

**MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA**  
**VALUTAZIONI ED AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI**



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Provincia di Oristano  
**COMUNI DI SOLARUSSA E SIAMAGGIORE**

*TITOLO*  
*TITLE*

**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "GIOJANA"**

*PROGETTAZIONE*  
*ENGINEERING*

**Sviluppatore:**

ENERGETICA  AGROLUX s.r.l.

**Progettisti:**

Studio Ing. Giuliano Giuseppe Medici  
Studio Ing. Valeria Medici

*COMMITTENTE*  
*CLIENT*

**GIOJANA s.r.l.**

*OGGETTO*  
*OBJECT*

**RELAZIONE GEOTECNICA**

*REL*

**RS04**

*DATA / DATE*

**MAGGIO 2023**

*AUTORE/CREATOR*

**M.S.**

*CONTROLLO/EDIT*

**G.G.M.**

*APPR*

**G.C.**

*REV*

**00**

**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

## COMUNI DI SOLARUSSA E SIAMAGGIORE

(Prov. di Oristano)

### RELAZIONE GEOTECNICA

### PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA REALIZZARSI IN AGRO DEI COMUNI DI SOLARUSSA E SIAMAGGIORE DI POTENZA INSTALLATA PARI A 83,32 MW

#### **COMMITTENTE**

Società Proponente GIOJANA s.r.l.

**GEOLOGO** [SEZ. A]

Dott. Mario STRINNA



La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)



**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

## INDICE

<b>A. PREMESSA</b> .....	pag. 3
<b>B. INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO</b> .....	pag. 4
<b>C. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b> .....	pag. 9
<b>1. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE E STRATIGRAFICHE SUL SEDIME</b> .....	pag. 14
<b>1.1 - Verifica degli SL secondo le NTC 2018</b> .....	pag. 17
1.1.1 Ipotesi A – Fondazione su palo infisso .....	pag. 18
1.1.1.1– CEDIMENTI .....	pag. 21
1.1.2 Ipotesi B – Fondazione a platea .....	pag. 22
1.1.2.1 – CEDIMENTI .....	pag. 24
<b>1.2 – Considerazioni sulla scavabilità e tenuta dei fronti di scavo</b> .....	pag. 25
<b>2. CONCLUSIONI</b> .....	pag. 27



*Competenze professionali: la redazione relazione geotecnica come riportato all'art. 41, comma 1, lett. e), del citato D.P.R., dispone che formano oggetto dell'attività professionale degli iscritti nella sezione A dell'Albo dei geologi "le indagini e la relazione geotecnica". La competenza del geologo è stata inoltre riconosciuta dal Consiglio di Stato (V Sezione giurisdizionale) Decisione 4 maggio 1995, n°701 e dal Consiglio di Stato, IV Sezione n. 1473 del 12.03.2009. Le competenze degli ingegneri in materia di geotecnica sono circoscritte ai soli iscritti alla sezione A dell'Albo, settore "ingegneria civile ed ambientale", ai sensi dell'art. 46, comma 1, lett. a) [Parere del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Ufficio Legislativo prot. n. 1849/500 del 24.07.2002]*

## **A. PREMESSA**

Per lo studio dei terreni interessati dal progetto di un impianto fotovoltaico da realizzarsi all'esterno del contesto urbano di Solarussa, verso NW adiacente alla SP 15, è stato richiesto un accertamento geologico e geotecnico, con particolare riferimento alla caratterizzazione lito-stratigrafica e idrogeologica dei terreni che insistono nell'areale come substrato di appoggio delle fondazioni su palo infisso dove dovrà essere realizzato l'impianto, con particolare riferimento alla:

- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico del sedime di intervento sulla base di stratigrafie ricavate da specifici studi geologici svolti sul territorio, su uno stesso contesto litologico, al fine di definire la sequenza dei terreni;
- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale;
- Definizione delle caratteristiche litotecniche attraverso la loro definizione, sulla base di documentazione disponibile, edita e inedita, supportate da dati bibliografici e conoscenze dei luoghi.

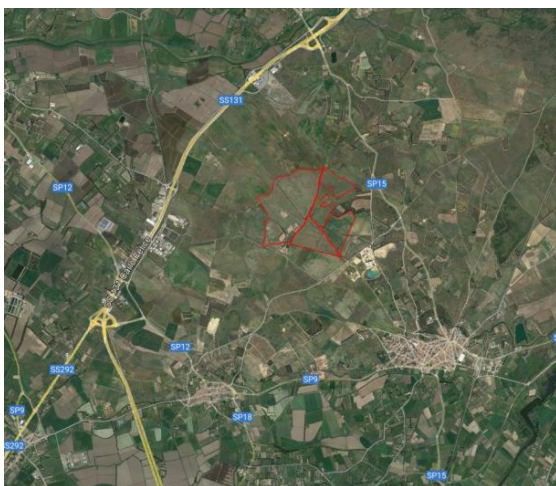
Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza del D.M. 11.03.1988 (Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione). Le indagini sono state svolte in ottemperanza alle norme fissate dall'A.N.I.S.I.G. (Ass. Naz. Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). Testo integrato con la Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483 (punto A3): istruzioni 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 e delle opere di fondazione, Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 e n. 617 del 02.02.2009 – OPCM n. 3274 del 20.03.2003 - Nuove NTC 2018 sulle costruzioni (§ 2.6 - § 3.2. ÷ 3.2.2. - § 7.11.3.), secondo le seguenti fasi:

- Sopralluogo nell'area in esame ed esame critico della situazione attuale;
- Stesura di una relazione geotecnica sulla base delle conoscenze dei luoghi litologici, di cui

ai dati di dettaglio acquisiti tramite evidenze litologiche in affioramento nell'area sensibile: depositi Pleistocenici dell'area continentale, rappresentati dalla litofacies del Subistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme) PVM2a → ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie, a diretto contatto con depositi alluvionali Olocenici (bb - b) → sabbiosi ghiaiosi con subordinati limi e argille. Si rilevano a contorno verso NE i basalti dei Plateaux della Campeda Planaria, rappresentati dalla subunità di Dualchi BPL2 → andesiti basaltiche sub alcaline, porfiriche per fenocristalli, in espandimenti.

## B. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AEREO

L'area di studio è situata nella periferia settentrionale del centro urbano di Solarussa, in area ad uso agricolo situata nei comuni di Solarussa e Siamaggiore, nel Campidano settentrionale. Morfologicamente trattasi di un'area sub pianeggiante la cui quota sul l.m.m. è variabile da circa 30.0m a circa 43.0m, con pendenze medie del 15%, degradante verso SSE



in direzione del tessuto urbano. Orograficamente fa parte della piana alluvionale del medio Campidano ricompresa tra il fiume Tirso (N) e lo stesso tessuto urbano di Solarussa (S); in particolare, l'area interessata dal progetto è racchiusa tra la SS 131 direzione Tramata e la SP 9/12 direzione Solarussa.

Dal punto di vista litologico sono presenti i depositi Pleistocenici dell'area continentale, rappresentati dalla litofacies del Subistema

Figura 1 – Inquadramento aereo su base Google Earth

di Portoscuso (Sistema di Portovesme) PVM2a → ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie, a diretto contatto con depositi alluvionali Olocenici (bb - b) → sabbiosi ghiaiosi con subordinati limi e argille. Si rilevano a contorno verso NE i basalti dei Plateaux della Campeda Planaria, rappresentati dalla subunità di Dualchi BPL2 → andesiti basaltiche sub alcaline, porfiriche per fenocristalli, in espandimenti.

**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- Foglio **I.G.M.** N. 528 Sez. I° quadrante [Cabras] alla scala 1:25.000
- Foglio **C.T.R.** N. 528-040 [Zeddiani] alla scala 1:10.000
- Foglio **C.T.R.** N. 528-120 [Santa Giusta] alla scala 1:10.000 (Sottostazione) Coordinate Km

Gauss-Boaga areale sensibile impianto (Fuso 32)

**X** = 1470286.2774 longitudine **E** - **Y** = 4424968.8588 latitudine **N**



**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

**Relazione geotecnica**

**INQUADRAMENTO AEREO  
SU BASE CTR FOGLIO 528-040 [ZEDDIANI]  
SCALA 1:10.000**



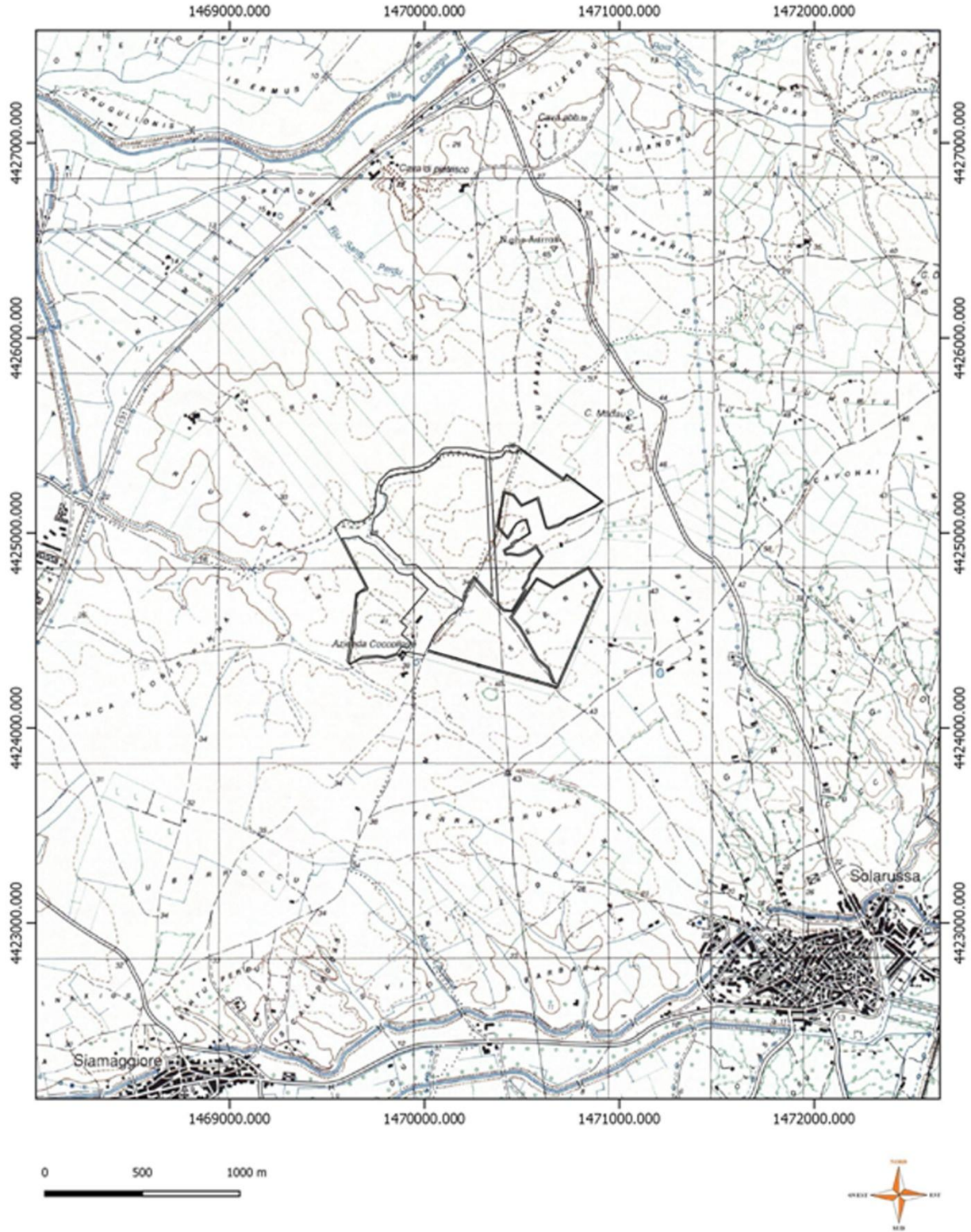
**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE  
SU BASE IGM FOLGIO 528 SEZ. 1° QUADRANTE [CABRAS]  
SCALA 1:25.000





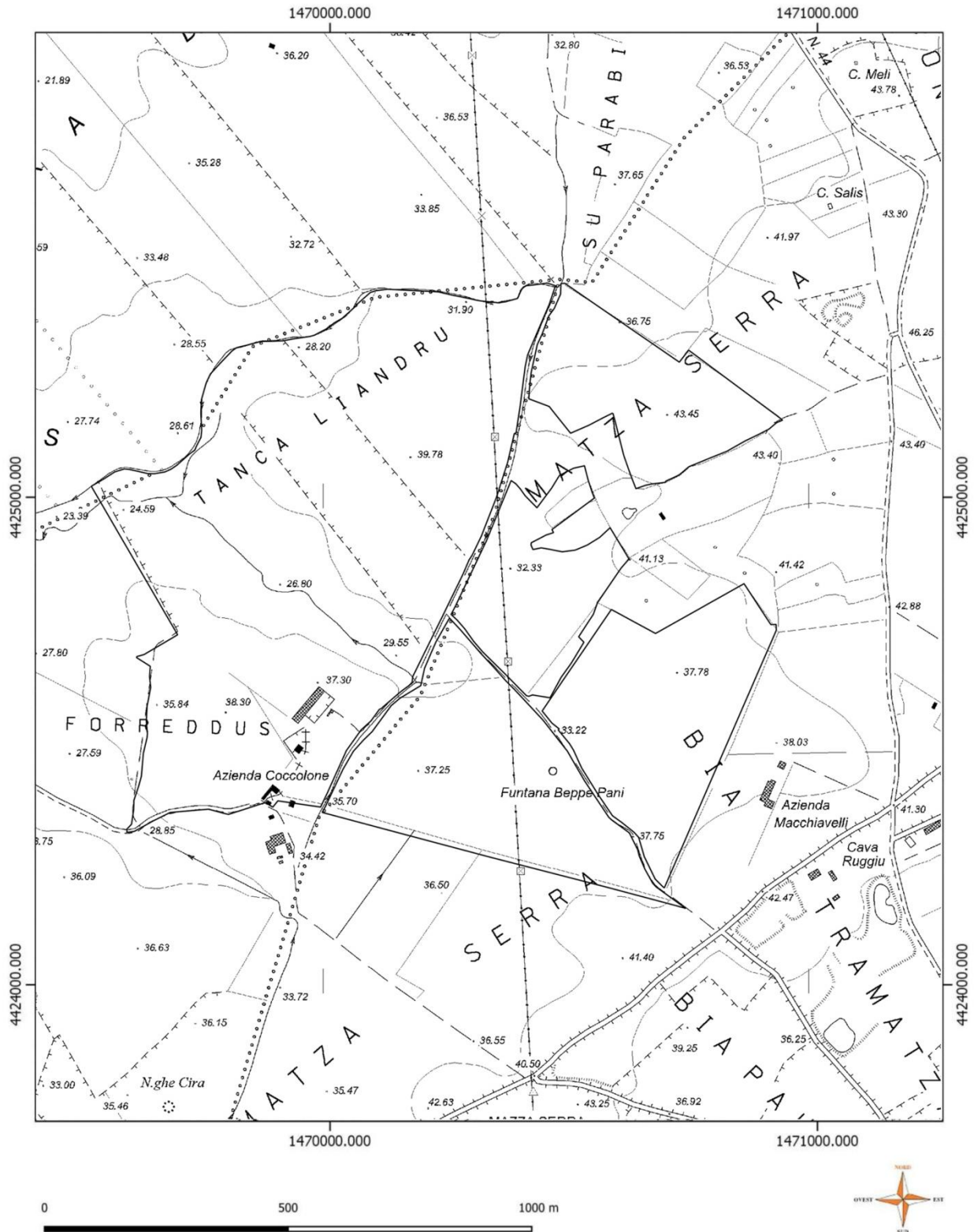
**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

**Relazione geotecnica**

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE  
SU BASE CTR FOGLIO 528-040 [ZEDDIANI]  
SCALA 1:10.000



### C. BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto oggetto della presente relazione prevede la realizzazione di un impianto agrofotovoltaico in un'area ad uso agricolo situata nei comuni di Solarussa e Siamaggiore, nella provincia di Oristano. Tale iniziativa rappresenta un caso favorevole nel campo sia delle energie rinnovabili che in campo agricolo, permettendo la riqualificazione agricola di terreni generalmente in stato di abbandono o comunque non adeguatamente utilizzati.

La società proponente GIOJANA s.r.l. nasce con l'intento di sviluppare energie rinnovabili e nello specifico sistemi solari fotovoltaici ma allo stesso tempo intraprendere iniziative agricole di concerto con imprese leader nel settore e/o imprese locali.

Il progetto oggetto della seguente relazione, consiste quindi in un impianto agro-fotovoltaico sito nelle aree agricole dei comuni di Solarussa e Siamaggiore, provincia di Oristano. Per l'inquadramento del progetto è stata individuata un'area pari a circa 97 ettari, ma solo 79,8 di questi saranno effettivamente impegnati per le opere di seguito descritte.



Figura 2 - Stralcio aerofotogrammetria zona di intervento (fonte Google Earth)

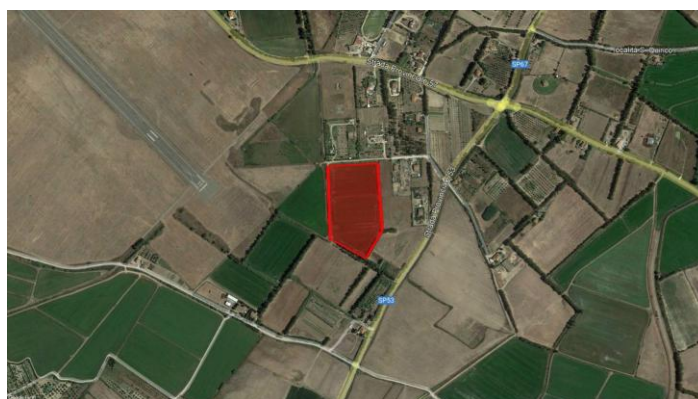


Figura 3 - Stralcio aerofotogrammetria lotto Sottostazione Produttore (fonte Google Earth)

La Committente intende realizzare nel territorio dei Comuni di Solarussa e Siamaggiore (OR), Località Matza Serra, un impianto agrivoltaico da 83.327 kWp (70.000 kW in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker), comprensivo delle relative opere di connessione in AT alla RTN.

La Società, in data 19/12/2019, ha presentato a Terna S.p.A. la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 70 MW. Il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG) formalmente accettata dalla Società in data 09/10/2020. La STMG prevede che l'impianto agro-fotovoltaico debba essere collegato in antenna a 150 kV con la sezione 150 kV dell'esistente stazione elettrica 380/150 kV della RTN di Oristano (la "Stazione RTN").

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. I moduli ruotano sull'asse da Est a Ovest, seguendo l'andamento giornaliero del sole. L'angolo massimo di rotazione dei moduli di progetto è di +/- 60°. L'altezza dell'asse di rotazione dal suolo è pari a 3,15 m.

Lo spazio libero minimo tra una fila e l'altra di moduli, quando questi sono disposti parallelamente al suolo (ovvero nelle ore centrali della giornata), risulta essere pari a 3,22 m.

L'ampio spazio disponibile tra le strutture, come vedremo in dettaglio ai paragrafi seguenti, fanno in modo che non vi sia alcun problema per quanto concerne il passaggio di tutte le tipologie di macchine trattatrici ed operatrici in commercio.

In sintesi l'impianto sarà costituito da:

- 125.076 moduli fotovoltaici di potenza unitaria pari a 665 Wp, installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori), con relativi motori elettrici per la movimentazione. Le strutture saranno ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno evitando qualsiasi struttura in calcestruzzo, riducendo sia i movimenti in terra (scavi e rinterrati) che le opere di ripristino conseguenti. È previsto in particolare che siano installati 2.086 inseguitori che sostengono 56 moduli e 295 inseguitori che sostengono 28 moduli;
- 6 Cabine di Campo (CdC) contenenti i Quadri BT dell'impianto fotovoltaico;
- 10 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenenti il gruppo conversione/trasformazione da 6.250 kVA;
- 3 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenenti il gruppo conversione/trasformazione da 3.125 kVA;
- Una Cabina di Raccolta (CdR FV) per la raccolta dell'energia prodotta dall'Impianto;
- Tutta la rete BT, ovvero dei cavi BT in c.c. (cavi solari) e relativa quadristica elettrica (quadri

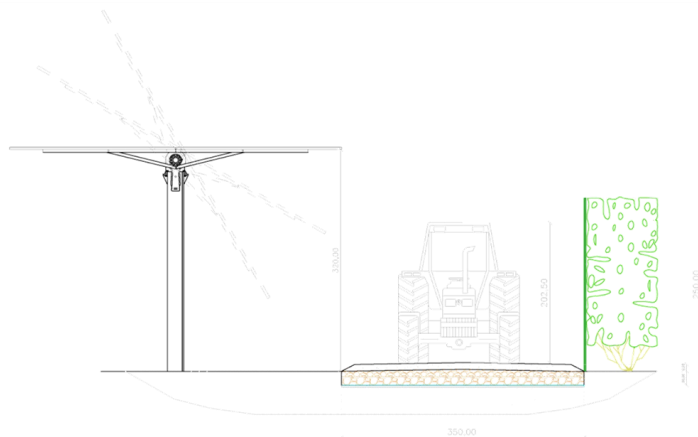
di parallelo stringhe), dei cavi BT in c.a. e relativa quadristica elettrica di comando, protezione e controllo;

- Il cavidotto interrato MT, per il trasferimento dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico (raccolta nella CdS) verso la SSE 150/30 kV di trasformazione;
- Il cavidotto AT per la connessione della SSE alla SE Terna a cui sarà elettricamente connessa.

La viabilità interna all'impianto fotovoltaico, come indicato negli elaborati di progetto, sarà costituita da una strada perimetrale interna alla recinzione e da una serie di stradelli che attraversano trasversalmente le aree di impianto. E' prevista una larghezza pari a 3 metri per le strade perimetrali e pari a 8 m per gli stradelli interni al lotto. Dal punto di vista strutturale, le strade perimetrali di impianto saranno costituite da una massicciata tipo Macadam, per la quale sono previste le seguenti fasi di lavorazione:

- scoticamento superficiale per una profondità massima di 20 cm;
- posa di strato di base costituito da materiale lapideo proveniente da cave di prestito o scavi di cantiere, per uno spessore di 20 cm – pezzatura 70-100 mm;
- posa di uno strato superiore a formare il piano viabile, in misto di cava per uno spessore di 10 – pezzatura 0-20 mm.

In base alla tipologia del terreno di sottofondo riscontrato, potrebbe essere necessario l'utilizzo di telo di geo-tessuto ad ulteriore rinforzo del sottofondo, così da evitare cedimenti al passaggio dei mezzi di servizio, e crescita di erbe infestanti durante la fase di esercizio dell'impianto. Il materiale di posa sopraccitato potrà essere rinvenuto direttamente in sito durante le fasi di scavo per la posa delle Cabine di Campo. Ciò consentirà di ridurre notevolmente l'apporto di materiale da cave di prestito, riducendo così anche i costi dell'intero progetto. Per gli stradelli interni all'impianto invece non sarà prevista alcun intervento rispetto alla situazione attuale del sito, ma resterà invariata la natura del terreno e le colture presenti (erbaio e foraggere in generale). Le strade perimetrali e quelle interne, seguiranno l'andamento orografico attuale, che di per se risulta pressoché pianeggiante.



**Figura 4 - Sezioni tipo inseguitori e strade perimetrali.**

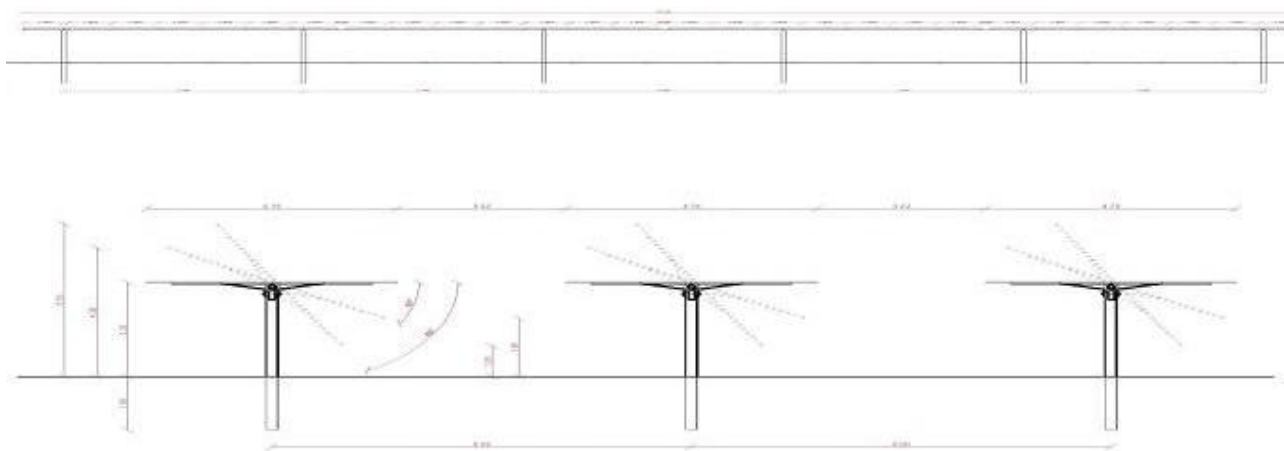
Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (tracker) monoassiali, ovvero strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest, con range di rotazione completo del tracker da est a ovest pari a  $120^\circ$  ( $-60^\circ/+60^\circ$ ).

I moduli fotovoltaici saranno installati sull'inseguitore su due file con configurazione 2V-portrait (verticale rispetto l'asse di rotazione del tracker).

Il numero dei moduli posizionati su un inseguitore è variabile. Nell'impianto in progetto si avranno inseguitori da 28 e da 56 moduli.

La loro installazione avverrà mediante infissione diretta nel terreno, con l'ausilio di opportuna macchina battipalo; i pali di sostegno raggiungeranno una profondità minima di 1,6 m dal piano campagna e saranno poi sottoposti a idonee prove di resistenza allo sfilaggio.

Tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire modifiche che tuttavia si prevede siano non eccessive. La scelta di questo tipo di inseguitore evita l'utilizzo di cemento e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.



**Figura 5 - Sezioni tipo inseguitori monoassiali (trasversale – longitudinale)**

**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

Da un punto di vista strutturale il tracker è realizzato in acciaio da costruzione in conformità agli Eurocodici, con maggior parte dei componenti zincati a caldo. I tracker possono resistere fino a velocità del vento di 55 km/h, ed avviano la procedura di sicurezza (ruotando fin all'angolo di sicurezza) quando le raffiche di vento hanno velocità superiore a 50 km/h. L'angolo di sicurezza non è zero (posizione orizzontale) ma un angolo diverso da zero, per evitare instabilità dinamica ovvero particolari oscillazioni che potrebbero danneggiare i moduli ed il tracker stesso.

Per quanto attiene le fondazioni i tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "battuti" nel terreno. La profondità standard di infissione è di 1,5 m, tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire modifiche che tuttavia si prevede siano non eccessive. La scelta di questo tipo di inseguitore evita l'utilizzo di cemento e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.



## 1. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE E STRATIGRAFICHE SUL SEDIME

L'analisi dell'area sensibile conferma una situazione geomorfologica locale stabile, essendo il progetto ubicato in una zona sub pianeggiante con quote variabili da circa 30.0m a circa 42.0m s.l.m.m., con pendenza massima uguale a circa il 13.5% e media del 3.5%, degradanti da NE a SSW direzione Solarussa e Fiume Tirso, e una condizione litologica e geostrutturale piuttosto definita con ottima caratterizzazione meccanica del substrato di natura sedimentaria alluvionale Pleistocenica Olocenica a giacitura sub orizzontale e omogenea di materiale essenzialmente ghiaioso sabbioso, a grana medio grossa, in matrice fine coesiva diversamente distribuita.

Le opere previste in progetto non comporteranno scavi importanti per la posa delle fondazioni, né sbancamenti, né determineranno una modificazione nell'equilibrio morfologico dell'area d'intervento. Più precisamente le strutture verranno realizzate mediante infissione di un palo, per il sostegno del pannello fotovoltaico, del diametro massimo di 20cm con incastro di punta massimo a -2.0m da p.c., o su platea per le cabine. Nel nostro contesto specifico, andrà ad interessare essenzialmente una diffusa copertura superficiale di materiale detritico inizialmente eluvio colluviale e/o alluvionale terrazzato, per lo più incoerente in matrice coesiva, relativa all'impianto e alla sottostazione vicino a Palmas Arborea. Allo stato attuale, l'area di progetto inserita in un paesaggio morfologico sub pianeggiante, non è interessata da processi gravitativi, vista la modesta pendenza né da fenomeni di erosione idrica concentrata. Pertanto, i processi morfogenetici attivi si limitano a fenomeni di dilavamento diffuso lungo le aree di compenetrazione interna, durante i periodi intensamente piovosi, ed a localizzata sedimentazione eluvio-colluviale. In sintesi: sono qui presenti le tipologie di terreni descritti in relazione e che possono essere raggruppati secondo il seguente criterio di resistenza geotecnica:

### Terreni del substrato Terziario Vulcanico:

Distretto vulcanico di Monti Ferru: Andesiti di Atzori AAZ → Andesiti porfiriche in ammassi lavici. Nell'Oligocene superiore - Miocene Inferiore una grande instabilità tettonica è testimoniata da un'importante attività vulcanica e dalla deposizione di potenti sequenze clastiche sintettoniche continentali, all'interno di bacini pull apart (CARMIGNANI et alii, 1992b). L'intensa attività vulcanica in parte precede, ma soprattutto è contemporanea alla sedimentazione marina ed ha un'età compresa tra 28 e 17 Ma (BECCALUVA et alii, 1985). La composizione delle vulcaniti varia da basaltico-andesitica a riolitico-riodacitica ed è principalmente ad affinità calcalcalina (BECCALUVA et alii, 1987). Le vulcaniti andesitiche che precedono la sedimentazione marina del I ciclo miocenico sono da riferire al cosiddetto "ciclo vulcanico calcalcalino oligo-miocenico" (CARMIGNANI et alii, 2001a cum bibl.). Piccoli lembi vulcanici affiorano sulla parte settentrionale in direzione di Tramatzza. Sono state distinte due litofacies, la prima riferita alle lave massive (AAZ), la seconda a depositi epiclastici (AAZa - esterna). Esse poggiano direttamente

sul basamento metamorfico ercinico in discordanza (angular unconformity), mentre soggiacciono ai sedimenti clastici della Formazione di Ussana (Oligocene superiore – Aquitaniano inferiore), con contatto di tipo onlap.

#### Terreni di copertura Quaternari:

Depositi Quaternari antichi (PVM2a) e recenti (bn): depositi alluvionali terrazzati antichi, deposti da corsi d'acqua allo sbocco delle valli che incidono i rilievi della zona. Sono costituiti da ghiaie grossolane poligeniche, con clasti a spigoli da sub-angolosi a subarrotondati, subordinate sabbie, detriti di versante e breccie a clasti con spigoli angolosi, sabbiosi arenacei grossi. Costituiscono le pianure nel contesto del nostro territorio, che si raccordano ai rilievi tramite fasce colluviali, detritiche. La natura litologica dei clasti è rappresentata anche da rocce vulcano terziarie, con percentuali variabili di sedimenti fini (sabbie e silt) mescolati a sedimenti più grossolani.

Nel nostro caso, ci si potrà attestare, con lo scavo per la realizzazione delle fondazioni su palo, sempre all'interno di una stessa litologia, detritica grossolana, per la minima profondità di infissione. Le caratteristiche geomeccaniche, utili alla determinazione del carico limite e della generale idoneità del terreno riguardo all'opera d'intervento, sono state ricavate da esperienze lavorative eseguite in aree limitrofe, litologicamente omogenee, oltre alle verifiche puntuali (osservazioni litologiche) eseguite sui luoghi di progetto.

I valori di NSPT (indice di portanza standard per la resistenza del terreno correlabile con la formula di "Parry –  $30NSPT/3$ " in  $daN/cm^2$ ) risultano di poco variabili a seconda dello stato di addensamento e/o consistenza dei materiali, per la stessa uniformità litologica. I parametri geotecnici dell'unità litostratigrafica che insiste al piano di fondazione sono indicati nella tabella sottostante:

**Unità A** → depositi alluvionali terrazzati costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice fine coesiva con subordinate sabbie, ad elementi clastici derivati dalle vulcaniti terziarie. Presentano in genere una colorazione bruna arrossata per fenomeni di ossidazione in un ambiente pregresso caldo.

Peso di volume naturale( $\gamma_N$ )	19,10KN/ m <sup>3</sup>
---------------------------------------	-------------------------



**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

Peso di volume saturo ( $\gamma_w$ )	20,10 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno ( $\varphi$ )	27.6° ± 5 (Japanese National Railway)
Coesione n.d.	19.61 kN/m <sup>2</sup>
Modulo Edometrico (M)	24222,42 kN/m <sup>2</sup> (Menzebach e Malcev)
Modulo Elastico (E)	33832,94 kN/m <sup>2</sup> (D'Appolonia et Alii.)
Coefficiente di Winkler [ $Q = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ ]	2.56 Kg/cm <sup>3</sup>
N/SPT	≥ 20
Resistenza del terreno da SPT (Parry)	≥ 1.96 daN/cm <sup>2</sup>
NTC 2018 – Terzaghi (1955)	[Qult] 416.0 kN/m <sup>2</sup> ÷ Resistenza di progetto [Rd] 231.11 kN/m <sup>2</sup>
Caratteristiche strato	addensato – molto addensato/duro

Nota: i parametri geotecnici sono stati calcolati con un valore medio di N/SPT di 20



## 1.1 - Verifica degli SL secondo le NTC 2018

Premessa: *Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C 2008) la verifica di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (S.L.U) di resistenza, si ottiene con il “Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali” di sicurezza tramite la disequazione:  $E_d \leq R_d$ , dove  $E_d$  è il valore di progetto (risultante della combinazione delle azioni agenti sulle costruzioni),  $R_d$  è la resistenza di progetto del terreno, che equivale al carico limite calcolato con il metodo delle tensioni ammissibili (D.M.11/03/88) ridotto di un certo coefficiente parziale ( $\gamma_R$ ). Il valore di progetto si ottiene con una combinazione delle azioni sulle costruzioni e di coefficienti parziali, che tiene conto del massimo carico d'esercizio trasmesso sulla fondazione, dato da  $N = G + Q$ , che è la somma dei carichi permanenti sfavorevoli ( $G$ ) e dei carichi variabili sfavorevoli ( $Q$ ). La combinazione delle azioni è funzione del tipo di calcolo, se finalizzato agli stati limite ultimi (SLU) o agli stati limite d'esercizio (SLE). Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) si possono adottare 2 metodi:*

Il primo metodo tiene conto di 2 combinazioni:

- Strutturale (STR): è lo stato limite di resistenza della struttura e riguarda gli elementi di fondazione e di sostegno del terreno; è definito dalla combinazione  $A_1+M_1+R_1$ ;
- Geotecnico (GEO): è lo stato limite di resistenza del terreno, si utilizza per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno che interagiscono con il terreno; è definito dalla combinazione  $A_2+M_2+R_2$ ;

Il secondo metodo si basa su di una combinazione unica, che considera sia gli stati limite ultimi strutturali che geotecnici, definita da  $A_1+M_1+R_3$ .

Le combinazioni sono formate da gruppi di coefficienti parziali  $\gamma$  con:

- A = coefficienti parziali per le azioni,  $\gamma_F$ ;
- M = coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno,  $\gamma_M$  (resistenza dei materiali);
- R = coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali  $\gamma_R$  (resistenza globale del sistema)

Con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C 2018) le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure indicate al § 2.6. Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (EQU), come definito al §2.6.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

dove  $E_{inst,d}$  è il valore di progetto dell'azione instabilizzante,  $E_{stb,d}$  è il valore di progetto dell'azione stabilizzante. La verifica della suddetta condizione deve essere eseguita impiegando come fattori parziali per le azioni i valori  $\gamma_F$  riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I. Per ogni stato limite

ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1, deve essere rispettata la condizione:  $E_d \leq R_d$  [§ 6.2.1] essendo  $E_d$  il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito dalle relazioni [6.2.2a] o [6.2.2b]. Effetto delle azioni e resistenza di progetto sono espresse nelle [6.2.2a] e [6.2.3] rispettivamente in funzione delle azioni di progetto  $\gamma F_k$ , dei parametri geotecnici di progetto  $X_k/\gamma M$  e dei parametri geometrici di progetto  $a_d$ . Il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema. L'effetto delle azioni di progetto può anche essere valutato direttamente con i valori caratteristici delle azioni come indicato dalla [6.2.2b] con  $\gamma E = \gamma F$ . In accordo a quanto stabilito al §2.6.1, la verifica della condizione [6.2.1] deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

La verifica della stabilità globale deve essere effettuata secondo quanto previsto nel capitolo 6.8 secondo la combinazione 2 dell'approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali delle tabelle 6.2.1 e 6.2.2 per le azioni e i parametri geotecnici, e nella tabella 6.8.1 per le resistenze globali. Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica  $[A_1+M_1+R_3]$  in condizioni drenate (piano di posa): la verifica è stata svolta per un palo del diametro massimo di 20cm, con incastro di punta a -2.0m da p.c..

### 1.1.1– Ipotesi A – fondazione su palo infisso

#### DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Diametro della fondazione	0,2 m
Profondità piano di posa	2,0 m

#### SISMA

Accelerazione massima ( $a_{max}/g$ )	0.006
Effetto sismico secondo NTC: Cascone Maugeri	
Fattore di comportamento [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.194
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0012
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.0049

Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

## Coefficienti sismici [N.T.C.]

### Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie  
 Classe d'uso: Classe I  
 Vita nominale: 50.0 [anni]  
 Vita di riferimento: 35.0 [anni]

### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.0127	2.5776	0.14
S.L.D.	35.0	0.014	2.5689	0.143
S.L.V.	332.0	0.0388	2.4973	0.2881
S.L.C.	682.0	0.0494	2.5289	0.3247

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0191	0.2	0.0004	0.0002
S.L.D.	0.021	0.2	0.0004	0.0002
S.L.V.	0.0582	0.2	0.0012	0.0006
S.L.C.	0.0741	0.2	0.0015	0.0008

### STRATIGRAFIA TERRENO

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturato [kN/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito [°]	Coesion e [kN/m <sup>2</sup> ]	Coesion e non drenata [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Elastico [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Edometric o [kN/m <sup>2</sup> ]	Poisson	Descrizione
0,4	17,65	18,63	26			7354,04		0,3	Copertura frammista a suolo
6,0	19.10	20.10	28	9,81	19.61	33832.94	24222.42	0,35	Unità A

### Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [kN/m <sup>2</sup> ]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	SISMA	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

### Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacit à portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	1	1,8	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1



**CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3 Autore:**

**TERZAGHI (1955)**

- Carico limite [Qult] 416.0 kN/m<sup>2</sup>
- Resistenza di progetto [Rd] 231.11 kN/m<sup>2</sup>
- Tensione [Ed] 138.67 kN/m<sup>2</sup> (*ipotesi di verifica cedimenti 98,06 KN/m<sup>2</sup>*)
- Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3,0

**Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)**

===== A1 + M1 + R3

Fattore [Nq]	7.14
Fattore [Nc]	17.24
Fattore [Ng]	4.74
Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.6
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	416.1 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	180.91 kN/m <sup>2</sup>

**Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)**

===== SISMA

Fattore [Nq]	7.14
Fattore [Nc]	17.24
Fattore [Ng]	4.74
Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.6
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.98
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	416.0 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	231.11 kN/m <sup>2</sup>

### 1.1.1.1 - CEDIMENTI

#### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto	98.06 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento dopo T anni	15.0
Distanza	1.28 m
Angolo	54.07 °
Cedimento totale	0.002 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	4.2	77.93	0.116	Edometrico	0.0021	--	0.0021

#### CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	98,06 kN/m <sup>2</sup> (ipotesi di verifica)
Cedimento al centro della fondazione	0,17 mm
Cedimento al bordo	0,08 mm

#### CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	98,06 kN/m <sup>2</sup> (ipotesi di verifica)
Tempo	15.0
Profondità significativa Zi (m)	2
Media dei valori di Nspt all'interno di Zi	20
Fattore di forma fs	1
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1.44
Indice di compressibilità	0.026
Cedimento	1.362 mm

#### VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss:

Livello non liquefacibile

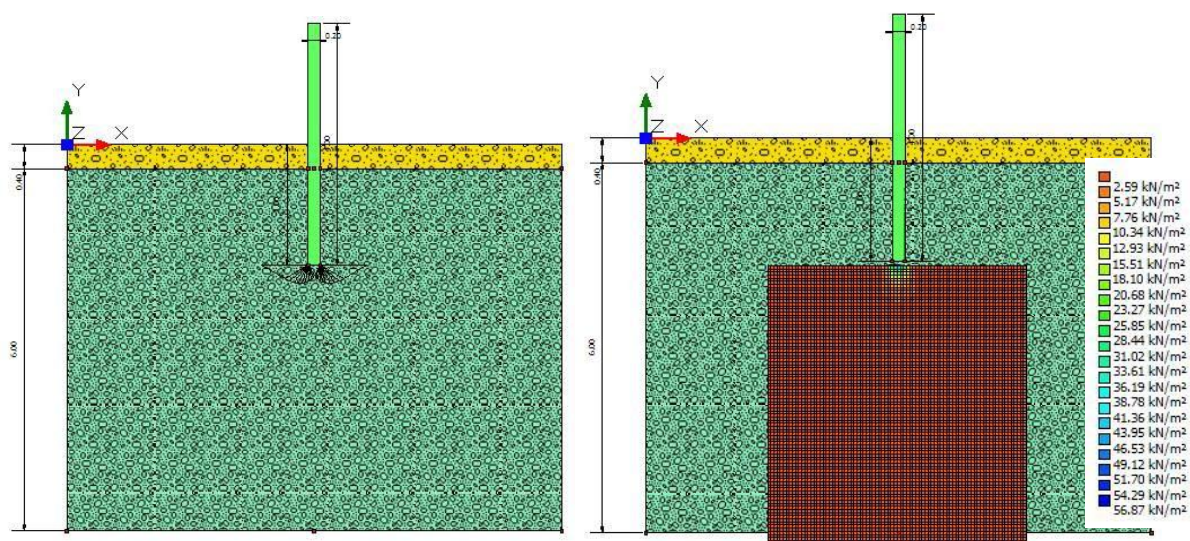


Figura 7 – Cuneo di intrusione / Bulbo delle pressioni

Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

### 1.1.2.1 – Ipotesi B – Fondazione a platea

#### DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	3,0 m
Lunghezza fondazione	4,0 m
Profondità piano di posa	0,5 m

#### STRATIGRAFIA TERRENO

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Poisson	Descrizione
0,4	17,65	18,63	26			7354,04		0,3	Copertura frammista a suolo
6,0	19,10	20,10	28	9,81	19,61	33832,94	24222,42	0,35	Unità A

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	SISMA	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	1	1,8	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1



Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955)

- Carico limite [Qult] 467.27 kN/m<sup>2</sup>
- Resistenza di progetto [Rd] 259.59 kN/m<sup>2</sup>
- Tensione [Ed] 155.76 kN/m<sup>2</sup> (ipotesi di verifica cedimenti 98,06 KN/m<sup>2</sup>)
- Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3,0

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

===== A1 + M1 + R3

Fattore [Nq]	17.81
Fattore [Nc]	31.61
Fattore [Ng]	15.05
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	901.26 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	391.85 kN/m <sup>2</sup>

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

===== SISMA

Fattore [Nq]	17.81
Fattore [Nc]	31.61
Fattore [Ng]	15.05
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	467.27 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	259.59 kN/m <sup>2</sup>





### 1.1.2.1- CEDIMENTI

#### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto	98.06 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento dopo T anni	15.0
Distanza	1.78 m
Angolo	118.51 °
Cedimento totale	0.608 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	3.0	56.575	29.446	Edometrico	0.6078	--	0.6078

#### CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	98,06 kN/m <sup>2</sup> (ipotesi di verifica)
Cedimento al centro della fondazione	0,72 mm
Cedimento al bordo	0,17 mm

#### CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	98,06 kN/m <sup>2</sup> (ipotesi di verifica)
Tempo	15.0
Profondità significativa Zi (m)	2.5
Media dei valori di N <sub>spt</sub> all'interno di Zi	20
Fattore di forma fs	1.108
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1.44
Indice di compressibilità	0.026
Cedimento	8.166 mm

#### VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss:

Livello non liquefacibile

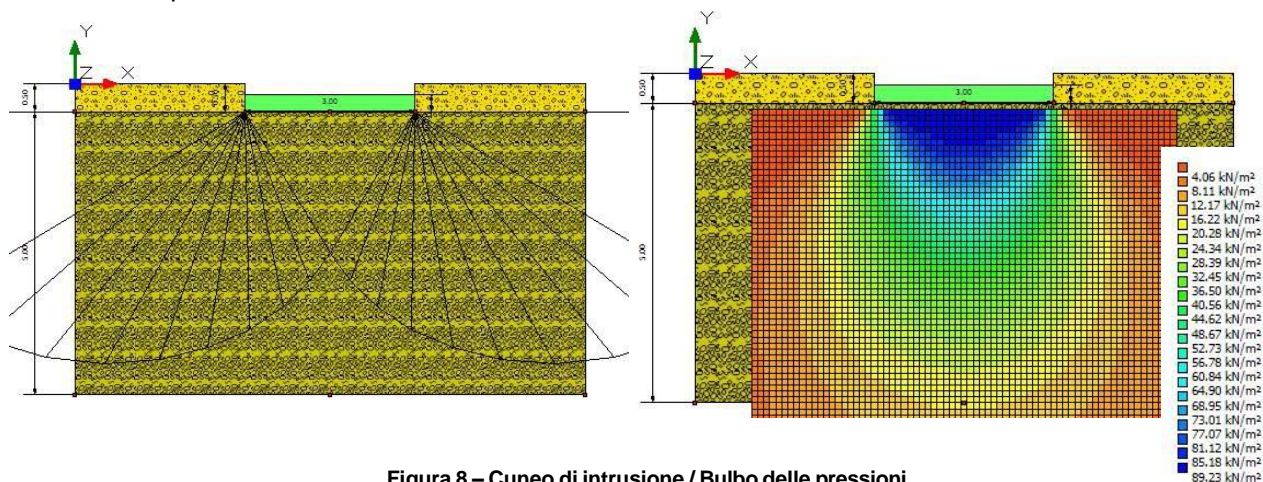


Figura 8 – Cuneo di intrusione / Bulbo delle pressioni

## 1.2 – Considerazioni sulla scavabilità e tenuta dei fronti di scavo

L'area è costituita da sedimenti alluvionali terrazzati antichi e recenti, costituiti da ghiaie sabbiose in matrice fine con ciottolotti e/o livelli ciottolosi conglomeratici con ferrettizzazione della matrice. In funzione di quanto sopra esposto, i terreni vista la minima profondità di escavazione saranno facilmente asportabili con il semplice uso di un escavatore dotato di singola benna e/o con apposito macchinario con testa a pressione nei livelli più superficiali interessati dalla posa di una fondazione (struttura) su "palo infisso".

La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno interessato. E' infatti possibile dare allo scavo un'inclinazione (inclinazione di sicurezza) tale per cui essa risulti stabile nel breve periodo senza che vi sia pericolo di crollo. La stabilità nei livelli alluvionali Pleistocenici - Olocenici diversamente addensati, essendo materiali a comportamento attrattivo in matrice fine coesiva, è legata, indipendentemente dall'altezza dello scavo al valore dell'angolo di attrito interno del materiale. Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come  $FS = \tan \varphi / \tan \beta$ , dove  $\varphi$  = angolo di attrito interno del materiale e  $\beta$  = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1. Nel nostro caso, avendo le coperture Quaternarie alluvionali un  $\varphi = 28^\circ$ , per lavorare in condizioni di sicurezza, si potrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo min. di circa  $27^\circ$ . Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici accorpabili per uniformità litologiche locali (riconducibili ad un unico livello A)  $\rightarrow c_u = 19.61 \text{ KN/m}^2$  -  $\gamma_n = 19.10 \text{ KN/m}^3$  e utilizzando la seguente relazione:  $H_c = 4 c / \gamma_n$  si ottiene un'altezza critica di scavo  $H_c = \sim 4.10 \text{ m}$ . Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di eventuale acqua a breve profondità legata alla stagionalità del periodo, il valore dell'altezza critica (Hc) (Terzaghi) risulta ridotto per  $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 2.0 \text{ m}$

*Si consiglia, comunque, in presenza di materiali granulari in matrice coesiva, di eseguire l'apertura del terreno, in condizioni di sicurezza, con una maggiore larghezza della base e una minore pendenza della parete di scavo, per abbattere l'incidenza di eventuali crolli, a causa dei fenomeni di rilassamento per diminuzione della spinta litostatica delle terre, conseguente lo sbancamento. Generalmente, per profondità di scavo superiori a 1.0/1.5mt, trattandosi di materiali granulari non coerenti (D.lgs 81/2008), si consiglia di provvedere ad armare provvisoriamente i*

**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

**Relazione geotecnica**

*fronti di scavo. Da non dimenticare che, se si dovesse decidere di impiantare il cantiere durante il periodo invernale o comunque in previsione di eventi pluviometrici importanti, sarà opportuno predisporre degli adeguati sistemi di allontanamento sia delle acque superficiali dal fondo dello scavo, se presente, sia da quelle (eventuali) di debole faldina idrica superficiale se risalita per incremento idrico.*



## 2. CONCLUSIONI

In conformità a quanto fin qui esposto si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Considerazioni geotecniche preliminari: si tratta di materiali da incoerenti a semicoerenti con caratteristiche di resistenza meccanica generalmente discrete sia per composizione granulometrica, sia per grado di costipamento e/o cementazione dei sedimenti, confermate dai valori di resistenza alla punta (Parry) ottenuti da prove penetrometriche dinamiche discontinue su litologie correlabili (N/SPT), da verificarsi in sede definitiva. Nelle tabelle sottostanti sono riportati i parametri geotecnici dei principali livelli che insistono nell'area analizzata:

**Unità A** → depositi alluvionali terrazzati costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice fine coesiva con subordinate sabbie, ad elementi clastici derivati dalle vulcaniti terziarie. Presentano in genere una colorazione bruna arrossata per fenomeni di ossidazione in un ambiente pregresso caldo.

Peso di volume naturale ( $\gamma_N$ )	19,10 KN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo ( $\gamma_w$ )	20,10 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno ( $\phi$ )	27.6° ± 5 (Japanese National Railway)
Coesione n.d.	19.61 kN/m <sup>2</sup>
Modulo Edometrico (M)	24222,42 kN/m <sup>2</sup> (Menzebach e Malcev)
Modulo Elastico (E)	33832,94 kN/m <sup>2</sup> (D'Appolonia et Alii.)
Coefficiente di Winkler [ $Q = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ ]	2.56 Kg/cm <sup>3</sup>
N/SPT	≥ 20
Resistenza del terreno da SPT (Parry)	≥ 1.96 daN/cm <sup>2</sup>
NTC 2018 – Terzaghi (1955)	[Qult] 416.0 kN/m <sup>2</sup> ÷ Resistenza di progetto [Rd] 231.11 kN/m <sup>2</sup>
Caratteristiche strato	addensato – molto addensato/duro

Nota: i parametri geotecnici sono stati calcolati con un valore medio di N/SPT di 20

- Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica [A<sub>1</sub>+M<sub>1</sub>+R<sub>3</sub>] in condizioni drenate (piano di posa): la verifica è stata svolta per un palo del diametro massimo di 20cm, con incastro di punta a -2.0m da p.c., e per una platea 4.0m x 3.0m H 0.30m, con incastro a 0.50m. Dai calcoli effettuati (utilizzando i valori minimi possibili di resistenza alla compressione e con i massimi coefficienti di sicurezza) si ottiene:

Ipotesi A - Palo infisso (0.20m x 2.0m)

- Combinazione A<sub>1</sub>+M<sub>1</sub>+R<sub>3</sub> - Terzaghi (1955) – condizione non drenata Il valore minimo del carico limite ultimo Qult = 416.0 kN/m<sup>2</sup>, con una resistenza di progetto (Rd) = 231.11

$\text{KN/m}^2$ , ed una Tensione (Ed) ipotesi di verifica cedimenti  $98,06 \text{ KN/m}^2$ ;

- I Cedimenti Elastici relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori inferiori al centimetro (centro  $0,17\text{mm}$  / bordo  $0,08\text{mm}$ ), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a  $98,06 \text{ KN/m}^2$  (ipotesi di verifica).
- Cedimenti secondo Burland e Burbidge relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori inferiori al centimetro ( $1.362\text{mm}$ ), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a  $98,06 \text{ KN/m}^2$  (ipotesi di verifica).
- I terreni presenti nell'area in oggetto non sono suscettibili al fenomeno di liquefazione in seguito a sollecitazioni dinamiche, in considerazione delle caratteristiche granulometriche, nonché dell'assenza di una vera e propria falda nei primi metri dal piano calpestio - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss.

#### Ipotesi B – Platea (3.0m x 4.0m x H 0.30m)

- Combinazione A1+M1+R3 - Terzaghi (1955) – condizione non drenata Il valore minimo del carico limite ultimo  $Q_{ult} = 467.27 \text{ kN/m}^2$ , con una resistenza di progetto ( $R_d$ ) =  $259.59 \text{ KN/m}^2$ , ed una Tensione (Ed)  $155.76$  - ipotesi di verifica cedimenti  $98,06 \text{ KN/m}^2$ ;
- I Cedimenti Elastici relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori inferiori al centimetro (centro  $0,72\text{mm}$  / bordo  $0,17\text{mm}$ ), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a  $98,06 \text{ KN/m}^2$  (ipotesi di verifica).
- Cedimenti secondo Burland e Burbidge relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori inferiori al centimetro ( $8.166\text{mm}$ ), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a  $98,06 \text{ KN/m}^2$  (ipotesi di verifica).
- I terreni presenti nell'area in oggetto non sono suscettibili al fenomeno di liquefazione in seguito a sollecitazioni dinamiche, in considerazione delle caratteristiche granulometriche, nonché dell'assenza di una vera e propria falda nei primi metri dal piano calpestio - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss.
- L'area è costituita da sedimenti alluvionali terrazzati antichi e recenti, costituiti da ghiaie sabbiose in matrice fine con ciottolotti e/o livelli ciottolosi conglomeratici con ferrettizzazione della matrice. In funzione di quanto sopra esposto, i terreni vista la minima profondità di escavazione saranno facilmente asportabili con il semplice uso di un escavatore dotato di singola benna e/o con apposito macchinario con testa a pressione nei livelli più superficiali interessati dalla posa di una fondazione (struttura) su "palo infisso". La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno interessato. La stabilità nei livelli alluvionali Pleistocenici - Olocenici diversamente addensati, essendo materiali a comportamento attrattivo in matrice

fine coesiva, è legata, indipendentemente dall'altezza dello scavo al valore dell'angolo di attrito interno del materiale. Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come  $FS = \text{tg } \varphi / \text{tg } \beta$ , dove  $\varphi$  = angolo di attrito interno del materiale e  $\beta$  = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1. Nel nostro caso, avendo le coperture Quaternarie alluvionali un  $\varphi = 28^\circ$ , per lavorare in condizioni di sicurezza, si potrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo min. di circa  $27^\circ$ . Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici accorpabili per uniformità litologiche locali (riconducibili ad un unico livello A)  $\rightarrow c_u = 19.61 \text{ KN/m}^2$  -  $\gamma = 19.10 \text{ KN/m}^3$  e utilizzando la seguente relazione:  $H_c = 4 c/\gamma_n$  si ottiene un'altezza critica di scavo  $H_c = \sim 4.10 \text{ m}$ . Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di eventuale acqua a breve profondità legata alla stagionalità del periodo, il valore dell'altezza critica ( $H_c$ ) (Terzaghi) risulta ridotto per  $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 2.0\text{m}$

*Si consiglia, comunque, in presenza di materiali granulari in matrice coesiva, di eseguire l'apertura del terreno, in condizioni di sicurezza, con una maggiore larghezza della base e una minore pendenza della parete di scavo, per abbattere l'incidenza di eventuali crolli, a causa dei fenomeni di rilassamento per diminuzione della spinta litostatica delle terre, conseguente lo sbancamento. Generalmente, per profondità di scavo superiori a 1.0/1.5mt, trattandosi di materiali granulari non coerenti (D.lgs 81/2008), si consiglia di provvedere ad armare provvisoriamente i fronti di scavo. Da non dimenticare che, se si dovesse decidere di impiantare il cantiere durante il periodo invernale o comunque in previsione di eventi pluviometrici importanti, sarà opportuno predisporre degli adeguati sistemi di allontanamento sia delle acque superficiali dal fondo dello scavo, se presente, sia da quelle (eventuali) di debole falda idrica superficiale se risalita per incremento idrico.*

**Committente:** Proponente GIOJANA SRL

**Progetto:** Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geotecnica

- L'area, che ospiterà l'opera in progetto, non evidenzia ostacoli di:
  - Natura geologica, idrogeologica o morfologica che impediscano l'utilizzazione prevista dal progetto di impianto fotovoltaico non a terra su pensilina;
  - Turbamento alle caratteristiche morfologiche del paesaggio. La stratigrafia, tipica dei terreni locali analizzati in situ, evidenzia la compatibilità della stessa in funzione delle opere (interventi) da realizzarsi, a supporto del progetto "Impianto agrofotovoltaico – Comuni Solarussa - Siamaggiore".
  - Natura geotecnica che impedisca l'utilizzazione prevista dal progetto a meno delle normali prescrizioni ingegneristiche. Il progettista, verificata la compatibilità degli interventi previsti con la stessa natura del terreno, secondo le esigenze di progetto e di sue considerazioni di prudenza, potrà intervenire per avere l'opera finita a regola d'arte.

**GEOLOGO** [sez. A]

Dott. Mario STRINNA



La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)