



**Regione Puglia
Provincia di Lecce
Comuni di Lecce e Surbo**

PROGETTO DEFINITIVO: IMPIANTO FV-SALONNA



OGGETTO:

**PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-
FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 2.800,00 kW IN AC E 3.804,84 kWp
IN DC E DI TUTTE LE OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE**

IL COMMITTENTE

SOLAER CLEAN ENERGY ITALY 08 SRL
VIA CARLO PORTA N.3 - GALLARATE (VA)
P.IVA 03717980126

timbro

IL PROGETTISTA

Ing. Giuseppe Santaromita Villa

Collaboratori:
Ing. Torrisi Roberta
Ing. Messina Valeria
Ing. Pintaldi Giulia
Ing. Bazan Flavia
Ing. Conoscenti Rosalia
Ing. Lala Rosa Maria
Ing. Alessia Lo Bello
Ing. Cavarretta Maria Vincenza
Ing. Scacciaferro Anna

timbro e firma

CODICE ELAB.

A37

ELABORATO

RELAZIONE GEOTECNICA

SCALA

REVISIONE

rev. 08

CODICE IMPIANTO

AG50

CODICE DI RINTRACCIABILITÀ

211425796

DATA

13/05/2025

TIMBRO ENTE AUTORIZZANTE

Sommario

1. Premessa.....	2
2. Inquadramento cartografico	3
3. Descrizione dell'area di installazione dell'impianto	5
4. Modello geologico	7
4.1 Geologia del sito di intervento.....	9
5. Modello geotecnico del sottosuolo di fondazione.....	12
6. Zonazione sismogenetica e pericolosità sismica.....	13
6.1 Categoria suolo fondazione	16
6.2 Amplificazione stratigrafica	16
6.3 Amplificazione topografica	17
6.4 Caratterizzazione delle azioni sismiche.....	17
7. Le opere in progetto	21
7.1 Cabine prefabbricate.....	21
7.2 Teoria di calcolo per la verifica della capacità portante	21
8. Considerazioni conclusive	24

1. Premessa

Su incarico della società *SOLAER CLEAN ENERGY ITALY 08* con sede a Gallarate (VA), Via Carlo Porta n° 3, P.IVA/C.F.: 03717980126, lo scrivente Ing. Giuseppe Santaromita Villa, ha eseguito un'analisi geotecnica preliminare di supporto alla progettazione e realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico della potenza di 2.800,00 kW in corrente alternata e 3.804,84 kWp in corrente continua e di tutte le opere connesse ed infrastrutture.

Lo studio è stato condotto al fine di accertare le condizioni di fattibilità del progetto di cui al titolo, attenzionando, in particolare, le caratteristiche litotecniche dei terreni interessati dalle opere in progetto.

Per la redazione di questa relazione specialistica si sono utilizzati i risultati derivanti da indagini di tipo sismico e indagini penetrometriche, ottenute nelle aree di realizzazione degli impianti fotovoltaici e lungo il tracciato relativo alle opere di connessione.

2. Inquadramento cartografico

L'area oggetto del presente studio ricade nei Comuni di Lecce (LE) e Surbo (LE) ed è inserita nel Foglio IGM 1:50.000 n. 496.

L'impianto agro-fotovoltaico denominato "FV-Salonna" individuato dalle coordinate geografiche latitudine 40°24'39.92"N e longitudine 18°06'25.27"E, sarà allacciato alla rete di Distribuzione MT con tensione nominale di 20 kV tramite costruzione di cabina di consegna da ubicarsi nel sito individuato dal produttore, connessa in antenna dalla linea MT esistente SURBO -- DW30.24832 alimentata da CP LECCE INDUSTRIALE -- DW00.1.383171.

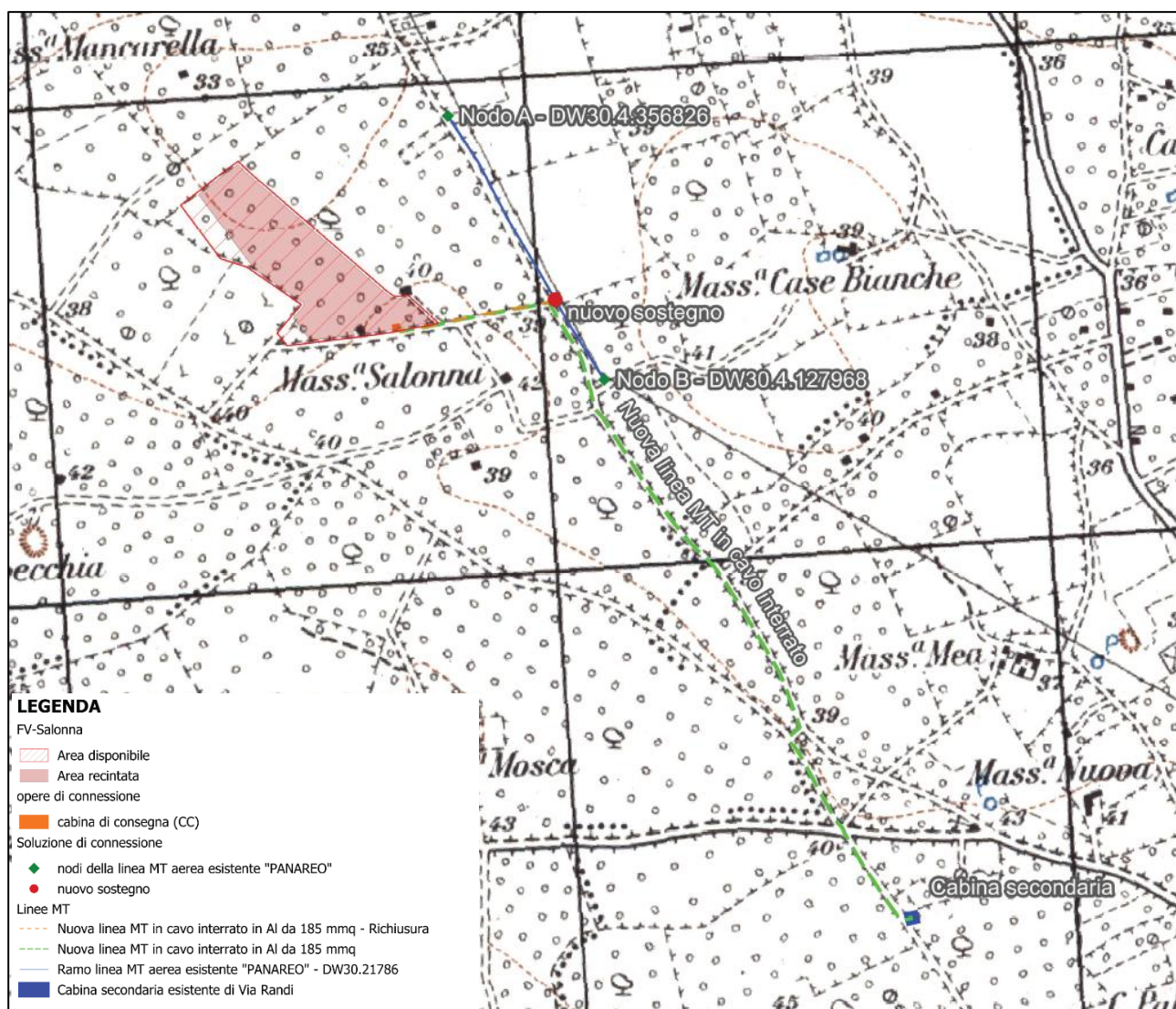


Figura 2-1 - Parco agro-fotovoltaico FV-SALONNA riportato su cartografia IGM 25.000 (non in scala)

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete del distributore è stato effettuato tenendo conto, oltre che della disponibilità economica, di:

- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (ombreggiamento e albedo);

Fattori geomorfologici e vincolistici (impluvi, fasce di rispetto di strade).

Il progetto dell'impianto agro-fotovoltaico FV-SALONNA, si propone di produrre energia elettrica da fonte di energia solare utilizzando soltanto il valore di vendita dell'energia per sovvenzionare la progettazione dell'impianto.

Il perimetro del sito, esternamente alla recinzione delimitante ciascun eventuale lotto di terreno recintato, verrà interamente delimitato da una barriera alberata e da vegetazione autoctona, consigliata da un esperto agronomo, in modo da occupare un'area larga 5 m, all'interno della fascia di rispetto di 10 m appositamente considerata per non disporre le stringhe a ridosso del perimetro del terreno.

Le opere civili necessarie per l'installazione dell'impianto riguardano:

- la fondazione (prefabbricata) delle cabine;
- adattamento della viabilità esistente e delle eventuali opere d'arte in essa presenti qualora la stessa non sia idonea al passaggio degli automezzi per il trasporto al sito dei componenti e delle attrezzature;
- realizzazione della nuova viabilità prevista in progetto all'interno del sito;
- cunette, trincee drenanti ecc.;
- realizzazione di opere varie di sistemazione ambientale e morfologica;
- realizzazione dei cavidotti interrati interni all'impianto;
- eventuale locale guardiano;
- recinzione dell'intero lotto e opere di piantumazione.

Per ulteriori dati si rimanda alla consultazione degli elaborati progettuali.

3. Descrizione dell'area di installazione dell'impianto

L'impianto da realizzare denominato “FV-Salonna”, codice interno allo studio AG50, è localizzato nel comune di Lecce (LE) località c. da “Salonna”, censito al N.C.T. al foglio 104 particelle 38, 39, 40 e 41, per un'estensione complessiva pari a *7 ha 50 are 89 ca, 75.089 mq*, con opere di connessione ricadenti in parte anche nel comune di Surbo (LE).

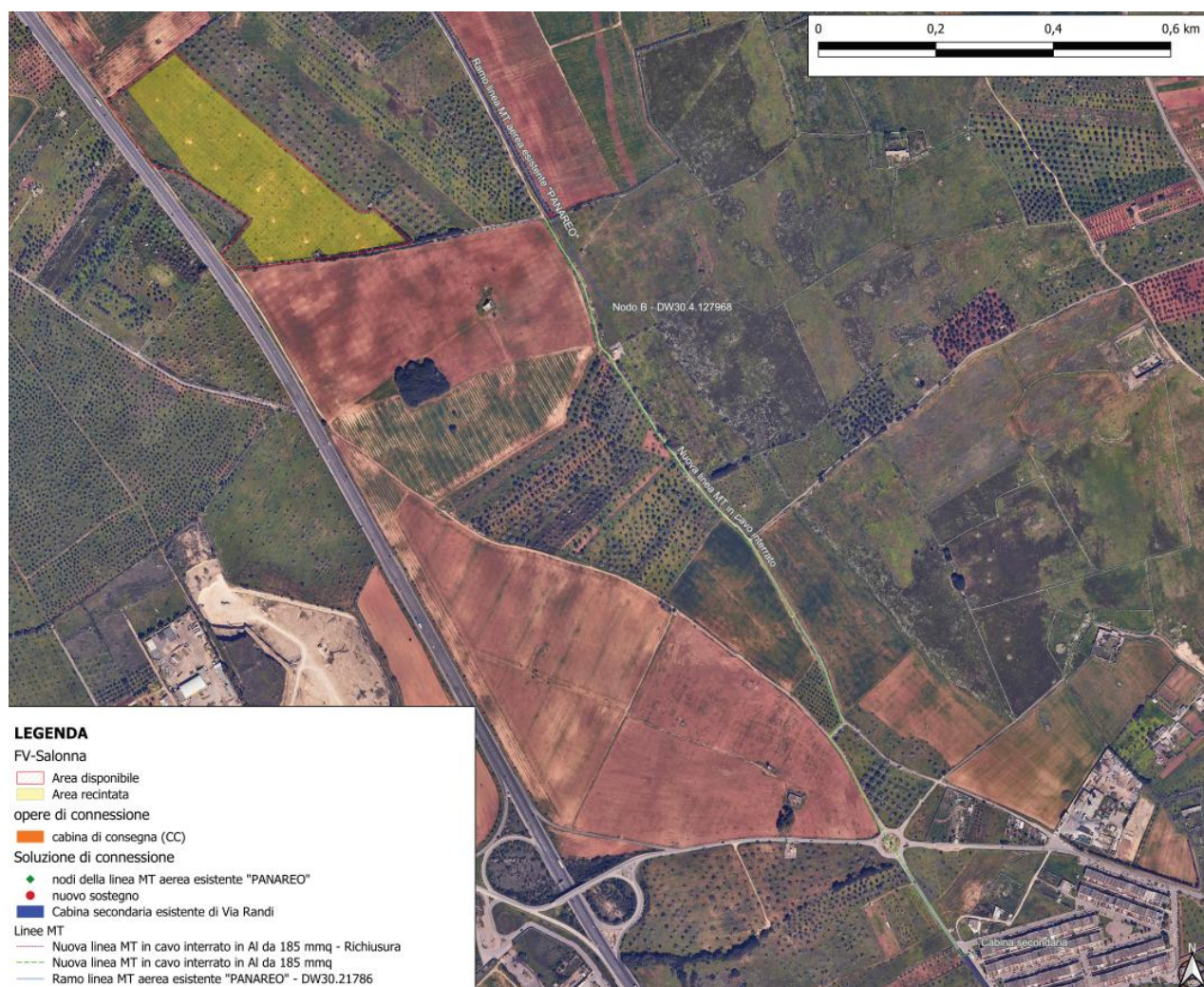


Figura 3-1 - Ortofoto dell'impianto agro-fotovoltaico FV-Salonna

L'area, oggetto dell'installazione dell'impianto agro-fotovoltaico, è compresa all'interno del perimetro di coordinate geografiche di Latitudine 40°24'39.92"N e Longitudine 18°06'25.27"E, con una quota media di *42 m s.l.m.*

L'impianto agro-fotovoltaico denominato “FV-Salonna” sarà allacciato alla rete di Distribuzione MT con tensione nominale di 20 kV tramite costruzione di cabina di consegna da ubicarsi nel sito

individuato dal produttore, connessa in antenna dalla linea MT esistente SURBO -- DW30.24832 alimentata da CP LECCE INDUSTRIALE -- DW00.1.383171. Nello specifico tale soluzione prevede la connessione in antenna dalla cabina esistente VIA RANDI, alimentata dalla linea SURBO mediante costruzione di cavo interrato AL 185mmq con percorso interamente su strada Pubblica, costruzione di una cabina di consegna, costruzione di un nuovo scomparto nella cabina esistente VIA RANDI, realizzazione di richiusura tra la CS di consegna e la linea MT PANAREO - - DW30.21786 nella tratta compresa tra i nodi DW30.4.356826 e DW30.4.127968, costruzione dispositivo di sezionamento da palo, connessione in antenna dal dispositivo sopra descritto mediante costruzione di cavo interrato AL 185mmq con percorso interamente su strada Pubblica.

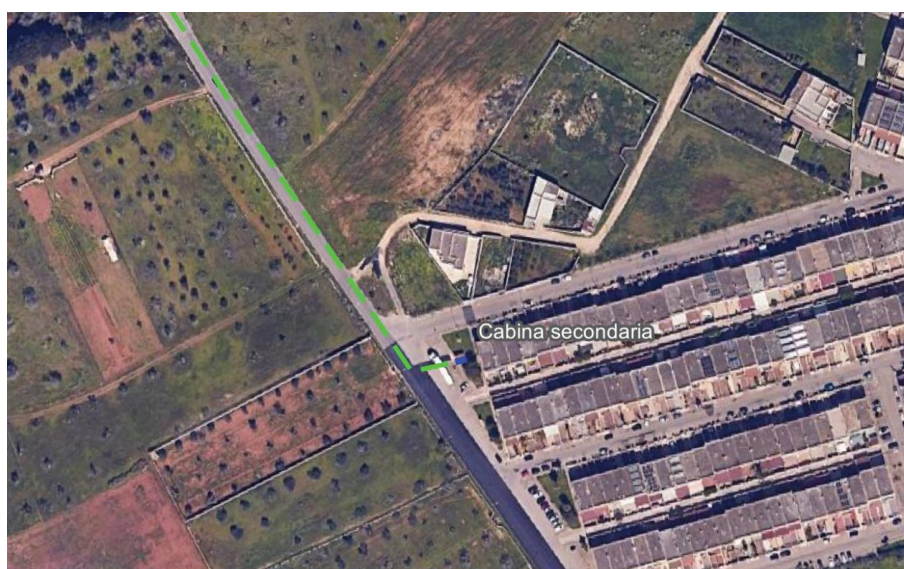


Figura 3-2 - Punto di connessione alla rete elettrica, Cabina Secondaria Via Randi

Da certificato di destinazione urbanistica relativo all'area del sito in oggetto, si evince che il terreno risulta classificato, in base al piano regolatore generale del comune di Lecce, come area E agricola. In considerazione delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni di sedime come esposte nella relazione, si ritiene l'area idonea alla realizzazione di quanto previsto in progetto.

L'introduzione dei pannelli fotovoltaici in situ creerà delle modificazioni modeste al suolo, al territorio e al paesaggio senza introdurre interazioni con la flora e fauna tali da svolgere un'azione che possa alterare gli equilibri.

4. Modello geologico

L'impalcatura geologica dell'area è esclusivamente costituita dal Cretacico, rappresentato dalle Dolomie di Galatina, del Cenomaniano e forse del Turoniano inferiore, e dai Calcari di Melissano, del Cenomaniano-Senoniano.

Al Cretacico si addossano lungo scarpate, o si sovrappongono, in trasgressione, sedimenti miocenici, costituiti dalla tipica “pietra leccese”, prevalentemente dell'Elveziano, e dalle Calcareniti di Andrano, in prevalenza del Miocene medio-superiore.

Notevole diffusione hanno pure i sedimenti marini pliocenici e quaternari, spesso rappresentati dai ben noti “tufi” (Calcareniti del Salento). Anche questi sedimenti sono trasgressivi, appoggiati lateralmente o sovrapposti ai sedimenti più antichi, del Cretacico e del Miocene.

I depositi continentali sono esclusivamente olocenici e sono rappresentati dai depositi sabbioso argillosi, spesso lagunari, e dalle dune sabbiose, della fascia costiera.

Il fenomeno dell'accostamento dei sedimenti marini miocenici e pliocenico-quaternari lungo scarpate, formate dai terreni più antichi (Cretacico-miocenici), è molto frequente nella Penisola Salentina, ed è stato interpretato (M. NARDIN e D. Rossi, 1966); (D. Rossi 1968); come un accostamento originario, dovuto alla presenza di terre emerse, delimitate da scarpate marine, attive nel periodo di tempo corrispondente all'età dei sedimenti accostati.

Rapporti stratigrafici di questo genere, così importanti per la ricostruzione paleogeografica, sono stati osservati anche in seno alle formazioni plio-pleistoceniche; Infatti, anche i terreni pliocenici e pleistocenici si presentano spesso addossati l'uno all'altro. L'accostamento avviene di solito lungo scarpate appena percettibili, di pochi metri di altezza e assai poco inclinate, di andamento prevalentemente sinuoso, evidenti in molti casi solo all'esame delle foto aeree.

Di seguito si riporta la successione stratigrafica, dal basso verso l'alto della zona come da Carta Geologica D'Italia del foglio n. 204:

- Cretacico

DOLOMIE DI GALATINA

C⁷⁻⁶ : - Calcari dolomitici e dolomie grigio – nocciola, a frattura irregolare, calcari grigi spesso vacuolari. Tra fossili frequente *Apricardia carantonensis*. Microfauna scarsa con *Miliolidae*, *Ophthalmyiidae* e *Texulariidae* (Cenomaniano e forse Turoniano).

- Pliocene

CALCARENITI DEL SALENTO

P³: Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre, macrofauna a coralli, cirripedi, molluschi, echinidi etc... in trasgressione sulle formazioni più antiche (Pliocene sup. Medio);

Q₁-P³: Sabbie calcaree poco cementate con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio azzurre, in trasgressione sulle formazioni più antiche (Calabriano – Pliocene sup.);

Q²: Calcari bioclastici ricchi di fossili (in base ai rapporti stratigrafici, riferibile al Pleistocene);

Q³: Calcareniti e calcari tipo Panchina con ricca fauna (in base ai rapporti stratigrafici, riferibile al Pleistocene).

- Pleistocene

FORMAZIONE DI GALLIPOLI

Q_c¹ e Q_s¹ :- Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (Q_c¹); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcareniti ben cementate che prendono il nome di Panchina (Q_s¹);

- Olocene

Depositi e sedimenti continentali derivanti dalla disgregazione e dal dilavamento dei sedimenti calcilutitici e calcarenitici che denotano una intensa attività di alterazione chimica delle rocce calcaree. Sono depositi residuali limoso - terrosi di color rosso brunastro con ciottolame calcareo lo cui potenza varia da pochi cm al metro. Le variazioni di spessore sono dovute alle caratteristiche geologiche della zona che hanno determinato la creazione di cavità più o meno ampie (lame, vore, fratture anche sepolte dai sedimenti quaternari) verso le quali convogliano le acque con conseguente trasporto di terreno (terra rossa): nelle aree più depresse gli spessori raggiungono anche i 20 metri; tali sedimenti costituiscono la normale coltre di terreno vegetale.

4.1 Geologia del sito di intervento

Al fine di ricostruire la locale serie litostratigrafica è stato effettuato un rilevamento geologico di superficie, attraverso il quale è stato riscontrato che l'area in studio risulta interessata da termini sedimentari di natura terrigeno-organogena di età Pliocenica. Si tratta di un complesso sedimentario che ha trovato la sua genesi nell'avanzamento della linea di costa e successivo arretramento (Trasgressione e Regressione marina). Sulla base di quanto rinvenuto con il rilievo geologico di superficie eseguito, dalla successione litostratigrafica dei terreni affioranti in aree limitrofe, dai risultati delle indagini sismiche eseguite la locale sequenza stratigrafica può essere sintetizzata come segue:

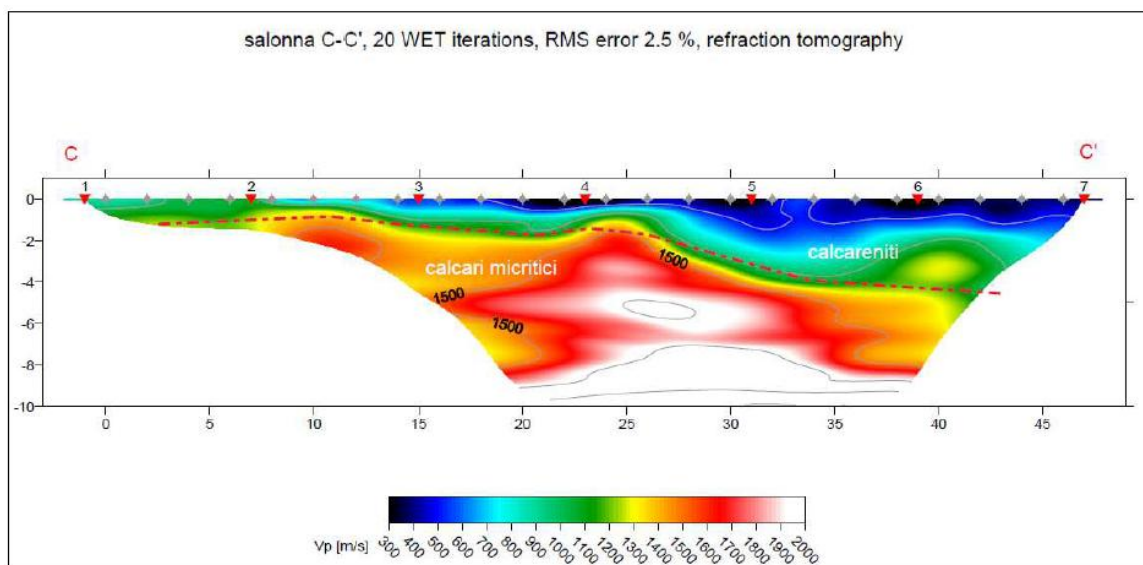
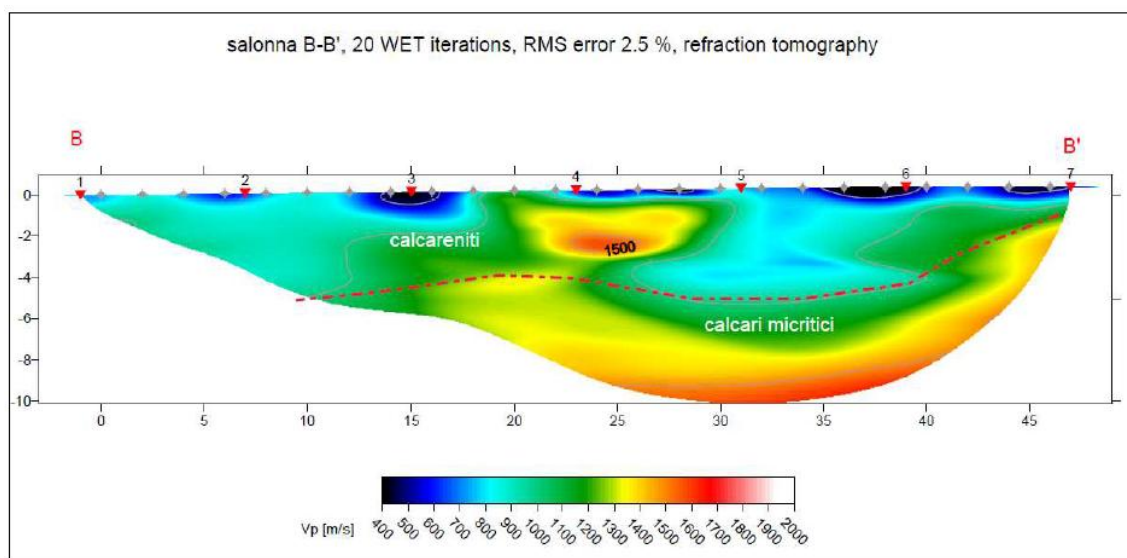
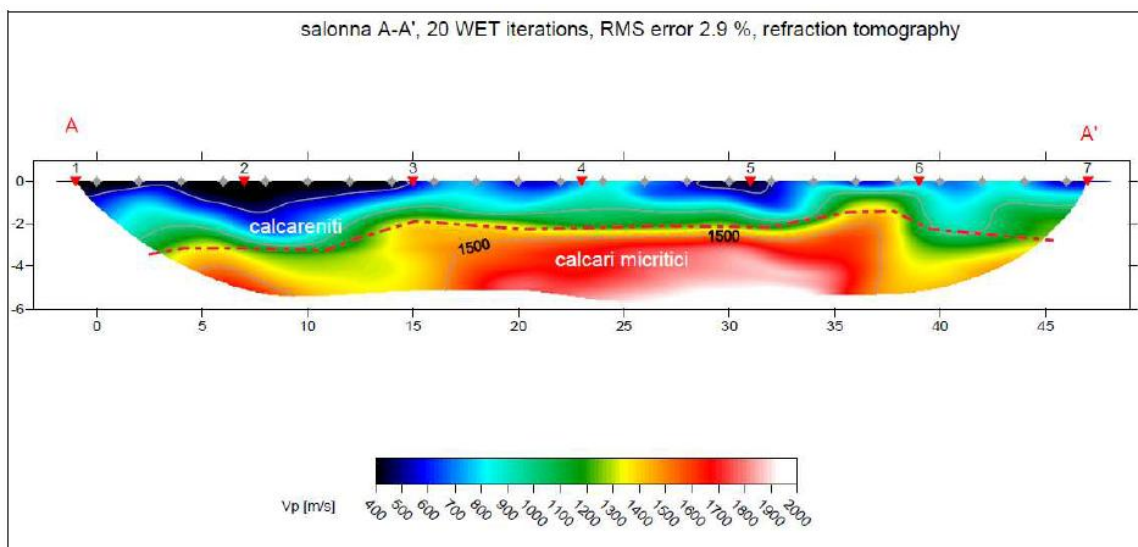
- Terreno Vegetale (0 – 0,3 mt.)

Esiguo spessore di terreno vegetale con un elevato contenuto di sostanza organica e utilizzato per le normali pratiche agricole fino ad una profondità di circa 0,30 mt. dal p.c.

- Calcareniti del Salento (0.3 mt. – in poi)

Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre, macrofauna a coralli, cirripedi, molluschi, echinidi intercalati a sabbie e ghiaie poco cementate.

Si riportano di seguito le sismo-sezioni ottenute dalle tre indagini di sismica a rifrazione dalle quali si desume un modello geologico a tre strati. Nello specifico è stato riscontrato un modello geologico a tre strati. L'interpretazione delle n. 3 sezioni tomografiche ottenute ha permesso l'individuazione di un rifrattore principale localizzato a circa 2 metri per la sezione A-A' e variabile fino a un massimo di 5 metri per le sezioni B-B' e C-C', molto probabilmente attribuibile al limite stratigrafico calcareniti – calcare micritico, desumibile anche della locale geologia dell'area; infine il primo substrato superficiale di terreno vegetale di alterazione, quando affiorante, mostra spessori esigui circa 0,3 metri o a luoghi assenti. Tale sismostrato pertanto non è stato discriminato da variazioni del gradiente delle velocità tenuto conto dell'esiguo spessore.



In conclusione nell'area di stretto interesse si è riscontrata la presenza di depositi calcarenitico sabbiosi. Tali depositi risultano ricoperti da una coltre di terreno vegetale di spessore variabile e distribuzione estremamente disomogenea, risultando talora quasi assente.

Con riferimento al Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia (PAI), adesso Autorità di Distretto dell'Appennino Meridionale, si ha che per il rischio idrogeologico vengono individuate le seguenti aree:

- Pericolosità Geomorfologica;
- Pericolosità Idraulica;
- Classe di Rischio;
- Aree gravate dalle componenti della Carta Idrogeomorfologica cui agli art. nn. 6, 10 delle NTA PAI/P.

Lo studio del P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico) e la sua consultazione, ha messo in evidenza che i terreni interessati dai lavori **non ricadono in:**

- Area a pericolosità idraulica;
- Area a pericolosità geomorfologica;
- Area a rischio;
- Aree di modellamento attivo/aree golenali e aree di pertinenza fluviale della Carta Idrogeomorfologica o reticolo idrografico della Carta I.G.M. 1:25.000, nelle quali sono vigenti gli artt. nn. 6, 10 delle NTA/PAI Puglia.

Si sottolinea altresì, che il progetto non prevede sostanziali modifiche morfologiche né scavi per la realizzazione delle strutture fondali, pertanto i movimenti di terreno eseguiti non produrranno risultati lesivi per l'assetto idrogeologico dei luoghi.

Ciò nonostante al fine di garantire il naturale scorrimento delle acque superficiali, bisognerà prevedere in fase esecutiva, la realizzazione di idonee opere di drenaggio.

In Conclusione l'assetto generale del territorio studiato appartiene alla **Categoria Topografica T1** (ai sensi delle NTC 2018); in essa non si evidenzia, allo stato attuale, l'esistenza di processi morfodinamici in atto, tanto meno nello stretto ambito dell'area di competenza, né sono stati individuati gravi agenti geodinamici che possano turbare, anche in futuro, le attuali condizioni di equilibrio.

5. Modello geotecnico del sottosuolo di fondazione

In questo capitolo vengono analizzate le caratteristiche fisico-meccaniche della litofacies che caratterizza il sedime dell'area oggetto di studio.

Al fine di rendere altamente attendibili le valutazioni geotecniche, riguardanti l'area oggetto di studio, si è fatto riferimento ai dati di letteratura formazioni calcarenitiche dalle analoghe caratteristiche al sito in progetto. Non si è ritenuto opportuno effettuare prove penetrometriche dinamiche in situ in quanto tenuto conto della natura molto tenace dei litotipi affioranti sarebbero andate immediatamente a rifiuto.

Dal punto di vista geomeccanico le calcareniti sono ascrivibili al gruppo delle rocce coerenti.

Un approccio metodologico prudente impone il riferimento ad una parametrizzazione geotecnica più scadente. Pertanto, prudenzialmente suggeriamo parametri fisicomeccanici medi del tipo:

Simbolo	Caratteristiche	Unità di Misura	Valore
γ	Peso di volume	t/m ³	1.7 – 1.8
Φ'	Angolo di attrito interno		26°-28°
C'	Coesione drenata	Kg/cm ²	0
C_u	Coesione n. dr.	Kg/cm ²	0.1 - 0.65

Tale precedente parametrizzazione sarà pertanto utile per il modello geotecnico che permetterà di valutare l'interazione terreno-struttura al fine di calcolare la capacità portante ammissibile del terreno di sedime. Riguardo i terreni presenti nell'intervallo 0,00 m – 0,20 m nota la loro eterogeneità e prudente accorparli in un unico intervallo e possiamo suggerire la seguente parametrizzazione geotecnica utile per verificare le spinte sui setti perimetrali:

coesione (C')	0,00 kN/m ²
angolo di attrito interno (Φ')	23 gradi

con le seguenti proprietà naturali:

peso di volume (γ)	17,00 kN/m ³
-----------------------------	-------------------------

Le caratteristiche tecniche di tali terreni di fondazione sono tali da far ritenere il terreno idoneo a ricevere i carichi trasmessi dalle opere in progetto.

6. Zonazione sismogenetica e pericolosità sismica

Al fine di definire la pericolosità sismica di base è stato eseguito uno studio relativo alla classificazione sismica ed alla zonazione sismogenetica del territorio italiano in linea con quanto prescritto dalle NTC 2018. La finalità di questa indagine è quella di valutare e quantificare la pericolosità sismica di base partendo da valori attribuiti al territorio nell'ambito dei lavori per la redazione della mappa di pericolosità sismica dell'INGV (OPCM 20.03.2003 n.3274). Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 (fig. 6.1) è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006), mentre la redazione dell'ultima cartografia ufficiale (Carta ZS9) edita dall'INGV ha permesso la conseguente attribuzione di valori relativi alle specifiche degli eventi sismici attesi.

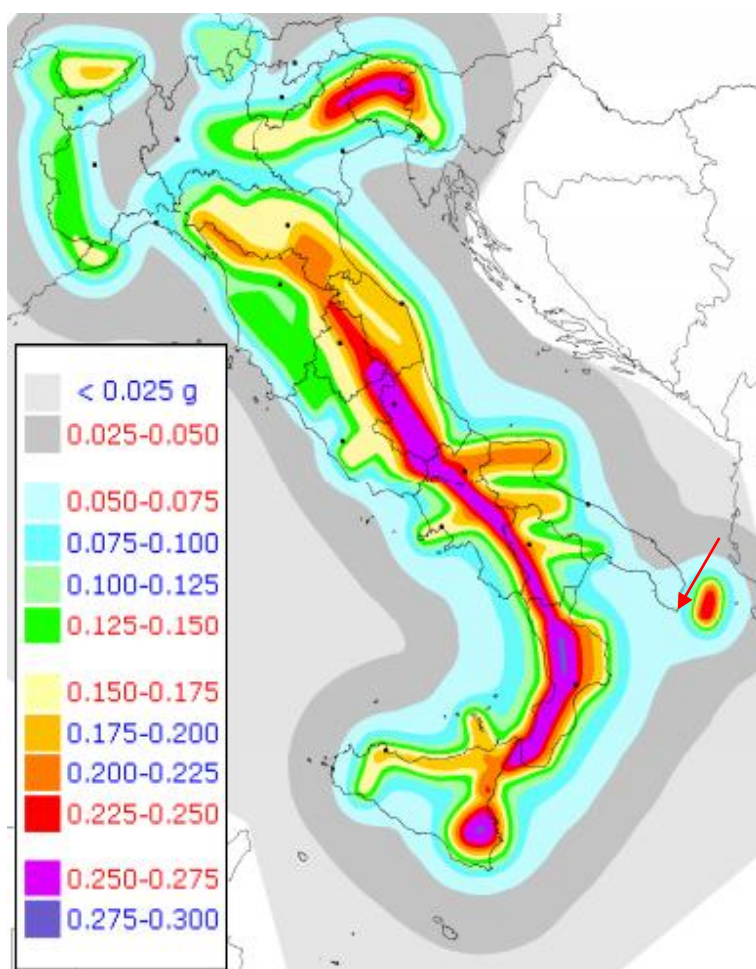


Figura 6-1- Carta della pericolosità sismica MPS04 del territorio nazionale elaborata dall'INGV. Con la freccia è indicata la zona dove ricade l'area in esame.

Per la definizione dell'azione sismica, si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo (A, B, C, D, E) e delle condizioni topografiche (T1, T2, T3, T4).

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/s.

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

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite come:

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

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

C – 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.

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

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

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

Per quanto riguarda le configurazioni topografiche si ha che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

- *T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$;*
- *T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$;*
- *T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$;*
- *T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.*

Per definire la categoria di sottosuolo, sono state condotte **n. 3 indagini di sismica attiva MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), all'interno del parco fotovoltaico e lungo il tracciato del cavidotto, con n. 24 geofoni disposti su un array lungo 48 metri.

L'interdistanza geofonica adoperata per le prove è pari a 2 m, con durata dell'acquisizione dei sismogrammi di 1000 ms e passo di campionamento temporale pari a 130 μ s.

Detta metodologia consente con l'analisi in frequenza delle onde superficiali di tipo "rayleigh", generate con metodologia attiva, di ricavare tramite inversione la sismostratigrafia riferita alle onde di taglio Vs tramite il fenomeno della dispersione e quindi determinare la Vs,eq del sito indagato.

La strumentazione utilizzata è del tipo a 24 canali, modello Echo 24 (anno 2002) della AMBROGEO interfacciato con un computer portatile.

6.1 Categoria suolo fondazione

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle n. 3 prove MASW ha permesso una stima della V_s già maggiore di 800 m/s nei primi 3 metri dal piano campagna.

Perciù risulta la seguente categoria di sottosuolo secondo le *NTC 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.

Per quanto riguarda le caratteristiche topografiche, tutte le aree rientrano nella categoria **T1**, ossia: “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

6.2 Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 6.1, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 6.1: espressioni di S_s e C_c .

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

6.3 Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 6.2, in funzione delle categorie T topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 6.2: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T .

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

6.4 Caratterizzazione delle azioni sismiche

L'entrata in vigore dell'Ordinanza OPCM n. 3274 del 20/03/2003 ha determinato una suddivisione del territorio nazionale in aree omogenee da un punto di vista del rischio sismico e perimetrate, sulla base della presenza/assenza, di aree sismogenetiche attive.

Sono stati così individuati 10751 nodi di riferimento. Ad ogni nodo è associato un valore di accelerazione massima attesa al suolo per un determinato periodo di ritorno.

La forma e intensità dello spettro di risposta di progetto sono funzione di tre parametri, che cambiano da sito a sito:

- **ag** :accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo** :valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T*C**: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'entità di questi tre parametri determina lo spettro di risposta e, conseguentemente, l'entità delle forze esercitate sugli edifici.

Gli effetti dovuti al tipo di sottosuolo, alla stratigrafia, alla tettonica ed alla topografia, già indagati precedentemente in questo studio, saranno considerati nella costruzione del modello geologico.

Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di

costruzione e dalla morfologia della superficie (come visto in precedenza con la determinazione della Categoria di sottosuolo sito specifica A e dei coefficienti di amplificazione topografica $ST=1,0$ e stratigrafica $Ss=1,0$).

Per la costruzione dei grafici e per il calcolo dei parametri di pericolosità sismica si è utilizzato il software freeware della geostru (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>) che, grazie ad un database statistico, ai dati sugli edifici e sul terreno ed ai dati sulla struttura, permette di ricavare alcuni valori utili al fine di quantificare i suddetti parametri. In conclusione, considerando una vita nominale dell'opera pari a 35 anni con classe d'uso I, si sono ottenuti i risultati di seguito riportati.

Sito: Comune di Lecce (LE)

Coordinate sito (WGS 84):

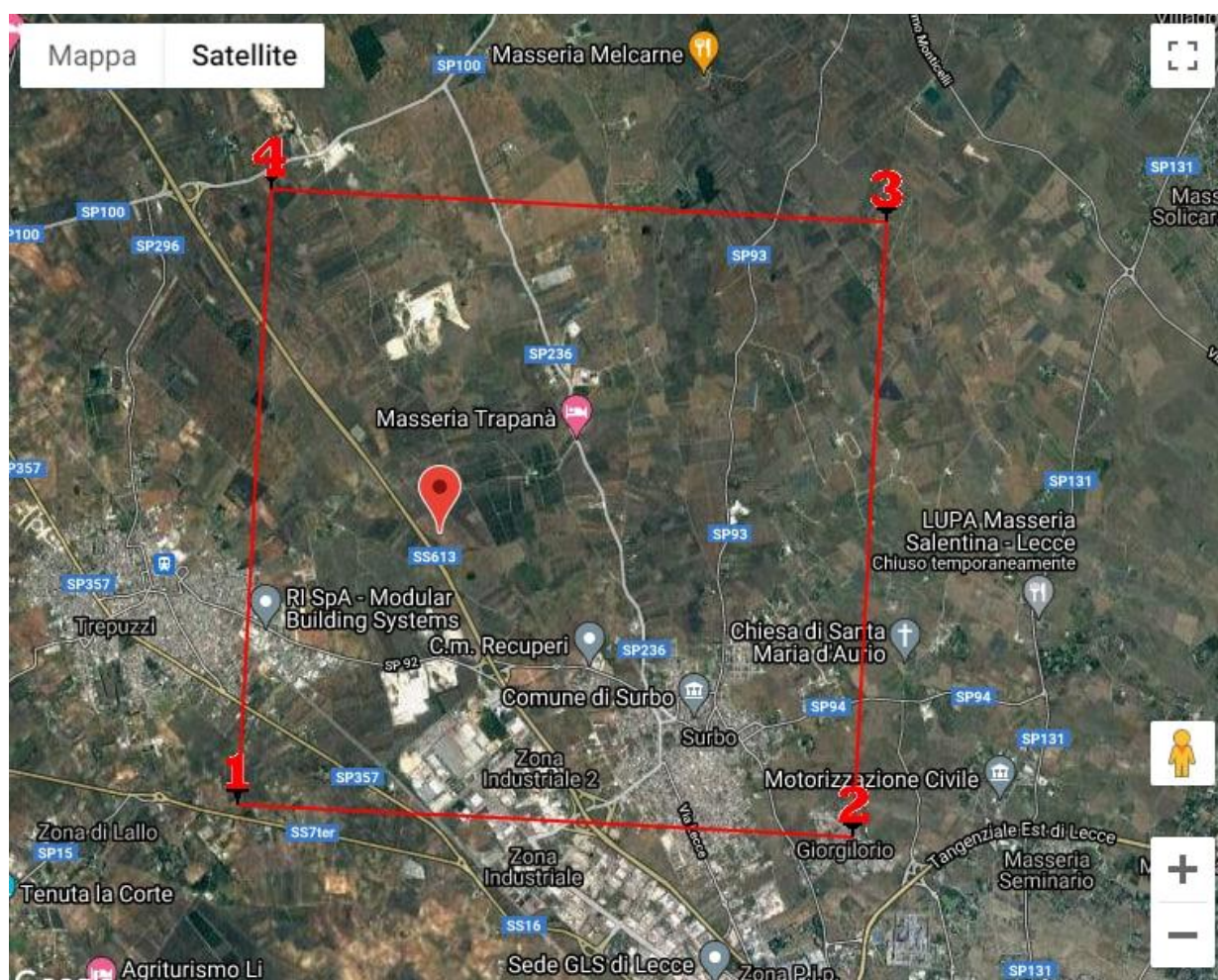
latitudine: 40,412818

longitudine: 18,107036

Altitudine = 41.00 metri s.l.m.

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34813	Lat: 40,390870	Lon: 18,085530	Distanza: 3045,1
Sito 2	ID: 34814	Lat: 40,388160	Lon: 18,151070	Distanza: 4628,3
Sito 3	ID: 34592	Lat: 40,438090	Lon: 18,154660	Distanza: 4914,0
Sito 4	ID: 34591	Lat: 40,440800	Lon: 18,089070	Distanza: 3463,2



Considerato dunque:

1. Le coordinate geografiche del sito oggetto di studio;
2. La tipologia di costruzione ricadente in classe 1 con Vita Nominale (VN) delle opere in progetto pari a 35 anni e un coefficiente d'uso pari a 0,7, pertanto un periodo di riferimento (VR) pari a 24,5 anni ($VR = VN \times Cu$);

Tab. 6.3: Tabella relativa ai valori di: Tempi di ritorno (TR); parametri spettrali relativi alla accelerazione orizzontale massima al sito (a_g) Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_o) e periodo di inizio del tratto di velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c^*); associati allo stato limite Operatività (SLO); Danno (SLD); Salvaguardia Vita (SLV); Prevenzione Collasso (SLC).

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 35

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.012	2.432	0.150
Danno (SLD)	35	0.014	2.408	0.158
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.041	2.377	0.444
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.053	2.423	0.534
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo A

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
CC Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.002	0.003	0.008	0.011
kv	0.001	0.001	0.004	0.005
Amax [m/s²]	0.122	0.134	0.402	0.520
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

In conclusione, si può asserire che per le aree in esame, che comprendono l'area di installazione dei moduli fotovoltaici e quella relativa alle opere di connessione, non esistono particolari problematiche sismiche che possono provocare fenomeni di amplificazione, liquefazione, cedimenti ed instabilità, tali da innescare scenari di pericolosità sismica potenziale.

7. Le opere in progetto

7.1 Cabine prefabbricate

Tra le opere civili che costituiranno l'impianto di produzione di energia elettrica, tramite conversione fotovoltaica, vi sono le cabine prefabbricate.

Nello specifico sono previste:

- n. 1 locale prefabbricato per l'alloggiamento del trasformatore (Trf) di dimensioni totali in pianta pari a circa 6,70 x 2,50 m;
- n. 1 cabina utente di dimensioni in pianta pari a 6,70 x 2,48 m;
- n. 1 cabina di consegna di dimensioni in pianta pari a 6,70 x 2,50 m;
- n. 1 locale tecnico adibito a cabina di controllo di dimensioni in pianta pari a 5,94 x 2,42 m;
- n. 1 locale tecnico adibito a deposito di dimensioni in pianta pari a 5,94 x 2,42 m.

Per la posa in opera di ciascun locale è previsto uno scavo di profondità pari a 60 cm nel quale verrà realizzato un letto di magrone alto 10 cm sul quale verrà adagiato il locale cabina prefabbricato.

Per una lettura dettagliata delle forme, dimensioni e particolari costruttivi delle opere da realizzarsi si rimanda alle tavole grafiche allegate al progetto.

7.2 Teoria di calcolo per la verifica della capacità portante

L'interazione terreno struttura viene modellata applicando il modello di Winkler, il quale caratterizza il sottosuolo con una relazione lineare fra il cedimento in un punto della superficie limite e la pressione agente nello stesso punto, indipendentemente da altri carichi applicati in punti diversi. Si assume cioè che:

$$p = kvw$$

dove:

- kv = costante di sottofondo o coefficiente di reazione del terreno
- w = abbassamento della trave di fondazione tale da comprimere il terreno sottostante.

Le platee di fondazione vengono modellate utilizzando un elemento finito che segue sempre la giacitura di un piano. L'elemento lastra-piastra (denominato guscio) possiede nel sistema di riferimento locale come in quello globale 6 gradi di libertà per nodo. L'elemento è computato sovrapponendo il comportamento lastra o membrana, che possiede 3 gradi di libertà per nodo (una

coppia di spostamenti planari e un grado di libertà alla rotazione intorno ad un asse perpendicolare al piano medio), e il comportamento piastra, che possiede 3 gradi di libertà per nodo (uno spostamento perpendicolare al piano medio e una coppia di rotazioni ortogonali aventi assi sostegno paralleli al piano medio).

La geometria dell'elemento finito SHELL può essere definita attraverso 3 o 4 nodi. La trattazione nei due casi è completamente diversa. L'elemento a 3 nodi viene usato per creare esclusivamente mesh di transizione nel caso di figure irregolari.

La formulazione dell'elemento è basata sulla teoria di Mindlin-Reissner in cui viene considerato anche il contributo della deformazione dovuta al taglio risolvendolo secondo la formulazione isoparametrica. Tutte le caratteristiche sono calcolate attraverso l'integrazione numerica ai punti di Gauss secondo la regola 2x2 ed estrapolate ai nodi.

Nel caso delle platee di fondazione, l'interazione viene modellata attraverso l'introduzione di molle distribuite sulla superficie dell'elemento che vengono automaticamente concentrate (rappresentative della propria area di influenza e calcolate attraverso l'integrazione di Gauss) e applicate ai nodi di estremità.

Il calcolo viene effettuato seguendo la teoria di Brinch Hansen, la quale tiene conto:

- della forma della fondazione;
- della profondità del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del carico sulla fondazione;
- dell'eccentricità del carico;
- dell'inclinazione del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del piano di campagna;
- dell'effetto inerziale nella fondazione;
- dell'effetto cinematico del sottosuolo.

Il carico limite si ottiene dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = 0.5 \cdot B \cdot [\gamma_2' + (\gamma_2 - \gamma_2') \cdot d_w / B] \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot z_\gamma \cdot e_\gamma k \cdot e_\gamma i + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + \gamma_c (q + \gamma_1 \cdot D) \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot z_q$$

dove:

- $B' = B - 2 \cdot e_B$
- B = lato minore della fondazione
- e_B = eccentricità del carico lungo B
- D = profondità del piano di posa della fondazione

- γ_1 = peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione
- γ_2 = peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione
- γ_2' = peso del terreno immerso sotto il piano di posa
- C = coesione del terreno
- q = carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione
- dw = profondità della falda acquifera.

Sulla base dei dati geologici e dei parametri geotecnici del terreno oggetto di studio, sono state eseguite le opportune verifiche per i carichi al suolo relativi alla posa in opera delle cabine prefabbricate nell'area considerata.

Si rimanda pertanto alla relazione dei calcoli strutturali per i dettagli della verifica di compatibilità con le caratteristiche del sottosuolo nel rispetto delle Norme vigenti.

8. Considerazioni conclusive

In considerazione della posizione morfologica relativamente favorevole dei luoghi oggetto d'intervento e delle comprovate condizioni di stabilità generale sopra descritte, la caratterizzazione delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo è stato ottenuto mediante la raccolta di notizie e dati di base.

In ordine al rapporto fra la struttura in progetto ed il terreno, occorre rilevare che il piano di imposta delle strutture fondali dovrà essere determinato nelle successive fasi progettuali (progetto esecutivo) in modo da raggiungere strati di terreno competenti all'esercizio del carico della struttura sovrastante.

Da quanto detto precedentemente si prescrivono i seguenti interventi:

- 1) Adozione di strutture fondali compatibili con le resistenze del terreno in posto.
- 2) Garantire il naturale scorrimento delle acque superficiali evitando di alterare l'infiltrazione efficace, attraverso la realizzazione di idonee opere di drenaggio. Ciò consentirebbe una corretta regimazione ed un rapido allontanamento delle acque superficiali.

L'Ingegnere strutturista verificherà, infine, in sede esecutiva la compatibilità del carico di esercizio con la portanza del terreno, l'adeguatezza strutturale della fondazione e prevederà, qualora fosse necessario, un eventuale rinforzo delle stesse. In fase esecutiva la direzione lavori verificherà la congruenza delle caratteristiche litologiche del terreno in posto, con quelle attese in seguito alla schematizzazione effettuata nel presente documento.

I sopralluoghi eseguiti, sull'area oggetto d'indagine e sui terreni vicini non hanno evidenziato, allo stato attuale, segni di dissesti o movimenti gravitativi in atto o potenziali. Non si ritiene, allo stato attuale delle conoscenze, di eseguire verifiche di stabilità in quanto si registrerebbero valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla legge.

A conferma dell'assunto l'analisi e la consultazione del P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico) ha messo in evidenza che i terreni interessati dalle opere in progetto **non ricadono in:**

- Area a rischio e pericolosità geomorfologica;
- Area a rischio e pericolosità idraulica;
- Aree di modellamento attivo/aree golenali e aree di pertinenza fluviale della Carta Idrogeomorfologica o reticolo idrografico della Carta I.G.M. 1:25.000, nelle quali sono vigenti gli artt. nn. 6, 10 delle NTA/PAI Puglia.

Considerate le caratteristiche geologiche e geotecniche del sito in oggetto, si può esprimere parere preliminare favorevole all'esecuzione delle opere in progetto, infatti la valutazione e

l'interpretazione critica delle osservazioni afferenti il complesso degli elementi oggettivi raccolti nel corso dei sopralluoghi consentono di esprimere parere di fattibilità geotecnica per la realizzazione degli interventi in progetto alle condizioni sopra elencate.

Palermo, 13/05/2025