

COMUNI DI:
TRAMATZA, SIAMAGGIORE,
SOLARUSSA

PROVINCIA: ORISTANO
REGIONE: SARDEGNA

"FATTORIA SOLARE TRAMATZA"
AGRIVOLTAICO DI TIPO ELEVATO E AVANZATO

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

Tipo Elaborato	Codice Elaborato	Data	Scala CAD	Formato	Foglio / di	Scala
REL.	2104_R.07	21/04/2023	-	A4	1/40	-

PROPONENTE

EF AGRI Società Agricola A R.L.

Via del Brennero, 111
38121 - Trento (TN)

SVILUPPO



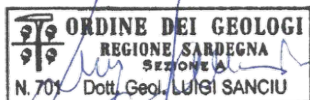
SET SVILUPPO

SET SVILUPPO s.r.l.

Corso Trieste, 19
00198 - Roma (RM)

PROGETTAZIONE

Geol. Luigi Sanciu



Ing. Giacomo Greco



Ing. Marco Marsico



Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	21/04/2023	Prima Emissione	Geol. L. Sanciu	Ing. G. Greco	Ing. M. Marsico

RELAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

FATTORIA SOLARE "TRAMATZA"

AGRIVOLTAICO DI TIPO ELEVATO E AVANZATO

di potenza pari a 55,932 MWp

e sistema di accumulo pari a 12,5 MW

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRISOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 3
--	---	--------------

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
2.1. Inquadramento geologico	11
2.2. Inquadramento geomorfologico	14
2.3. Caratteri idraulici delle formazioni geologiche	16
3. VINCOLISTICA.....	17
3.1. Piano delle Fasce Fluviali.....	17
3.2. Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico	19
4. RELAZIONE GEOTECNICA.....	26
4.1. Azione Sismica di progetto	26
4.1.1. Cenni sulla metodologia d'indagine	26
4.1.2. Strumentazione utilizzata	28
4.1.3. Elaborati grafici	30
4.1.4. Sintesi dei risultati e calcolo della $V_{s,eq}$	32
4.1.5. Sismo-stratigrafia interpretativa.....	34
4.1.6. Risultati dell'analisi	37
4.2. Parametri VN e CU del Nodo di riferimento.....	37
4.3. Liquefazioni dei terreni.....	38
5. CONCLUSIONI.....	40

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 4
---	---	--------------

1. PREMESSA

Il progetto di miglioramento fondiario integrato da impianto fotovoltaico denominato "*Fattoria Solare Tramatzza*" (per il quale si rimanda nel dettaglio alla Relazione Tecnica) consiste nello sviluppo sostenibile che combina la coltivazione delle superfici agricole con la produzione di energia rinnovabile, rispondendo alle esigenze ambientali, climatiche e di tutela dei territori rurali. Il progetto prevede il miglioramento fondiario del sito interessato, nel Comune di Tramatzza (OR) tramite l'implementazione di un piano agronomico integrato con un impianto fotovoltaico ad inseguimento solare. L'impianto sarà collegato, tramite un cavidotto interrato di lunghezza paria 2,9 km, ad una nuova stazione elettrica della RTN a 220/36 kV da inserire in entra - esce alla linea già esistente 220 kV "Codrongianos - Oristano".

A tal fine è stata condotta un'indagine geologica a carattere preliminare 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 delle opere da realizzare, lo scrivente ha ritenuto di procedere con una serie di indagini geognostiche al fine di comprendere le condizioni geologiche locali.

La relazione geologica preliminare è stata redatta in applicazione a quanto richiesto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dagli Eurocodici 7 e 8.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 5
---	---	--------------

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto agrivoltaico è ubicato nel Comune di Tramatza (OR), nell'area settentrionale del Campidano. L'opera interessa una superficie complessiva di circa 108 ha, limitrofa all'infrastruttura viaria principale "Strada Statale SS131 Carlo Felice" e alla "Complanare Est" e confinante con una zona industriale (P.I.P) che ricade nel Comune di Tramatza.

Al fine di connettere l'impianto agrivoltaico alla RTN è prevista la realizzazione di un cavidotto 36 kV di circa 2,9 km che attraverserà i comuni di Tramatza, Siamaggiore e Solarussa.

Il cavidotto collega il nuovo impianto agrivoltaico alla futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 220/36 kV di Terna, da inserire in entra-esce alla linea RTN 220 kV "Codrongianos - Oristano" in un'area a destinazione agricola all'interno del Comune di Solarussa (OR).

Il contesto areale in cui si inserisce il progetto, secondo la zonizzazione urbanistica allegata al Piano Urbanistico Comunale (PUC) del comune di Tramatza, è classificata come zona "E2 - Agricola", sottozona "Aree con estensione prevalente per la funzione agricola produttiva". Il cavidotto di collegamento ricade nei comuni di Tramatza, Siamaggiore e Solarussa, attraversa l'area di impianto e costeggia una strada interpodereale posta a sud rispetto all'impianto. Secondo la zonizzazione urbanistica in allegato al PUC dei diversi comuni che il cavidotto attraverserà, in generale le aree interessate sono classificate come zona E - Agricola.

Dalla cartografia analizzata l'impianto è posto nelle vicinanze di aree classificate dal Piano Urbanistico Comunale come zone "D - Insediamenti Produttivi a carattere industriale, artigianale e commerciale", si evidenzia una prima area posta a Nord rispetto al sito ricadente nel comune di Tramatza e una a sud ricadente nel comune di Siamaggiore.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 6
--	--	---------------------

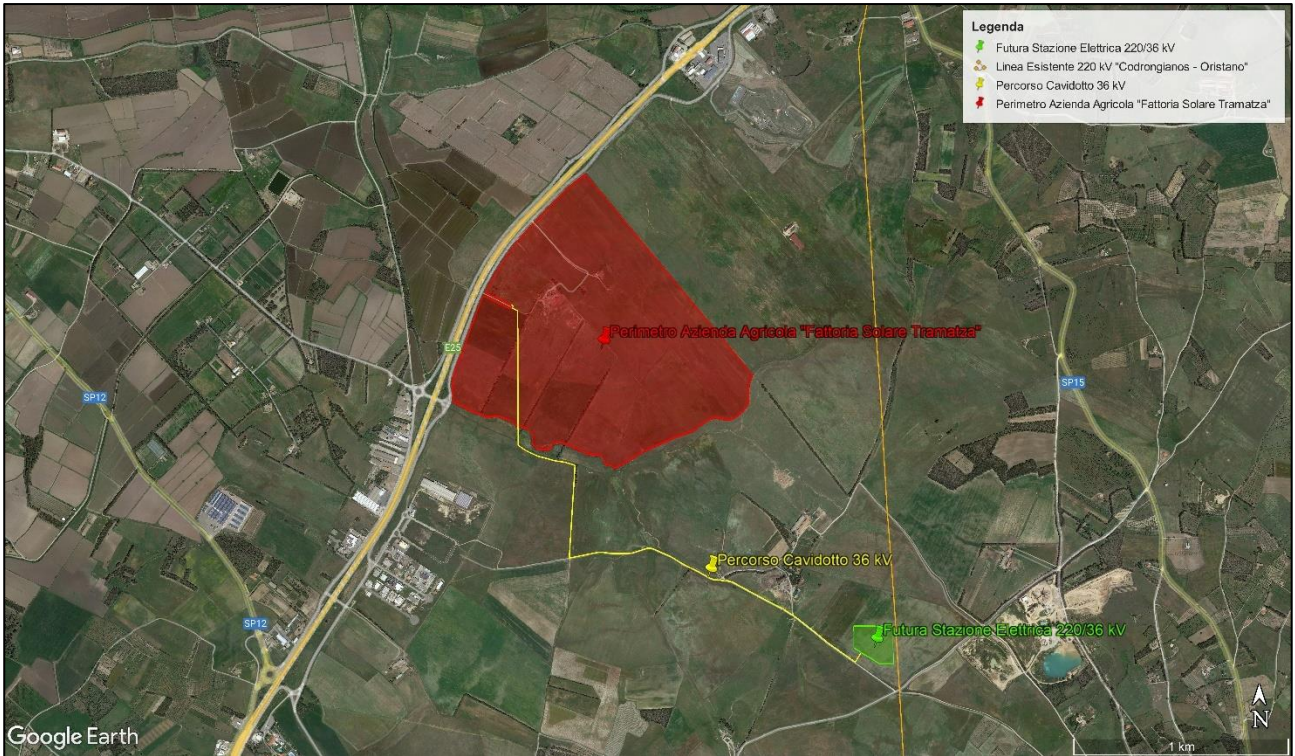


Figura 1: Inquadramento Area impianto, percorso cavidotto e area nuova SE su Ortofoto

Il sito d'intervento e il percorso cavidotto sono censiti al N.C.T. dei Comuni di Tramatzia, Siamaggiore e di Solarussa (OR) con i seguenti riferimenti catastali:

Area Impianto Agrivoltaico

Riferimenti Catastali Fattoria Solare "Tramatza" COMUNE DI TRAMATZA (OR)	Foglio: 15 Mappali: 52, 228, 229, 232, 233, 234, 235, 236, 240, 241, 242, 246, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 408
Riferimenti Catastali Centro Aziendale COMUNE DI TRAMATZA (OR)	Foglio: 15 Mappali: 247, 409, 410

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 7
---	---	--------------

Percorso cavidotto

Riferimenti Catastali <i>Cavidotto</i> COMUNE DI TRAMATZA (OR)	<u>Foglio</u> : 15 <u>Mappali</u> : 246, 32
Riferimenti Catastali <i>Cavidotto</i> COMUNE DI SIAMAGGIORE (OR)	<u>Foglio</u> : 1 <u>Mappali</u> : 472, 475, 346, 473, 62, 457, 375, 23
Riferimenti Catastali <i>Cavidotto</i> COMUNE DI SOLARUSSA (OR)	<u>Foglio</u> : 12 <u>Mappali</u> : 2, 451

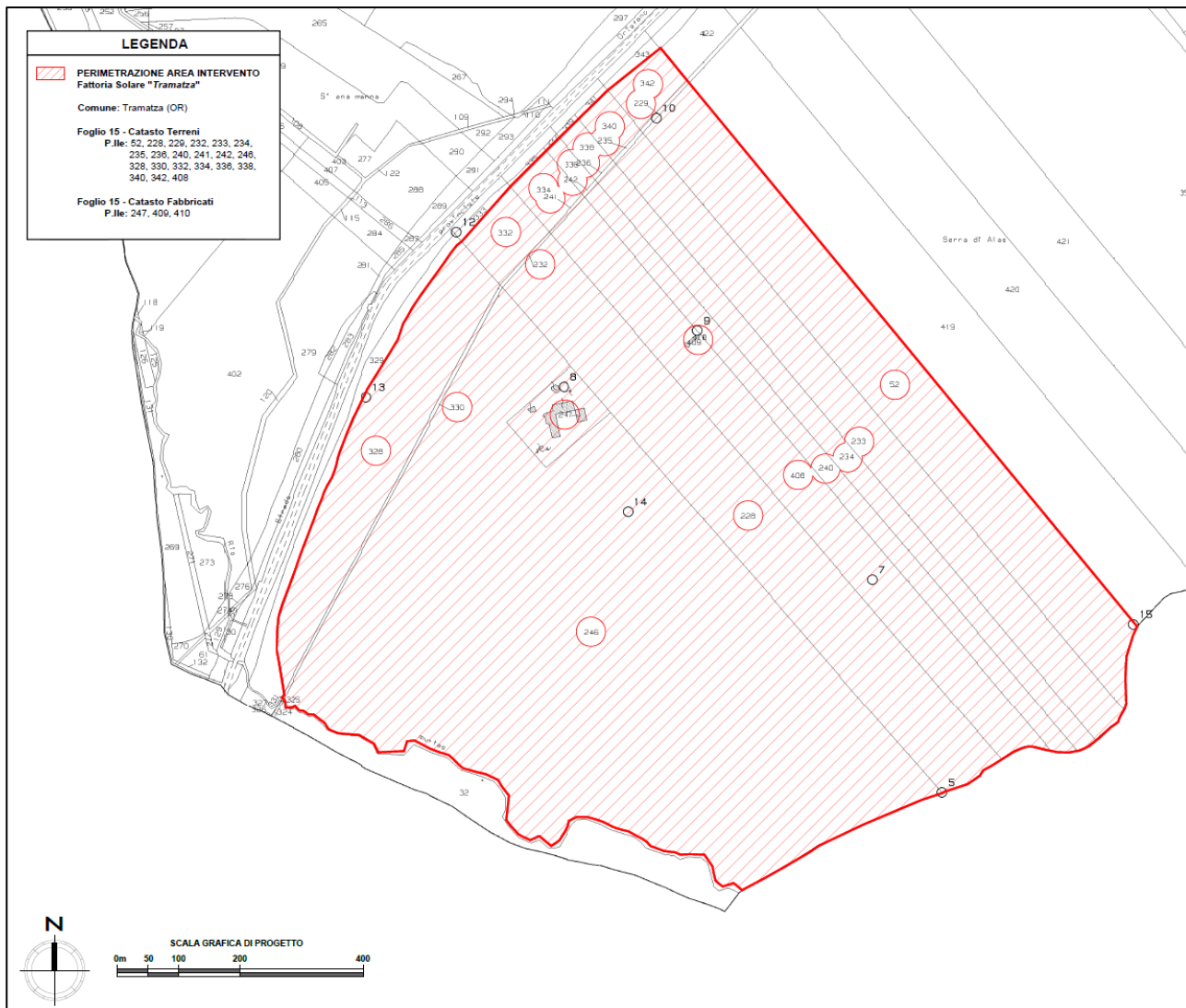
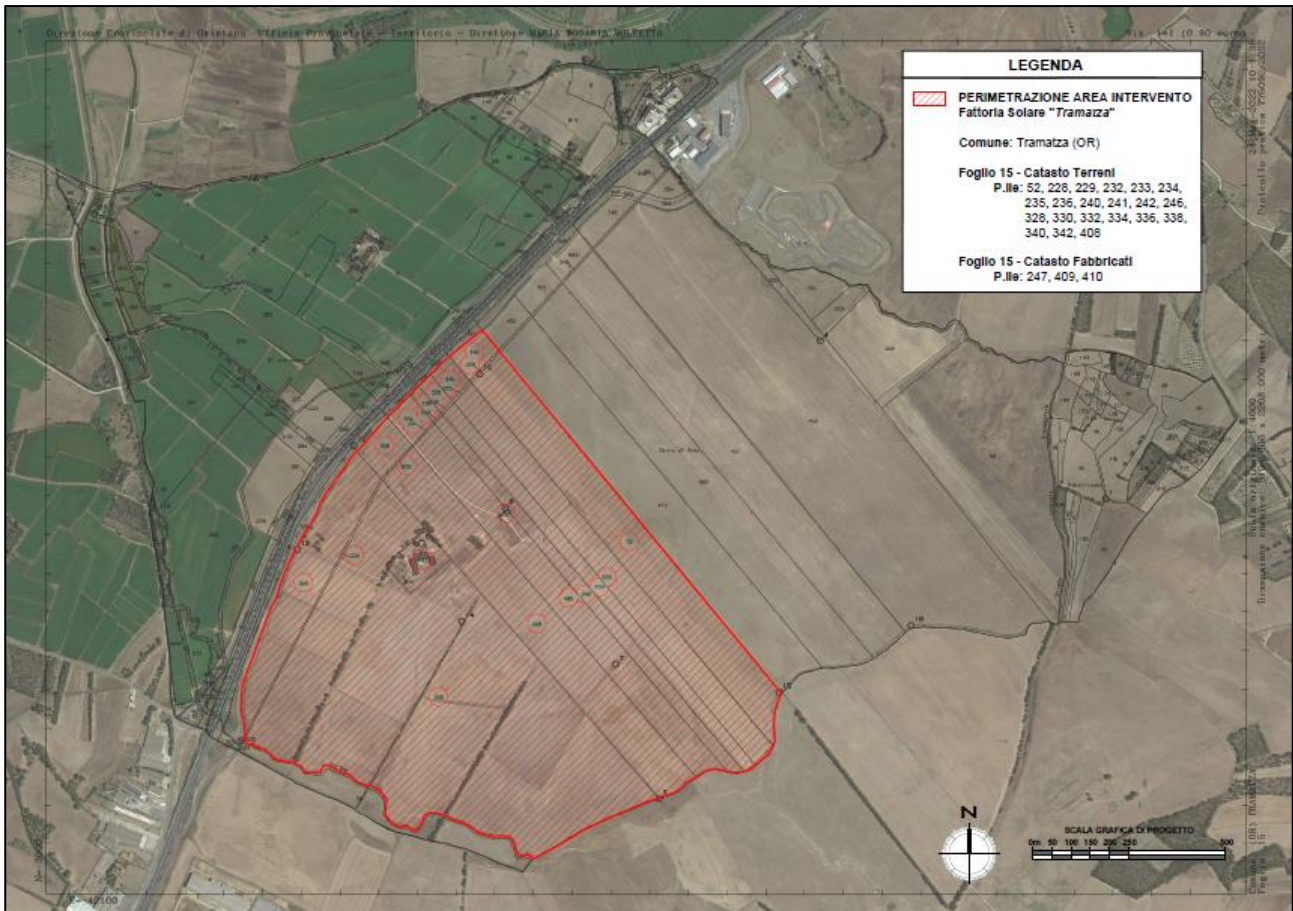


Figura 2: Inquadramento aree impianto su catastale.
Riferimento Elaborato Grafico "2104_T.A.04_Inquadramento Territoriale su Catastale_Rev00"

<p>Progetto:</p> <p>Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.</p>	<p>Titolo Elaborato:</p> <p>Relazione Geotecnica Preliminare</p>	<p>Pagina:</p> <p>9</p>
---	--	-------------------------



*Figura 3: Inquadramento area impianto su Orto - Catastale.
Riferimento Elaborato Grafico "2104_T.A.03_Inquadramento Territoriale su Orto-Catastale_Rev00"*

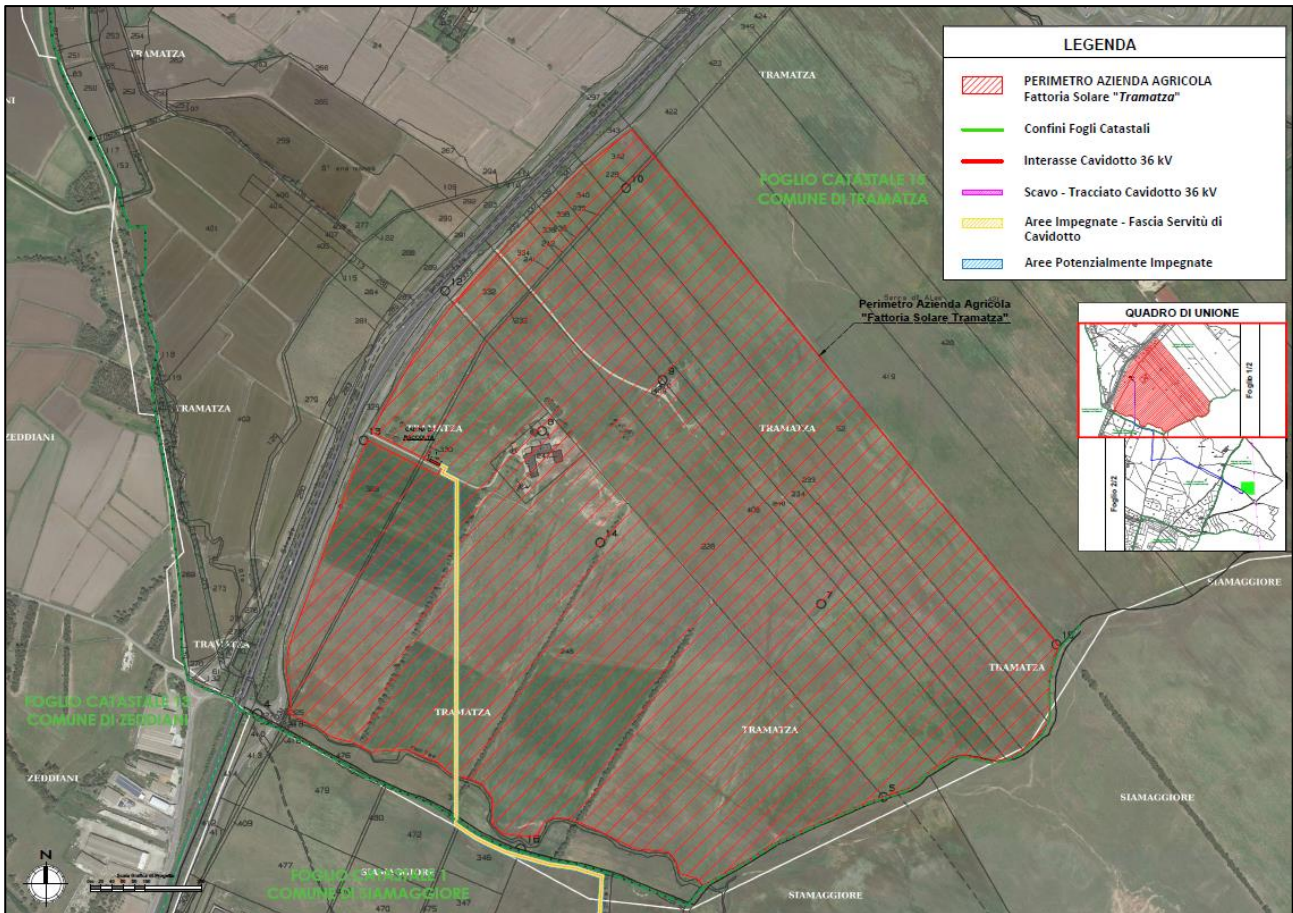


Figura 4: Inquadramento Territoriale "Percorso Cavidotto" con evidenza dei Fogli Catastali interessati – Foglio 1/2

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 11
---	---	---------------

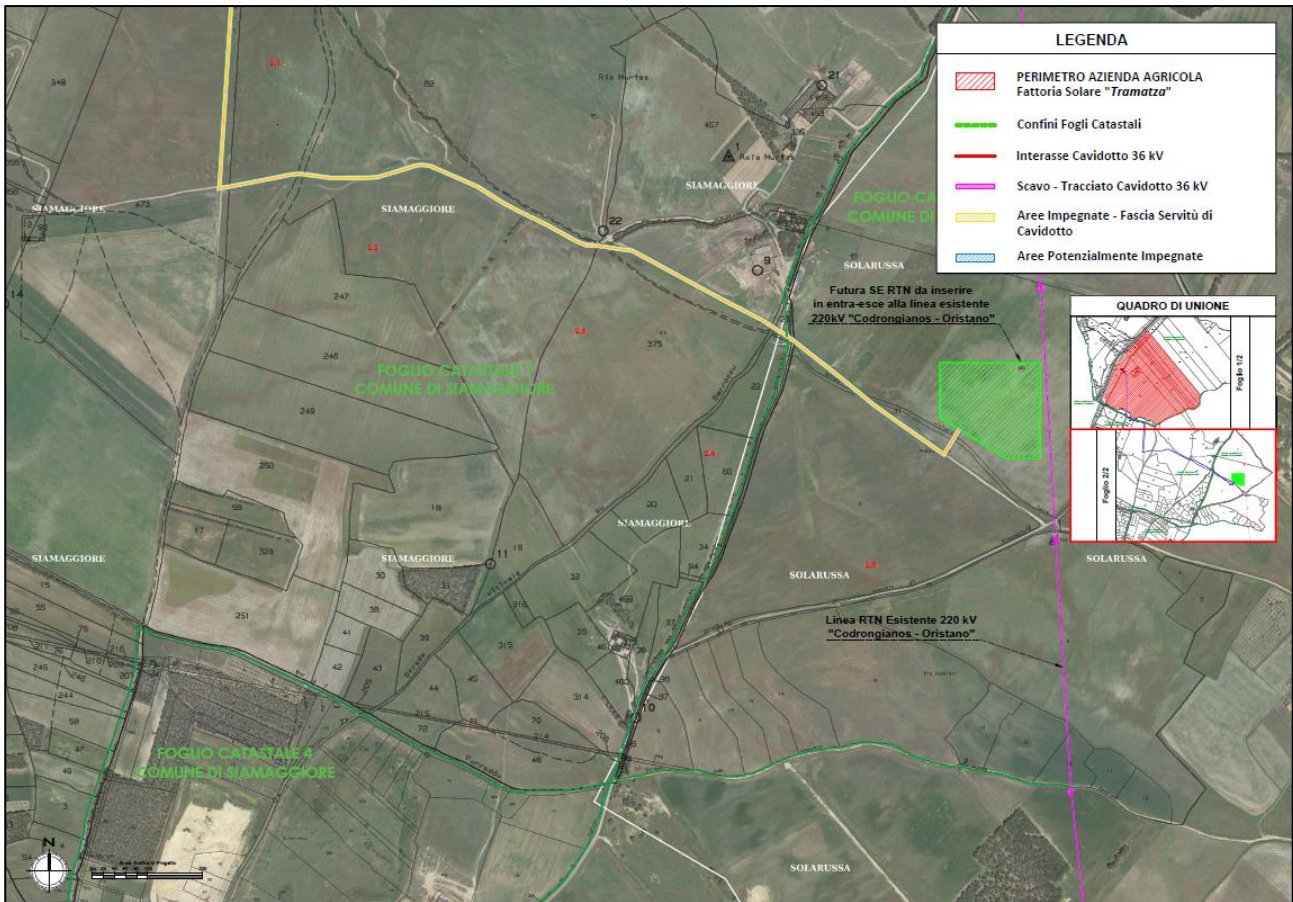


Figura 5: Inquadramento Territoriale "Percorso Cavidotto" con evidenza dei Fogli Catastali interessati – Foglio 2/2

2.1. Inquadramento geologico

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.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 12
---	---	---------------

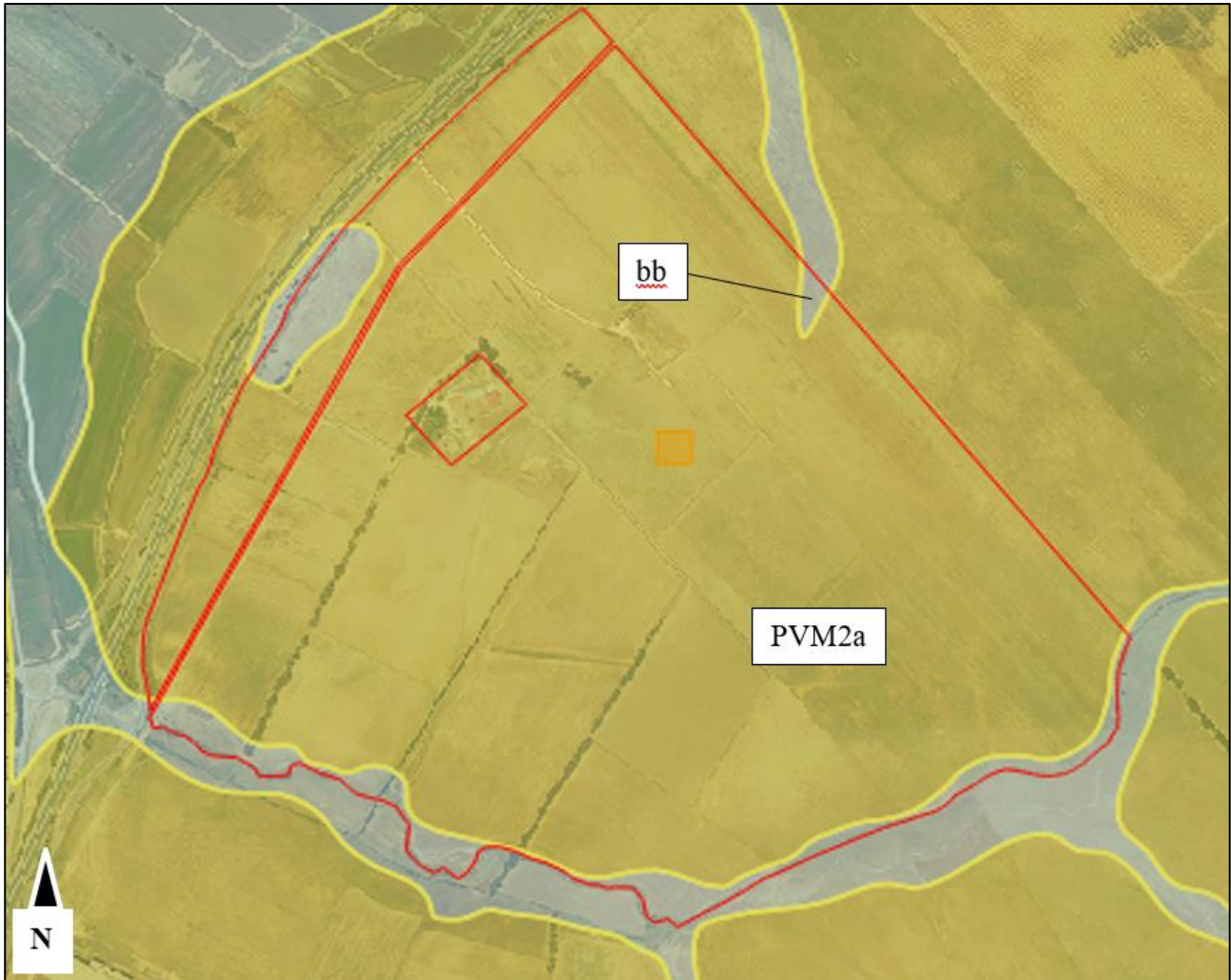


Figura 6: Stralcio della carta geologica dell'area (Fonte PPR)

- bb: depositi alluvionali. Sabbie con subordinate argille (Olocene);
- PVM2a: Subsistema di Portovesme. Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUPERIORE.

Il complesso plio-quadernario, che colma il graben campidanese, potente da alcune decine di metri fino a circa 800 metri, è costituito da sedimenti continentali, per lo più appartenenti alla Formazione di Samassi, sui quali poggiano potenti depositi alluvionali, lacustri e lagunari pleistocenici, con intercalate lave basaltiche del ciclo vulcanico alcalino, seguiti da depositi marini e lagunari flandriani-versiliani. I depositi marini quaternari, rappresentati da depositi di ambiente freddo, e da depositi tirreniani tipici, sono presenti nelle sole fasce costiere.

Il sottosuolo è caratterizzato dall'alternarsi di strati più o meno potenti, talora lentiformi, di ghiaie ciottoloso-sabbiose, di argille, argille limose e sabbie argillo-limose.

I singoli orizzonti, spesso lentiformi, presentano spessori molto variabili da luogo a luogo, rendendo difficili le correlazioni stratigrafiche. Il basamento della serie plio-quadernaria è rappresentato dalle

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 13
---	---	---------------

formazioni vulcaniche e sedimentarie oligo-mioceniche, che affiorano localmente nella fascia pedemontana, lungo i bordi della fossa, dove si rinvengono anche terreni cristallini paleozoici.

La sequenza stratigrafica del Campidano di Oristano è stata ricostruita sulla base dei risultati di due perforazioni profonde eseguite nei primi anni '60 per una ricerca di idrocarburi promossa dalla Regione Autonoma della Sardegna.

Dalla lettura delle due stratigrafie risulta che, nel sottosuolo, intercalati ai depositi detritici, si incontrano una serie di colate basaltiche plio-quadernarie, omologhe a quelle di Capo Frasca, di Capo San Marco e del Sinis.

Queste colate, disposte a gradinate a causa di una serie di faglie, sono situate ad una profondità crescente verso sud. La colata più superficiale, attraversata da numerose perforazioni per acqua effettuate poco a monte dell'abitato di Solarussa, si trova ad una profondità di alcune decine di metri, ricoperta da depositi alluvionali, e poggia a sua volta su altri sedimenti alluvionali di età precedente.

All'interno delle alluvioni recenti si riconoscono, in corrispondenza di depressioni create dal divagare dei corsi d'acqua prima di raggiungere il mare, depositi palustri. Queste zone, oggi bonificate, costituivano le aree paludose del Campidano.

Come si evince dalla fig. 6, tutta l'area in esame rientra all'interno della formazione geologica denominata PVM2a. Quest'ultima è contraddistinta da ghiaie di natura alluvionale, terrazzate alternate ad orizzonti prettamente sabbiosi. La componente litica è formata in prevalenza da ciottoli di quarzo con dimensioni da pochi cm a 15-20cm e rare metamorfiti, in una matrice sabbiosa leggermente argillosa come si evince dalla figura sottostante.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 14
---	---	---------------



Figura 7: Sezione rilevata nei pressi dell'area

2.2. Inquadramento geomorfologico

L'assetto morfologico attuale è il risultato di processi fluviali e secondariamente eolici che, attivi durante tutto il Quaternario, in condizioni climatiche differenti dalle attuali, hanno dato luogo a ripe di erosione fluviale, meandri, terrazzi fluviali, coni di deiezione e campi dunali. Si rinvencono pertanto forme di accumulo e di erosione tipiche della dinamica fluviale e di quella eolica.

Il Campidano di Oristano è attraversato dal tratto terminale del fiume Tirso e dei suoi affluenti, che hanno avuto un ruolo molto importante, con la loro azione di erosione, trasporto e sedimentazione, nella formazione della piana e nel suo successivo modellamento. La vasta superficie, da sub-pianeggiante ad ondulata, modellata nei potenti depositi detritici plio-quadernari di varia origine,

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRISOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 15
--	---	---------------

degrada dolcemente verso il mare. Essa è incisa dagli alvei del Tirso degli altri fiumi gravitanti nell'area, che presentano reticolo idrografico ad andamento da rettilineo a meandriforme, localmente anastomizzato. La piana è attraversata anche da una fitta rete di canali artificiali, realizzati dagli anni '30 fino ad oggi.

Superfici terrazzate, formatesi in diversi periodi ed in condizioni climatiche differenti dalle attuali, stagni, piccole paludi, lagune costiere e vasti campi dunali, interrompono localmente la monotonia del paesaggio pianeggiante.

Nella pianura si distinguono le seguenti unità geomorfologiche:

- Le alluvioni antiche terrazzate
- Le alluvioni medie
- Le alluvioni recenti

Le alluvioni antiche terrazzate, substrato di tutta la zona, consistono in depositi sabbioso-ciottolosi, sedimentati nel Plio-Quaternario dal paleo-Tirso e dai fiumi minori che attraversano la pianura.

Questi depositi, un tempo, costituivano la gran parte della pianura del Campidano. A causa della successiva opera di modellamento, sono stati parzialmente smantellati e modellati dalla successiva erosione fluviale tanto che oggi si presentano generalmente terrazzati. I terrazzi fluviali, debolmente ondulati, sono separati da piccole vallecole nelle quali si instaura una rete idrografica attiva solo in occasione di forti precipitazioni. Essi sono caratterizzati da bordi generalmente netti e sono raccordati ai terreni più recenti da scarpate di erosione fluviale, oramai inattive, più o meno acclivi, dove agiscono il dilavamento diffuso ed il ruscellamento incanalato, che localmente ha prodotto piccoli solchi di erosione. I terrazzi più ampi si trovano tra Solarussa-Siamaggiore e la Carlo Felice, dove raggiungono altezze intorno ai 40 metri slmm e nel settore prospiciente il Monte Arci.

Le conoidi alluvionali ed i glacis sono localizzati nella fascia pedemontana dei rilievi che delimitano la pianura. I depositi di conoide, caratteristici per la loro forma a ventaglio, sono il risultato della deposizione di ingenti quantità di materiale detritico trasportato a valle dalle acque incanalate provenienti dai rilievi al loro sbocco in pianura, per il brusco decremento della velocità dell'acqua. Nel settore di raccordo tra l'Arci e la pianura prevalgono i glacis detritici, che devono la loro origine all'arretramento parallelo dei versanti rocciosi, per erosione areale. Questi depositi detritici, così come le alluvioni antiche, sono stati successivamente incisi e localmente terrazzati.

Esse sono costituite prevalentemente dal rimaneggiamento e rideposizione del materiale detritico asportato, dall'azione erosiva dei fiumi, dalle alluvioni antiche, modificato con il deposito di termini più francamente argillosi. Esse danno luogo a superfici terrazzate, raccordate con le alluvioni recenti da modeste ripe di erosione fluviale, evidenziate da piccole rotture di pendio. Questi terreni

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 16
---	---	---------------

nel settore meridionale del Campidano di Oristano mostrano le superfici debolmente ondulate per la presenza di resti di antiche dune, formate per accumulo successivo di sabbie eoliche, trasportate nell'entroterra dai venti dominanti (maestrale e ponente).

Lungo gli alvei si possono riconoscere delle piccole ripe di erosione fluviale. Queste alluvioni costituiscono i terrazzi più recenti. All'interno delle alluvioni recenti si riconoscono delle aree depresse, create dal divagare dei corsi d'acqua nella pianura prima che raggiungessero lo sbocco a mare. Queste zone, oggi bonificate, costituivano le aree paludose del Campidano.

Gli insediamenti urbani, rurali e le infrastrutture, oltre alle attività economiche, stanno modificando velocemente l'assetto morfologico dell'area. Vaste porzioni di pianura sono state profondamente scavate per il prelievo di materiali per inerti, con la creazione di ampie e profonde cave che spesso, intercettando la falda freatica, si trasformano in laghetti. Altre sono state spianate a fini agricoli, rendendo spesso difficile il riconoscimento delle forme originarie dell'area.

2.3. 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.

I terreni in esame, in virtù della loro natura, origine e storia geologica, possono presentare caratteri tali da consentire l'assorbimento, l'immagazzinamento, il deflusso di acque sotterranee.

In idrogeologia si parla di orizzonti permeabili o impermeabili, in relazione alla facilità con cui l'acqua sotterranea penetra, circola e si distribuisce nel sottosuolo. Sono definiti permeabili quelli dove le acque si muove con una velocità tale da permetterne la captazione, sono invece impermeabili, quegli orizzonti nei quali, in condizioni di pressione naturali, per mancanza di meati comunicanti e/o sufficientemente ampi, non è possibile rilevare movimenti percettibili delle acque. Nello specifico l'area in esame non presenta problemi di ristagni idrici superficiali in quanto la presenza di ciottoli di varie dimensioni ed una matrice poco argillosa, determina un buon drenaggio delle acque meteoriche in profondità.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 17
---	---	---------------

3. VINCOLISTICA

3.1. Piano delle 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.

Costituisce un approfondimento ed una integrazione 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.

Con Delibera n. 1 del 31.03.2011, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna ha adottato in via preliminare, ai sensi degli artt. 8 c.3 e 9 c.2 della L.R. n. 19 del 6.12.2006, il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.), costituito dagli elaborati elencati nell'allegato A alla delibera di adozione medesima.

Con Delibera n. 1 del 23.06.2011, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna ha revocato la deliberazione del C.I. n. 1 del 31.03.2011, di adozione preliminare del P.S.F.F. e definito una nuova procedura per l'adozione e l'approvazione finale. Tuttavia in questa stessa delibera è precisato che fino alla nuova approvazione è opportuno tener conto delle risultanze dello studio e quindi, con delibera n.1 dello 03.09.2012 è stata adottata preliminarmente la seconda versione del Piano. A seguito dello svolgimento delle conferenze programmatiche, tenute nel mese di gennaio 2013, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013, ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

Infine, con Delibera n. 2 del 17.12.2015, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna, ha approvato in via definitiva, per l'intero territorio regionale, ai sensi dell'art. 9 delle L.R. 19/2006 come da ultimo modificato con L.R. 28/2015, il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali. L'approccio metodologico alla delimitazione delle Fasce Fluviali segue le Linee Guida per la Redazione dello PSFF.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 18
---	---	---------------

Si individuano cinque fasce:

- fascia A_2 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 2 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, individua l'alveo a sponde piene del corpo idrico, definito solitamente da nette scarpate che limitano l'ambito fluviale;
- fascia A_50 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 50 anni, individuata in base all'analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell'evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;
- fascia B_100 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 100 anni, individuata in base all'analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell'evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;
- fascia B_200 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 200 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata; la delimitazione sulla base dei livelli idrici è stata integrata con le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitti non fossili, cioè ancora correlate alla dinamica fluviale che le ha generate;
- fascia C o area di inondazione per piena catastrofica, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, rappresenta l'inviluppo esterno della fascia C geomorfologica (inviluppo delle forme fluviali legate alla propagazione delle piene sulla piana alluvionale integrate con la rappresentazione altimetrica del territorio e gli effetti delle opere idrauliche e delle infrastrutture interferenti) e dell'area inondabile per l'evento con tempo di ritorno 500 anni (limite delle aree in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici di piena). Per i tratti arginati, i limiti delle fasce fluviali per gli eventi che comportano la tracimazione sono stati tracciati con riferimento ai livelli idrici derivanti dallo schema di calcolo idraulico che considera l'assenza della funzione di ritenuta dell'argine e la sezione di deflusso estesa all'intera area inondabile. Sui corsi d'acqua secondari è stata definita la fascia C o area di inondazione per piena catastrofica che, tracciata con criteri geomorfologici, rappresenta la regione fluviale potenzialmente oggetto di inondazione nel corso delle piene caratterizzate da un elevato tempo di ritorno (500 anni) e comunque di eccezionale gravità.

Per l'ambito di intervento nel PSFF non sono state individuate aree a rischio di inondazione.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 19
---	---	---------------

3.2. Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), è stato redatto dalla Regione Sardegna ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della Legge 18 maggio 1989 n. 183 e ss.mm.ii., adottato con Delibera della Giunta Regionale n. 2246 del 21 luglio 2003, approvato con Delibera n. 54/33 del 30 dicembre 2004 e reso esecutivo dal Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21 febbraio 2005. Successivamente, in esito alla emanazione della legge regionale n. 4 del 11.05.2006, ai sensi dell'articolo 21 comma 4, con Decreto del Presidente n. 67 del 10.07.2006, il PAI è stato approvato definitivamente e integralmente con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici. Infine, le Norme di Attuazione del P.A.I., sono state aggiornate e approvate con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 35 del 21 marzo 2008 e di recente, per effetto dell'Ordinanza n. 25 del 21.01.2014 del TAR Sardegna, aggiornate con il Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 148 del 26 ottobre 2012.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e, in quanto dispone con finalità di salvaguardia di persone, beni, ed attività dai pericoli e dai rischi idrogeologici, prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale (Art. 4 comma 4 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI). Inoltre, Il PAI individua e perimetra, all'interno dei singoli sub-bacini, secondo quanto disposto dal D.Lgs 180/98 convertito in L. 267 del 30.08.1998 e D.P.C.M. del 29.09.1998, le aree a pericolosità idraulica (molto elevata Hi4, elevata Hi3, media Hi2 e moderata Hi1) e a pericolosità da frana (Hg4, Hg3, Hg2, Hg1), rileva gli insediamenti, i beni, gli interessi e le attività vulnerabili nelle aree pericolose, allo scopo di valutarne le condizioni di rischio, individua e delimita, quindi, le aree a rischio idraulico (molto elevato Ri4, elevato Ri3, medio Ri2, moderato Ri1) e a rischio da frana (Rg4, Rg3, Rg2, Rg1). L'intero territorio della Sardegna costituisce il "Bacino Unico Regionale" ed è suddiviso in 7 subbacini e il Comune di Tramatza è compreso interamente nel Sub bacino n. 2 "Tirso". Le N.A. del PAI definiscono alcune fattispecie di area a pericolosità idrogeologica. Tra queste, le foci fluviali, le aree costiere a falesia, le aree lagunari e stagnali e il reticolo minore gravante sui centri edificati. Come si può notare dallo stralcio della cartografia PAI riportata di seguito, **non sono presenti nell'area d'intervento nè pericoli e conseguenti rischi idraulici (Pericolo e Rischio Alluvioni_PAI), né pericoli e conseguenti rischi geomorfologici (Pericolo e Rischio Frane_PAI).**

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 20
---	---	---------------

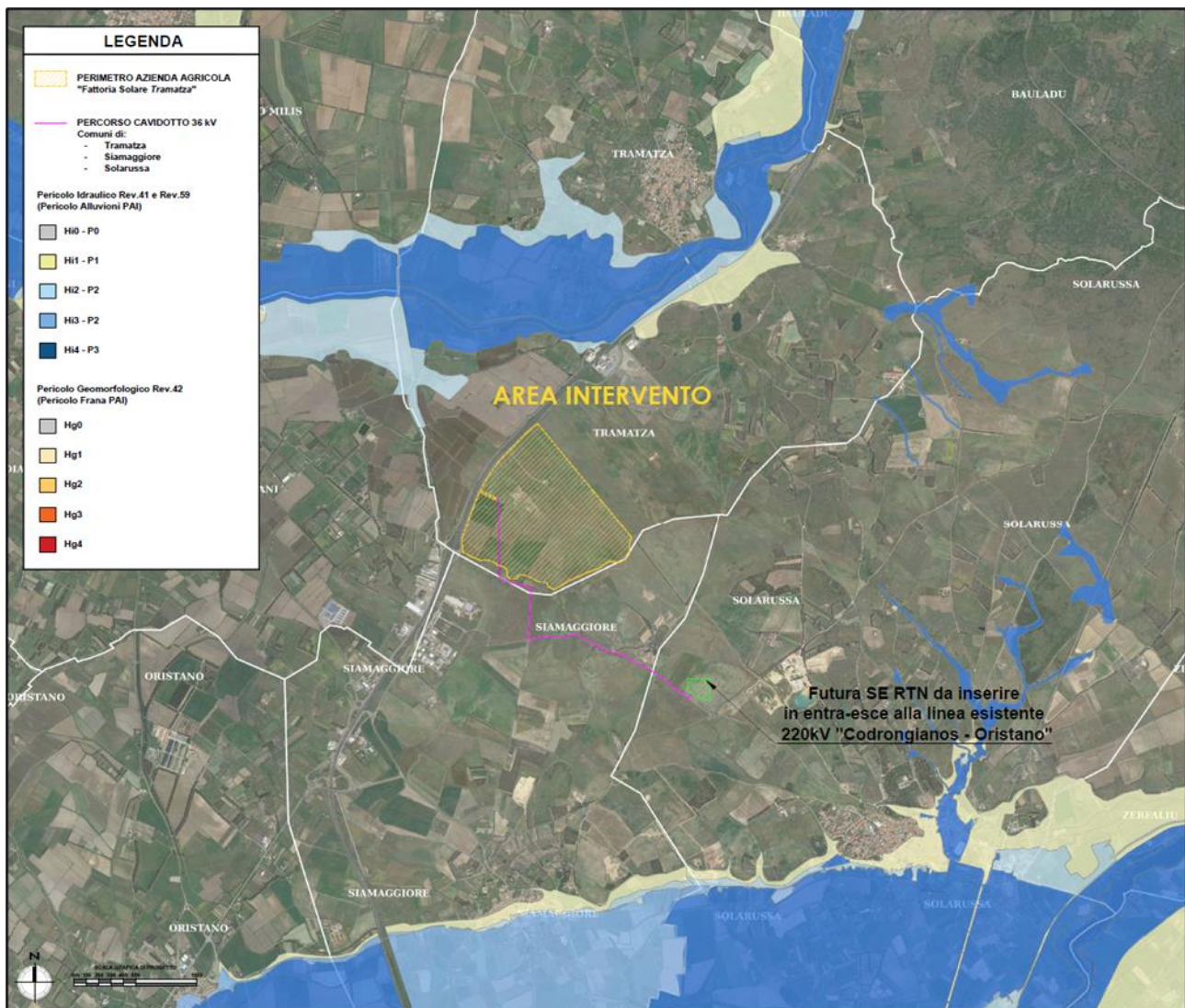


Figura 8: Cartografia PAI - Pericolo Idraulico e Geomorfologico (Pericolo Alluvioni e Frane).
 Riferimento Elaborato Grafico "2104_T.A.08a_Cartografia PAI - Pericolo Idrogeologico_Rev00"

Da un'analisi approfondita è emerso che il Comune di Siamaggiore ha provveduto ad effettuare una variante alla perimetrazione delle aree soggette a vincoli di tipo idraulico e geomorfologico. La variante contiene le risultanze dello studio effettuato in ottemperanza a quanto disposto dagli artt. 8 e 37 delle Norme di Attuazione del P.A.I. all'interno del territorio comunale di Siamaggiore. Più precisamente l'art. 8 comma 2, recita "indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI e tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesaggistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico, i Comuni, con le procedure delle varianti al PAI, assumono e valutano le indicazioni di appositi studi comunali di assetto idrogeologico concernenti la pericolosità e il rischio idraulico, in riferimento ai soli elementi idrici appartenenti al reticolo idrografico regionale, e la

pericolosità e il rischio da frana, riferiti a tutto il territorio comunale o a rilevanti parti di esso, anche in coordinamento con gli altri Comuni confinanti”.

Alle aree sulle quali sono individuate condizioni di pericolosità idraulica si applicano precise prescrizioni definite dal PAI secondo i livelli di pericolosità riscontrati.

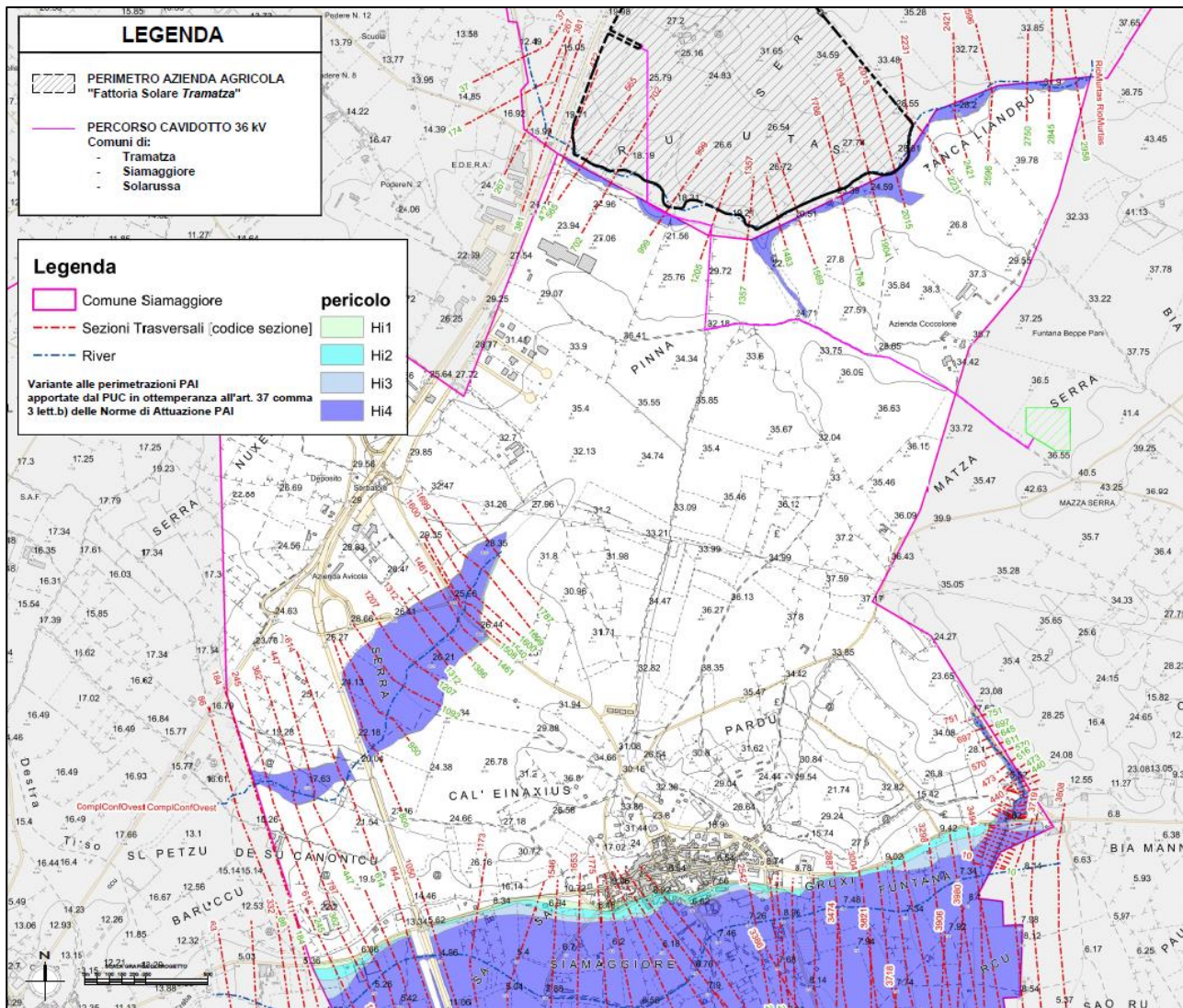
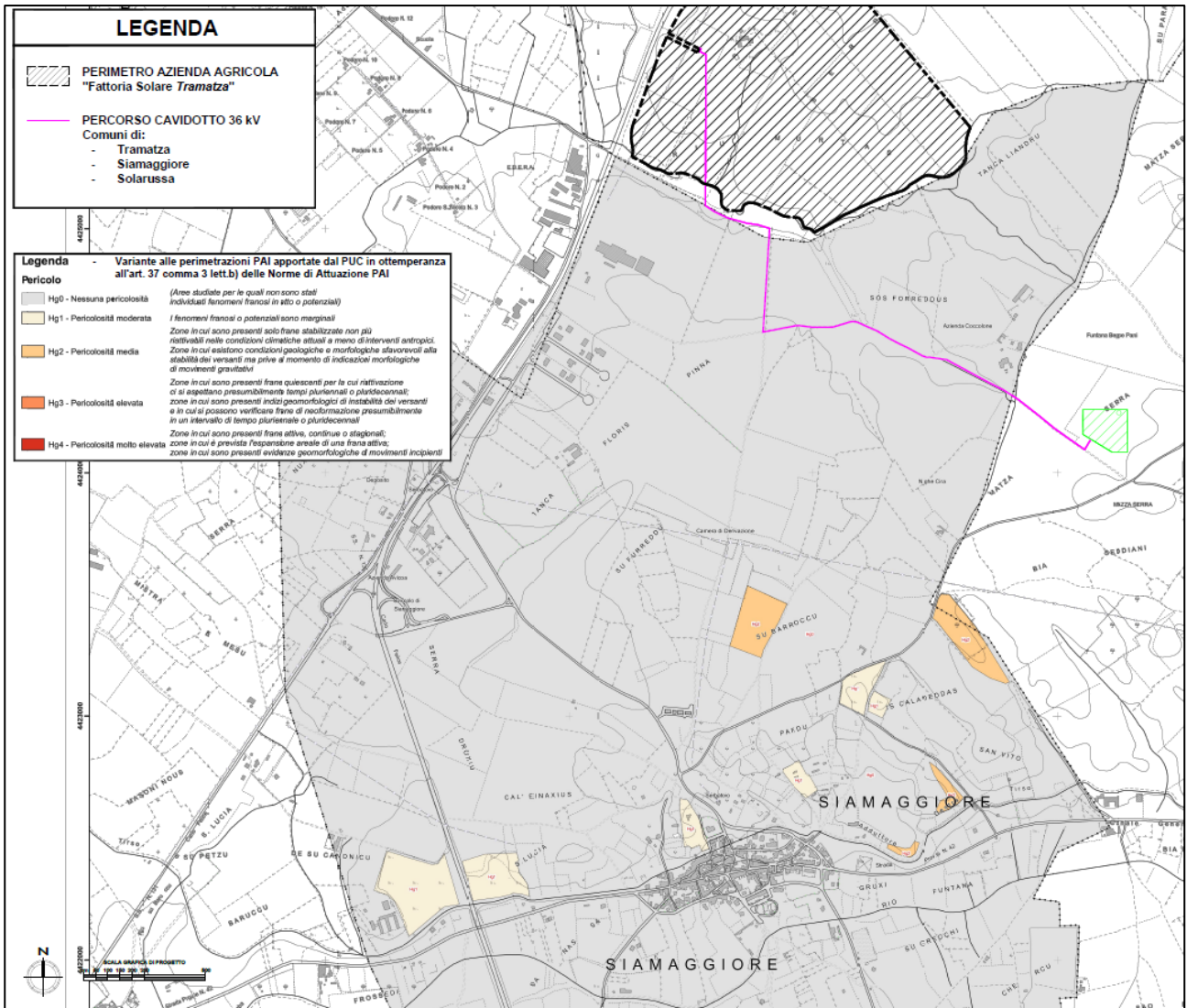


Figura 9: Variante alla perimetrazione PAI art. 37 comma 3 lett. b) PUC Siamaggiore – Carta pericolosità idraulica Riferimento Elaborato Grafico "2104_T.A.08b_Cartografia PUC – Variate Perimetrazioni PAI – Pericolo Idraulico_Rev00"



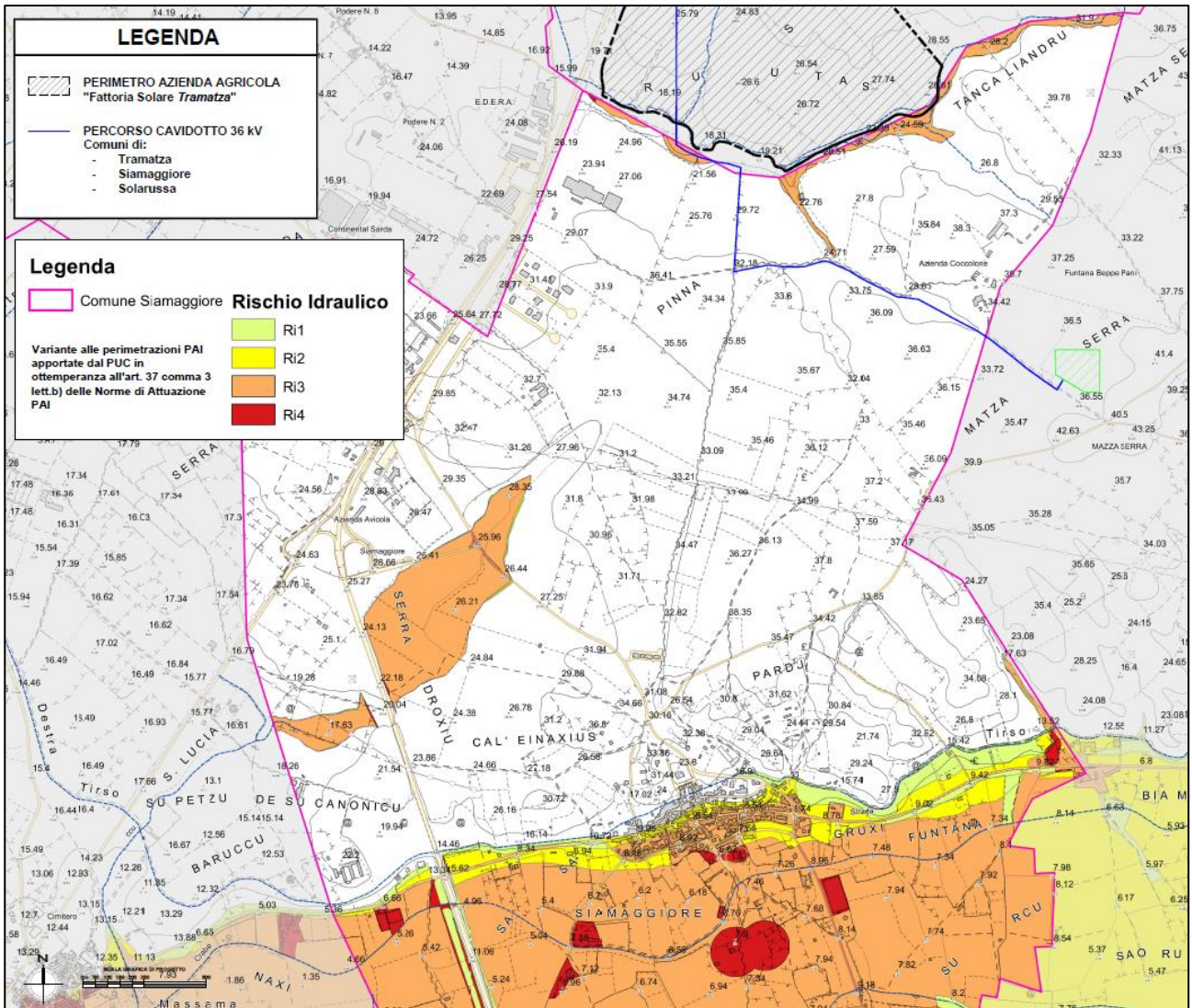


Figura 11: Variante alla perimetrazione PAI art. 37 comma 3 lett. b) PUC Siamaggiore – Carta rischio idraulico Riferimento Elaborato Grafico "2104_T.A.09b_ Cartografia PUC - Variante Perimetrazioni PAI - Rischio Idraulico_Rev00"

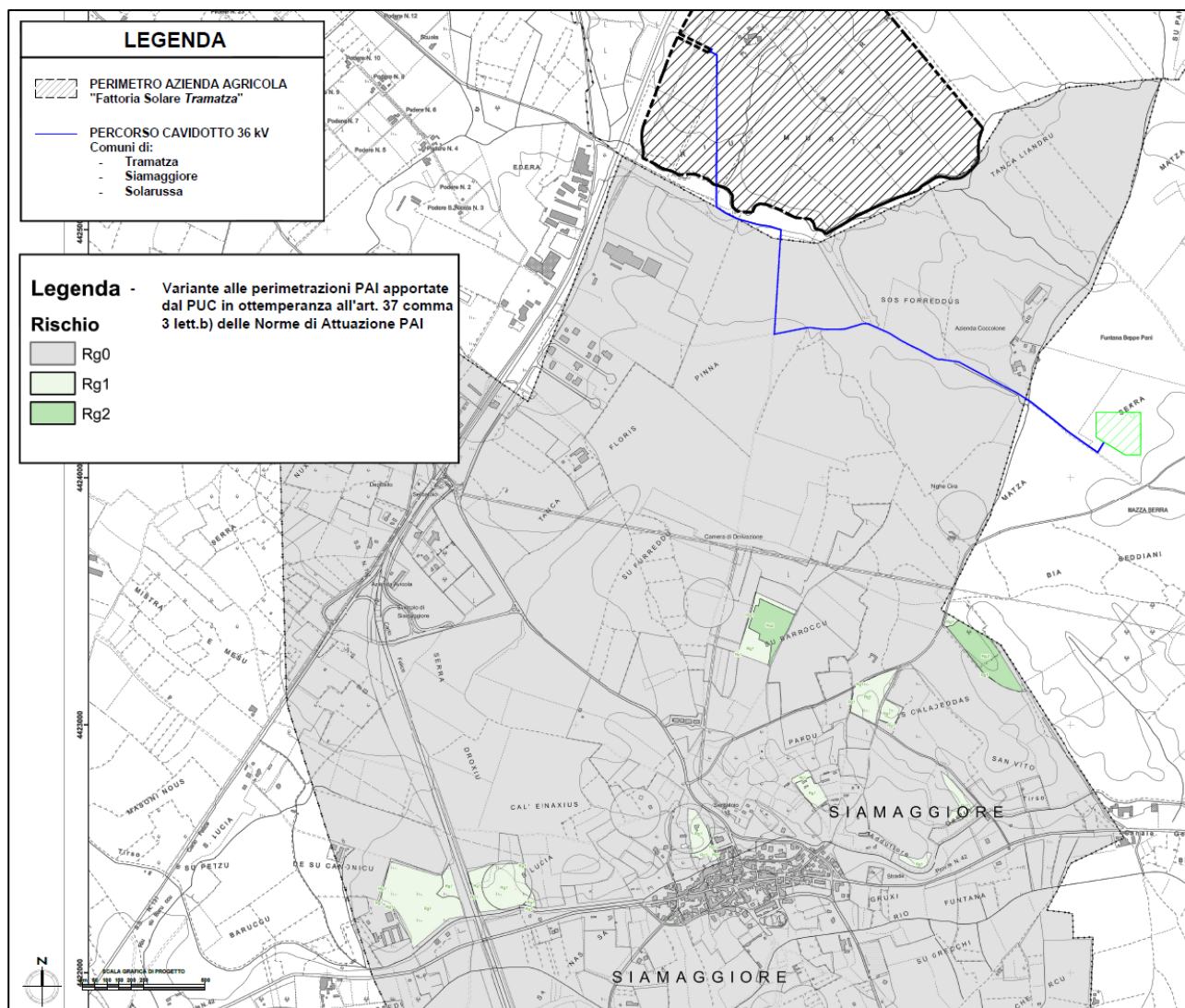


Figura 12: Variante alla perimetrazione PAI art. 37 comma 3 lett. b) PUC Siamaggiore - Rischio di frana
Riferimento Elaborato Grafico "2104_T.A.09c_Cartografia PUC - Variante Perimetrazioni PAI - Rischio Geomorfologico_Rev00"

Dall'analisi si sottolinea che le strutture componenti l'impianto agrivoltaico non risultano in interferenza con l'area suddetta ricadendo all'esterno dell'area suddetta e che la stessa è stata indicata in quanto ricadente solo all'interno dei confini catastali dei terreni in disponibilità della proponente. Mentre dall'analisi del percorso del cavidotto, l'opera di collegamento attraversa intersecherà l'area suddetta per un piccolo tratto a sud dell'impianto la quale come detto è stata perimetrata come pericolo idraulico Hi4 e cartografata come variante al PAI e apportata dal PUC in ottemperanza all'art. 37 comma 3 lett. b) delle N.A. del PAI.

Per tale ragione in fase di esecuzione saranno previste procedure e metodi di realizzazione, come la tecnica no-dig mediante trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), che consentirà la giusta

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 25
---	---	---------------

profondità di posa, garantendo il passaggio in sub-alveo delle opere, al fine di evitare di intralciare il normale deflusso delle acque.

Per quanto analizzato, le opere in oggetto non presentano, dunque, prescrizioni ostatiche secondo le N.A. del PAI.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 26
---	---	---------------

4. RELAZIONE GEOTECNICA

Al fine della caratterizzazione geotecnica dei terreni, è stata fatta una campagna di indagini sismiche per inquadrare al meglio la stratigrafia.

4.1. 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. Per inquadrare puntualmente l'area è stato effettuato uno studio tramite prospezione geofisica MASW, di cui si riportano i dettagli nei paragrafi seguenti. La prospezione ha 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.

4.1.1. Cenni sulla metodologia d'indagine

La prospezione sismica tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) 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 poggianti 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.

Il MASW è un metodo di investigazione cosiddetto "attivo" in quanto la generazione di onde sismiche si effettua artificialmente a mezzo di idonea massa battente, fucile sismico o altro. Il punto di energizzazione è posto lungo l'allineamento dei geofoni ad una certa distanza dal primo (circa 2 - 3 volte la distanza intergeofonica). Il metodo consente di ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 27
---	---	---------------

del sottosuolo e si basa sull'analisi delle onde di Rayleigh che si propagano entro un semispazio stratificato. La procedura di elaborazione consiste nell'intervenire e modificare il profilo delle velocità V_s fino al raggiungimento di un buon accordo fra la curva di dispersione rilevata in sito e la curva simulata numericamente. Il processo di analisi può essere suddiviso nelle seguenti fasi;

- acquisizione dei sismogrammi di campagna;
- verifica della qualità dei tracciati con eventuali interventi di pulizia e correzione ed elaborazione;
- salvataggio del file in formato SEG-2 idoneo all'elaborazione finale;
- pre-processing;
- elaborazione dello spettro nel dominio Velocità - N d'onda;
- calcolo della velocità apparente sperimentale;
- calcolo della velocità apparente numerica;
- individuazione del profilo monodimensionale delle velocità delle onde V_s ;
- calcolo della $V_{s,eq}$.

La strumentazione necessaria è costituita essenzialmente da uno stendimento lineare di 12 o più geofoni ad asse verticale con distanza intergeofonica di 0,5 / 4,0 m e da un sistema di acquisizione del segnale. Nell'ambito della prova è necessario analizzare frequenze molto basse anche dell'ordine di 20 Hz o inferiori, per cui è necessario l'impiego di geofoni con frequenze comprese tra 4 e 14 Hz. Il tempo totale di campionamento deve essere di circa 4 sec con intervallo temporale raccomandato e di 2 - 4 m/sec.

Il software di elaborazione opera una trasformata bidimensionale nel campo frequenza - numero d'onda che analizza l'energia di propagazione nelle due direzioni dello stendimento e costruisce uno spettro su un grafico frequenza - numero d'onda. Nello spettro di elaborazione è possibile distinguere le onde di Rayleigh (che hanno potere dispersivo e contenuto in energia elevato) dai modi superiori, dal rumore incoerente e da altri tipi di onde. In questa fase interviene l'operatore che, in base alla propria esperienza e alle informazioni geologico - stratigrafiche del sito, estrae dallo spettro (intervenendo con un picking in corrispondenza dei massimi rilevabili nel modo fondamentale) la curva di dispersione sperimentale che il programma di calcolo inserisce in un diagramma nel quale compare una curva di dispersione teorica. Quest'ultima curva, intervenendo per modellazione sullo spessore degli strati, densità e velocità, dovrà adattarsi il più possibile alla curva sperimentale. A questo punto il programma elabora per inversione il modello di velocità (V_s),

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRISOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 28
--	---	---------------

da cui è possibile individuare i vari sismo-strati intercettati nel sottosuolo rappresentati graficamente dall'andamento delle Vs in funzione della profondità.

4.1.2. Strumentazione utilizzata

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.

Il software di gestione del sismografo è il GEOESPLORER DoReMi V.1.0.2 mentre per l'elaborazione delle Vs è stato utilizzato il programma SWAN su licenza della Geostudi Astier.

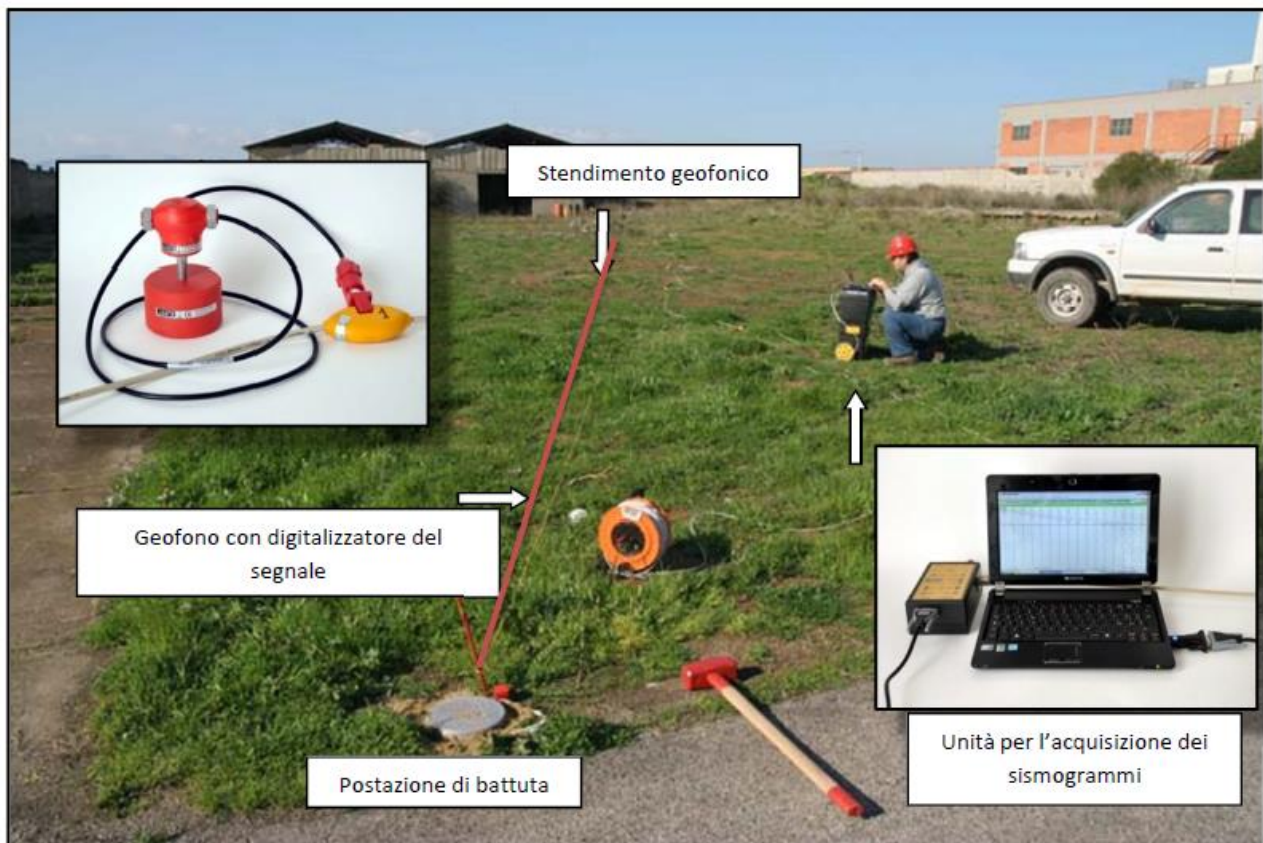


Figura 13: Configurazione dello strumento di misura

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 29
---	---	---------------

CARATTERISTICHE DEL DISPOSITIVO DI MISURA

Sigla identificativa dello stendimento in planimetria: MASW

Numero geofoni: 24

Interdistanza fra i geofoni: 3 m; Offset di battuta : 9 m diretta e inversa

Coordinate del punto intermedio dello stendimento (EPSG 3003): E: 1499114,5 – N: 4425602,3

Numero complessivo di acquisizioni per ogni stendimento: 6 (3 dirette e 3 Inverse)

Orientamento stendimento: NNO- SSE

Differenze di quota fra i ricevitori: nulla o poco significativa

Condizioni meteo: sereno, assenza di vento

Condizioni della superficie del suolo: stendimento eseguito su terreno incolto



Figura 14: Allineamento geofonico

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 30
---	---	---------------

4.1.3. Elaborati grafici

Nel seguito si riportano gli elaborati grafici di interpretazione dei sismogrammi di campo. Nella figura 11 è rappresentato lo spettro MASW ottenuto dall'interpretazione della misura effettuata, in cui ad una prima analisi visiva è possibile osservare le onde di interesse aventi maggior energia. Queste sono differenziate con gradazioni di colore variabile dal celeste chiaro al rosso (il colore rosso indica energia più elevata); il campo blu rappresenta il rumore incoerente. Il grafico riporta linee nere oblique che suddividono lo spettro in campi di velocità con intervalli di 100 m/sec crescenti dal basso verso l'alto. Gli strati più superficiali sono rappresentati a destra e al centro dello spettro (area di interesse geotecnico), mentre verso il lato sinistro è indicata la risposta sismica degli strati più profondi. I dati riportati nel seguito si riferiscono alla battuta diretta la cui interpretazione si è rivelata più agevole rispetto a quella inversa e un errore RMS più basso.

Analizzando lo spettro è possibile osservare che le onde di interesse, (indicate con la linea punteggiata - picking) si presentano piuttosto lente nella porzione a destra e al centro con velocità delle onde sismiche che si collocano all'interno della fascia dei 200 m/sec. Nella porzione all'estrema sinistra il picking interseca fasce più veloci indicanti un moderato aumento delle Vs nella formazione più profonda.

I dati riportati di seguito riassumono l'andamento delle Vs in funzione della profondità, indicano che le velocità di taglio si mantengono nel campo dei 250-400 m/sec per l'intero spessore investigato indicando terreni da poco a moderatamente addensati in superficie e addensati in profondità. Si rileva una debole inversione delle Vs tra i 2,5 e 7,5 m di profondità indicante un leggero calo delle caratteristiche geotecniche e sismiche probabilmente a causa della presenza di terreni più francamente argillosi. Il bedrock sismico non è stato rilevato.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRISOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 31
--	---	---------------

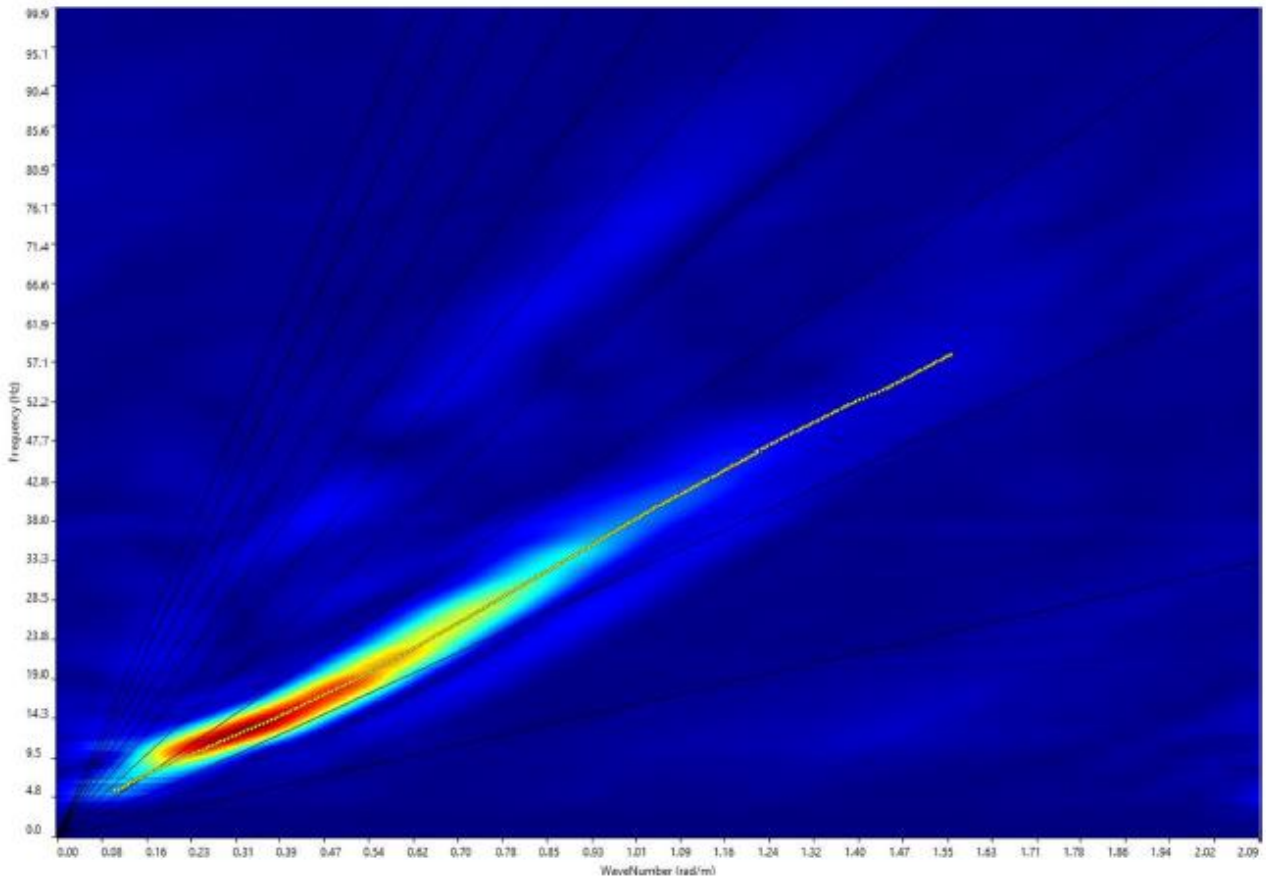


Figura 15: Spettro

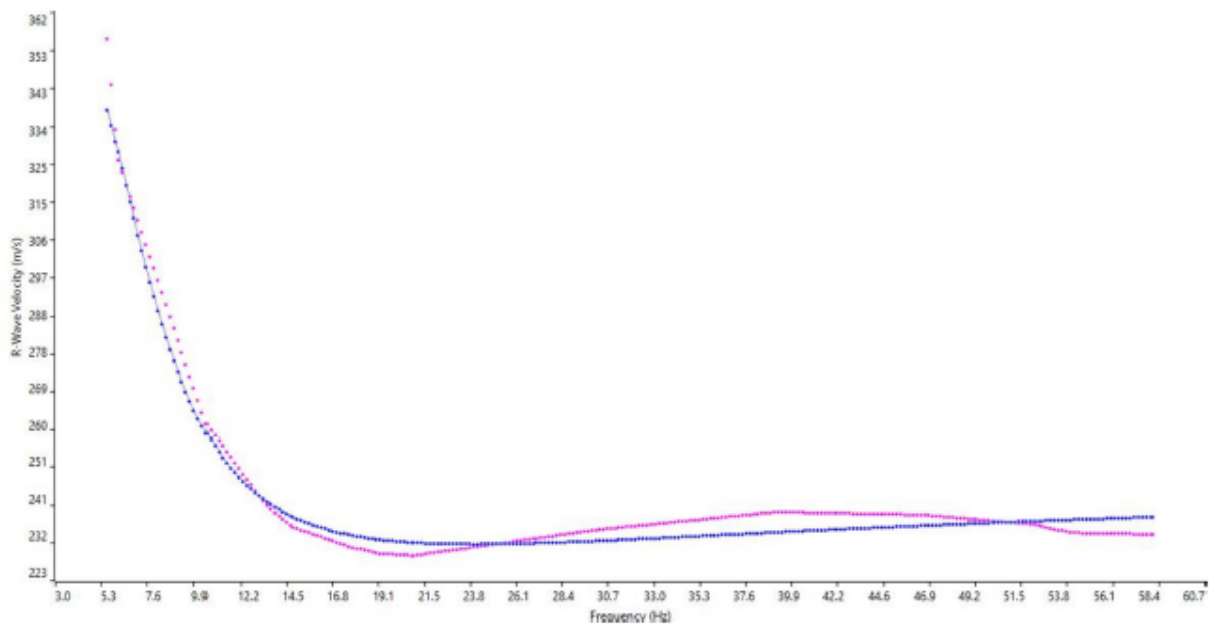


Figura 16: Curva sperimentale (in rosa) e teorica (in blu)

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 32
---	---	---------------

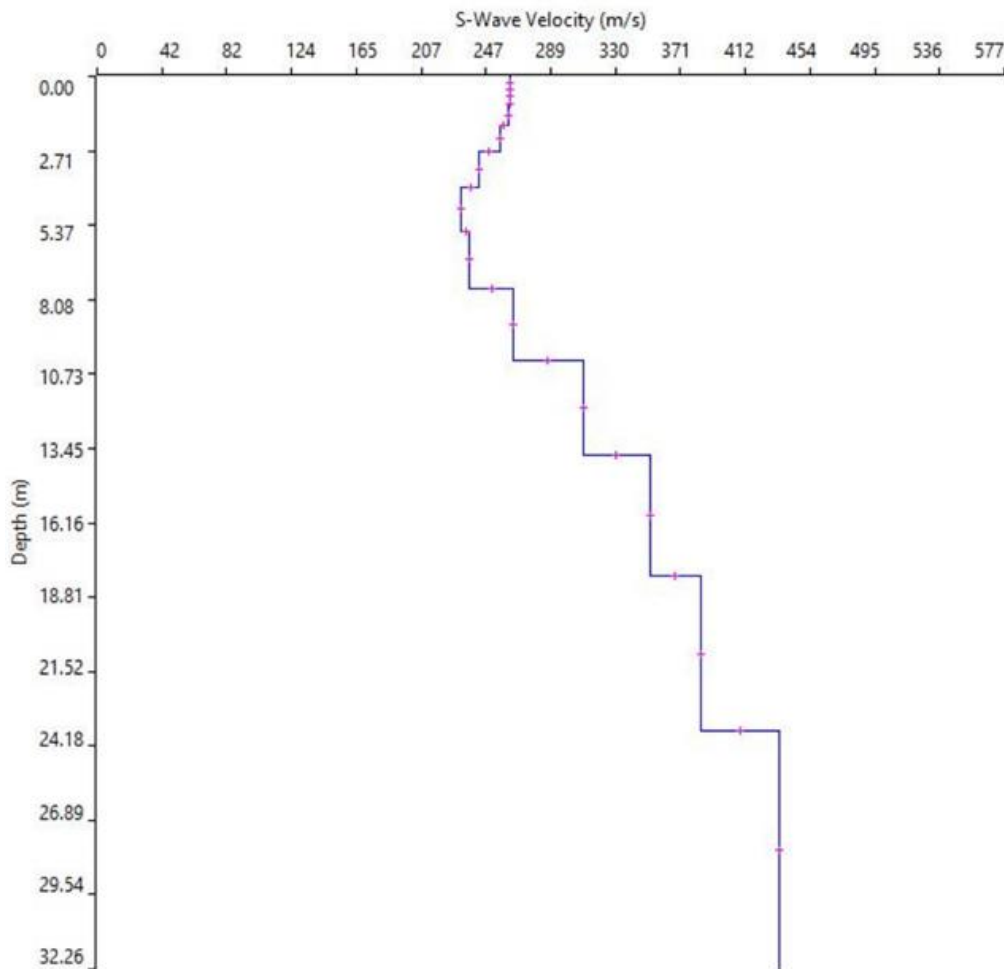


Figura 17: Profilo monodimensionale Vs – profondità

4.1.4. Sintesi dei risultati e calcolo della Vs,eq

Nel calcolo della Vs,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). Vs,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 Vs >= 800m/sec),

hi = spessore dello strato i-esimo (m);

Vs,i = velocità delle onde di taglio nello strato considerato (m/s).

Per depositi con H superiore a 30 m, la Vs,eq è definita dal parametro Vs,30 che si ottiene ponendo 30 al posto di H.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 33
---	---	---------------

Vs,eq E CATEGORIA SISMICA DEL SITO

Tabella 1: Vs,eq e categoria stratigrafica del sito investigato

Posizione battuta	Profondità imposta fondazione m da p.c.	Profondità del bedrock m da p.c.	RMS	Vseq m/sec	Categoria stratigrafica (NTC 2018)
Diretta	0,5	>30	1,36	322	C
	1			325	C
	1,5			328	C
	2			330	C

Tabella 2: Classificazione dei terreni secondo le NTC 2018

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	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	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 $V_{s,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	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..
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{seq} inferiore a 180 m/s..
E	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.

In grassetto è indicata la categoria stratigrafica di appartenenza rilevata nell'area di indagine.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 34
---	---	---------------

4.1.5. Sismo-stratigrafia interpretativa

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

Tabella 3: Sismo stratigrafia interpretativa

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 poco addensata	2,73	2,73	260
	Terreni poco addensati probabilmente di natura coesiva	4,92	7,65	237
	Substrato di probabile natura alluvionale.	22,35	30	388

Le schede che seguono contengono i principali parametri fisici e sismici del sito investigato.

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 35
---	---	---------------

Tabella 4: Parametri fisici

Strato	Spessore medio	Profondità base	Vs	Vp	Modulo di taglio dinamico	Modulo di elasticità dinamico	R	F	T
n°	m	m da p.c.	m/sec	m/sec	G ₀ MPa	Edin MPa	m/sec x kN/mc	Hz	sec
1	0,44	0,44	263	456	13	26	473	149,43	0,007
2	0,58	1,02	263	456	13	26	473	113,36	0,009
3	0,75	1,77	262	454	13	26	472	87,33	0,011
4	0,96	2,73	256	443	12	24	461	66,67	0,015
5	1,26	3,99	243	421	11	22	437	48,21	0,021
6	1,61	5,6	232	402	10	20	418	36,02	0,028
7	2,05	7,65	237	410	10	21	427	28,90	0,035
8	2,62	10,27	265	459	13	26	477	25,29	0,040
9	3,42	13,69	309	535	18	35	556	22,59	0,044
10	4,37	18,06	352	610	23	46	634	20,14	0,050
11	5,59	23,65	384	665	27	55	691	17,17	0,058
12	6,35	30	434	752	35	70	781	17,09	0,059

Il significato dei simboli è il seguente:

Frequenza (F) e periodo (T) (calcolati per ogni singolo strato):

Velocità delle onde longitudinali (Vp)

$$V_p = \sqrt{3} \times V_s$$

Modulo di taglio dinamico (G)

$$G = V_s^2 \times \gamma / g$$

Modulo elastico dinamico (Edin)

$$E_{din} = \rho \times V_p^2 \times (1+\nu) \times (1-2\nu) / (1-\nu)$$

In cui:

$$\rho = \gamma / g \text{ (con } \gamma = 18 \text{ kN/mc);}$$

g = accelerazione di gravità;

ν = coefficiente di Poisson (è stato considerato un valore medio pari a 0,33);

H = spessore dello strato.

RIGIDITA' SISMICA

La rigidità sismica è un parametro legato all'amplificazione sismica locale; tanto più alto risulta R tanto minore sarà l'incidenza del danno dovuto al sisma;

$$R = \gamma / V_s$$

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 36
---	---	---------------

In cui:

γ = peso di volume naturale;

V_s = velocità di taglio

Gli autori Law e Campbell (1985) propongono le curve di rigidezza che tengono conto dell'andamento delle V_s con la profondità. Nel grafico riportato in fig. 11 si osserva che a destra della linea rossa ricadono i terreni rigidi, mentre la curva blu indica il limite superiore dei terreni soffici. Il campo delimitato dalle due linee rappresenta una condizione di rigidezza intermedia. Le due curve sono messe a confronto con il profilo di rigidezza del sito investigato (vedasi linea nera in tratteggio). La curva ricade quasi completamente del campo dei terreni poco o moderatamente rigidi.

Strato n°	Profondità mezzeria strato m	V_s m/sec
1	0,22	263
2	0,73	263
3	1,395	262
4	2,25	256
5	3,36	243
6	4,795	232
7	6,625	237
8	8,96	265
9	11,98	309
10	15,875	352
11	20,855	384
12	26,825	434

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 37
---	---	---------------

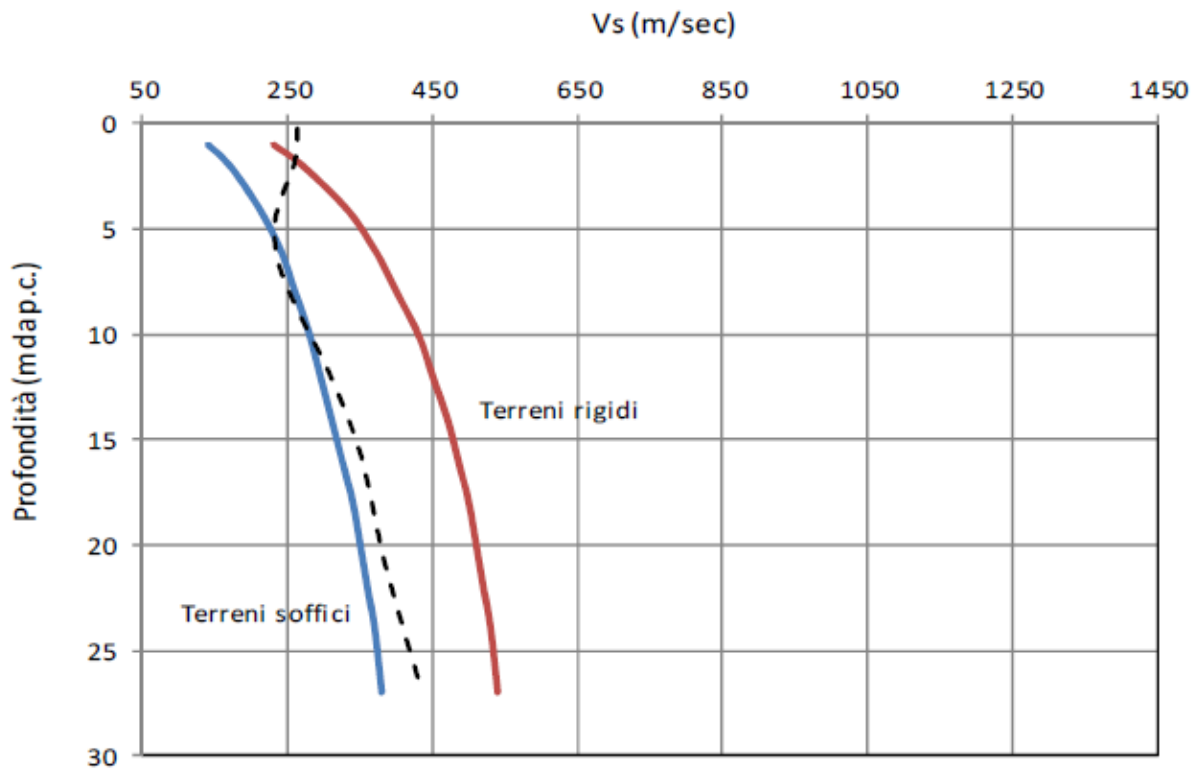


Figura 18: Classificazione dei terreni secondo le NTC 2018

4.1.6. Risultati dell'analisi

Dall'analisi dei dati ottenuti 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.
- Il bedrock sismico non è stato rilevato.
- La $V_{s,eq}$, calcolata per diverse profondità di imposta della fondazione, risulta variabile da 322 a 330 m/sec da cui ne deriva che il sito ricade in **categoria stratigrafica C** come definita dalle NTC del 2018.

4.2. Parametri VN e CU del Nodo di riferimento

Le azioni sismiche sulle opere vengono valutate in relazione a un periodo di riferimento V_R che si ricava puntualmente moltiplicando la Vita nominale V_N per il Coefficiente d'uso C_U .

La Vita nominale di una costruzione (V_N), (§ 2.4.1 NTC 2008), è la durata alla quale si deve far riferimento in sede progettuale, in relazione alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionamento

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRISOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 38
--	---	---------------

delle strutture e dei particolari costruttivi, nella scelta dei materiali e delle misure protettive al fine di garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità delle opere stesso.

TIPI DI COSTRUZIONE – Vita Nominale VN (in anni)

1. Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva $1 \leq 10$
2. Opere ordinarie, ponti, opere ≥ 100 contenute o di importanza normale ≥ 50
3. Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica ≥ 100

Le opere in progetto appartengono alle opere ordinarie e quindi con VN ≥ 50 .

La costruzione in oggetto, appartiene alla Classe d'uso I, conseguentemente alla suddivisione in classi così definite dal paragrafo 2.4.2 delle NTC 2008, Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

4.3. Liquefazioni dei terreni

Per liquefazione si intende generalmente una somma di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. 7.11.3.4.1 NTC 2018).

La perdita di resistenza dei terreni con determinate caratteristiche, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, e il conseguente raggiungimento di una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso, avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta fino ad arrivare al valore della pressione totale di confinamento, fino ad annullare gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio. Tali fenomeni di liquefazione dei terreni si verificano soprattutto in presenza di sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

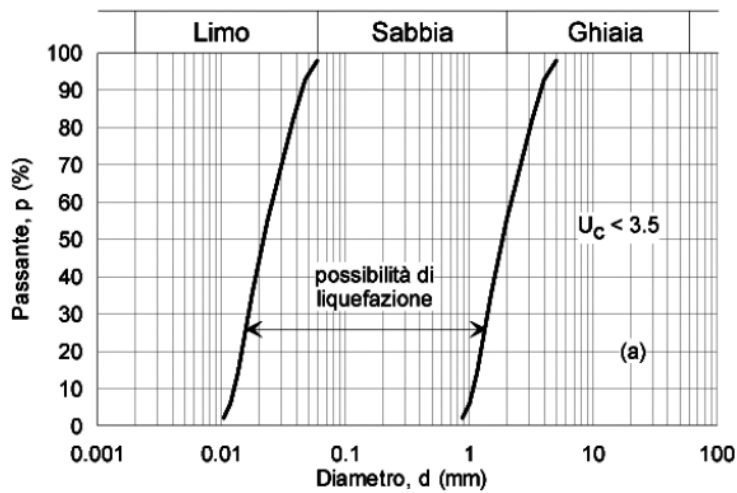
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRISOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 39
--	---	---------------

efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig 12 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



a)

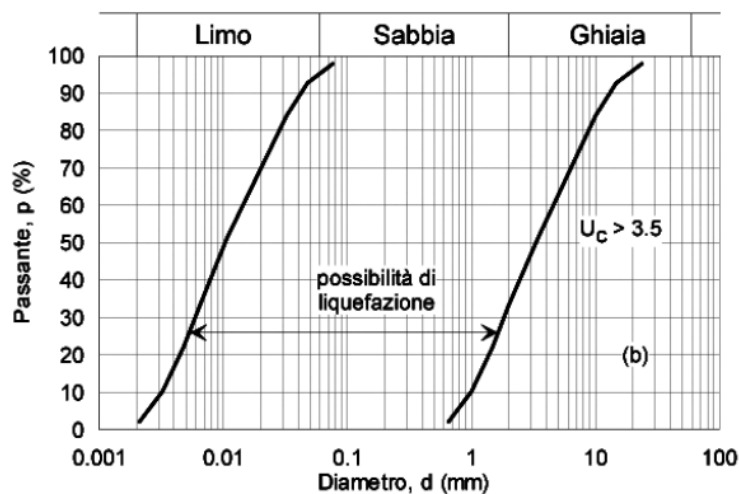


Figura 19: Fusi granulometrici dei terreni soggetti a liquefazione

Progetto: Fattoria Solare "TRAMATZA" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 40
---	---	---------------

5. CONCLUSIONI

Alla luce delle indagini geologiche, sia di rilevamento generale dell'area che puntuali, non si riscontrano allo stato attuale dei luoghi, controindicazioni di carattere geotecnico dei terreni.

Il progetto in esame non evidenzia allo stato attuale controindicazioni specifiche in merito agli aspetti geologici in generale ed altrettanto in rapporto alla stratigrafia, all'assetto strutturale, alla geomorfologia e all'idrogeologia.

In fase di realizzazione delle opere, il sottoscritto si rende disponibile per la verifica in cantiere di quanto affermato nel presente elaborato.

Cagliari, 17 ottobre 2022

Geol. Luigi Sanciu
