



**Geol. Luigi Sanciu**

*Geotecnica – Geologia Ambientale  
Indagini geofisiche – Beni Culturali*

Via Carpaccio 13 - CAGLIARI

P.Iva – 03564740920

luigisanciu@pec.it

luigisanciu@tiscali.it

cell. 333 3544271

## PROGETTO

*Progetto di un impianto agrovoltaico denominato “AgriMarmida”,  
di potenza nominale di 61,487 MWac e potenza di picco di 64,561  
MWp, e relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel  
Comune di Guspini (SU)*

## ELABORATO

## RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA


### COMMITTENTE

 **ICA BES SRL**

Via Giorgio Pitacco, 7  
00177 Roma (Italia)  
C.F. / P.IVA 16028961007




Data	Cod. elaborato
20 Febbraio 2023	ICA_102_REL11

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	--	---

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. DETTAGLI PROGETTUALI .....</b>	<b>4</b>
<b>4. VINCOLISTICA .....</b>	<b>6</b>
4.1 Interazione con il Piano di stralcio di bacino.....	6
4.2 Interazione con il piano stralcio fasce fluviali.....	7
<b>5. RELAZIONE GEOLOGICA .....</b>	<b>9</b>
5.1 Finalità e metodologia di studio .....	9
5.2 Inquadramento geologico generale .....	10
5.3 Caratteri idraulici delle formazioni geologiche .....	15
5.4 Inquadramento geomorfologico.....	17
5.5 Inquadramento climatologico .....	18
<b>6. RELAZIONE SISMICA .....</b>	<b>22</b>
6.1 Sismicità storica .....	22
6.2 Sismica di base .....	22
6.3 Azione Sismica di progetto.....	24
<b>7. CONCLUSIONI.....</b>	<b>35</b>

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	--	---

## 1. PREMESSA

Al fine della realizzazione di un impianto agrovoltaiico denominato “AgriMarmida” per la produzione di energia elettrica da fonte solare, da realizzarsi in aree agricole ubicate nel Comune di Guspini (SU), in località Casa Marmida, è stato incaricato lo scrivente, Geol. Luigi Sanciu (iscrizione n°701 all’Ordine dei Geologi della Sardegna) per effettuare uno studio geologico dell’area.


E’ stata condotta un’indagine geologica al fine di valutarne la fattibilità e orientare correttamente le scelte progettuali come richiesto dalla normativa vigente. Il presente studio, condotto in osservanza alla normativa vigente, si prefigge di:

- definire il modello geologico di riferimento per la progettazione preliminare dell’intervento;
- evidenziare le possibili problematiche di natura geologica o geotecnica;
- fornire, ove possibile, suggerimenti per effettuare le scelte operative più idonee.

In tal senso le indagini vengono svolte con lo scopo di individuare i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, geomorfologici, idrogeologici e di pericolosità geologica del territorio, in relazione alla realizzazione dell’intervento.

Nella fase preliminare della progettazione, tenuto anche conto delle caratteristiche dell’opera, lo scrivente ha ritenuto sufficiente, per comprendere le condizioni geologiche locali, effettuare un rilevamento dell’area, analizzare la documentazione progettuale fornita dal committente e consultare la cartografia tecnica comunale e regionale. In aggiunta sono state eseguite indagini geofisiche MASW per una caratterizzazione più puntuale dei terreni che andranno ad ospitare le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici.

Il presente elaborato è stato redatto in applicazione a quanto richiesto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dagli Eurocodici 7 e 8.

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p align="center"><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	--	---

## 2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

L'area oggetto di studio (evidenziata in rosso) è inserita nella Sardegna sud occidentale, nel comune di Guspini (SU), ed è distinta a livello cartografico nelle seguenti tavole:

- 1:25.000, Carta Geologica di Base – Regione Sardegna;
- 1:25.000, Carta Topografica I.G.M. Foglio “538” SEZ II – San Nicolò d’Arcidano
- 1:10.000, Carta Tecnica Regionale, sezione “Guspini”.

**538110-538120-538150-538160** (Aree impianto e cavidotto)

**546040** (Cavidotto e Stazione Elettrica)

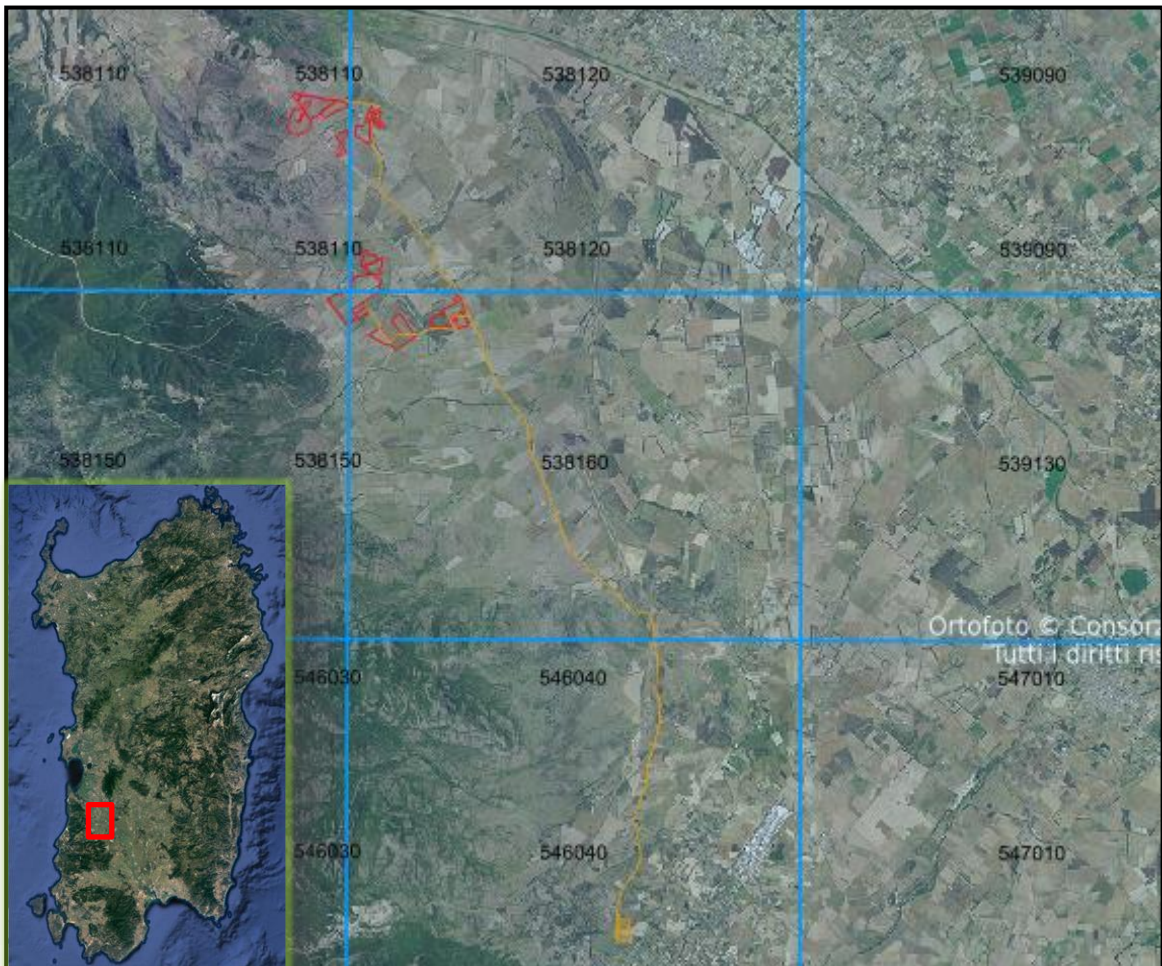



Figura 1 – Inquadramento cartografico (stralcio carte tecniche regionali).

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
---	--	---

### 3. DETTAGLI PROGETTUALI

L'impianto è localizzato nel comune di Guspini, regione Sardegna, in aree agricole situate a distanze comprese tra 14 e 11 km in linea d'aria, in direzione Nord-Ovest, rispetto al centro abitato di Guspini.

L'area di intervento è localizzata nel settore settentrionale del territorio comunale di Guspini. Il comune di Guspini, facente parte della provincia del Medio Campidano, si estende su un territorio di circa 175 km<sup>2</sup> confinante con i Comuni di Arbus ad ovest, Terralba e San Nicolò d'Arcidano a nord – nordest, Pabillonis ad est, Gonnosfanadiga a sud ed, infine, a ovest con l'isola amministrativa di quest'ultimo comune.

La proposta progettuale per la realizzazione di un impianto agrovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare, della potenza di picco di 64,561 MWp e potenza in immissione di 61,487 MWac.


L'impianto è suddiviso in 5 sottocampi, con un'estensione dell'area di progetto pari a circa 137 ettari.

L'impianto di produzione sarà installato a terra su terreni ricadenti in zona agricola, situati in linea d'aria a circa 14÷11 km in direzione Nord-Ovest rispetto al centro di Guspini.

I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture di supporto in acciaio del tipo tracker ad inseguimento monoassiale (inseguitori solari installati in direzione nord-sud, capaci di ruotare in direzione Est-Ovest, consentendo, pertanto, ai moduli di "seguire" il Sole lungo il suo moto diurno).

Saranno installati n° 96.360 moduli fotovoltaici bifacciali marcati Canadian Solar di potenza unitaria di picco pari a 670 Wp, disposti su tracker monoassiali ad inseguimento solare est-ovest.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) prevede che l'impianto sia collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una Nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione a 220/150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN 220 kV "Sulcis-Oristano", la cui realizzazione è prevista in località Spina Zurpa, a circa 1,3 km a nord dell'abitato di Guspini, e il cui iter autorizzativo è interiorizzato nel progetto di altro produttore.

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	--	---


L'elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento alla citata stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

La superficie oggetto di intervento ha una consistenza totale pari a circa 137 ettari; il sito presenta un'orografia prevalentemente pianeggiante, con un'altitudine media compresa indicativamente tra le quote di 20 m e 50 m s.l.m.

I lotti di progetto sono facilmente accessibili mediante Strada Provinciale S.P. 65 e tramite viabilità locale facente capo alla medesima Strada Provinciale.

Il cavidotto, che sarà completamente interrato, si svilupperà per circa 16 km al di sotto di viabilità esistente ed interesserà il solo Comune di Guspini, fino ad arrivare alla sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione a 220/150/36 kV di Guspini, che sarà ubicata in località Spina Zurpa, a circa 1,3 km dal centro abitato.



<p style="text-align: center;"><b>Progetto</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Codice elaborato</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Relazione</b></p> <p style="text-align: center;"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Committente</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>ICA BES SRL</b></p> <p style="text-align: center;">Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	--	---

## 4. VINCOLISTICA

Di seguito sono analizzate le interazioni tra le opere e gli strumenti di pianificazione, vigenti nell' area.

### 4.1 Interazione con il Piano di stralcio di bacino

Il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (in seguito denominato PAI) è redatto, adottato e approvato ai sensi: a. della legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo": Il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della Legge 18.05.1989 n. 183 e successive modificazioni, è stato approvato dalla Giunta Regionale con Delibera n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo in forza del Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici in data 21.02.2005, n. 3. Prevede:


— indirizzi, azioni settoriali, norme tecniche e prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e dei rischi idrogeologici nel bacino idrografico unico regionale e nelle aree di pericolosità idrogeologica;

— disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato A del PAI;

— disciplina le aree di pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato B del PAI.

Allo stato attuale, non risultano aree perimetrate all'interno del PAI Sardegna.

In base ai rilevamenti di terreno che hanno avuto lo scopo di individuare aree di criticità non contemplate dall'attuale vincolistica PAI, non sono emerse neanche in questa fase situazioni di criticità nonostante un tratto del cavidotto attraversi un'area cartografata Hi1 (Fig.2)


<p style="text-align: center;"><b>Progetto</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Codice elaborato</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Relazione</b></p> <p style="text-align: center;"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Committente</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>ICA BES SRL</b></p> <p style="text-align: center;">Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	--	---

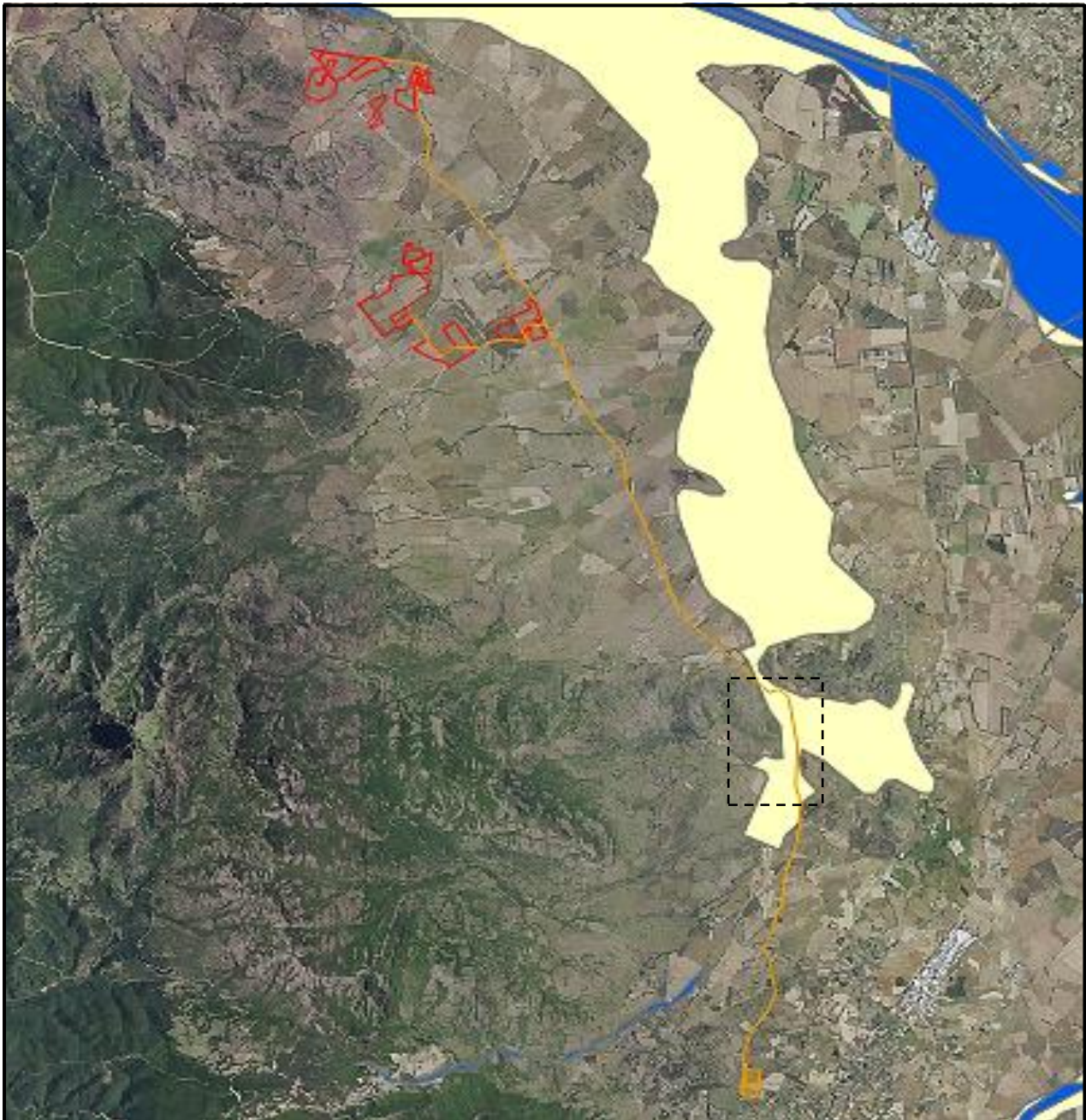
## 4.2 Interazione con il piano stralcio fasce fluviali

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Il PSFF costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Il Piano persegue gli obiettivi di settore, ai sensi dell'art. 3 e dell'art. 17 della L. 18 maggio 1989, n. 183, con particolare riferimento alle lettere a), b), c), i), l), m) e s) del medesimo art. 17. Il P.S.F.F. costituisce un approfondimento ed integrazione necessaria al P.A.I. in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Le fasce fluviali possono essere intese come "aree di pertinenza fluviale", individuano le aree limitrofe all'alveo inciso, interessati da espansioni nelle fasi di piena quindi potenzialmente inondabili. Le aree appartenenti a una "classe" hanno le stesse probabilità di essere inondate in un determinato periodo di tempo (tempo di ritorno), le delimitazioni sono state effettuate in seguito ad analisi geomorfologiche e idrauliche del territorio. Tuttavia, sono state considerate esclusivamente le aste principali dei corsi fluviali che sottendono un bacino di più di 30 km<sup>2</sup> e le fasce fluviali dei relativi affluenti, per portate di piena con tempi di ritorno T fissato in 2, 50, 100, 200 e 500 anni.

L'area ricade nel Sub Bacino 02 Tirso – Bacino idrografico del Flumini Mannu di Pabillonis. I vincoli della delibera non trovano applicazione nell'area in cui verranno realizzate le opere in progetto (Fig.2), nonostante un tratto del cavidotto attraversi un'area cartografata come Hi1.



<p align="center"><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaico - AgriMarmida  <b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b>            Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007</p>
---	---	---



**Legenda**








-  Hi\* - (Aree da modellazione 2D con  $v_p \leq 0,75$ )
-  Hi0 - P0 (Tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i Tr)
-  Hi1 - P1 (Aree a pericolosità idraulica Moderata o Fascia geomorfologica)
-  Hi2 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Media)
-  Hi3 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Elevata)
-  Hi4 - P3 (Aree a pericolosità idraulica Molto elevata)

Figura 2 – Perimetrazione aree PAI limitrofe all'area di progetto. Il rettangolo tratteggiato indica il tratto di cavidotto ricadente nell'area Hi1.

<p style="text-align: center;"><b>Progetto</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Codice elaborato</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Relazione</b></p> <p style="text-align: center;"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Committente</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>ICA BES SRL</b></p> <p style="text-align: center;">Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	--	---

## 5. RELAZIONE GEOLOGICA

### 5.1 Finalità e metodologia di studio

L'inquadramento del contesto geologico è passato attraverso la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito che è consistita nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio in esame. Tale studio è finalizzato sia alla caratterizzazione dei suoli di copertura che dei litotipi geologici presenti ed è funzionale alla successiva definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati dalle opere. La relazione geologica è stata redatta seguendo il seguente schema:

1. Sopralluoghi preliminari;
2. Reperimento dei dati significativi esistenti sia di carattere scientifico che applicativo.


In particolare sono stati consultati i seguenti dati di sottosuolo:

- Stratigrafie di pozzi ricadenti nelle vicinanze significative dell'area in studio, relativi all'Archivio Nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984) – ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale), spinti fino a profondità variabili da 39 m a 120 m;
- Stratigrafia del Sondaggio Campidano 1, spinto fino a 1.700 metri di profondità, eseguito nel 1963-1964 dall'AGIP – Direzione Mineraria Servizio Geologico del Sottosuolo, a sud dell'area in oggetto;
- gli esiti di alcune indagini geologiche ricadenti nelle vicinanze significative.

Si è poi proceduto ad un rilievo geologico d'inquadramento dell'area in oggetto e di un suo intorno significativo, per l'individuazione e caratterizzazione puntuale dei litotipi affioranti.

L'elaborato risultante è stato realizzato utilizzando le legende del Servizio Geologico d'Italia (Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, serie III, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato).

3. Rilievo geomorfologico d'inquadramento dell'area in oggetto e di un suo intorno significativo, al fine di individuare le forme del rilievo, identificarne i caratteri morfografici e

<p style="text-align: center;"><b>Progetto</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Codice elaborato</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Relazione</b></p> <p style="text-align: center;"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Committente</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>ICA BES SRL</b></p> <p style="text-align: center;">Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	--	---

morfometrici, identificarne i processi genetici e la relativa sequenza cronologica con particolare distinzione tra le forme attive e non attive.


4. Indagini geofisiche MASW puntuali per la caratterizzazione dei terreni indicati per la posa delle strutture atte al sostegno dei pannelli fotovoltaici.

## 5.2 Inquadramento geologico generale

Al fine di definire un inquadramento che risultasse adeguato alla scala di dettaglio del presente lavoro è stata impiegata la Carta Geologica di Base della Sardegna in scala 1:25.000 che definisce in maniera particolareggiata i litotipi presenti nell'area d'interesse così come riportato nella figura seguente.

L'area in esame si colloca nell'ambito del vasto graben oligo-miocenico del Campidano, una depressione tettonica bordata ad est e ad ovest da una serie di faglie a direzione NNW-SSE di carattere regionale, che hanno prodotto, in relazione alla tettonica del rift Sardo uno smembramento del basamento Paleozoico con l'abbassamento della fossa del Campidano rispetto ai livelli laterali. Questi, nel bordo occidentale, sono rappresentati dai rilievi dell'iglesiente in cui la falda tettonica dell'Arburese, costituita dalle Arenarie di San Vito (Cambriano medio - Ordoviciano inf.), sovrascorrono sulle successioni sedimentarie del Carbonifero - Ordoviciano medio; dette unità sono state a loro volta intruse dai complessi plutonici carboniferi dell'Arburese e del Monte Linas.



<p align="center"><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b>          ICA_102_REL11</p>	<p align="center"><b>Relazione</b>          geologica-geotecnica</p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>          Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007       </p>
--	--	---

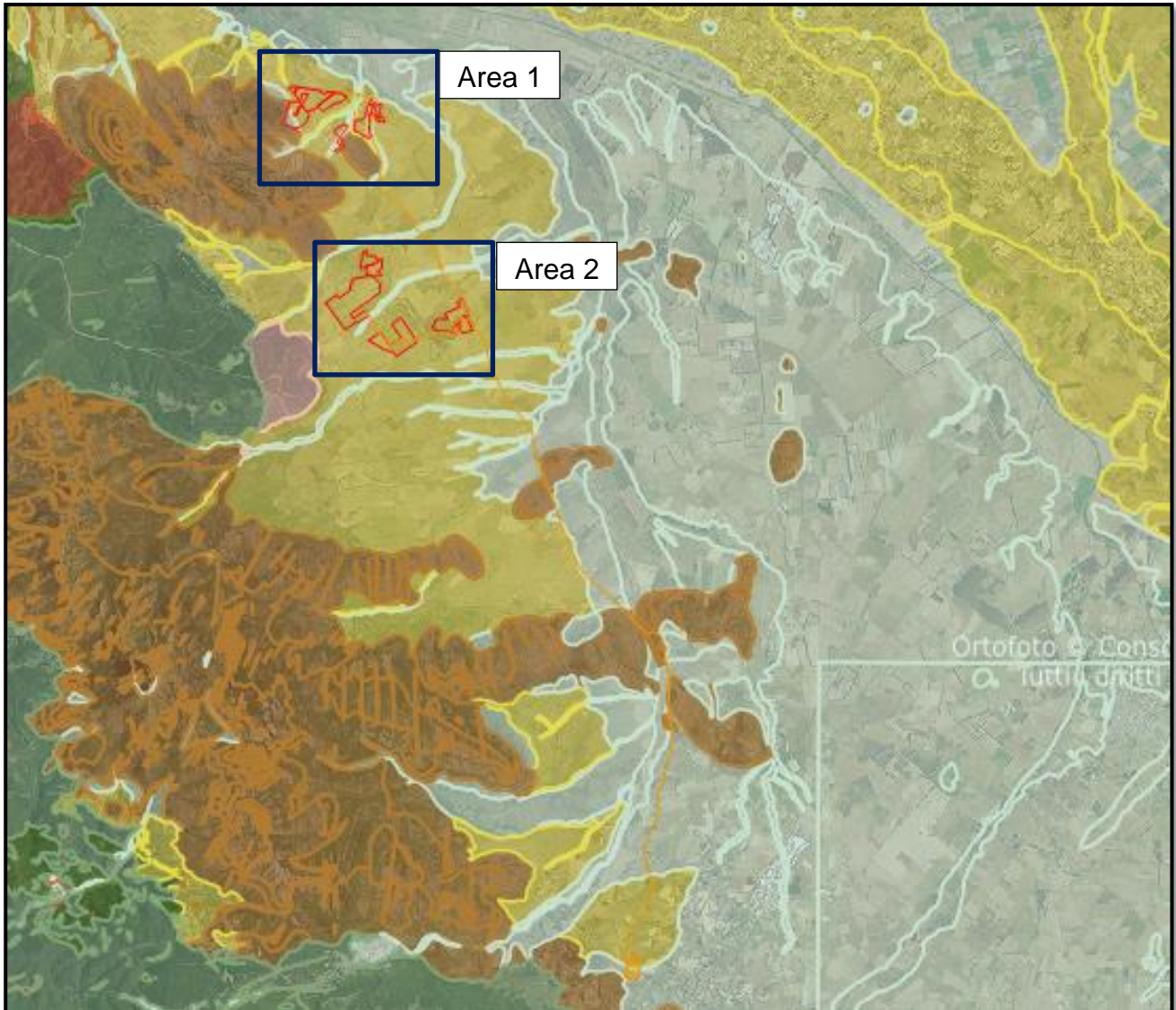



Figura 3 – Inquadramento geologico dell'area con ubicazione delle aree interessate dall'intervento(Stralcio carta geologica della Sardegna 1:200000).

Il graben tettonico Campidanese è stato riempito, anche fino a circa 1.500 metri nella porzione meridionale, da sedimenti di ambiente prevalentemente marino e subordinatamente continentale, con età dall'Oligocene al Pliocene. Verso l'alto si passa quindi ai depositi continentali alluvionali terrazzati del Quaternario costituiti da ghiaie e sabbie in matrice argillosa. L'area in oggetto in particolare ricade nella zona di coalescenza di due estese conoidi di genesi alluvionale (Sintema di Porto Vesme – Subsintema di Portoscuso, PVM2a), riferibili al Pleistocene superiore dette conoidi sono state successivamente reincise dai corsi d'acqua con conseguente nuova deposizione alluvionale

<p align="center"><b>Progetto</b>  <i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	---	---

in epoca olocenica. Data la distanza tra i due lotti, per lo studio geologico-geotecnico si è proceduto con la suddivisione in due aree.

### AREA 1

Presenta una variabilità litologica data, partendo dalle rocce più antiche (e quindi dal basso verso l'alto), dalle vulcaniti del Miocene inferiore (TGR), sopra le quali poggiano i sedimenti alluvionali terrazzati del Pleistocene (PVM2a) e localmente, in zone di scorrimento superficiale di piccoli torrenti, sedimenti alluvionali olocenici (b)(Fig.4).

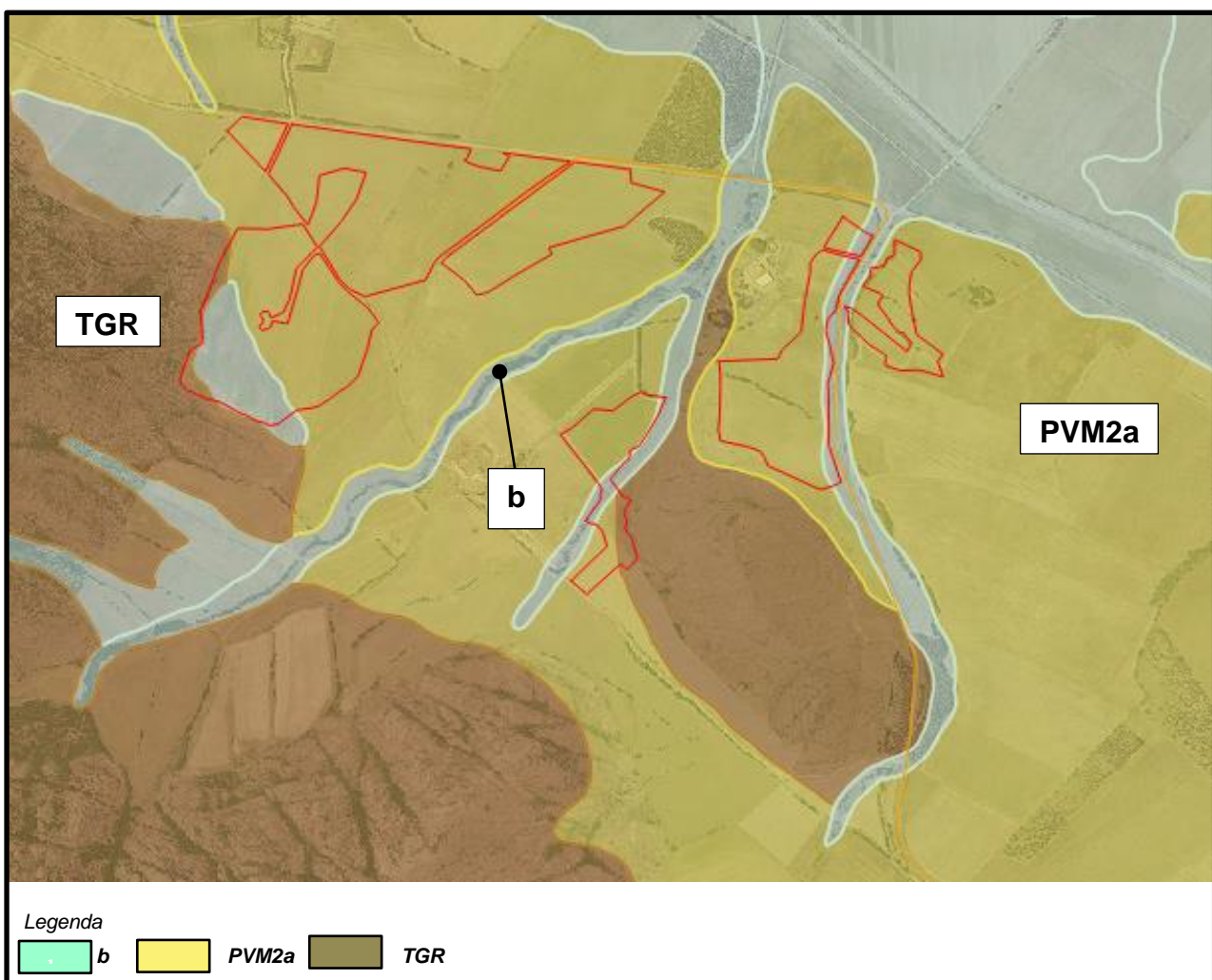


Figura 4 – Inquadramento geologico 1:25000 “Area 1” – In rosso le aree destinate ad ospitare l’impianto dei pannelli fotovoltaici (Fonte Geoportale Sardegna).



<p style="text-align: center;"><b>Progetto</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Codice elaborato</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Relazione</b></p> <p style="text-align: center;"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Committente</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ICA BES SRL</b></p> <p style="text-align: center;">Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	--	--

Le litologie affioranti nell'area (Fig.4) si possono riassumere sinteticamente, dalla più recente alla più antica:

**b:** Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE

**PVM2a:** Subsistema di Portovesme: ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUPERIORE; (unita sopra la quale andranno ad insistere le strutture in progetto, Fig. 5)

**TGR:** UNITÀ DI MONTE TOGORO. Lave da basaltiche ad andesitiche con giacitura in cupola ed in colata; intercalati depositi di "base surge" con laminazioni da incrociate a piano-parallele e a gradazione inversa in facies prossimale; locali livelli a lapilli e breccie non saldati.(K/Ar 24-21 Ma) AQUITANIANO-BURDIGALIANO.

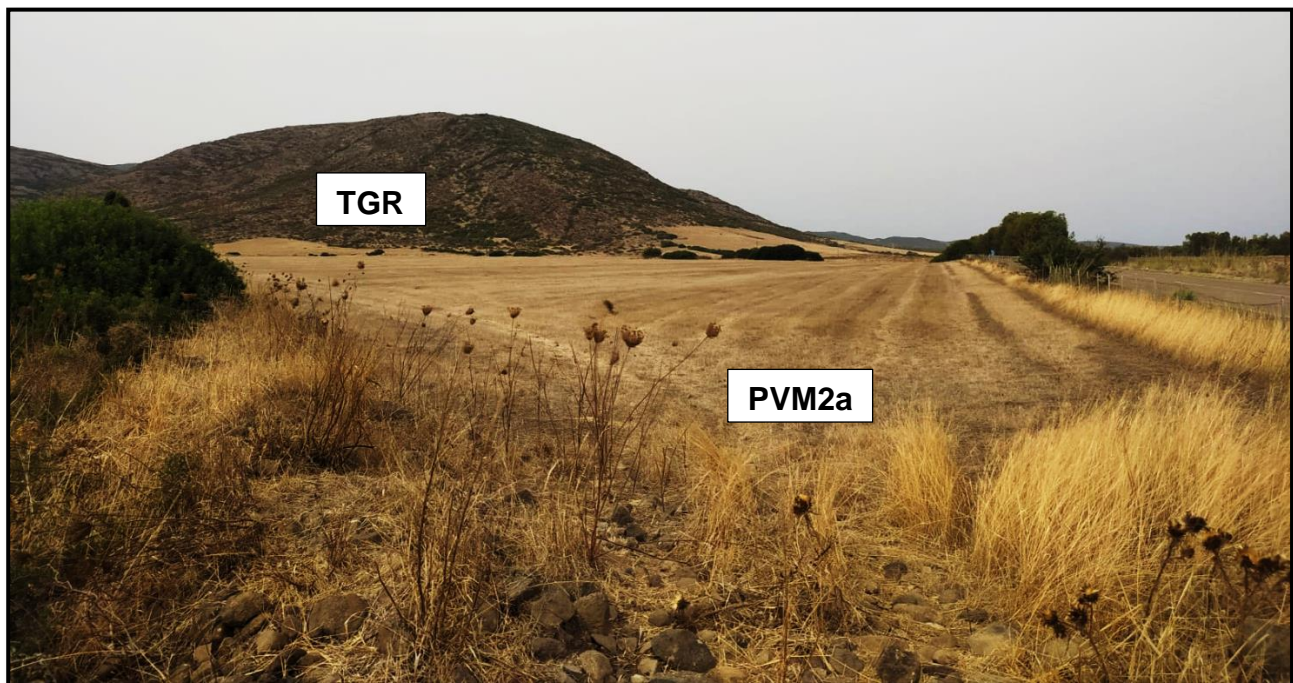



Figura 5 – Veduta d'insieme di un lotto presso l'azienda del Sig. Mocci con indicate le litologie affioranti.



<p align="center"><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaico -AgriMarmida  <b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b>   <b>ICA BES SRL</b>          Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	---	--

## AREA 2

Le litologie affioranti ed interessate dal progetto si riferiscono anche in questo caso alla sola formazioni denominata PVM2a (Fig. 6). Sono presenti depositi alluvionali recenti (Olocene) ma non interessano la superficie dove andranno ad insistere le strutture di sostegno.

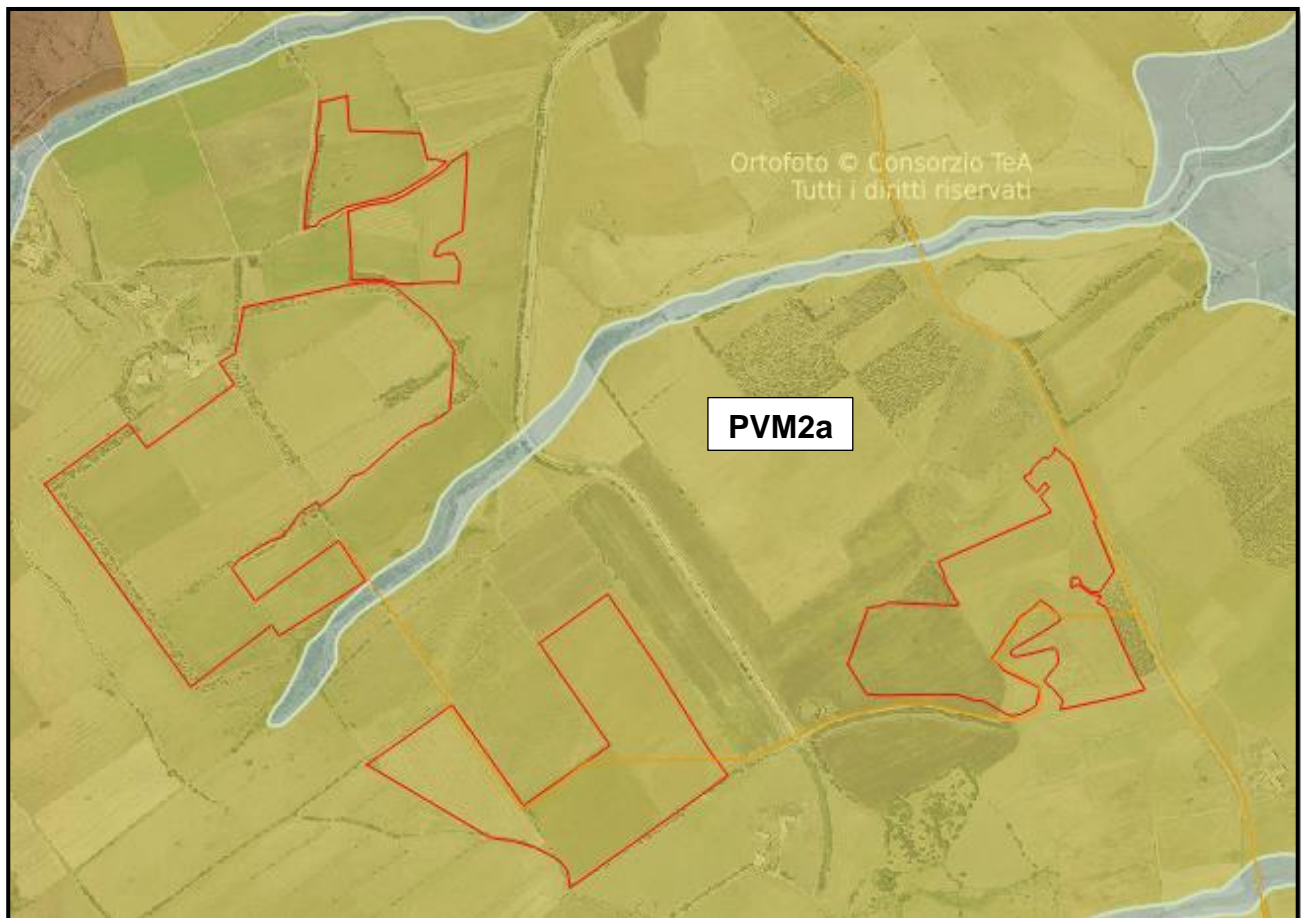



Figura 6 – Inquadramento geologico 1:10000 “Area 2” – In rosso le aree destinate ad ospitare l’impianto dei pannelli fotovoltaici (Fonte Geoportale Sardegna).

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaico - AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	--	---




*Figura 7 – Veduta d’insieme di un lotto dell’azienda dei F.lli Cera.*

### **5.3 Caratteri idraulici delle formazioni geologiche**

La descrizione delle caratteristiche idrauliche dei materiali presenti nell’area in studio è stata basata sulle osservazioni dirette e su quanto riportato in letteratura.

Le rocce, in funzione della loro natura, origine e storia geologica, possono presentare caratteri tali da consentire l’assorbimento, l’immagazzinamento, il deflusso e la restituzione di acque sotterranee in quantità apprezzabili, o possono non presentare tali caratteri. Le rocce che hanno la capacità di permettere il deflusso e la restituzione delle acque sotterranee vengono dette rocce serbatoio o acquiferi.

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
---	--	---

Le rocce serbatoio unitamente alle altre, che non presentano tali caratteri, hanno diverse proprietà idrauliche derivanti dai caratteri fisico-chimici e meccanici. Alcune di queste proprietà, come la porosità, la capacità di assorbimento, la capacità di percolazione e la permeabilità, condizionando quantitativamente l'assorbimento, l'immagazzinamento ed il movimento delle acque che possono essere captate, sono molto importanti dal punto di vista idrogeologico.


In idrogeologia si parla di rocce permeabili e rocce impermeabili, in relazione alla facilità con cui l'acqua sotterranea penetra, circola e si distribuisce nel sottosuolo. Sono definite permeabili le rocce nelle quali le acque si muovono con una velocità tale da permetterne la captazione, sono invece "impermeabili", quelle nelle quali, in condizioni di pressione naturali, per mancanza di meati comunicanti e/o sufficientemente ampi, non è possibile rilevare movimenti percettibili delle acque.

La permeabilità viene distinta in due tipi fondamentali: primaria e secondaria, a seconda che sia una caratteristica congenita o acquisita.

La permeabilità primaria, o in piccolo, è tipica delle rocce porose, caratterizzate da vuoti intercomunicanti fra i granuli, ed è una proprietà intrinseca del litotipo, poiché la formazione dei meati è singenetica alla formazione della roccia. Solo in alcuni casi, come nei prodotti di alterazione dei graniti e delle arenarie la permeabilità per porosità è secondaria.

La permeabilità secondaria, detta anche per fratturazione, o in grande, è invece tipica delle rocce, sia coerenti che compatte, fessurate. Questa è generalmente una proprietà acquisita, dovuta principalmente a sforzi tettonici o da decompressione, che hanno determinato l'apertura di fessure, spesso successivamente allargate da processi chimico-fisici. Nello specifico dell'area in esame, si può parlare di proprietà intrinseca solo nel caso in cui la permeabilità è dovuta a fessure singenetiche, ossia che si sono formate contemporaneamente alla formazione della roccia come i giunti di raffreddamento, nelle rocce laviche, i giunti di stratificazione ed i piani di scistosità.

Riguardo all'idrogeologia allo stato attuale si hanno a disposizione i dati derivanti dall'analisi dei pozzi ISPRA; da questi dati, relativamente alle profondità investigate, risulta la presenza di una falda idrica multistrato, con livelli statici compresi tra 10 m e 40 m dal p.c., con manifestazioni idriche contenute nei livelli maggiormente permeabili delle ghiaie ed appartenente, così come denominato nel Piano Tutela delle Acque della Regione Sardegna, all'Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano.

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
---	--	---

Nel complesso queste ghiaie sono caratterizzate da permeabilità variabile (V), sia verticalmente che orizzontalmente, per la presenza di orizzonti limoso-argillosi intercalati, per variazioni granulometriche, tessiturali e in spessore all'interno delle ghiaie sabbiose stesse. Nonostante ciò la permeabilità è tendenzialmente medio-alta con contatto idraulico tra i vari corpi ghiaiosi e con caratteristiche complessive di monostrato.


I pozzi presenti nelle vicinanze del sito e realizzati a scopo irriguo, sono tutti produttivi con portate di esercizio che variano da 0,5 litri/secondo a 7 litri/secondo.

In fase esecutiva potranno essere preventivate indagini per verificare la presenza di queste falde idriche e monitorare le stesse nel tempo. Ciò con lo scopo di indirizzare la progettazione delle opere fondali, di pianificare le eventuali tecniche di abbattimento temporaneo della falda stessa nella fase di cantiere e di utilizzare tecnologie volte ad un razionale utilizzo ed a una salvaguardia qualitativa della risorsa idrica.

#### **5.4 Inquadramento geomorfologico**


L'area interessata dal posizionamento delle strutture, nel suo complesso è caratterizzata da un andamento pianeggiante, frutto dell'erosione delle formazioni vulcaniche e l'instaurarsi di regimi fluviali negli ultimi 2 milioni di anni, in grado di trasportare ingenti quantità di sedimenti. Le acclività si riducono ulteriormente e sono generalmente comprese tra il 5% ed 2%, con vasti tratti di pianura che raggiungono anche valori di pendenza inferiori al 2%. Solo in corrispondenza delle ripe fluviali attive ed inattive, le pendenze superano il 5%. Questa differenza nell'andamento delle pendenze è legata essenzialmente ai caratteri litologici dei diversi ambiti territoriali ed alla loro genesi, nonché al significativo il ruolo delle strutture tettoniche, in prevalenza faglie dirette, nel modellamento del territorio. Sono infatti presenti, anche se arealmente limitati, alcuni terrazzi fluviali, che interrompono insieme ai corsi d'acqua, ai canali artificiali, alle piccole zone palustri e a vaste zone palustri o ex palustri, la continuità morfologica della pianura. I terrazzi rappresentano vecchie superfici di origine fluviale, messe in risalto dall'erosione operata dai fiumi, successivamente all'evento alluvionale. Queste superfici, generalmente pianeggianti o debolmente inclinate verso valle, sono delimitate da scarpate fluviali, più o meno nette, che raccordano la superficie sommitale con depositi alluvionali più recenti, o con l'alveo dei fiumi.



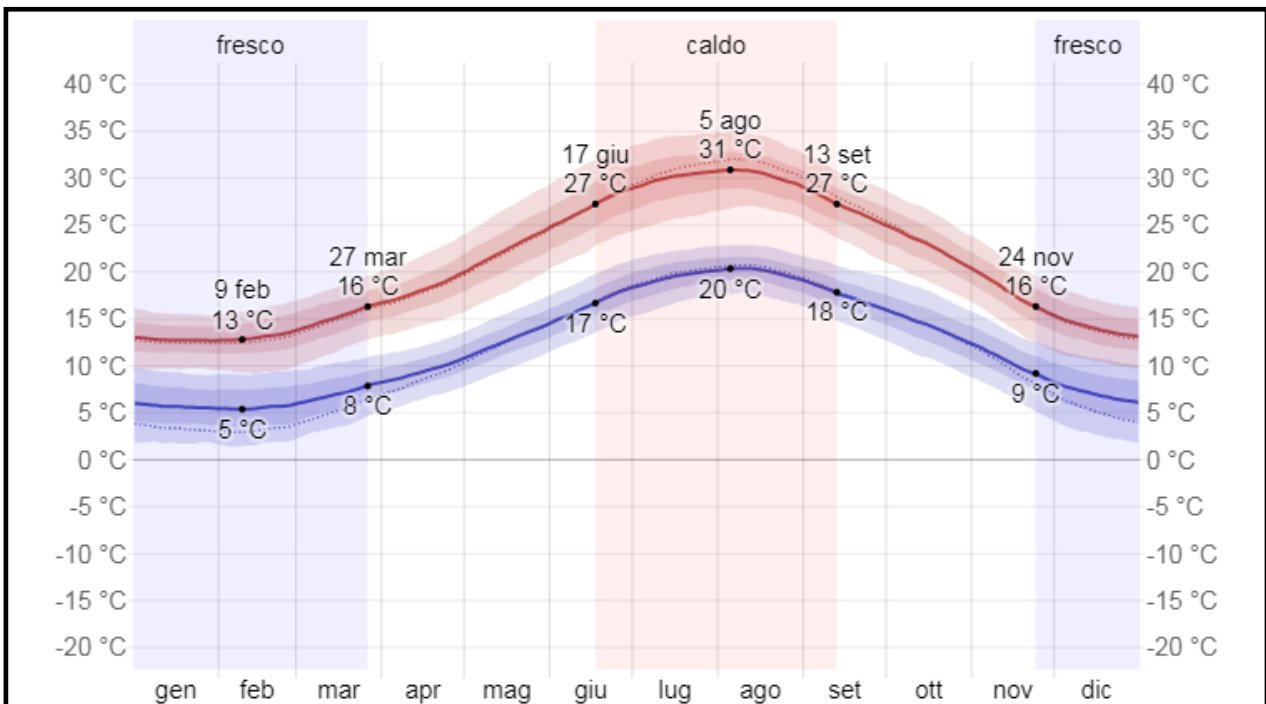
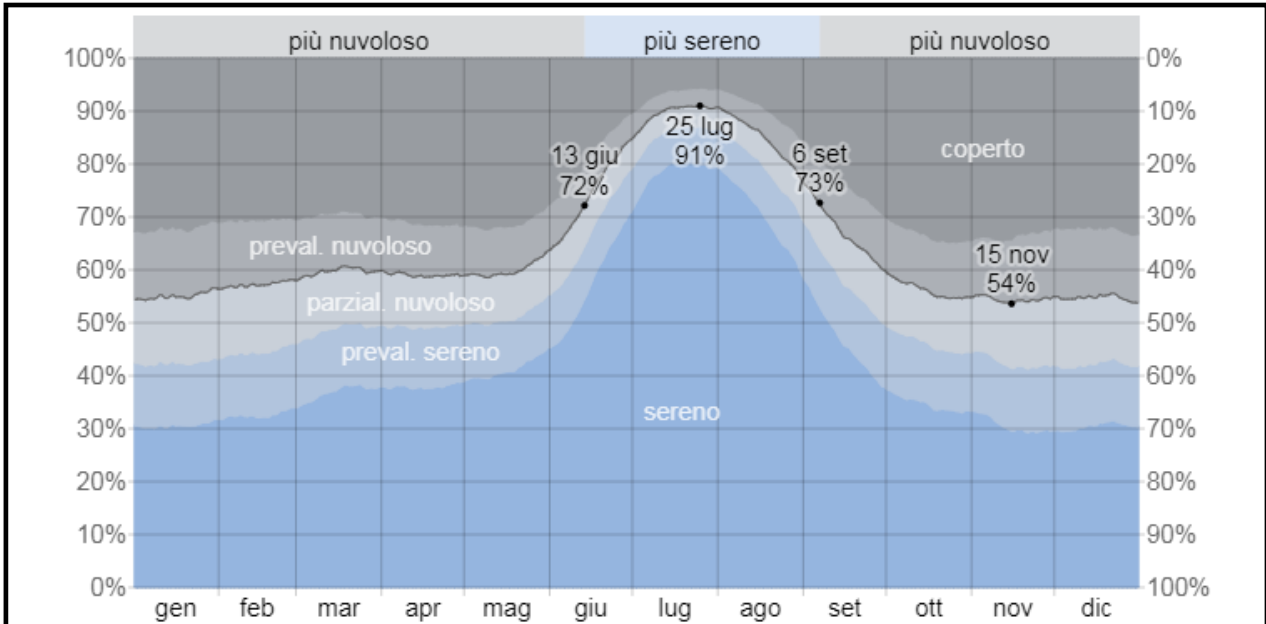
<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	--	---

## 5.5 Inquadramento climatologico


La Sardegna presenta un clima marcatamente mediterraneo insulare, caratterizzato da giornate prevalentemente soleggiate, temperature miti e piogge raramente abbondanti. Le piogge sull'isola si presentano spesso intense e non durature, a carattere di rovescio; risultano molto scarse nel Campidano e lungo le coste meridionali, ove cadono meno di 400 mm (valori confrontabili con quelli delle zone semiaride), mentre si attestano tra i 600-700 mm sulle zone interne collinari e più in generale su gran parte dell'Isola. La piovosità maggiore è raggiunta sul massiccio del Gennargentu, dove le precipitazioni possono cadere sotto forma nevosa durante la stagione invernale, superando i 1000 mm. Le correnti oceaniche influenzano maggiormente il versante occidentale della Sardegna, dove le precipitazioni localmente, superano i 700-800 mm annui, anche se, successivamente, durante l'estate, tale area risulta essere tra le più secche dell'Isola. La Sardegna, lontana dagli ostacoli orografici delle grandi masse continentali, è spesso soggetta a venti intensi in qualsiasi periodo dell'anno. I venti più frequenti e forti sono il Maestrale, lo Scirocco e il Libeccio. In inverno, lo Scirocco, richiamato da perturbazioni afromediterranee apporta intense ondate di maltempo sulla Sardegna meridionale, mentre il Libeccio ed il Maestrale favoriscono le piogge sulla parte Occidentale. Il Maestrale è anche responsabile di episodi di freddo e neve invernale, trasportando con sé l'aria artica che sfocia dalla Valle del Rodano nel Mediterraneo. In estate, lo Scirocco porta con sé aria molto calda e asciutta dai deserti nordafricani, la quale spesso si accompagna al pulviscolo sahariano e a temperature elevatissime. Tali avvezioni di aria calda annunciano l'arrivo dell'Anticiclone africano che in estate permane a lungo su queste zone del Mediterraneo. Sotto il profilo termico, la Sardegna presenta un clima molto mite con estati molto calde ed inverni miti. Le temperature medie annuali si attestano tra i 15 ed i 18°C. In estate le temperature superano i 30 °C diffusamente, financo a raggiungere la soglia dei 40 °C. D'inverno le temperature restano miti, in particolare nelle coste, mentre possono scendere sotto 0 °C sui settori interni in quota. In fig. 6 sono rapportate le precipitazioni da ottobre 2020 fino ad aprile 2022 con una chiara evidenza della situazione climatica dell'area che si evolve verso precipitazioni a carattere alluvionale, molto concentrate nel tempo e di forte intensità. Le maggiori precipitazioni (579 mm) cadono nel semestre autunno-inverno, mentre nel semestre primavera-estate cadono 223 mm di pioggia. Il mese meno piovoso risulta essere quello di

<p align="center"><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaico -AgriMarmida  <b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b>            Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	---	---

luglio, in cui le precipitazioni sono pari a 18 mm. In merito al progetto, nella fig. 8 sono riportate le medie per quanto concerne la nuvolosità, temperature e ore di luce/crepuscolo.





<b>Progetto</b> <i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i> <b>Codice elaborato</b> <b>ICA_102_REL11</b>	<b>Relazione</b> <b>geologica-geotecnica</b>	<b>Committente</b>  Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007
---	---	---

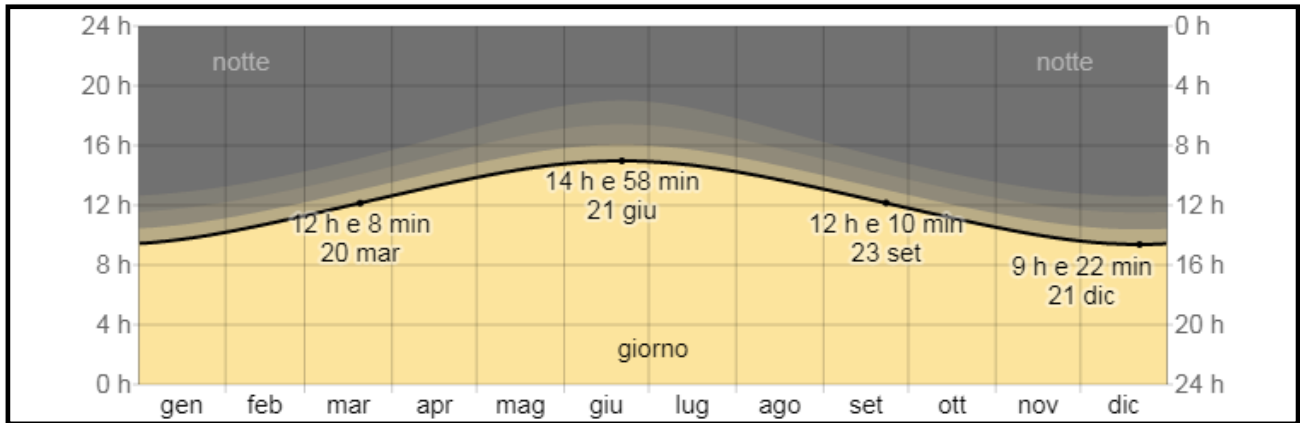


Figura 8 – Dati meteo-climatici rilevati per il comune di Guspini (Fonte <https://it.weatherspark.com>)

La figura 9, presenta una rappresentazione compatta dell'elevazione solare, di notevole interesse per la progettazione, (l'angolo del sole sopra l'orizzonte) e dell'azimut (il suo rilevamento alla bussola) per ogni ora di ogni giorno nel periodo coperto dal rapporto. L'asse orizzontale rappresenta il giorno dell'anno, l'asse verticale rappresenta l'ora del giorno. Per un dato giorno e una data ora di tale giorno il colore dello sfondo indica l'azimut del sole in quel momento. Le isoline nere sono i contorni dell'elevazione solare costante.

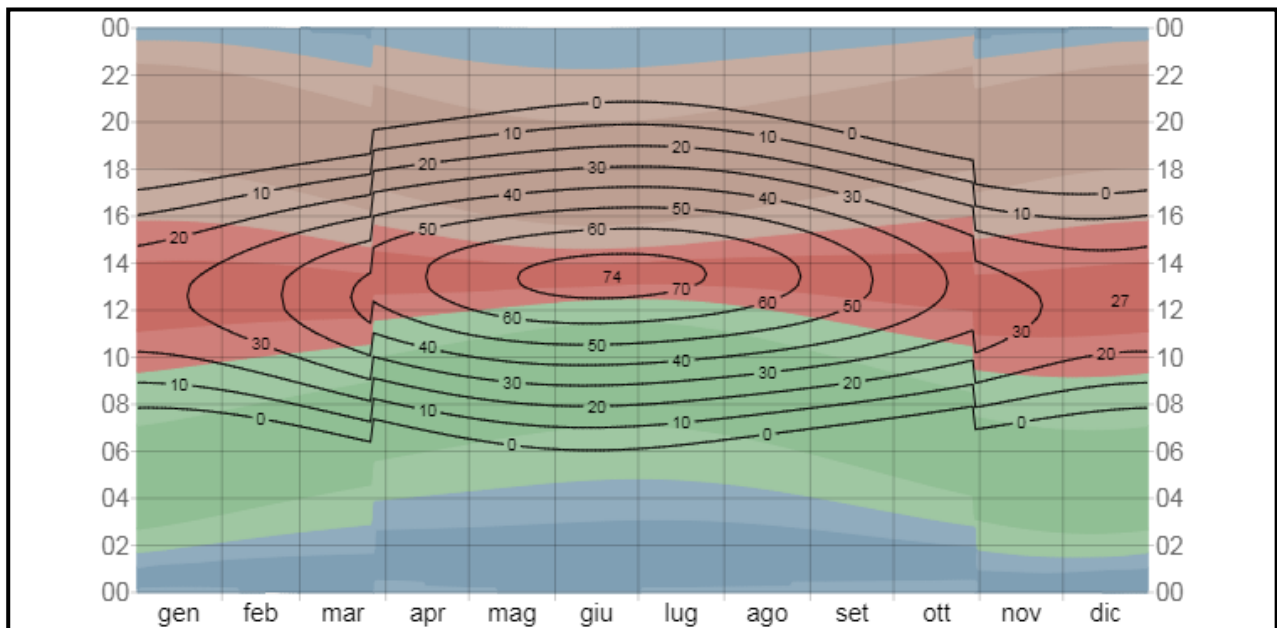


Figura 9 - Elevazione solare e azimut durante l'anno 2022.

<p align="center"><b>Progetto</b> Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b> <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b> <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center"><b>ICA BES SRL</b> Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	--	---

A seguito dell'elaborazione di dati statistici osservati nel periodo tra gli anni 1980-2016 è possibile avere una stima dell'energia solare a onde corte incidente totale giornaliera che raggiunge la superficie del suolo in un'ampia area, tenendo in considerazione le variazioni stagionali nella lunghezza del giorno, l'elevazione del sole sull'orizzonte e l'assorbimento da parte delle nuvole e altri elementi atmosferici. La radiazione delle onde corte include luce visibile e raggi ultravioletti.

L'energia solare a onde corte incidente giornaliera media subisce *estreme* variazioni stagionali durante l'anno.

Il periodo *più luminoso* dell'anno dura *3,2 mesi*, dal *12 maggio* al *18 agosto*, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per metro quadrato di oltre *6,8 kWh*. Il mese *più luminoso* dell'anno a Guspini è *luglio*, con una media di *7,8 kWh*.

Il periodo *più buio* dell'anno dura *3,5 mesi*, dal *28 ottobre* al *14 febbraio*, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per metro quadrato di meno di *3,2 kWh*. Il mese *più buio* dell'anno a Guspini è *dicembre*, con una media di *2,1 kWh*

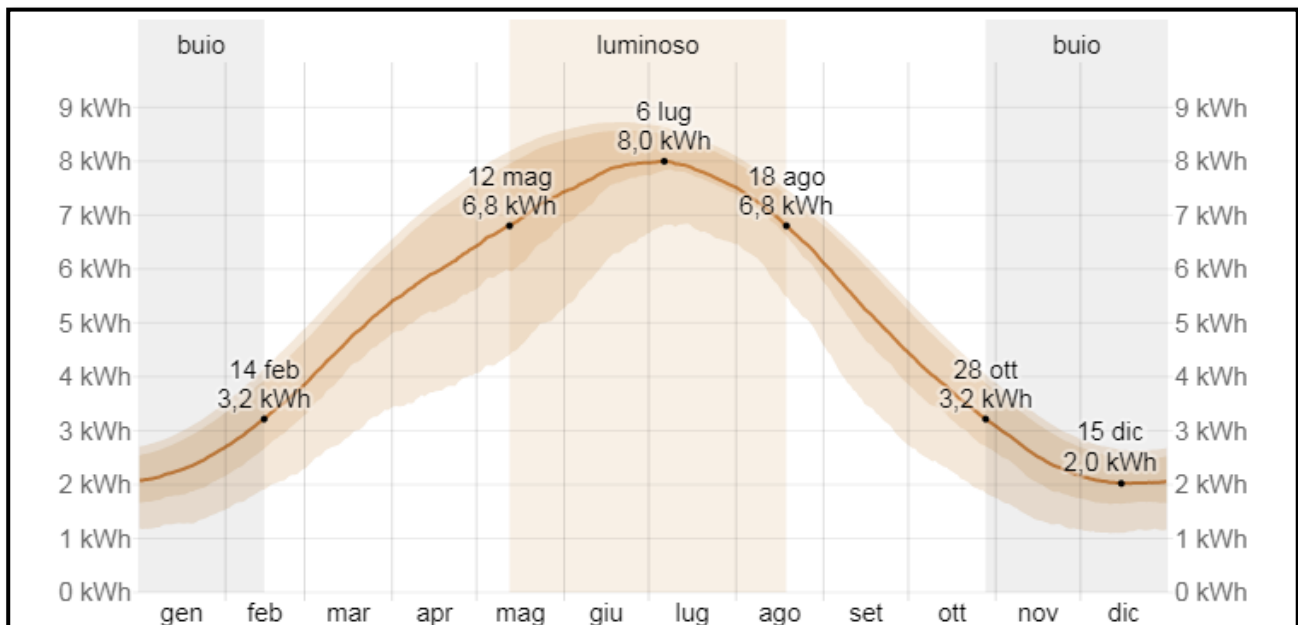



Figura 10 - L'energia solare a onde corte incidente media che raggiunge il suolo per metro quadrato

<p style="text-align: center;"><b>Progetto</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Codice elaborato</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Relazione</b></p> <p style="text-align: center;"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Committente</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>ICA BES SRL</b></p> <p style="text-align: center;">Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007</p>
---	--	---

## 6. RELAZIONE SISMICA

### 6.1 Sismicità storica

La sismicità della Regione Sardegna è assai bassa. Tali evidenze sono messe in rilievo da molti indicatori, quali l'evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, che secondo qualsiasi ricostruzione, ci dice che l'intero blocco sardo-corso è rimasto stabile negli ultimi 7 milioni di anni.

Il catalogo storico dei terremoti riporta, infatti, solo due eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948); il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25 anni registrata dalla rete nazionale) riporta solo alcuni eventi nel Tirreno e pochissimi eventi a Sud della Sardegna (come gli ultimi eventi del marzo 2006), tutti eventi di magnitudo inferiore a 5. L'evento sismico più forte in Sardegna, infatti, è stato registrato nel 1948 nella zona tra Castelsardo e Tempio Pausania; fu un terremoto che provocò solo qualche lieve danno. Nel 2006 alcune scosse avvennero nel Golfo di Cagliari, spaventando la popolazione senza danni.


Nella zona presa in esame la situazione è analoga: non è impossibile che si verifichi qualche scossa leggera ma la probabilità è molto bassa. Si tratta, insomma, di eventi di bassa energia, e infrequenti.

### 6.2 Sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 14.01.2008 così come gli aggiornamenti relativi di cui al D.M. 17.01.2018, introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base", di seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/> .

<b>Progetto</b> <i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i> <b>Codice elaborato</b> <b>ICA_102_REL11</b>	<b>Relazione</b> <b>geologica-geotecnica</b>	<b>Committente</b>  <b>ICA BES SRL</b> Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007
--	---	---

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_r$  considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in g/10);
- $F_0$  = 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.


Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro ( $a_g$ ), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine. La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Per tutte le isole, gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola e per tali valori, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B. (Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti). Per la Regione Sardegna, e quindi per il Comune di Guspini, l'assegnazione dei parametri per i vari tempi di ritorno è semplificata dalle tabelle sottostanti che assegna i singoli valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ .

TR=30			TR=50			TR=72			TR=101			TR=140		
$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,7	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313C

TR=201			TR=475			TR=975			TR=2475		
$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
0,393	2,82	0,322	0,5	2,88	0,34	0,603	3	0,372	0,747	3,09	0,401

Tabella valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per la Regione Sardegna

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	--	---

### **6.3 Azione Sismica di progetto**

Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. L'azione sismica sulle costruzioni è quindi valutata da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

L'azione sismica così individuata viene poi variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Nel presente studio sono state condotte due indagini sismiche MASW nelle aziende dei Fratelli Cera e del Sig. Mocci.

#### Ubicazione geografica:


##### *AZIENDA CERA*

Cartografia CTR scala 1.10000: Tavoletta 538120 – San Nicolò D'Arcidano;  
Cartografia IGM scala 1:25000: Foglio 538 Sez. 2 – San Nicolò D'Arcidano.

##### *AZIENDA MOCCI*

Cartografia CTR scala 1.10000: Tavoletta 538112 – Santa Maria di Neapolis;  
Cartografia IGM scala 1:25000: Foglio 538 Sez. 2 – San Nicolò D'Arcidano.



<p align="center"><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>          Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	---	--

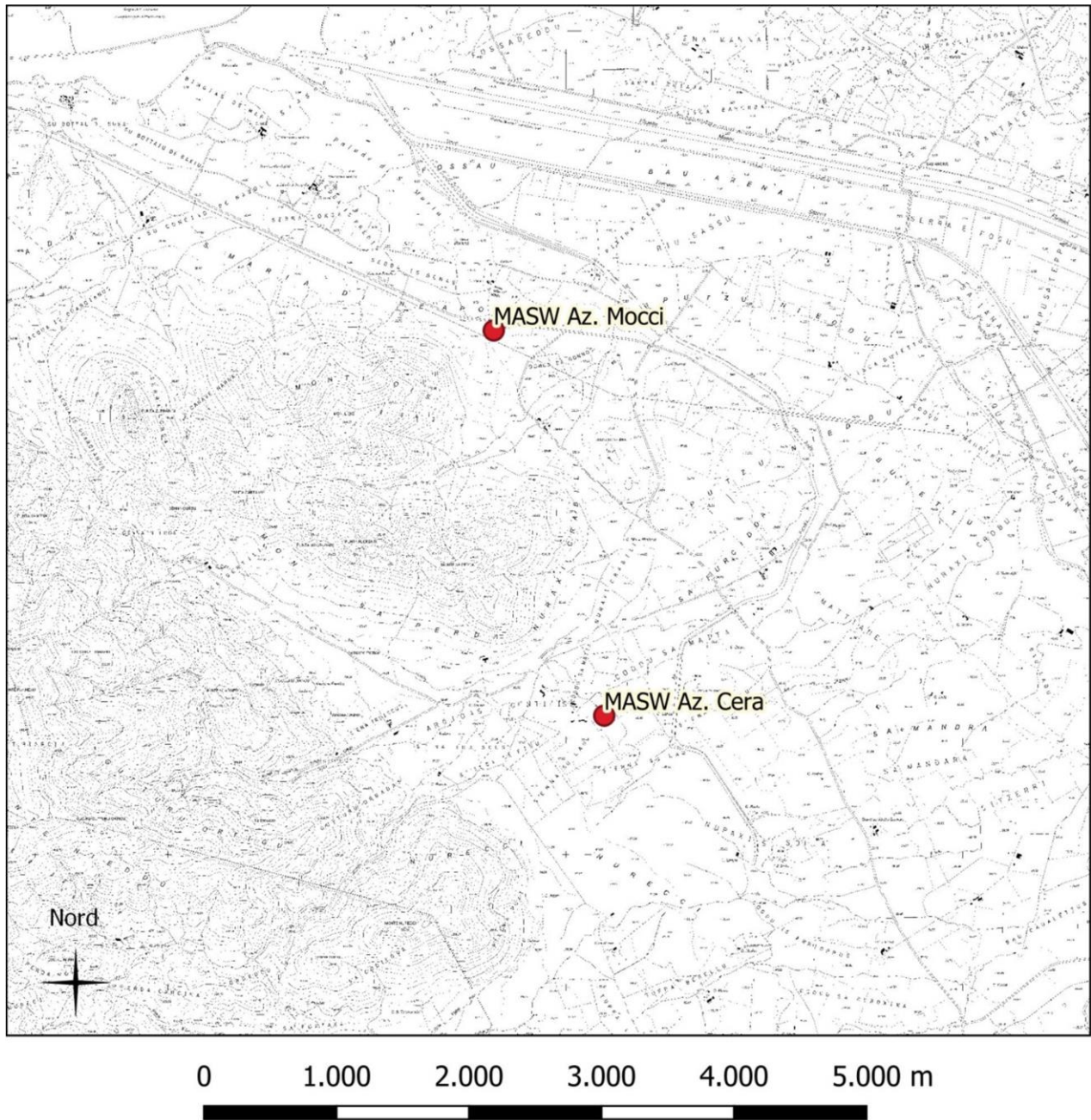



Figura 11 – Ubicazione punti di indagine MASW nella CTR Regionale.



<p align="center"><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaico - AgriMarmida  <b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b>   <b>ICA BES SRL</b>          Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007</p>
---	---	--

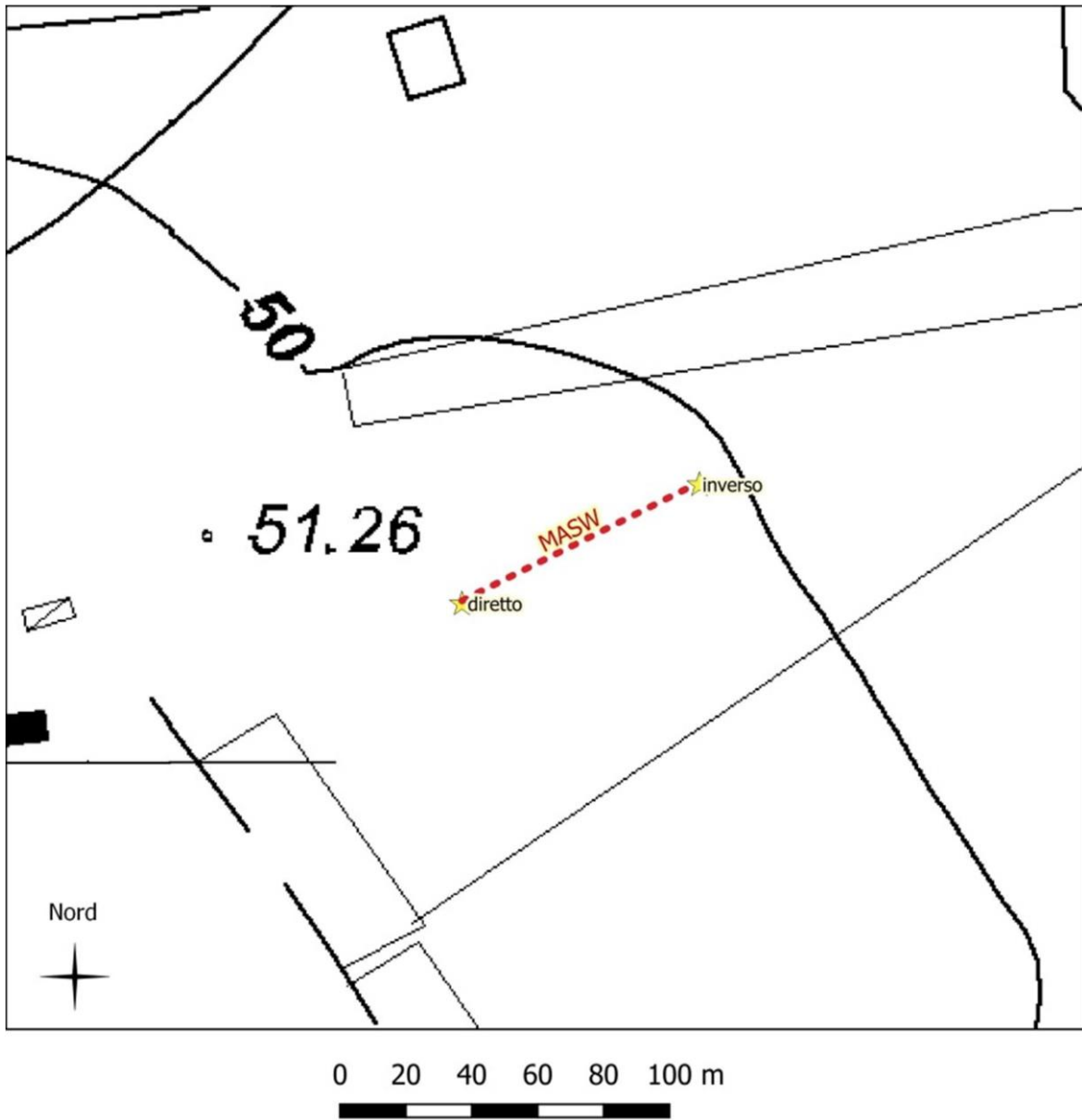


Figura 12 – Azienda Cera, mappa di dettaglio su base CTR (lo stendimento sismico è indicato con la linea punteggiata rossa).

<p><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaico - AgriMarmida</p> <p><b>Codice elaborato</b>          ICA_102_REL11</p>	<p><b>Relazione</b>          geologica-geotecnica</p>	<p><b>Committente</b>  <b>ICA BES SRL</b>          Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007</p>
---	---	--

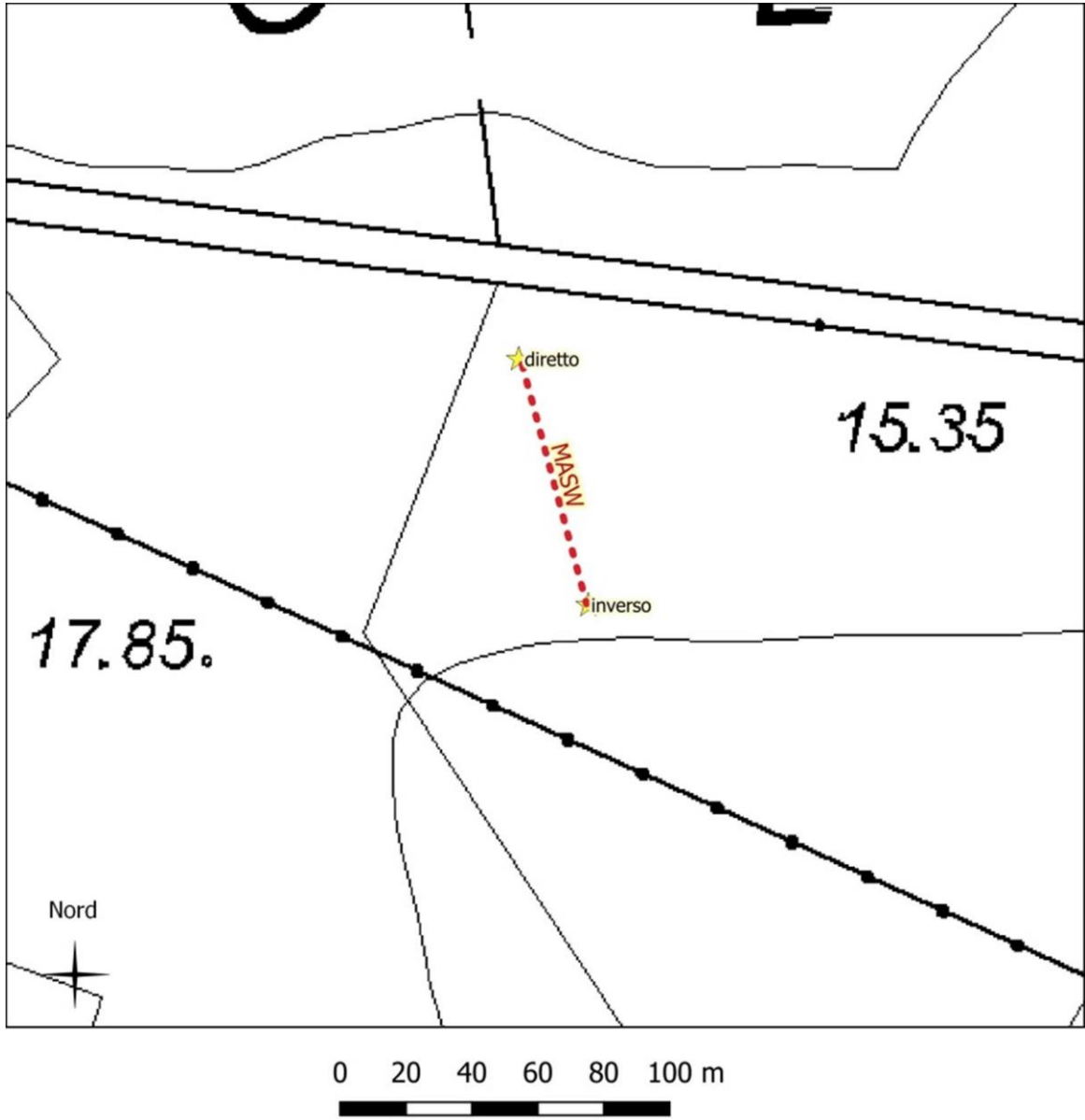



Figura 13 - Azienda Mocci, mappa di dettaglio su base CTR (l'allineamento è indicato con la linea punteggiata rossa).

<p align="center"><b>Progetto</b>  <i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
--	---	---

La prospezione sismica tipo MASW analizza le onde di superficie e utilizza la strumentazione che normalmente si adotta per la sismica a rifrazione convenzionale. Si tratta di una tecnica d'indagine non invasiva in quanto per l'elaborazione del profilo delle onde di taglio verticali non ha bisogno di scavi o misure in foro, ma analizza le onde di Rayleigh che giungono ai geofoni disposti secondo stendimenti lineari e poggiati direttamente sulla superficie di campagna. La teoria MASW impone che il sito investigato non abbia variazioni stratigrafiche lungo lo stendimento in quanto, nella fase di inversione, il modello del sottosuolo è considerato a strati piani e paralleli. Il software calcola il valore RMS che rappresenta l'errore o l'incertezza tra le determinazioni teoriche e sperimentali. RMS prossimo all'unità rappresenta la condizione di minimo errore, tuttavia il grado di incertezza generalmente aumenta con la profondità.

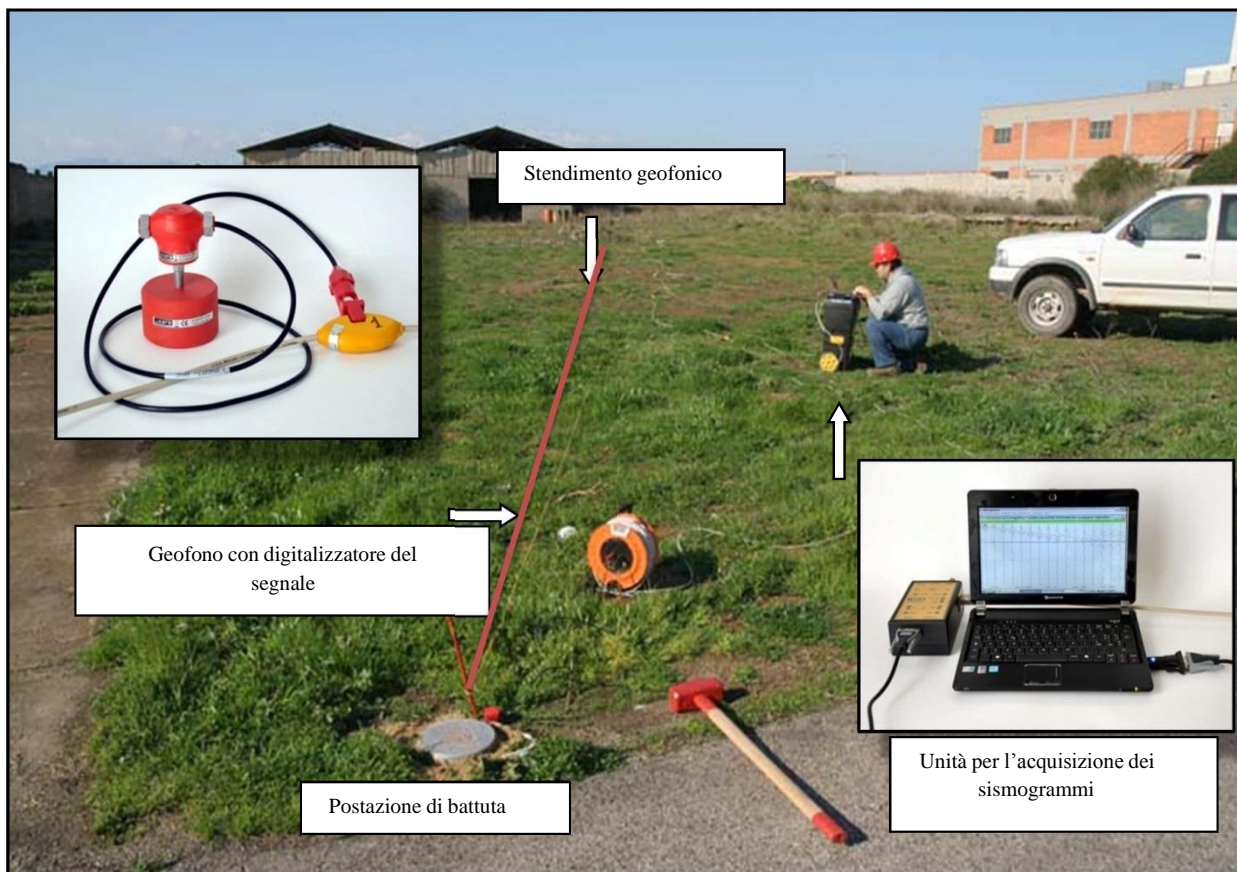



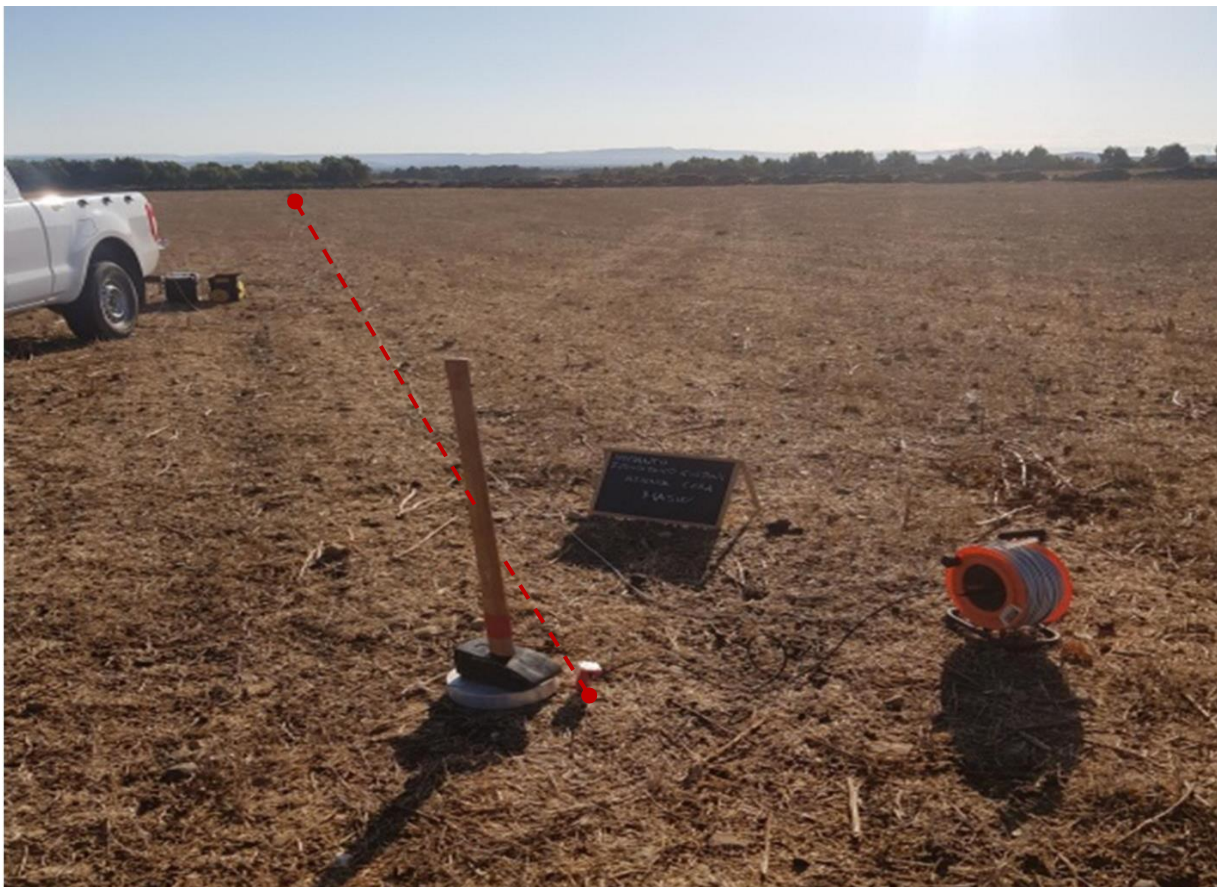
Figura 14 – Configurazione dello strumento di misura.

<p style="text-align: center;"><b>Progetto</b>  <i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i>  <b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Committente</b>   <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	--	---

Per l'esecuzione dell'indagine è stata utilizzata la seguente strumentazione:


- n° 24 canali per sismica a rifrazione da 24 bit;
- n° 24 geofoni verticali da 4,5 Hz High-gain;
- interfaccia con alimentatore;
- sensore per trigger;
- piastra di battuta;
- mazza battente da 10 kg;
- software di acquisizione;
- cavi sismici.

### **Indagine Masw Azienda Cera**



*Figura 15 – Allineamento geofoni presso l'azienda Cera.*



<p align="center"><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaico -AgriMarmida  <b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b>   <b>ICA BES SRL</b>          Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007</p>
--	---	--

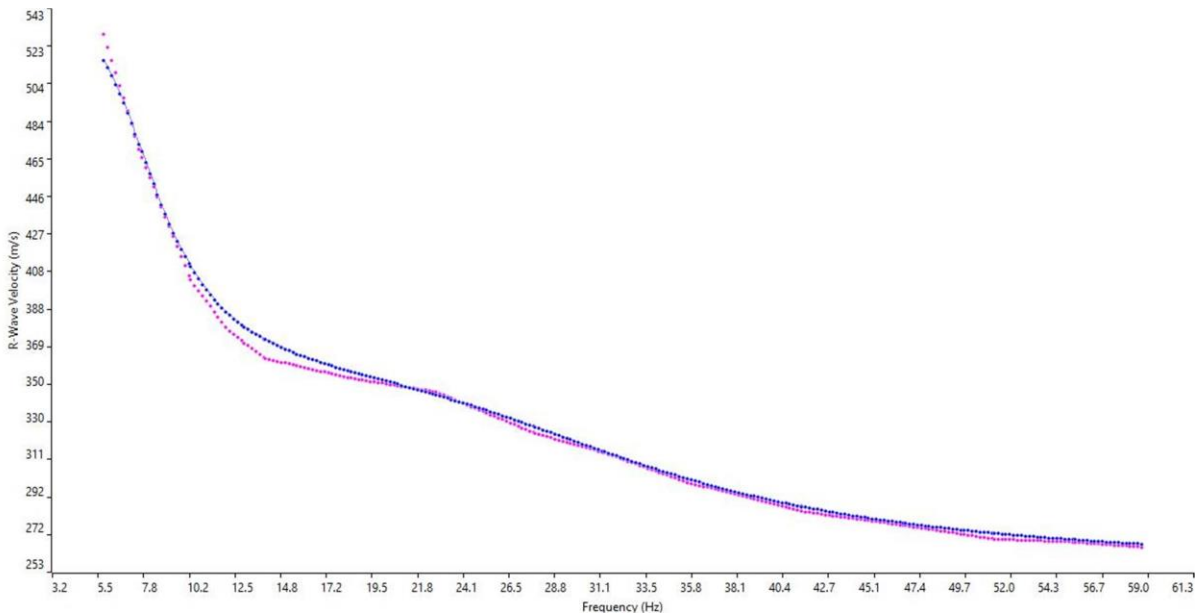
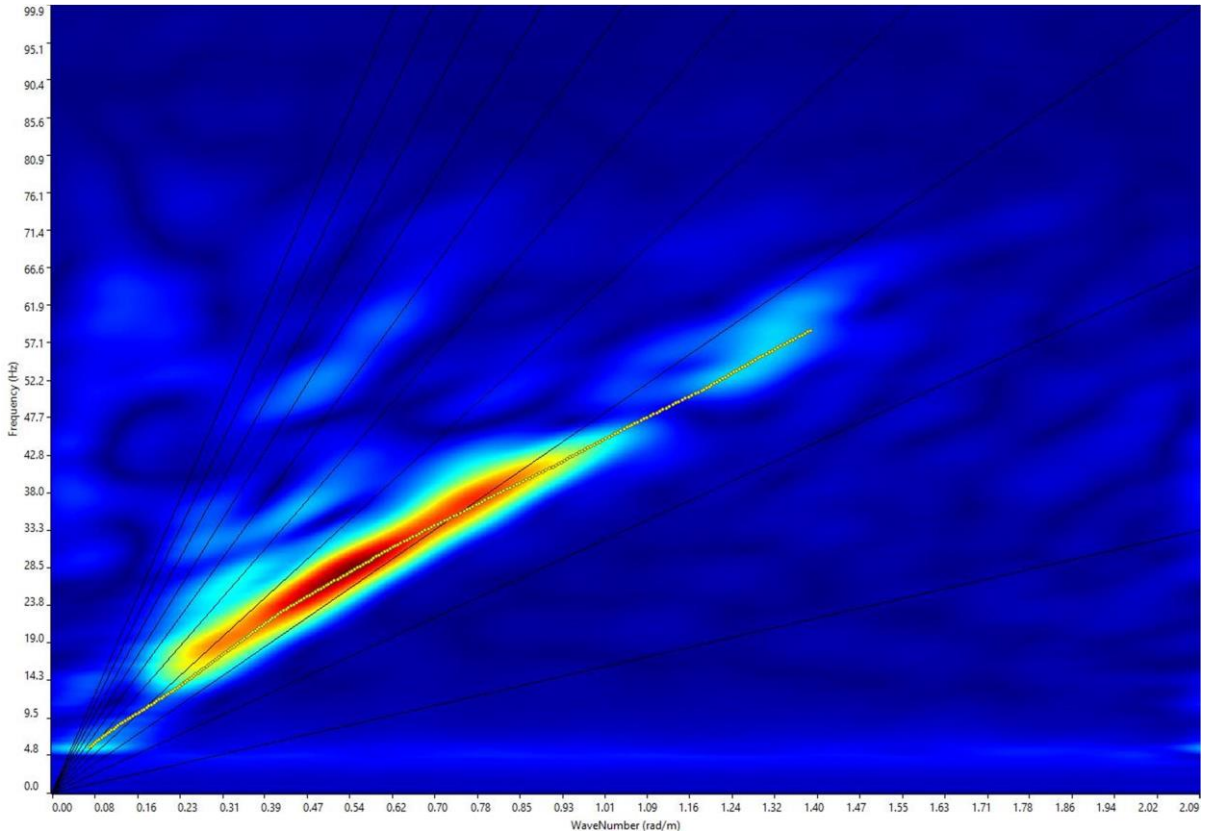



Figura 16 – Spettro (in alto) e curva sperimentale (in rosa) e teorica (in blu).


<p align="center"><b>Progetto</b>  <i>Impianto agrovoltaico - AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>          Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007       </p>
---	---	---

## Indagine Masw Azienda Mocci



Figura 17 – Allineamento geofoni presso l'azienda Mocci



<p align="center"><b>Progetto</b>          Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida  <b>Codice elaborato</b>  <b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b>  <b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b>   <b>ICA BES SRL</b>          Via Giorgio Pitacco, 7          00177 Roma (Italia)          C.F. / P.IVA 16028961007</p>
---	---	--

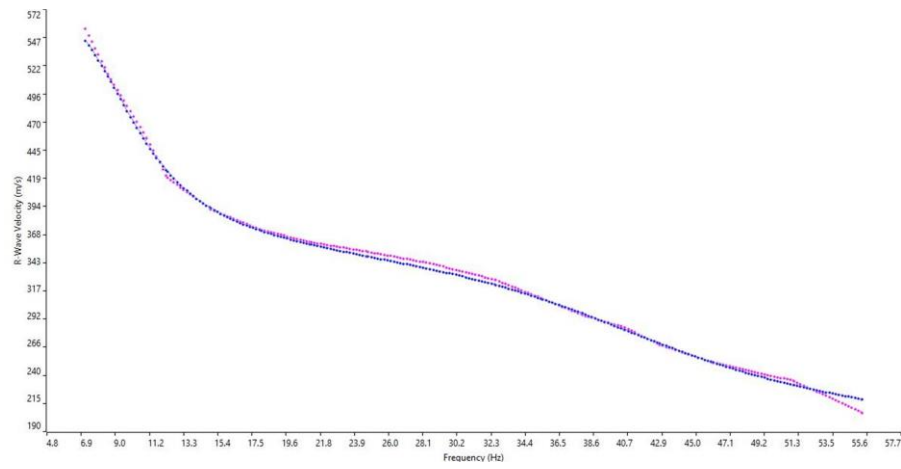
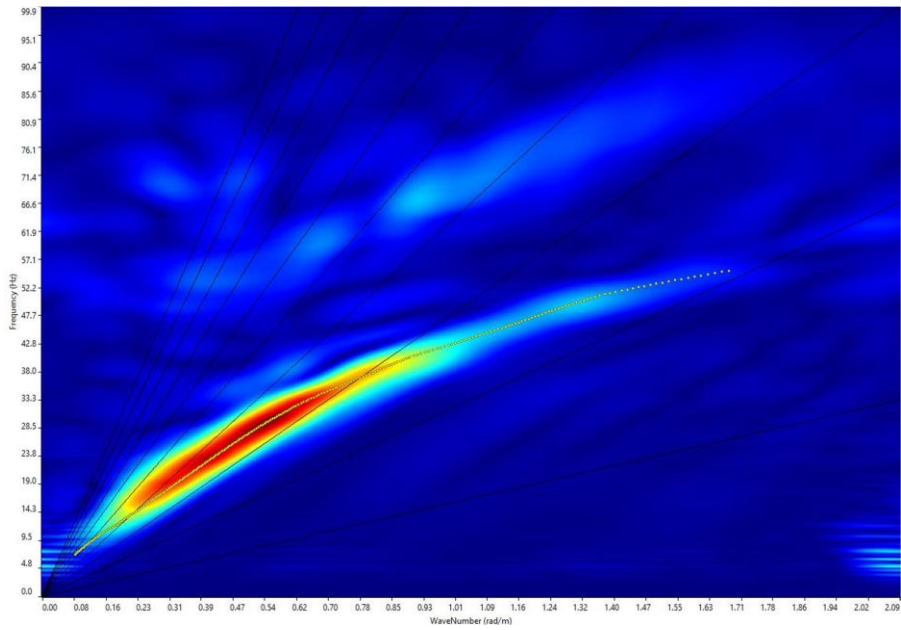



Figura 18 – Spettro (in alto) e curva sperimentale (in rosa) e teorica (in blu).

<b>Progetto</b> <i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i> <b>Codice elaborato</b> <b>ICA_102_REL11</b>	<b>Relazione</b> <b>geologica-geotecnica</b>	<b>Committente</b>  <b>ICA BES SRL</b> Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007
--	---	--

## SINTESI DEI RISULTATI E CALCOLO DELLA $V_{s,eq}$

Nel calcolo della  $V_{s,eq}$  si è tenuto conto di tutti gli strati in cui, in fase di elaborazione, è stato suddiviso il profilo riportato in precedenza (12 strati).  $V_{s,eq}$  rappresenta la media ponderata della distribuzione delle velocità di taglio per una profondità di 30 m (o del bedrock) calcolata dal piano d'imposta della fondazione, con la seguente formula (NTC 14 gennaio 2018):

$$V_{s,eq} = H / \sum (h_i/V_{s,i})$$

In cui;

H = profondità del substrato (formazione con  $V_s \geq 800\text{m/sec}$ ),  $h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo (m);

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nello strato considerato (m/s).

Per depositi con H superiore a 30 m, la  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$  chesi ottiene ponendo 30 al posto di H.

### $V_{s,eq}$ – CATEGORIA SIMCA DELSITO


UBICAZIO	Profondità imposta fondazione	Profondità del bedrock	RM	$V_{s,eq}$	Categoria stratigrafica (NTC 2018)
	m da p.c.	m da p.c.		m/sec	

Azienda Cera	0,5	>30	0,93	449	B
	1			456	B
	1,5			463	B
	2			471	B

UBICAZIO	Profondità imposta fondazione	Profondità del bedrock	RM	$V_{s,eq}$	Categoria stratigrafica (NTC2018)
	m da p.c.	m da p.c.		m/sec	

Azienda Mocchi	0,5	>30	1,27	482	B
	1			498	B
	1,5			512	B
	2			522	B

Scheda 1 –  $V_{s,eq}$  e categoria stratigrafica dei siti investigati.

<b>Progetto</b> <i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i> <b>Codice elaborato</b> <b>ICA_102_REL11</b>	<b>Relazione</b> <b>geologica-geotecnica</b>	<b>Committente</b>  <b>ICA BES SRL</b> Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007
---	---	---

<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,eq}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
<b>B</b>	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,eq}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s</b>
<b>C</b>	Depositi a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{seq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s..
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{seq}$ inferiore a 180 m/s..
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 19 - Classificazione dei terreni secondo le NTC 2018. (in grassetto è indicata la categoria stratigrafica di appartenenza rilevata nell'area d'indagine "B")

## SISMO-STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

La sismo-stratigrafia di interpretazione dei dati sismici è sinteticamente riassunta nelle schede riportate nel seguito i cui spessori indicati nella terza colonna sono da considerare del tutto indicativi.





Schema stratigrafico	Descrizione litologica sintetica	Spessore medio <i>m</i>	Profondità base <i>m da p.c.</i>	Velocità onde $V_s$ media <i>m/sec</i>
	Copertura detritica poco addensata	2,27	2,27	276
	Terreni addensati probabilmente di natura granulare alluvionale	14,23	16,5	402
	Substrato molto addensato di probabile natura alluvionale.	13,5	30	559

Figura 20 - Schema sismo-stratigrafico Azienda Cera.

<b>Progetto</b> <i>Impianto agrovoltaiico -AgriMarmida</i> <b>Codice elaborato</b> <b>ICA_102_REL11</b>	<b>Relazione</b> <b>geologica-geotecnica</b>	<b>Committente</b>  <b>ICA BES SRL</b> Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16028961007
--	---	--



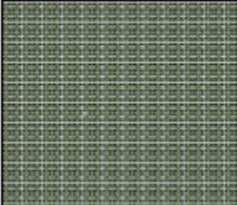
Schema stratigrafico	Descrizione litologica sintetica	Spessore medio <i>m</i>	Profondità base <i>m da p.c.</i>	Velocità onde Vs media <i>m/sec</i>
	Copertura detritica sciolta o poco addensata	1,54	1,54	194
	Terreni addensati probabilmente di natura granulare alluvionale	11,45	12,99	412
	Substrato molto addensato di probabile natura alluvionale.	12,44	30	650


Figura 21 - Schema sismo-stratigrafico Azienda Mocci.

## 7. CONCLUSIONI

In conclusione, alla luce di quanto osservabile in campo e tenendo conto dei dati provenienti dalle campagne di indagini, si può affermare quanto segue:

- le litologie su cui poggeranno le opere sono dotate di buone caratteristiche meccaniche ed elevata resistenza al taglio;
- da cartografia IFFI non emergono fenomeni gravitativi in atto, quiescenti o fossili, la realizzazione delle opere non andrà in alcun modo a perturbare gli equilibri idrogeologici presenti.

Le prospezioni geofisiche hanno permesso di determinare la categoria stratigrafica così come definita dalle NTC del 2018 e l'assetto sismo-stratigrafico dei terreni di fondazione fino ad una profondità stimata di circa 30 m.

<p align="center"><b>Progetto</b></p> <p><i>Impianto agrovoltaico -AgriMarmida</i></p> <p align="center"><b>Codice elaborato</b></p> <p align="center"><b>ICA_102_REL11</b></p>	<p align="center"><b>Relazione</b></p> <p align="center"><b>geologica-geotecnica</b></p>	<p align="center"><b>Committente</b></p> <p align="center">  <b>ICA BES SRL</b>  Via Giorgio Pitacco, 7  00177 Roma (Italia)  C.F. / P.IVA 16028961007 </p>
---	--	---

Dall'indagine sismica emerge quanto segue:

- L'assetto sismo-stratigrafico rilevato dall'analisi del profilo sismico indica la presenza di una copertura da poco a moderatamente addensata giacente su un substrato di probabile natura alluvionale.
- In nessuna delle due acquisizioni è stato rilevato il bedrock sismico.
- La  $V_{s,eq}$ , calcolata per diverse profondità di imposta della fondazione risulta variabile da 449 e 471 m/sec nell'area dell'azienda Cera e da 482 a 522 m/sec nell'azienda Mocchi, da cui ne deriva che i siti investigati ricadono in categoria stratigrafica B come definita dalle NTC del 2018.

L'evoluzione morfodinamica dell'area non andrà a pregiudicare le opere, a causa di dissesti idraulici in quanto gli interventi ricadono in area esente da condizioni di pericolo da inondazione/allagamento.

Il posizionamento delle opere non interferisce con gli elementi idrici presenti, ragion per cui si esclude l'alterazione delle dinamiche di deflusso idrico superficiale. Si ritiene per questo, che le opere previste possano realizzarsi senza particolari problematiche di natura geologica/geotecnica.

In fase di avviamento dei cantieri, lo scrivente si rende disponibile per un sopralluogo per verificare le considerazioni esposte nella presente relazione.

Cagliari, 20 febbraio 2023

*Geol. Luigi Sanciu*