROVA

Data inizio prova: Rif. laboratorio:

Committente: Dott. Geol. Giovanni Mele

Cantiere: San Vero Milis - Impianto Fotovoltaico

Data del campionamento: Ubicazione pozzetto:

Sigla del campione: Profondità prelievo dal p.c. (mt):

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Apparecchio di Casagrande

Descrizione sintetica del provino: Argilla di alta plasticità con limo, debolmente ghiaiosa e sabbiosa, consistente

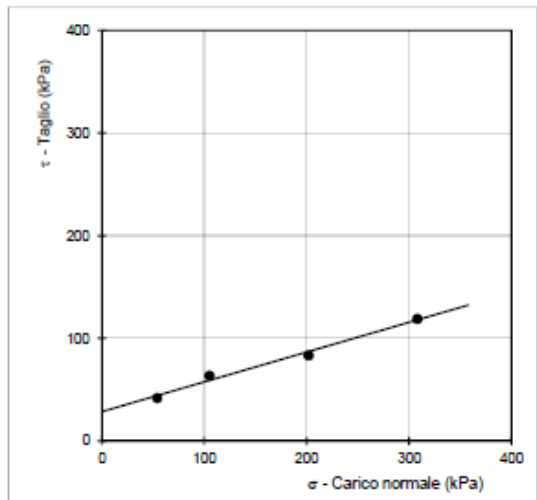
Caratteristiche della prova: CD su provini indisturbati prelevati da zolla

Dimensioni della cella (mm): L 60,00 H 30,00 Velocità di esecuzione (mm/min): 0,020

| Caratteristiche del provino | Provino n° | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------------|-------------------|-------|--------|--------|--------|
| Contenuto d'acqua iniziale | % | | | 21,1 | |
| Peso di volume | g/cm ³ | 1,741 | 1,742 | 1,743 | 1,741 |
| Determinazioni della prova | Carico kPa | 54,00 | 105,00 | 202,00 | 308,00 |
| Tempo di consolidazione | ore | | | 24 | |
| Resistenza massima al taglio | kPa | 41,83 | 63,66 | 83,49 | 118,99 |

Angolo d'attrito:

Coesione: kPa



Quartu Sant'Elena, 27 luglio 2022



Le caratteristiche tecniche del substrato sono abbastanza uniformi nell'area in esame;

- Presenza in superficie di uno strato argilloso-sabbioso, di spessore variabile, molto compatto allo scavo, ma con scadimento delle caratteristiche in presenza di acqua;
- Sotto è presente il basamento ciottoloso più compatto con la profondità.

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Anche le indagini sismiche, che si allegano, confermano le caratteristiche del substrato, con la velocità delle onde che aumenta con la profondità.

Come si deduce dalla relazione allegata si hanno i seguenti risultati:

Secondo la stratigrafia riscontrata la V_s equivalente misurata è pari a 308 m/s e la categoria di sottosuolo corrispondente è la C.

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE SECONDO LE NTC DEL 2018

| CATEGORIA | DESCRIZIONE |
|-----------|--|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m. |

7. CONCLUSIONI

Geologicamente, le litologie direttamente interessate dal progetto sono terreni di origine alluvionale, composti a seguito di fasi alluvionali nel periodo del Quaternario. Si tratta delle “ Alluvioni antiche terrazzate” rappresentate in prevalenza da ciottolame immerso in matrice argilloso-sabbiosa, molto compatti.

Alla luce degli studi effettuati si possono trarre le seguenti conclusioni:

- i modesti scavi per la posa delle opere (cavidotti) e gli interventi di progetto (infissione dei pali di sostegno dei moduli fotovoltaici, scotici superficiali per le strade interne al sito e scavi superficiali per la posa delle cabine elettriche) non interesseranno le falde acquifere superficiali, e non si avranno interazioni e eventuali impatti tra i lavori e i corpi idrici presenti.
- La realizzazione dell'impianto, non invasiva, non comporta modifiche morfologiche rispetto all'assetto attuale, né alterazioni dell'attuale assetto idrologico del territorio,

Alla luce delle indagini in campo eseguite si ritiene che lo strato superficiale non offre sufficienti garanzie di portanza, soprattutto in presenza di piovosità particolare. Si consiglia pertanto l'infissione dei pali di sostegno per almeno 1,5-2 metri e comunque sicuramente nel livello ciottoloso.