

COMUNI DI SAMASSI E SERRENTI

(Prov. del Sud Sardegna)

REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DA 24,49 MW IN IMMISSIONE TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE "SAM-SE" COMUNI DI SAMASSI E SERRENTI (SU)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



Studio Tecnico Geologico

Servizi & Consulenze - Dott. Mario STRINNA

Sede legale : Viale Diaz, 48 - 09125 CAGLIARI - Tel.Fax 070.303083

Portatile +39 328.7906284 - E-mail mariostrinna@libero.it PEC mariostrinna@epap.sicurezza postale.it

web : www.mariostrinna.com

Committente:

ENERGYSAMSE SRL
Via Semplicio Spano 10, Olbia (SS),
Codice Fiscale: 02902560909

Oggetto:

Geologia e Geotecnica

Data:

06/2022

Scala:

Geologo [O.R.C. n. 441 - Sez. A]

Dott. Mario STRINNA



Collaboratore:

Aggiornamenti:

Tavola:

File: mario/geologia/2022/Impianto fot. Samassi/Serrenti

Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

COMUNI DI SAMASSI - SERRENTI

(Prov. del Sud Sardegna)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

**REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DA 24,49 MW IN IMMISSIONE
TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE “SAM-SE”
COMUNI DI SAMASSI E SERRENTI (SU)**

COMMITTENTE

ENERGYSAMSE SRL

Via Semplicio Spano 10, Olbia (SS),

Codice Fiscale: 02902560909

GEOLOGO [SEZ. A]

Dott. Mario STRINNA



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

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



INDICE

| | |
|---|---------|
| RELAZIONE GEOLOGICA | pag. 3 |
| A. PREMESSA | pag. 3 |
| B. INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO | pag. 4 |
| C. BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO | pag. 8 |
| 1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE GENERALI | pag. 11 |
| 1.1 – Tettonica e Lineamenti geomorfologici generali | pag. 13 |
| 1.2 – Assetto geologico e morfologico dell'area di sedime | pag. 16 |
| 1.3 - Inquadramento idrologico e idrogeologico generale | pag. 21 |
| 1.3.1 - Caratteristiche idrogeologiche dell'area di sedime | pag. 23 |
| 1.4 - Lineamenti climatici generali | pag. 24 |
| 1.5 – Pericolosità geologica | pag. 27 |
| 1.5.1 - Pericolosità Idrogeologica | pag. 27 |
| 1.5.2 - Progetto P.S.F.F | pag. 28 |
| 1.5.3 - Progetto I.F.F.I | pag. 29 |
| 1.5.4 - Pericolosità sismica di base | pag. 29 |
| 1.5.4.1- Dati sismici sul sito (spettri di risposta) | pag. 34 |
| RELAZIONE GEOTECNICA | pag. 37 |
| 2. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE E STRATIGRAFICHE SUL SEDIME | pag. 38 |
| 2.1 - Verifica degli SL secondo le NTC 2018 | pag. 40 |
| 2.1.1 – Cedimenti | pag. 44 |
| 2.2 – Considerazioni sulla scavabilità e tenuta dei fronti di scavo | pag. 45 |
| 3. CONCLUSIONI | pag. 47 |
| Appendice | |
| - Inquadramento Geologico su base cartografica 1:10.000 | pag. 55 |
| - Carta delle permeabilità su base cartografica 1:10.000 | pag. 56 |

RELAZIONE GEOLOGICA

Competenze professionali: la redazione relazione geologica (L. 9.07.1908, n. 445; D.P.R. 7.01.1956 n. 164; L. 25.11.1962, n. 1684; L. 2.02.1974 n. 64; D. LL. PP. 15.05.1985; D.M. LL. PP. del 12.12.1985; D.M. 11.3.1988; L. R. 7.06.1989, n. 30; D.M. 04.05.1990; D.P.R. 10.09.1990, n. 285; D.P.C.M. 29.09.1998; D.P.R. 6.06.2001, n. 380; D.Lgs 12.04.2006, n. 163 e ss. mm. ii.; D. Lgs 3.04.2006, n. 152; D.M. 14.01.2008; Ord. P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274; PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE D. 21.10.2003; D. Ass. LL.PP. 21.02.005 n. 3 - Esecutività della Del. di G.R. n. 54/33 del 30.12.2004, Del. G.R.15/31 2004) è nella piena ed esclusiva competenza del geologo [Consiglio di Stato (V Sezione giurisdizionale) Decisione 4 maggio 1995, n°701]. Il divieto di subappalto della relazione geologica è sancito dalla Determinazione n. 3 del 27.02.2002 dell'Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di Lavori, Servizi e Forniture. Sull'obbligatorietà dell'acquisizione della relazione geologica come elaborato di progetto (punto B.5. DM 11.3.1988 "I risultati delle indagini devono essere oggetto di apposite relazioni, parte integrante del progetto") si è espresso il Consiglio di Stato sezione VI con sentenza 5666/2009.

A. PREMESSA

Per lo studio dei terreni interessati dal progetto di un impianto fotovoltaico a terra da 24,49 MW, da realizzarsi all'interno di terreni siti nei Comuni di Samassi e Serrenti, più precisamente a NE del tessuto urbano di Samassi e a NW del tessuto urbano di Serrenti, nelle località Perda Panni Acca, Sedda Mesu e Gutturu Marongiu, percorrendo la SS 293 direzione località Villasanta, è stato richiesto un accertamento geologico e geotecnico, con particolare riferimento alla caratterizzazione lito-stratigrafica e idrogeologica dei terreni che insistono nell'areale come substrato di appoggio delle fondazioni su palo infisso dove dovrà essere realizzato l'impianto, con particolare riferimento alla:

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

Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza del D.M. 11.03.1988 (Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione). Le indagini sono state svolte in ottemperanza alle norme fissate dall'A.N.I.S.I.G. (Ass. Naz. Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). Testo integrato con la Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483 (punto A3): istruzioni



Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 e n. 617 del 02.02.2009 – OPCM n. 3274 del 20.03.2003 - Nuove NTC 2018 sulle costruzioni (§ 2.6 - § 3.2. ÷ 3.2.2. - § 7.11.3.), secondo le seguenti fasi:

- Sopralluogo nell'area in esame ed esame critico della situazione attuale;
- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e definizione delle caratteristiche litotecniche attraverso la loro definizione basata sulla base di documentazione disponibile, edita e inedita, documentabile dallo stesso scrivente sulla base di lavori pregressi (*Geotest srl: area Samassi, Serrenti, San Gavino*) svolti in un medesimo assetto litologico territoriale;
- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale.

B. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AEREO

L'area interessata dallo studio ricade nel territorio Comunale di Samassi e Serrenti, nelle località Perda Panni Acca, Sedda Mesu e Gutturu Marongiu, percorrendo la SS 293 direzione località Villasanta. Dal punto di vista topografico, l'area in esame risulta inclusa nella cartografia catastale: Foglio 8 del Comune di Samassi particelle 628, 627, 237, 238, 65, 236; Foglio 14 del Comune di Samassi particelle 468, 469, 131, 49, 467, 120, 121; Foglio 9 del Comune di Serrenti particelle 144, 138, 346, 155, 156, 284, 159, 160, 108, 154, 295, 157, 158, 79; Foglio 15 del Comune di Serrenti particelle 375, 34, 374, 11, 300, 33, terreni localizzati nella ZONA AGRICOLA E del comune di Samassi e nella ZONA AGRICOLA E1 – Aree caratterizzate da una produzione piccola e specializzata del Comune di Serrenti.

Morfologicamente trattasi di un'area sub pianeggiante di natura sedimentaria Quaternaria Pleistocenica - Olocenica: Litofacies nel sub-sistema di Portoscuso → ghiaie alluvionali terrazzate (PVM2a). Ad esse si contrappongono in minore misura soprattutto verso SW depositi alluvionali terrazzati Olocenici (bna/bnb) e Coltri eluvio colluviali Oloceniche (b2) detritici immersi in matrice fine. Le pendenze del territorio variabili da circa 96.0m a circa 120.0m s.l.m.m. verso il rio Perda Longa, risultano (medie) inferiori al 10%.

Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- Foglio **I.G.M.** N. 547 Sez. I° quadrante [Sanluri] alla scala 1:25.000;
- Foglio **C.T.R.** N. 547-080 [Case Villa Santa] alla scala 1:10.000.

Coordinate Km areale sensibile

X = 1494683.5102 longitudine E

Y = 4373382.3064 latitudine N



Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

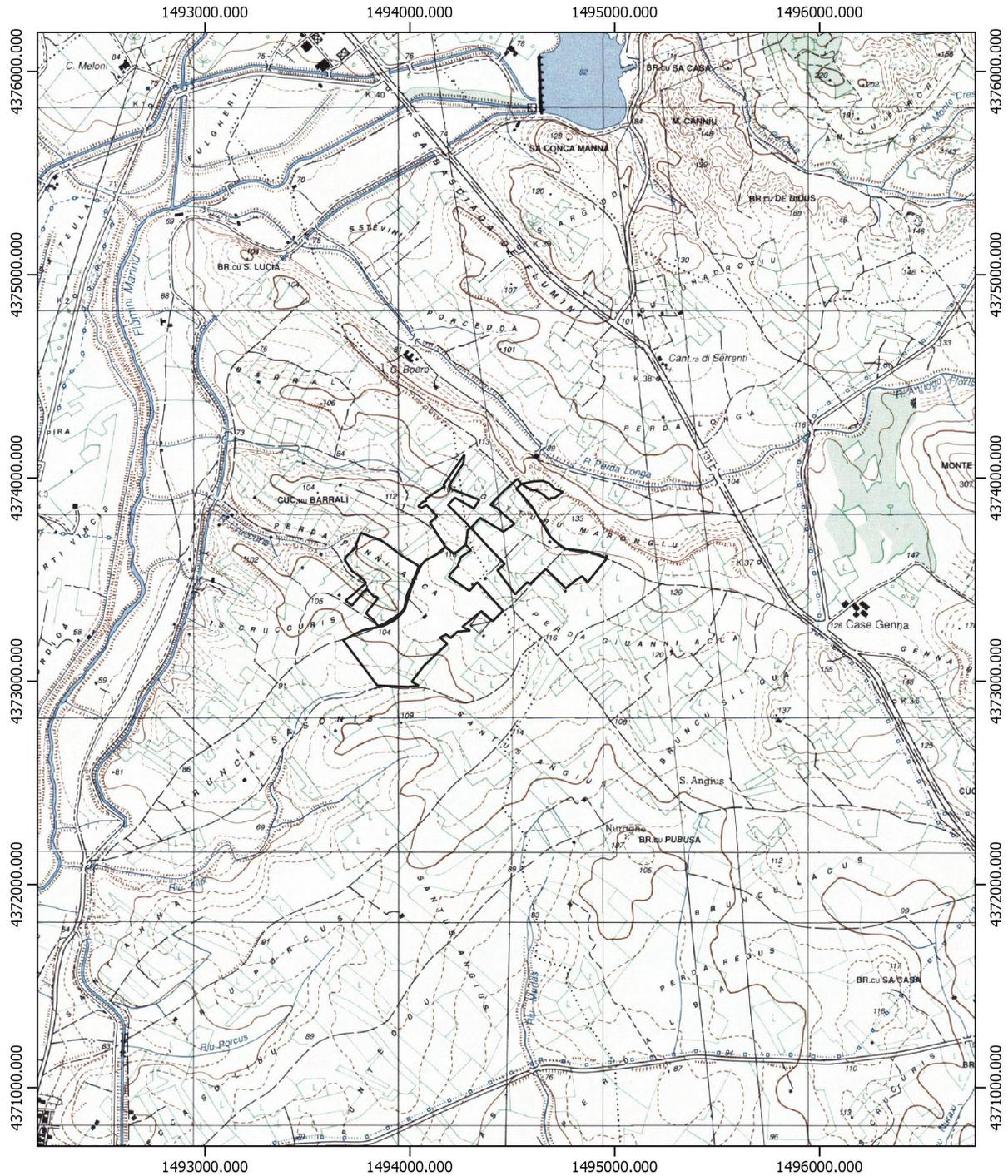
Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO AEREO
SU BASE CTR FOGLIO 547 - 080 [CASE VILLA SANTA]
SCALA 1:10.000



INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE IGM FOGLIO 547 SEZ. I° QUADRANTE [SANLURI]
SCALA 1:25.000



0 500 1000 m



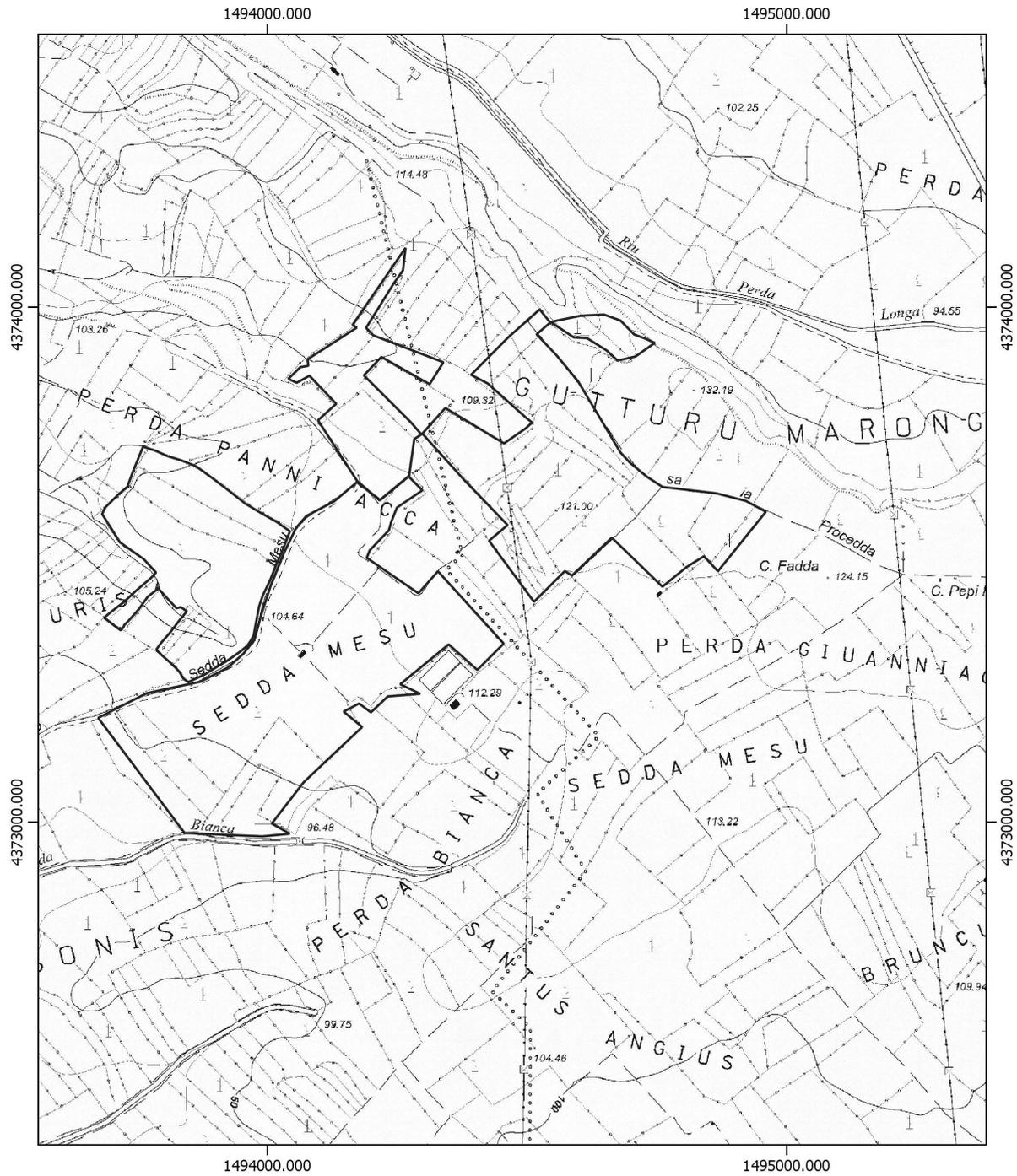
Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE CTR FOGLIO 547 - 080 [CASE VILLA SANTA]
SCALA 1:10.000



Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

fotovoltaico di potenza nominale in immissione pari a 24.492,3 kW di picco per la produzione di energia elettrica posato sul terreno livellato mediante l'istallazione di inseguitori solari.

L'impianto sarà costituito da 44.940 moduli fotovoltaici monocristallini da 545 Wp di tipo bifacciale, organizzati in stringhe e collegati in serie tramite 11 Power Station (TIPO 2) da 2000 kVA 1 Power Station (TIPO 4) da 1200 kVA posizionate in maniera baricentrica rispetto alle strutture di supporto dei pannelli. La tipologia e la configurazione delle strutture fotovoltaiche è caratterizzata da 708 tracker da 28x2 Portrait e da 189 tracker da 14x2 Portrait , disposti con rotazione +/- 55° in direzione Nord-Sud. L'impianto verrà connesso in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri - Selargius". Il gestore di rete ancora non ha rilasciato soluzioni progettuali di standard costruttivi per la Stazione elettrica a 36 kV.

Dalle cabine di trasformazione le linee verranno raccolte all'interno della cabina di raccoglimento completa di interruttori MT, e quadro generale, quadro di distribuzione con le varie utenze. Dalla cabina di raccoglimento la linea arriverà alla stazione AT/MT a 36kV, secondo le indicazioni di TERNA.

I moduli fotovoltaici costituenti l'impianto andranno posizionati a terra come individuato nell'elaborato Planimetria Generale Impianto. Il criterio di posizionamento si è basato sull'utilizzo di strutture quali i tracker monoassiali. Le strutture, disposte con orientamento est-ovest, sono concepite per ruotare durante il giorno e seguire il tragitto del sole in maniera tale da ottenere un irraggiamento massimo per più ore possibili. Nell'intorno del campo fotovoltaico vengono lasciati idonei spazi per effettuare le manutenzioni. All'interno della cabina elettrica verrà realizzato il quadro elettrico nel quale verranno installati gli interruttori di sezionamento.

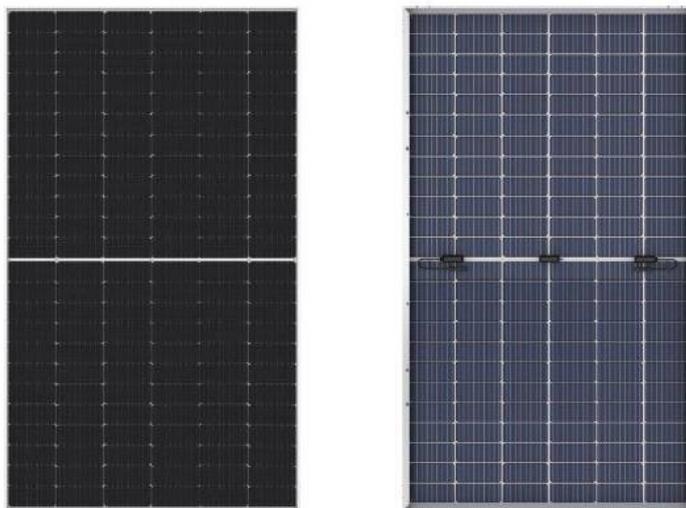


Figura 2 - Pannelli LONGI HI-MO5 LR5-72HBD da 545 W

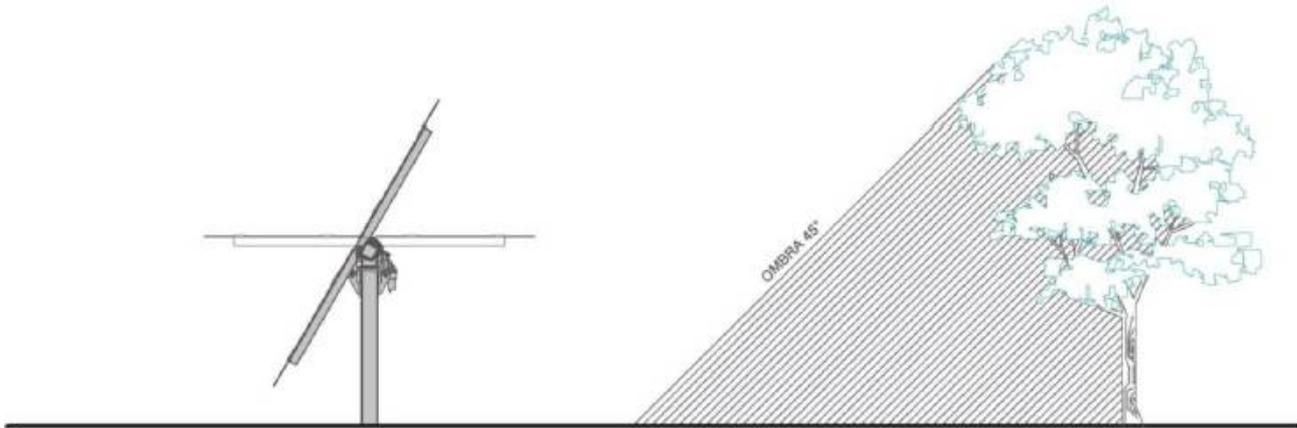


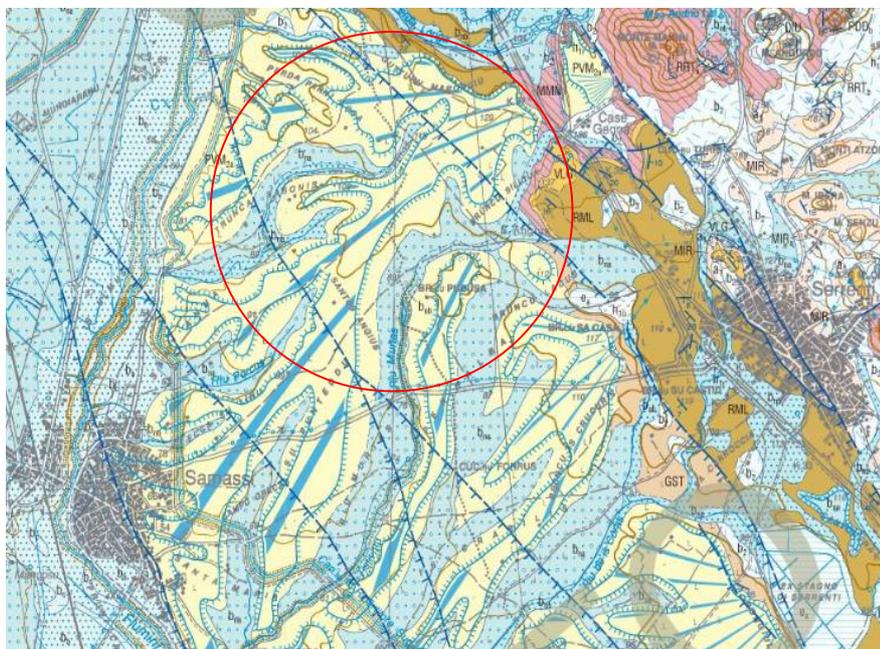
Figura 3 - Posizionamento Tracker, adeguata distanza dai fattori di ombreggiamento

All'interno del sito il bilancio tra scavi e riporti sarà pari a zero, in quanto le strutture di supporto tipo TRACKER hanno i sostegni infissi nel terreno. Gli scavi in esubero derivati dallo splateamento verranno ridistribuiti nel sito ed utilizzati di supporto alla piantumazione.

1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE GENERALI

L'area in esame è situata nel settore centro-meridionale del Campidano, nella pianura alluvionale del Flumini Mannu, a NE e NW rispettivamente dell'abitato di Samassi e Serrenti.

Il Campidano è una fossa tettonica o graben, colmata nella sua parte superficiale da depositi

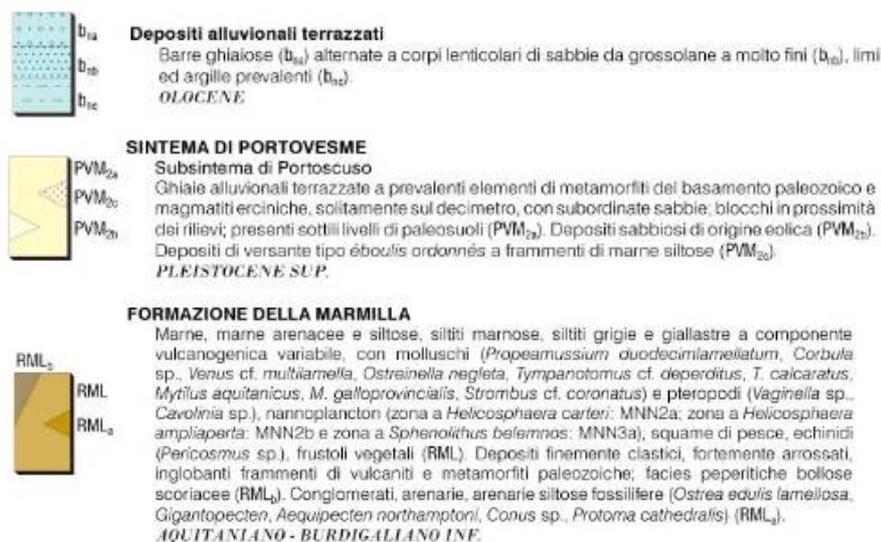


continentali pliocenici e dai successivi discordanti episodi alluvionali del Quaternario.

La sua formazione è conseguenza dei movimenti neotettonici disgiuntivi sovrapposti nel settore meridionale del "Rift Sardo" Oligo-Miocenico (Vardabasso, 1963; Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969). Il Graben, che si estende dal Golfo di Cagliari al Golfo di Oristano in direzione NO-SE, è delimitato dagli horst Paleozoici del Sulcis-Iglesiente e del Sarrabus-Gerrei ed è bordato sia a est sia a ovest da faglie normali principali, associate a sistemi di faglie sintetiche e antitetiche sub-parallele.

Durante l'Oligo-Miocene in contemporanea alla rotazione del Blocco Sardo – Corso, all'apertura del Bacino

Figura 4: Carta geologica Fonte ISPRA Sardegna – Foglio 547 Villacidro



Balearico e del Tirreno settentrionale si sviluppa, tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara, il Rift sardo, un bacino di sedimentazione colmato da circa 1500 m di depositi marini associati a vulcaniti di età compresa tra l'Oligocene Medio ed il Messiniano Inferiore.

L'attività vulcanica a carattere calco-alcantino risulta precedente all'invasione del mare miocenico, anche se continua in ambiente marino fino al Miocene Medio, (Lecca et al., 1997).

Lungo il bordo orientale del Campidano, è ben visibile un'estesa fascia di colline vulcaniche che parte da Monastir sino a Furtei, caratterizzata da prodotti vulcanici prevalentemente andesitici. La trasgressione marina non è stata simultanea sull'intera isola, in quanto la morfologia pre-miocenica ha condizionato lo sviluppo paleogeografico del bacino di sedimentazione (Cherchi, 1971). Nella Sardegna meridionale l'ingressione è iniziata nell'Aquitano, ancora oggi si riconosce, lungo il bordo orientale del rift la linea di costa di questo mare (Maxia et al., 1970).

Dal Miocene medio la sedimentazione marina, caratterizzata per lo più da sedimenti marnosi e arenacei, continua in condizioni di stasi vulcanica, fino al Messiniano evaporitico, in un bacino debolmente subsidente. Il passaggio Miocene/Pliocene in base alla varietà morfologica e alle caratteristiche biostratigrafiche, litologiche e ambientali denota una fase continentale pre-pliocenica.

Durante il Pliocene medio una nuova fase tettonica distensiva (associata all'estensione del bacino oceanico tirrenico) è responsabile della formazione del graben del Campidano. La colmata terziaria della fossa del Campidano si chiude con il complesso continentale sintettonico della "Formazione di Samassi". Si tratta di un'unità litostratigrafica assai potente (500-600 m), costituita da sedimenti marnosi-argillosi-conglomeratici di ambiente fluvio-deltizio, derivati soprattutto dal rimaneggiamento dei depositi miocenici e pliocenici preesistenti. La Formazione di Samassi, ritenuta successiva al Pliocene Inferiore-Medio (Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969), riveste una notevole importanza nelle vicende paleogeografiche della fossa campidanese e nella sua evoluzione tettonica; rappresenta il risultato di un rapido incremento nell'energia del rilievo, con conseguente instaurarsi di una intensa erosione, in particolare sul bordo orientale della fossa e di un accumulo veloce nella fascia mediana della stessa. Sempre nel Plio-Pleistocene e forse successivamente alla Formazione di Samassi (in base ai rapporti di giacitura osservabili nel sottosuolo campidanese; Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969), sul bordo settentrionale ed orientale del graben si manifesta un vulcanismo di tipo alcalino (5,2-5 Ma; Assorgia e Beccaluva, 1976; Maccioni, Pecorini et al., 1978) dapprima acido (rioliti ed ossidiane del M. Arci) e poi basaltico, ma non affiora in questo settore del Campidano. Durante il Quaternario, il graben campidanese subsidente viene colmato da sedimenti alluvionali, fluviali, da detriti di falda, da sabbie eoliche etc., che ricoprono la Formazione di Samassi. Le principali conoscenze stratigrafiche sul Campidano meridionale derivano dallo studio del pozzo "Campidano 1 - Villasor" (Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969), il quale ha rilevato la presenza di una copertura alluvionale quaternaria sulla Formazione pliocenica di Samassi, discordante sul sottostante substrato terziario della zona, costituito dalla serie sedimentaria marnoso-arenacea e vulcanica di età oligo-

miocenica. I materiali alluvionali quaternari, depositi a più riprese nel Campidano sono costituiti da alternanze ciottoloso-sabbiose e limo-argillose e raggiungono spessori che arrivano fino a 200 m nella fossa; sono distinti in:

- “Alluvioni Antiche terrazzate” (Pleistocene): si tratta di sedimenti fluviali di conoide e/o di piana alluvionale, costituiti da conglomerati, ghiaie, sabbie, in abbondante matrice siltoso-argillosa ferrettizzata, in genere ben costipati e/o cementati. Tali depositi sono caratterizzati da un’alterazione più spinta dei ciottoli rispetto alle alluvioni attuali. Essi, sono stati reincisi in più ordini di terrazzi, a seguito di diverse fasi morfogenetiche connesse alle variazioni climatiche quaternarie;
- Alluvioni recenti (Olocene): sono costituiti da alluvioni sabbioso-ciottolose, per lo più incoerenti o moderatamente costipate, a matrice grigio-bruna o rossastra, con dimensioni variabili da medie a piccole. Litologicamente sono costituite da ciottoli a elementi paleozoici, scisti metamorfici, arenarie quarzose, etc. (G. Pecorini & A. Cherchi, 1969), che provengono dall’erosione degli horst paleozoici a ovest della fossa, da frammenti litici di rocce mioceniche derivati dai rilievi a est della fossa. La successione terziaria vulcano sedimentaria Oligo Miocenica, è presente soprattutto verso nord. In questa successione prevalgono sedimenti fini (RML) costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti, siltiti marnose grigie e giallastre, arenarie da medie a fini, distribuiti in alternanze tra il decimetro ed il metro, il cui spessore complessivo dovrebbe essere di qualche centinaio di metri. Le facies grossolane (RMLa), variamente intercalate, sono costituite da conglomerati finemente bioclastici, talora breccioidi, banchi arenaceo-conglomeratici e locali livelli sabbiosi. È inoltre sempre presente una cospicua componente vulcanoclastica che tende a diminuire nelle porzioni sommitali. L’attività ignea, i caratteri sedimentologici e le strutture plicative sin-sedimentarie evidenti alla mesoscala testimoniano un’accentuata instabilità tettonica del bacino di sedimentazione.

In questa successione prevalgono sedimenti fini costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti, siltiti marnose grigie e giallastre, arenarie da medie a fini, distribuiti in alternanze tra il decimetro ed il metro, il cui spessore complessivo dovrebbe essere di qualche centinaio di metri. Le facies grossolane (RMLa), variamente intercalate, sono costituite da conglomerati finemente bioclastici, talora breccioidi, banchi arenaceo-conglomeratici e locali livelli sabbiosi. È inoltre sempre presente una cospicua componente vulcanoclastica che tende a diminuire nelle porzioni sommitali.

1.1 – Tettonica e lineamenti geomorfologici generali



I maggiori eventi tettonico-strutturali del Campidano sono riferiti alla fase di rifting, datata Oligocene Superiore-Burdigaliano Inferiore, seguita dalla formazione del graben del Campidano nel Pliocene (G. Casula, A. Cherchi, 2001). L'attività esplorativa e le indagini sismiche hanno permesso di definire la struttura geologica della piana del Campidano, che è la parte più profonda del Rift Sardo. Il graben del Campidano, che si trova impostato tra gli horst paleozoici del Sulcis-Iglesiente e del Sarrabus-Gerrei, è bordato sia ad est che ad ovest da faglie normali principali, associate a sistemi di faglie sintetiche ed antitetiche sub-parallele. Il graben è caratterizzato da un'orientazione NNW-SSE, sovrapponendosi alla parte meridionale del "Rift Sardo" Oligo-Miocenico, a sua volta sviluppatosi su preesistenti discontinuità strutturali del basamento paleozoico. Recenti studi su strutture tardo-paleozoiche (Elter, Musumeci, Pertusati, 1990; Di Vincenzo, Grezzo, Sartia, 1993) rilevano, nel basamento, faglie ben sviluppate in direzione WNW-ESE e ENE-WSW. Queste direzioni sono state mantenute dagli eventi tettonici del Terziario e del Plio-Quaternario (G. Casula, A. Cherchi et al., 2001). Dall'analisi dei profili sismici si deduce che il sud del Rift Oligo-miocenico è un sistema complesso di graben (Bosworth, 1985), caratterizzato da una chiara struttura interna asimmetrica e da due bacini (half-grabens) aventi opposte polarità, separati da una "Transfer Zone" (Gibbs, 1984).

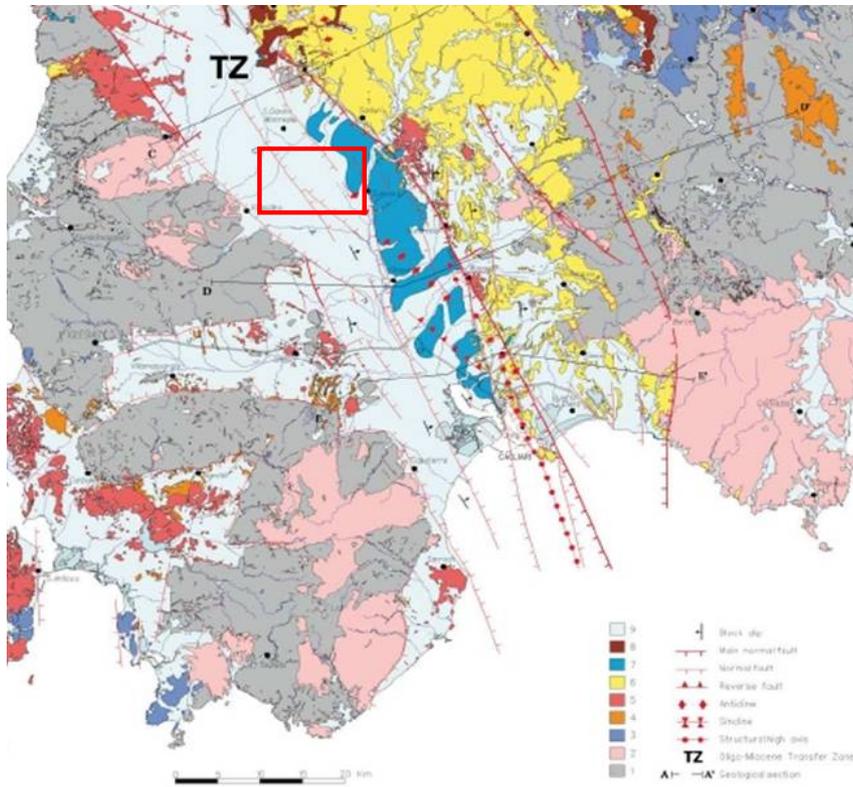


Figura 5 - Mappa geologica-strutturale della Sardegna meridionale (Casula, 2001)

Il termine transfer indica una zona di adattamento, che serve ad assorbire i movimenti differenziali tra i vari blocchi fagliati, che dividono un graben in differenti settori. La Transfer Zone (TZ) è localizzata nella regione di Sarrabus e segna il passaggio dal Campidano meridionale ("Cagliari half-graben") al Campidano settentrionale ("Oristano half-graben"). Questa transizione è contraddistinta da un alto strutturale, che viene definito come "horst-type twist-zone" (Colletta et al., 1988; Maillard e

Mauffret, 1993), ma non è altro che il più grande affioramento di basamento Paleozoico presente entro la parte sud del Rift Oligo-Miocenico. Questa zona, già nota in letteratura come “Soglia di Guspini-Sardara” (Martinis, Trudu, 1988) è un alto strutturale, interpretato come basamento paleozoico tra il piccolo horst di Sardara (rilievo di Monreale) e il massiccio vulcanico del M. Arcuentu. Per l'appunto, la Transfer Zone, si trova all'intersezione delle faglie maggiori che bordano la Fossa Oligo-Miocenica ed è il risultato di un'inversione nella polarità delle stesse (G. Casula et al., 2001). Il settore in esame ricade nel Campidano centro-meridionale, al di sotto della “Soglia Guspini Sardara”.

La tettonica Plio-Pleistocenica (coeva all'estensione del Mar Tirreno), cui si deve la genesi del

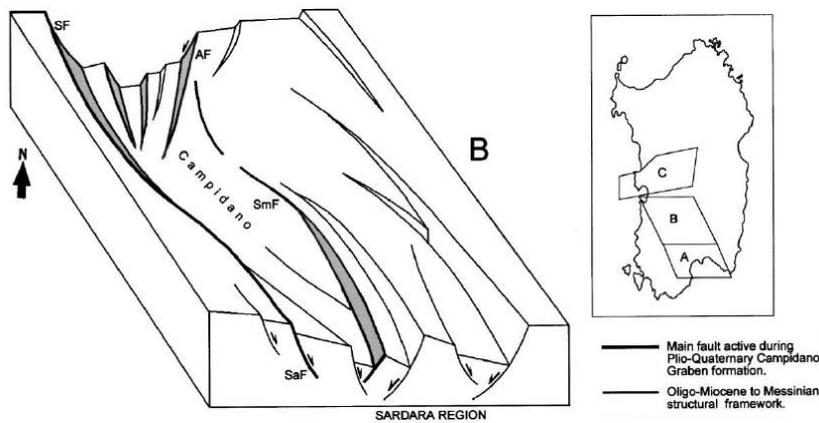


Figura 6 - Aspetto strutturale del Campidano centrale nel Plio-Quaternario (Casula, 2001)

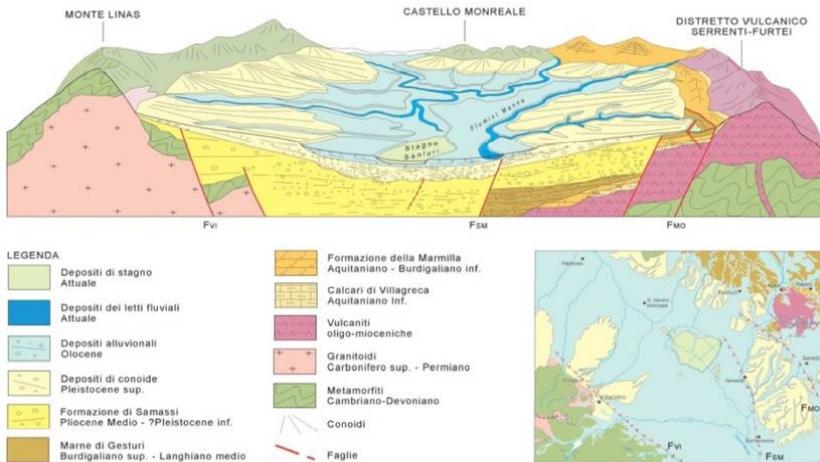


Figura 7 – schema morfologico stratigrafico del Campidano Centrale

(Fanucci et altri, 1977). Soprattutto ai bordi del graben si rilevano faglie, talora con liscioni e breccie di frizione ben visibili, che interessano i terreni terziari, dalle siltiti e arenarie eoceniche fino ai basalti pliocenici, nonché il basamento paleozoico.

Graben, non ha fatto altro che riattivare le faglie ereditate dai precedenti stadi deformativi e innescare movimenti verticali, controllando la deposizione e le aree subsidenti.

La struttura del Campidano centrale nel Plio-Quaternario è rappresentata in fig.6. Nel complesso le discontinuità strutturali plioceniche sono ben documentate, ovviamente, quando interessano la Formazione di Samassi o la parte più alta della serie miocenica. Tutte le discontinuità o faglie che interessano il Graben Campidanese presentano in prevalenza direzioni NW-SE o N-S e sono note come “faglie campidanesi”

Depositi sicuramente tardo-quadernari non risultano fagliati. La tettonica disgiuntiva nelle colate basaltiche è ben evidente procedendo dalle pendici campidanesi del M.te Arci verso sud, a NW di Sardara. I rigetti che si osservano in queste località sono tuttavia modesti, intorno ai 10-20 m; rigetti maggiori si riscontrano nella Formazione di Samassi, entro la quale, nei suoi termini litologici più prossimi alla base, sono evidenti disturbi tettonici, come fratture o pacchi di strati con inclinazioni forti, ricoperti in discordanza da banchi non fratturati. Questi sono indizi sicuri a conferma che, la formazione è sintettonica, deposta durante l'abbassamento del graben, per faglie attive durante il Pliocene medio-superiore (Pecorini G. e Pomesano Cherchi A. /11/, 1969). Le poche faglie plio-quadernarie sono chiaramente ereditate e riattivate da precedenti fasi deformative. Fino al presente, i principali movimenti verticali lungo queste strutture hanno differenziato le aree di subsidenza e di deposizione.

Il picco di subsidenza è rappresentato dalla formazione sintettonica di Samassi, con uno spessore massimo (500 ± 600 m), che nella sezione plio-quadernaria si verifica nella parte centrale della depressione. Questa subsidenza è legata alla riattivazione di due set di faglie oligo-mioceniche: un set di faglie longitudinali con direzione NNW \pm SSE immergenti ad est, connesse a un modello echelon (faglie di Villacidro e Sarroch), che interessano l'intero graben da Oristano a Cagliari e, un set di faglie antitetiche N \pm S and NNW \pm SSE immergenti ad ovest, nel settore centrale e orientale (faglia di Samassi e di Fangario). La parte orientale del Campidano meridionale è delimitata internamente dalla faglia principale diretta di Monastir, estesa per 70 km con immersione a WNW e direzione NNW-SSE, associata a un sistema di faglie normali sintetiche sub-parallele.

1.2 – Assetto geologico e morfologico dell'area di sedime

L'area in esame è localizzata nel Campidano centro-meridionale, prevalentemente formato da ampi terrazzi, modellati in terreni le cui età vanno dal quadernario antico al recente. E' caratterizzato da una copertura quadernaria continentale di facies alluvionale, con giacitura tabulare, appartenente al periodo "Pleistocene-Olocene". Le coltri alluvionali quadernarie poggiano sulla formazione continentale detritica, "Formazione di Samassi", discordante sul sottostante substrato terziario della zona di natura marnoso-arenacea. Il complesso miocenico marnoso-arenaceo e vulcaniti andesitiche affiorano nel sistema collinare lungo il bordo orientale del Campidano, ad est dell'area in esame. Gli apporti alluvionali sono da attribuirsi al Flumini Mannu e ai suoi affluenti e al Rio Leni, caratterizzati quindi da una composizione litologica nettamente diversa nelle aree in destra e sinistra della piana del Fluminimannu. Nel primo caso, infatti le coltri alluvionali provengono dal complesso paleozoico dei Monti Linas-Oridda situati ad

ovest, e sono composte in prevalenza da ciottoli di rocce metamorfiche, graniti, clasti quarzosi. Si tratta in genere di sabbie medio grossolane più o meno ferrettizzate (cementate dagli ossidi di ferro), di composizione prevalentemente quarzoso feldspatica, derivanti dall'alterazione dei litotipi

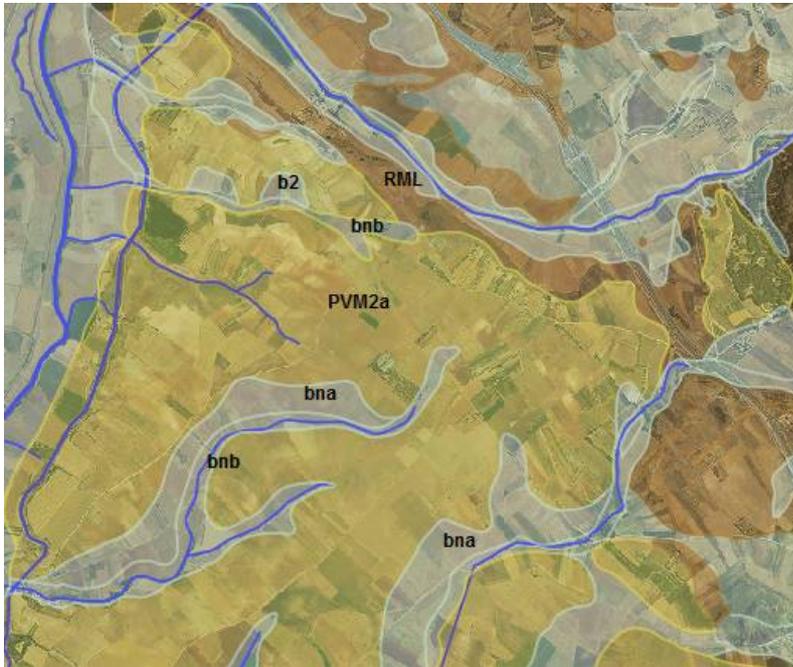


Figura 8 – Inquadramento geologico 25.000 (fonte Sardegna geopoertale)

granitici e da sedimenti sabbioso conglomeratici con ciottoli ben arrotondati di litologia prevalentemente metamorfica. Mentre le alluvioni provenienti dagli affluenti di sinistra del Mannu sono costituite da materiali clastici prevalentemente derivanti da rocce mioceniche (di natura sedimentaria e vulcanica) che costituiscono il sistema collinare lungo il bordo orientale del graben, che hanno dato vita ad una serie alluvionale

terrazzata abbastanza evidente. Si tratta di depositi alluvionali terrazzati, risultanti dall'incisione di estese conoidi alluvionali, formati da elementi grossolani eterometrici e poligenici, mediamente cementati e scarsamente ossidati, in matrice sabbioso-limosa e cemento limoso-argilloso, attribuiti per posizione stratigrafica al Pleistocene superiore. La maggior parte del territorio, in particolare il settore occidentale è caratterizzato da sedimenti alluvionali olocenici di varia granulometria, costituiti da depositi alluvionali terrazzati da poco a mediamente cementati e scarsamente ossidati, formati da ghiaie e sabbie grossolane in matrice sabbioso-limosa con intercalazioni di lenti di limi e argille, e da alluvioni attuali, legate all'azione erosiva ed alle piene del Flumini Mannu. L'alveo del Flumini Mannu separa, approssimativamente, le alluvioni provenienti dal versante occidentale da quelle del versante orientale della fossa tettonica. Localmente i canali solcano anche il substrato, costituito da terreni miocenici (formazione della Marmilla RML) nel bordo orientale del Campidano. Questi depositi, noti da tempo alla base del "Complesso marnoso-arenaceo" miocenico del Campidano centro meridionale (PECORINI & P OMESANO CHERCHI, 1969), sono stati successivamente (CHERCHI, 1974) indicati con questo nome formazionale e considerati di età "aquitaniana" (zona a Globigerinita dissimilis, sub-zona a Globigerinoides primordius). La distinzione di tre cicli sedimentari nel Miocene della Sardegna ha

consentito in seguito di riferirli al I ciclo (Aquitano - Burdigaliano inferiore): A SSORGIA et alii, 1997a; 1997b; 1997c; S PANO BARCA, 2002. In questa successione prevalgono sedimenti fini (RML) costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti, siltiti marnose grigie e giallastre, arenarie da medie a fini, distribuiti in alternanze tra il decimetro ed il metro, il cui spessore complessivo dovrebbe essere di qualche centinaio di metri. Le facies grossolane (RMLa), variamente intercalate, sono costituite da conglomerati finemente bioclastici, talora breccioidi, banchi arenaceo-conglomeratici e locali livelli sabbiosi. È inoltre sempre presente una cospicua componente vulcano-clastica che tende a diminuire nelle porzioni sommitali.

Lo studio geologico basato sull'analisi preliminare della cartografia geologica ufficiale del Servizio Geologico D'Italia - SGI (Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 ISPRA - F. 547 "Villacidro"), della cartografia disponibile dal sito www.sardegnageoportale.it, ha permesso di distinguere le principali unità litostratigrafiche affioranti nell'area sensibile:

- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (PVM2a – Pleistocene superiore): questi depositi rappresentano le "Alluvioni antiche" Auct., che poggiano sui depositi pliocenici della "Formazione di Samassi". Si tratta di sedimenti di conoide alluvionale e di piana, messi in posto allo sbocco delle valli ai piedi dei rilievi lungo i bordi del graben del Campidano, a seguito di processi d'intensa erosione e accumulo legati alle variazioni climatiche del Pleistocene-Olocene. I depositi di conoide sono costituiti da conglomerati eterometrici e poligenici, da ghiaie grossolane e sabbie talora con blocchi, in abbondante matrice limoso-argillosa, a luoghi ferrettizzata. La parte orientale del centro abitato di Samassi si colloca su lembi di alluvioni antiche, facenti parte di estese conoidi alluvionali coalescenti, deposte a valle dei rilievi del distretto vulcanico di Serrenti-Furtei. Questi depositi costituiscono ampie superfici terrazzate, sospese sui fondi vallivi e sui depositi alluvionali olocenici. Talora, soprattutto nelle porzioni più distali di queste conoidi, è difficile stabilire il limite con i sovrastanti depositi olocenici. Affiora estesamente nella sezione del territorio esaminato.
- Depositi alluvionali terrazzati (bna/bnb - Olocene): gran parte del centro abitato di Samassi sorge su un alto morfologico costituito dalle "alluvioni terrazzate", che affiorano estesamente nella sezione occidentale del territorio comunale di Samassi. Si tratta di depositi costituiti da ghiaie grossolane prevalenti con lenti e livelli di sabbie e ghiaie fini in stratificazione incrociata (facies bna), da depositi sabbiosi con subordinati limi e argille (facies bnb), in forma di terrazzi non interessati dalle dinamiche legate all'attuale situazione idrografica, i cui rapporti laterali con le alluvioni antiche sono caratterizzati da interdigitazione. Questi terrazzi, posti a quote topograficamente superiori rispetto le aree

di piana adiacenti agli alvei attuali, portano testimonianza delle variazioni dell'antica rete idrografica e dell'approfondimento delle valli.

- Alluvioni attuali (Olocene): le alluvioni rappresentate dalle facies ba – bb - bc, costituiscono corpi lenticolari di varia granulometria dalle ghiaie sabbiose ai limi e argille, affioranti lungo gli alvei e sui lati delle pianure alluvionali attuali.
- Formazione della Marmilla (RML). In questa successione prevalgono sedimenti fini (RML) costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti, siltiti marnose grigie e giallastre, arenarie da medie a fini, distribuiti in alternanze tra il decimetro ed il metro, il cui spessore complessivo dovrebbe essere di qualche centinaio di metri. Le facies grossolane (RMLa), variamente intercalate, sono costituite da conglomerati finemente bioclastici, talora brecciosi, banchi arenaceo-conglomeratici e locali livelli sabbiosi. È inoltre sempre presente una cospicua componente vulcano-clastica che tende a diminuire nelle porzioni sommitali.

Morfologia: L'evoluzione e le forme del rilievo dell'area in esame, situata nel settore centro-meridionale della fossa tettonica del Campidano, sono riconducibili ai movimenti tettonici distensivi che durante l'Oligo-Miocene hanno originato il Rift Sardo, seguiti da movimenti neotettonici plio-quadernari. Questi ultimi sono responsabili della formazione del graben campidanese (G. Casula, A. Cherchi, 2001) e della riattivazione di antiche faglie ereditate dai precedenti stadi deformativi, innescando movimenti verticali, controllando la deposizione e le aree subsidenti. L'assetto morfologico del settore appare influenzato dall'antica impostazione stratigrafico-strutturale (tettonica oligo-miocenica e movimenti neotettonici plio-quadernari), che hanno condizionato i fenomeni di denudazione agenti sui rilievi attigui al graben.

Il territorio fa parte di una estesa pianura al centro, orlata al bordo orientale del graben campidanese da un sistema collinare medio-basso, caratterizzato da morbide morfologie collinari costituite da terreni sedimentari e vulcanici del Terziario (rispettivamente dalla Formazione marnoso-arenacea della Marmilla e vulcaniti del Distretto Vulcanico di Serrenti-Furtei), i cui rilievi, digradano dolcemente verso l'ampia area pianeggiante della zona centrale del graben. Le aree collinari con versanti dalle dolci pendenze mostrano un reticolo idrografico

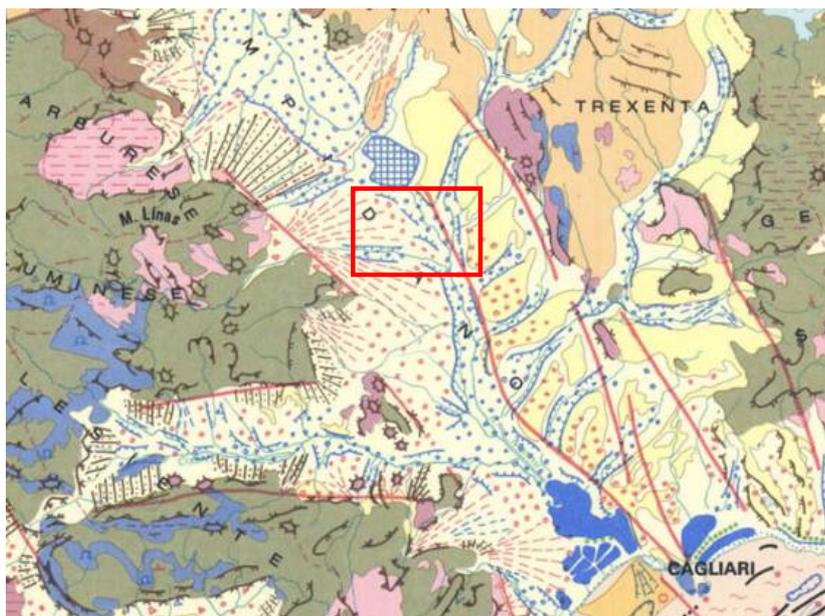


Figura 9 – Carta geomorfologica della Sardegna – fonte Università di Cagliari

variamente inciso e sviluppato in direzioni prevalenti NE-SW, che convergono nelle aree centrali della pianura associandosi ad altre linee di deflusso dirette NW-SE, N-S. Sull'impronta morfologico - strutturale insiste la conformazione idrogeologica dell'area, caratterizzata da corsi d'acqua a regime fluviale e torrentizio il cui trasporto solido rappresenta di fatto la coltre sedimentaria di copertura dell'area.

I caratteri morfologici dominanti dell'area sono dati dai depositi alluvionali che appartengono a due grandi cicli morfogenetici, il più antico riferibile al Pleistocene superiore ed il più recente all'Olocene. Dai versanti che delimitavano il Campidano, durante il Pleistocene superiore, si sono originate estese conoidi alluvionali coalescenti. La loro morfologia era caratterizzata da una più elevata acclività nei pressi del versante e da una progressiva diminuzione della stessa nella parte distale fino a generare conoidi con profilo concavo. Sulla loro superficie le irregolarità topografiche dovute alla presenza di canali distributori sono state in genere livellate dai processi erosivi. Infatti, in entrambi i lati del Campidano è stata riscontrata la presenza di più ordini di piani o di conoidi alluvionali, per lo più terrazzati. La loro genesi è da imputare principalmente ai vari processi morfogenetici legati alle variazioni climatiche del Pleistocene-Olocene, infatti, l'alternanza di periodi glaciali e interglaciali favorì intensi processi di erosione areale e lineare (O. Seuffert, 1970), responsabili della formazione e incisione dei piani pedemontani, di coltri detritiche e formazioni vallive. Il paesaggio in cui s'inserisce il progetto, si presenta da pianeggiante a sub-pianeggiante, localmente ondulato con pendenze da lievi a moderate in cui si distinguono dei profili terrazzati e morfologie riferibili all'erosione verticale e laterale del reticolo idrografico. I modesti dislivelli topografici sono legati al rimaneggiamento di depositi di antiche conoidi alluvionali (Pleistocene) in forma lenticolare, che spesso s'interdigitano con sedimenti alluvionali più recenti, depositi a seguito delle divagazioni della rete idrografica a carattere torrentizio. Le conoidi, in prossimità del rilievo orientale sono state fortemente erose sia dai corsi d'acqua principali che da un reticolo di vallecole localmente molto incise, consentendo il drenaggio delle acque di ruscellamento diffuso dei versanti adiacenti verso l'asse della piana. L'azione delle acque di ruscellamento areale durante l'Olocene è la maggiore responsabile della distribuzione dei materiali erosi dalle conoidi verso le aree a minor pendenza al centro del graben favorendo la formazione di coltri alluvionali recenti.

In generale la piana del Flumini Mannu rivela le tracce di antichi meandri abbandonati, spesso riempiti da sedimenti fini, a testimonianza di come prima della regimazione l'idrografia era più articolata e composita di quanto non sia stato sino ad ora riconosciuto. Nel settore del Campidano centrale i caratteri morfologici sono caratterizzati da una copertura alluvionale recente, con depositi a varia granulometria, su cui si sono sviluppati i suoli, fondamentali

nell'attuale sviluppo del paesaggio agricolo campidanese. Nel settore esaminato si rilevano i suoli tipici della piana del Flumini Mannu, costituita da alluvioni antiche del Pleistocene ed alluvioni recenti oloceniche, di composizione granulometrica e tessitura molto variabile. I suoli più evoluti sviluppati sulle alluvioni antiche presentano profili A-Bt-C e A-Btg-Cg, contraddistinti da orizzonti illuviali argillici ed orizzonti screziati, riconducibili sia a condizioni di ossidazione che di idromorfia, appartenenti al sottogruppo dei Typic e Aquic Palexeralfs. Si tratta di suoli profondi a tessitura da franco-sabbiosa-argillosa in superficie sino ad argillosa in profondità, con permeabilità da media a bassa, poiché condizionata dall'illuviazione di materiali argillosi e dalla cementazione. I suoli derivati da alluvioni recenti, da sabbioso-ciottolose a limo-argillose presentano un'evoluzione modesta, con tessitura molto varia, caratterizzati da profili A-C, e subordinatamente A-Bw-C. Si passa da classi sabbioso-franche a franco-argillose, da permeabili a poco permeabili, neutri e saturi talvolta con caratteri "vertici" molto evidenti. Nel complesso, per le due varietà di suoli rilevati, si evince eccesso di scheletro e drenaggio superficiale molto lento.

E' importante ricordare che l'attività antropica ha in parte modificato l'aspetto del paesaggio, sia con l'attività agricola sia attraverso delle opere di bonifica e regimazione, alterando i processi morfogenetici naturali attivi, che si limitano alle residue capacità di erosione, trasporto, e sedimentazione dei corsi d'acqua.

1.3 - Inquadramento idrologico e idrogeologico generale

Il territorio in esame ricade nel Campidano centro-meridionale, appartenente all'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O.) del Flumini Mannu-Cixerri. Il Flumini Mannu rappresenta il più importante fiume della Sardegna Meridionale. Il suo corso ha origine da varie sorgenti nell'altipiano calcareo del Sarcidano, si sviluppa attraverso la Marmilla e, costituitosi in un unico corso, sbocca nella piana del Campidano sfociando nelle acque dello Stagno di S. Gilla.

Il Flumini Mannu si distingue per i caratteri topografici del suo bacino imbrifero, infatti, l'asta principale per quasi metà del suo sviluppo si svolge in pianura, rispetto ad altri che assumono un tracciato molto più lungo nelle aree montane.

In questa parte del bacino idrografico, il fiume è impostato su sedimenti pliocenico-quadernari. Alla sinistra idrografica del fiume ritroviamo sedimenti continentali del Pliocene-Pleistocene, sedimenti e vulcaniti oligo-miocenici, mentre in destra idrografica ci sono arenarie eoliche, conglomerati, sabbie e argille del Pleistocene.

L'alveo del fiume in tale tratto è interamente impostato su depositi alluvionali terrazzati dell'Olocene. Gli affluenti principali del Flumini Mannu di Cagliari in destra sono: il Canale Vittorio Emanuele, che drena le acque della depressione di Sanluri, e il Torrente Leni, che convoglia le

acque di numerose sorgenti del Monte Linas e giunge nella piana del Campidano in territorio di Villacidro; in sinistra: il Torrente Lanessi, col quale confluisce presso lo sbocco in pianura e che scorre prevalentemente negli scisti e nel miocene della Trexenta, e il Riu Mannu di San Sperate che drena, con il Rio Flumineddu, le acque della Trexenta.

L'area in esame, si colloca su lembi di alluvioni antiche, facenti parte di estese conoidi alluvionali coalescenti, deposte a valle dei rilievi del distretto vulcanico di Serrenti-Furtei. Questi depositi costituiscono ampie superfici terrazzate, sospese sui fondi vallivi e sui depositi alluvionali olocenici. Talora, soprattutto nelle porzioni più distali di queste conoidi, è difficile stabilire il limite con i sovrastanti depositi olocenici. Il Flumini Mannu, dopo aver attraversato la Marmilla, volge nettamente a sud-est in direzione Golfo di Cagliari, in corrispondenza del paese di Samassi, che lo stesso solca obliquamente.

Da punto di vista idrogeologico, il complesso acquifero che caratterizza l'area di sedime, nell'ambito dell'unità idrografica omogenea di appartenenza, è l'Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano, che comprende due unità idrogeologiche principali:

- Unità delle alluvioni plio-quaternarie: depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi, depositi lacustro-plaustri, a permeabilità per porosità complessivamente medio-bassa nelle coltri ben costipate, localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana;
- Unità detritica pliocenica: conglomerati, arenarie e argille di sistema alluvionale, a permeabilità per porosità complessivamente bassa, localmente media in corrispondenza dei livelli a matrice più grossolana. Il complesso acquifero della zona è costituito da una successione di livelli sabbioso-ghiaiosi con alternanze di strati limoso-argillosi scarsamente permeabili, che localmente danno origine a variazioni di permeabilità e livelli piezometrici differenti; per questo motivo si parla di falda multistrato.

L'andamento della permeabilità in queste unità di facies prevalentemente alluvionale non è costante poiché fortemente condizionata dalla geometria deposizionale, dalla granulometria e tessitura del sedimento. Infatti, dove sono presenti ripetuti livelli limosi e argillosi o nei sedimenti cementati, si rileva una minore circolazione idrica sotterranea.

In generale i depositi alluvionali olocenici, dotati di una discreta permeabilità e spessori plurimetrici, sono sede di circolazione idrica superficiale di tipo freatico alimentata sia dall'infiltrazione e in prossimità dei corsi d'acqua anche da flussi sotterranei in subalveo. Le alluvioni antiche (PVM2a), per caratteristiche intrinseche di addensamento, presenza di matrice fine, talvolta ferrettizzata, sono poco permeabili, costituendo un limite di tamponamento inferiore agli acquiferi freatici e quando affiorano favoriscono il ruscellamento superficiale piuttosto che l'infiltrazione. I depositi alluvionali olocenici, terrazzati e non, sono per lo più incoerenti e poco costipati rispetto le alluvioni antiche (da cui spesso derivano per rimaneggiamento), sono

complessivamente permeabili per porosità, ma con valori suscettibili di variazioni dovute al contenuto di matrice (da sabbiosa ad argillosa) e del grado di compattazione del deposito.

L'alternanza di sedimenti a differente composizione granulometrica, grado d'addensamento e consistenza, tipica dei sedimenti alluvionali, determina, localmente, variazioni di permeabilità.

La permeabilità è una proprietà caratteristica delle terre/rocce ed esprime l'attitudine delle stesse a lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa quindi si manifesta con la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee. Poiché il terreno non è un corpo omogeneo, all'interno dello stesso variano sia le caratteristiche chimico-fisiche sia le proprietà idrogeologiche. Vista la possibile disomogeneità sedimentologica, la permeabilità non è rappresentata da un unico valore del coefficiente "K" (in m/s), ma da un intervallo di questo.

1.3.1 - Caratteristiche idrogeologiche dell'area di sedime

L'area morfologicamente sub-pianeggiante nella base di appoggio della struttura, situata ad una quota di circa 110m s.l.m.m., si presenta in generale debolmente inclinata (0° - 10°) e degradante in direzione SSW. Le caratteristiche stratigrafiche dell'area, unitamente alla configurazione morfologica ed alla mancanza di pozzi superficiali per l'approvvigionamento idrico, denotano che questa porzione di territorio non è sede di falda freatica superficiale, anche se le acque meteoriche defluiscono in direzione SW verso la piana tra Sardara e Pabillonis, come si evince anche dall'andamento dei principali corsi d'acqua, dove la falda idrica superficiale è certamente presente. L'assetto idrogeologico locale individuato non consente l'instaurarsi nell'area indicata per il posizionamento dell'impianto, di acquiferi superficiali a falda libera che possano interferire con l'opera in progetto. La disamina del portale del Servizio Geologico d'Italia per la consultazione dei dati tecnici relativi alle indagini nel sottosuolo trasmessi ai sensi della legge 464/84 e fruibili tramite il Portale del Servizio Geologico d'Italia (<http://portalesgi.isprambiente.it/it>), ha evidenziato falde superficiali nell'areale sensibile a partire da circa 30m, con punte massime di 60/80m su pozzi da 100mt.

La suddivisione in classi di permeabilità è stata effettuata, utilizzando come base di partenza le caratteristiche geologiche delle formazioni presenti. I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento (tab. 1) possono essere suddivisi in:

| GRADO DI PERMEABILITÀ | VALORE DI K (M/S) |
|-----------------------|-----------------------|
| alto | superiore a 10^{-3} |
| medio | $10^{-3} - 10^{-5}$ |
| basso | $10^{-5} - 10^{-7}$ |
| molto basso | $10^{-7} - 10^{-9}$ |
| impermeabile | minore di 10^{-9} |

Classe 1 → medio - alta permeabilità, localmente medio - bassa ⇒ [Alluvioni recenti terrazzate dell'Olocene]

Si tratta di terreni a circolazione idrica discreta, costituiti prevalentemente da coperture alluvionali allo stato sciolto o semicoerente. La permeabilità per porosità è generalmente medio-alta in corrispondenza di livelli ciottoloso-sabbiosi in prossimità degli alvei dei corsi d'acqua, localmente medio-bassa in corrispondenza dei livelli fini ben costipati e/o cementati delle alluvioni terrazzate [$10^{-2} \geq K \geq 10^{-5}$].

Classe 2 → medio bassa permeabilità ⇒ [Alluvioni antiche Pleistoceniche]

Vi rientrano le alluvioni antiche di conoide alluvionale, terrazzate, costituiti da livelli sabbioso-ciottolosi, conglomeratici, con intercalazioni limo-argillose, ben costipate e talora ferrettizzate. La permeabilità per porosità è generalmente bassa per la presenza di livelli da molto compatti sino a cementati, localmente media in corrispondenza dei livelli a maggiore componente arenacea [$10^{-4} \geq K \geq 10^{-7}$].

| Età Geologica | Grado di permeabilità relativa | | | Litologia |
|---|--------------------------------|------------|----|---|
| | AP | MP | BP | |
| Olocene Depositi alluvionali recenti - terrazzati | [REDACTED] | | | <i>Depositi alluvionali contenenti ghiaie prevalenti e limitate lenti di sabbie e ghiaie fini</i> |
| Pleistocene Alluvioni antiche terrazzate | | [REDACTED] | | <i>Depositi di conoide alluvionale, costituiti da ghiaie con subordinate sabbie, terrazzate</i> |

1.4 - Lineamenti climatici generali

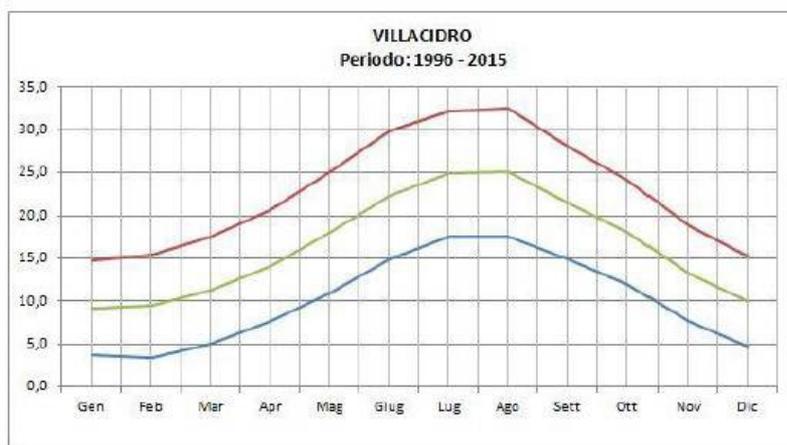
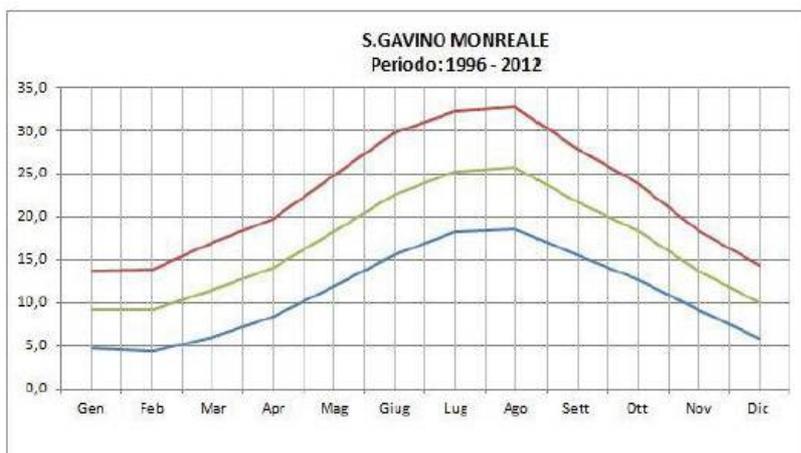
Per poter quindi delineare i caratteri climatici dell'area vengono analizzati e descritti i principali parametri meteorologici: temperatura, piovosità e ventosità. A tal fine vengono acquisite le serie storiche dei dati pluvio-termometrici ed anemometrici rilevati nelle stazioni meteorologiche ricadenti nel territorio in esame ed in quelle ubicate nel suo intorno. Sulla scorta dell'analisi dei dati acquisiti sono stati descritti i singoli regimi. In assenza di stazioni di rilevamento ubicate nell'area di pertinenza sono stati utilizzati i dati relativi alle principali stazioni meteo della Sardegna, con caratteri orografici e di esposizione il più possibile vicini a quelli dell'area in esame.

Per la caratterizzazione del regime pluviometrico dell'area, oltre ai dati rilevati nella stazione pluviometrica direttamente interessata, sono stati acquisiti ed analizzati i dati delle stazioni limitrofe. Il settore in esame si trova nel Campidano centro-meridionale e ricade nella fascia climatica del tipo di clima subtropicale. La temperatura media annua nel territorio del Campidano, tipicamente mediterraneo, è compresa fra i 16° e i 18° C, con temperature superiori ai 30 gradi centigradi per almeno 60 giorni all'anno e massime che talvolta superano i 40 gradi centigradi.

I mesi più freddi sono Gennaio e Febbraio (con valori minimi registrati a Febbraio) con valori medi di temperatura minima intorno ai 3°C, mentre i mesi più caldi sono Luglio ed Agosto (valori massimi registrati ad Agosto) con valori medi di temperatura massima che arrivano fino ai 34°C. Per quanto concerne le medie mensili i valori dei mesi più freddi e più caldi si assestano attorno a valori di circa 9-10°C e attorno a circa 25°C rispettivamente.

Di seguito sono riportati i grafici (fonte Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna SAR) che mostrano gli andamenti delle medie mensili delle temperature, inclusi gli andamenti delle medie delle temperature massime e minime, calcolate sull'arco temporale disponibile per ciascuna delle stazioni prese in esame (San Gavino Monreale, Villacidro).

La distribuzione spaziale dei valori medi di temperatura minima per l'area campidanese mostra



un andamento decrescente dalla costa verso l'interno, legata alla presenza del mare, ma anche ad un leggero effetto dovuto alla variazione della latitudine ed alla presenza dei rilievi orografici.

Secondo questo

| | |
|------|------|
| m.a. | 16.6 |
| | 15.8 |

andamento, le zone costiere di Oristano e

Cagliari sono caratterizzate da valori minimi di circa 12°C-13°C che passano a valori tra 10°C e 12°C nella pianura.

Il Campidano conferma di essere una delle zone con le temperature medie più alte. Anche dall'analisi delle medie mensili delle temperature diurne

delle stazioni termometriche di Sanluri e Serrenti si evidenziano valori medi massimi registrati a luglio e agosto con medie superiori ai 24°C, e valori medi minimi a Gennaio-Febbraio intorno ai

| Stazione | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic | m.a. |
|----------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-------|
| Serrenti | 57.7 | 60.0 | 57.5 | 46.4 | 31.3 | 15.7 | 5.2 | 16.7 | 33.5 | 57.8 | 69.2 | 74.1 | 525.2 |
| Sanluri | 63.9 | 60.5 | 55.3 | 48.9 | 34.1 | 15.4 | 6.0 | 13.7 | 32.9 | 60.4 | 69.9 | 75.4 | 527.1 |

Tab. 2: Medie mensili delle altezze di pioggia (mm)

10°C (periodo più freddo).

La pluviometria riscontrata nel settore varia dai 400 ai 750 mm/anno, con una media annua delle precipitazioni variabile tra circa 500/600 mm. La media annua dei giorni piovosi è compresa tra i 50 ed i 60 giorni. Dall' andamento cumulativo delle precipitazioni medie annuali relativamente alle serie pluviometriche storiche (dati SISS, RAS) a livello regionale, si evince la presenza sull'isola di quattro zone piovose che registrano i massimi dei cumulati: le aree a ridosso del Gennargentu, la parte centrale della Gallura, l'altopiano di Campeda e l'Iglesiente. L'area del Campidano si presenta come zona secca, con un minimo di precipitazioni medie annuali nella zona di Cagliari.

Le precipitazioni sono concentrate nel periodo autunnale-invernale e subordinatamente nel il periodo primaverile (Marzo, Aprile). Gli apporti meteorici sono distribuiti principalmente nei mesi di Ottobre, Novembre, Dicembre, Gennaio e Febbraio. In particolare il mese che fa registrare le medie più alte è quello di Dicembre. Il periodo da Febbraio a Maggio è caratterizzato da piogge primaverili, di entità non trascurabile ma complessivamente di ammontare inferiore a quelle invernali.

La stagione secca comincia generalmente tra Maggio e Giugno e si protrae sovente fino al mese di Settembre. La quantità delle precipitazioni è notevolmente variabile da un anno all'altro, soprattutto nei settori montuosi e della Sardegna orientale, a causa dell'azione combinata della topografia e delle traiettorie delle masse cicloniche sotto la cui influenza viene a trovarsi la Sardegna. Durante il periodo piovoso, che va dall'autunno alla primavera, la Sardegna è prevalentemente interessata da aree cicloniche di provenienza Atlantica che determinano sull'isola ripetute precipitazioni. Come si evince dalla carta della distribuzione pluviometrica, l'area campidanese presenta un regime pluviometrico compreso tra 500 e 600 mm annui. La piovosità annua, ottenuta per interpolazioni dei dati delle stazioni circostanti (stazioni pluviometriche di Serrenti e Sanluri), si aggira su valori prossimi a 525 mm/anno.

Il bilancio idrico secondo Thorntwaite produce un deficit idrico fra i mesi di maggio ed ottobre. I venti dominanti sono quelli provenienti dal IV quadrante (ponente e maestrale) e dal III quadrante (scirocco e libeccio). I mesi più ventosi sono generalmente quelli invernali. Il regime dei venti è caratterizzato dalla predominanza di due direzioni di provenienza: quella di N-NO (maestrale) e quella di SSE (scirocco). I venti dominanti raggiungono spesso velocità elevate superando anche i 25 m/s. Dall'analisi dei singoli regimi meteoroclimatici il territorio in esame ricade in un settore della

Sardegna caratterizzato, secondo la classificazione climatica di Köppen, dal tipo di clima temperato subtropicale o mediterraneo secco tendente al subtropicale, caratterizzato da siccità estiva ed inverni piovosi con temperature miti (Csa), che caratterizza per l'appunto il clima mediterraneo, tipico delle zone costiere e delle pianure della Sardegna.

1.5 – Pericolosità geologica

L'insieme dei fenomeni geologici e dei loro effetti su una determinata zona rappresenta quella che si definisce la pericolosità geologica, che comprende i fenomeni naturali quali ad esempio le frane, le alluvioni, i terremoti, le eruzioni vulcaniche ect. Nella fattispecie in questione, il quadro normativo di riferimento della Regione Sardegna disciplina la pericolosità idrogeologica e la pericolosità sismica.

1.5.1 - Pericolosità Idrogeologica

In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato dei piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera e/o intervento da realizzarsi.

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) approvato definitivamente dal Comitato istituzionale con Delibera n.2 del 17.12.2015, 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 del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA)

Il Comune di Samassi e Serrenti sono ricompresi all'interno del U.I.O del Flumini Mannu - Cixerri così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna. Nella fattispecie il sito oggetto di intervento ricade nella cartografia attualmente disponibile on-line e consultabile tramite la piattaforma "Sardegna Geoportale" (sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F" (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica di cui agli articoli 24/25 delle norme di attuazione del PAI Titolo III cap. I/II/III), in un'area con assenza sia di pericolosità idraulica Hi (Art. 8 - Rev. 59) che di pericolosità geomorfologia (Art. 8 - Rev. 42).

Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica



Figura 10 - Perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del sett. 2020



Figura 11 - Fasce art. 30 Ter - Ordine gerarchico (numero di Horton-Strahler)

1.5.2 - Progetto P.S.F.F

Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) relativo al bacino 07 Flumendosa Campidano-Cixerri, non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica.



Figura 12 - Perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica mappate dal PSFF aggiornate alla data del dic. 2020

1.5.3 - Progetto I.F.F.I

Da una analisi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Sardegna (IFFI), nell'area non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con eventi franosi.

1.5.4 - Pericolosità sismica di base

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è manifestata attraverso la Classificazione Sismica del Territorio, che si basa sull'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e l'applicazione di speciali norme tecniche per le costruzioni (NTC) nelle zone classificate sismiche. Ai fini della caratterizzazione del territorio o di porzioni di esso è pertanto importante individuare l'appartenenza di ciascun comune o porzione di esso ad una delle zone sismiche definite sulla base del valore massimo del parametro di pericolosità sismica valutato all'interno dell'area considerata.

| Decreti fino al 1984 | GdL 1998 | Classificazione 2003 |
|----------------------|-------------------|----------------------|
| S=12 | Prima categoria | zona 1 |
| S=9 | Seconda categoria | zona 2 |
| S=6 | terza categoria | zona 3 |
| non classificato | N.C. | zona 4 |

Quadro Normativo e Caratterizzazione Sismica del Territorio: La legislazione antisismica italiana, sino al 2003 classificava il territorio nazionale in tre categorie sismiche. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, corrispondente al 45% della superficie del territorio nazionale nel quale risiede il 40% della popolazione. Nei Decreti emessi fino al 1984 la sismicità fu definita attraverso il "grado di sismicità" S; nella proposta di

riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzarono 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC). La corrispondenza fra le diverse definizioni succedutesi nel tempo è sintetizzata in tabella. Nella Classificazione 2003 la sismicità fu definita da quattro zone omogenee numerate da 1 a 4. I criteri di classificazione sismica del territorio nazionale contenuti nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, furono basati sugli studi e le elaborazioni relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio fosse interessato in un certo periodo (generalmente 50 anni) da un evento che superava una determinata soglia di intensità o magnitudo. L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", affidò alle Regioni l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dando in questo modo attuazione al D. Lgs. 112/1998 ed in particolare agli articoli 93 comma 1g e 94 comma 2a, indicanti la ripartizione tra Stato e Regioni delle competenze in materia di riduzione del rischio sismico. L'Ordinanza, allineando il sistema

normativo per le costruzioni in zona sismica al sistema dei codici europei (EC8), consentì la razionalizzazione del processo d'individuazione delle zone sismiche.

L'allegato 1 di tale Ordinanza, il cui aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004) previsto dall'O.P.C.M. 3274/03 fu adottato con l' dall'O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006, stabilì che le zone sismiche erano individuate da 4 valori dell'accelerazione orizzontale di picco del suolo [ag] con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. In particolare le "Norme tecniche" indicarono 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare; pertanto la sismicità fu

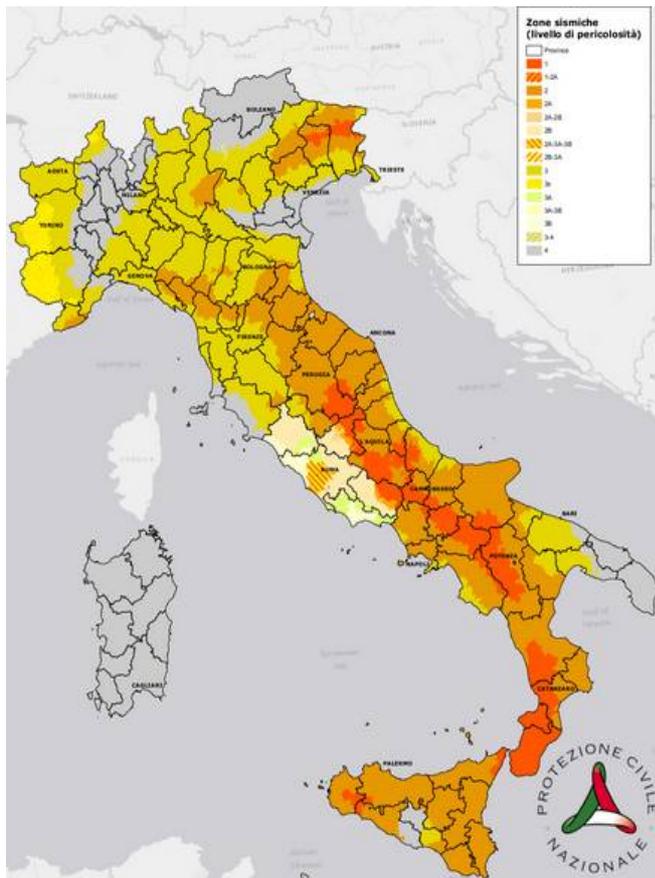


Figura 13 - Livello di pericolosità sismica dei Comuni italiani (2020)

definita mediante zone omogenee numerate da 1 a 4 in ordine crescente di pericolosità.

- Zona 1 - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali $[ag/g] \geq 0,25g$.
- Zona 2 - Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,25g > [ag/g] \geq 0,15g$ possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- Zona 3 - Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,15g > [ag/g] \geq 0,05g$ possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- Zona 4 - È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali $[ag/g] < 0,05g$ le possibilità di danni sismici sono basse.

Nella Carta della Zonazione Sismica del territorio nazionale (2003-2004) e nella Classificazione Sismica dei Comuni Italiani (OPCM 3274 20/03/2003 Allegato A), i Comune di Samassi e Serrenti ricadevano in zona 4. Per la presenza di alcuni errori ed imprecisioni nel testo dell'Ordinanza 3274 furono emendate dalla successiva Ordinanza 3316 del 2 ottobre 2003 "Modifiche ed integrazioni al testo dell'Ordinanza 3274". L'Ordinanza 3431, pubblicata sulla G.U. del 10 maggio 2005, apportò inoltre ulteriori modifiche, integrazioni e, a volte, semplificazioni all'Ordinanza 3274 del 2003, ne prorogò di ulteriori 3 mesi il periodo sperimentale di applicazione e traslò l'entrata in vigore, a carattere vincolante delle nuove norme sismiche al 8 agosto 2005 (adottato con l'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 Aprile 2006). Il periodo di proroga fu ulteriormente esteso da Ordinanze successive fino all'emanazione del "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni (Testo Unico)" del 23 settembre 2005.

L'Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003 non entrò mai in vigore come norma vincolante, ma il suo impianto generale fu tuttavia confermato dalle norme successive. Il DM 14/09/2005 "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 23 settembre 2005, che rappresentò la legge di riferimento per l'ingegneria civile, identificò i livelli di sicurezza e le prestazioni delle costruzioni, unificando sia le norme relative al comportamento e alla resistenza dei materiali e delle strutture sia quelle relative alla definizione delle azioni e dei loro effetti. Più specificamente per l'analisi sismica il decreto riprese la caratterizzazione delle azioni con l'impostazione generale introdotta dalle Ordinanze 3274 e 3431. Le procedure operative di dettaglio descritte in queste ultime erano da intendersi solo come suggerimenti esemplificativi e non come imposizioni prescrittive. In particolare ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il D.M. 14 settembre 2005 prescrisse "la necessità di valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale". Qualora tali valori non fossero disponibili, poteva essere utilizzata "la classificazione basata sulla stima dei valori della velocità

media delle onde sismiche di taglio Vs o il numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media Cu". Nella mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale 2005, edita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia,), i Comuni di Samassi e Serrenti come l'intero territorio isolano, non presentò alcuna variazione: tutti i Comuni furono inseriti nella classe 4. L'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 al comma 2.1. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", dispone che "In zona 4 è lasciata facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica", confermando quanto prescritto nelle precedenti ordinanze. Il D.G.R. 15/31 del 30 marzo 2004, stabilisce di recepire in via transitoria, fino a nuova determinazione conseguente all'aggiornamento della nuova mappa di rischi sismico nazionale, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell'allegato A dell'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 in cui tutti i Comuni isolani sono inseriti in zona 4 rimane in vigore il D.G.R. 15/31 del 30 marzo 2004, che consente per i Comuni della Sardegna la "non introduzione dell'obbligo della progettazione antisismica. Per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità, nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone. Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Le Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), che sostituiscono quelle approvate con D.M. del 14 settembre 2005, hanno, infatti, modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini Amministrativi Comunali. Va precisato che, in seguito a tale classificazione, tutte le regioni italiane (compresa la Sardegna) risultano a rischio sismico. In tutto il territorio nazionale vige quindi l'obbligo di progettare le nuove costruzioni e intervenire sulle esistenti con il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e tenendo conto dell'azione sismica. Limitatamente alle

costruzioni ordinarie presenti nei siti ricadenti in zona 4, per le costruzioni di tipo 1 e 2 e di classe d'uso I e II, la norma consente l'utilizzo della "vecchia" metodologia di calcolo alle tensioni ammissibili di cui al D.M. 16 gennaio 1996, ma obbliga comunque a tenere conto dell'azione sismica con l'assunzione di un grado di sismicità convenzionale $S=5$. La Classificazione Sismica (Zona Sismica di Appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli Enti preposti. L'entrata in vigore della revisione della norma NTC08, nel 2018, segna il definitivo abbandono della metodologia delle tensioni ammissibili: dal 22/03/2018, con l'entrata in vigore delle NTC08 non sarà più possibile utilizzare questa metodologia, neanche per le ex-zone 4, a favore del metodo semiprobabilistico agli Stati Limite. Inoltre nella norma NTC2018 sparisce ogni riferimento alla classificazione in zone sismiche, un refuso di stampa contenuto nelle NTC08 che contrastava fortemente con la metodologia della norma e con il calcolo a nodi degli scuotimenti attesi.

a) Pericolosità Sismica Locale

L'obiettivo delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) nella progettazione di nuove strutture è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito. L'azione sismica di progetto è definita dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione descritta dalla probabilità che, in un fissato intervallo (periodo di riferimento "VR" espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR".

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A - NTC), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag - accelerazione orizzontale massima al sito;
- 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.

Poiché le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR variano al variare dello stato limite considerato, nelle verifiche devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo e di esercizio. In particolare, sono da valutare gli Stati Limite di Esercizio SLO

(Stato Limite di Operatività) e SLD (Stato Limite di Danno) e gli Stati Limite Ultimi SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso). Per la determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) è indispensabile conoscere le coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare. Si determina, quindi, la maglia di riferimento con l'ausilio delle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto: si ottengono in tal modo tre valori: a_g ($g/10$), F_0 e T_c^* → [definiscono le forme spettrali]. I valori di a_g , F_0 e T_c^* per gli “stati limite di esercizio”, SLO e SLD, e per gli “stati limite ultimi”, SLC e SLD, sono calcolati con interpolazione basata sulle distanze, per maglie di riferimento rappresentative dell'intera area nella quale dovrà essere realizzato l'impianto utilizzando la Classe d'uso I (presenza occasionale di persone)

b) Categorie di Sottosuolo

Per identificare la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2. NTC 2018) finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori di V_S eq possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, dove per le fondazioni superficiali è riferita al piano di posa delle stesse: secondo lo schema presente nell'Ordinanza (NTC 2018) si tratta di un suolo appartenente alla Classe C associando il piano di imposta delle fondazioni al substrato. Di seguito si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II - NTC 2018).

| Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. | |
|--|---|
| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |

c) Condizione Topografica



Il moto generato da un terremoto, oltre che dalle caratteristiche stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono, dipende dalle caratteristiche topografiche del sito. Nel caso specifico la superficie interessata dall'opera in progetto rientra nella Categoria topografia T1 – (Tab. 3.2.III - §.3.2.2 NTC 2018 di seguito riportata) per la quale la normativa (§ 7.11.3.3 delle NTC 2008) prevede che “Gli effetti topografici possono essere trascurati” poiché presentano “un'inclinazione media inferiore a 15°”.

| Caratteristiche della superficie topografica | CATEGORIE TOPOGRAFICHE | Valori minimi di V_N (anni) |
|--|--|-------------------------------|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ | T1 |

| Classe d'uso | I | II | III | IV |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| Coefficiente C_u | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

| | TIPI DI COSTRUZIONE | Valori minimi di V_N (anni) |
|---|---|-------------------------------|
| 1 | Costruzioni temporanee e provvisorie | 10 |
| 2 | Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie | 50 |
| 3 | Costruzioni con livelli di prestazioni elevate | 100 |

1.5.4.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento, a partire dai tre parametri validi: a_g = accelerazione massima del terreno [g/10]; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; TC^* = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

Dati sull'area SENSIBILE:

$X = 1494683.5102$ longitudine E

$Y = 4373382.3064$ latitudine N

Dati sulla costruzione:

Classe d'uso: I (presenza occasionale di persone)

Vita Nominale: 50 anni

Coefficiente d'uso: 0.700000

Vita di riferimento: 35.000000 anni

SLE (N.T.C 2018)

- Dati sulla costruzione (**SLO**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000
(**SLO**) Periodo di ritorno: 30.00 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0127 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.5776$
 $\rightarrow Tc^* = 0.1400 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLD**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000
(**SLD**) Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0140 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.5689$
 $\rightarrow Tc^* = 0.1430 \text{ sec}$

SLU (N.T.C 2018)

- Dati sulla costruzione (**SLV**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000
(**SLV**) Periodo di ritorno: 332.19 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0388 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.4973$
 $\rightarrow Tc^* = 0.2881 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLC**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000
(**SLC**) Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0494 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.5289$
 $\rightarrow Tc^* = 0.3247 \text{ sec}$

RELAZIONE GEOTECNICA

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

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

- Sopralluogo nell'area in esame ed esame critico della situazione attuale;
- Stesura di una relazione geotecnica sulla base delle conoscenze dei luoghi litologici per esperienze pregresse svolte dallo scrivente sull'areale sensibile. I dati di dettaglio sono stati acquisiti tramite evidenze litologiche in affioramento nell'area sensibile: sedimenti alluvionali → depositi alluvionali terrazzati olocenici (bna/bnb) ghiaiosi sabbiosi e/o sabbiosi con subordinati limi e argille (ristretti lembi sedimentari); Depositi pleistocenici dell'area continentale → Subsistema di Portoscuso PVM2a ghiaiosi alluvionali terrazzati, con subordinate sabbie.

Morfologicamente trattasi di un'area sub pianeggiante di natura sedimentaria Quaternaria Pleistocenica - Olocenica: Litofacies nel sub-sistema di Portoscuso → ghiaie alluvionali terrazzate (PVM2a). Ad esse si contrappongono in minore misura soprattutto verso SW depositi alluvionali terrazzati Olocenici (bna/bnb) e Coltri eluvio colluviali Oloceniche (b2) detritici immersi in matrice fine. Le pendenze del territorio variabili da circa 96.0m a circa 120.0m s.l.m.m. verso il rio Perda Longa, risultano (medie) inferiori al 10%.

2. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE E STRATIGRAFICHE SUL SEDIME

L'analisi dell'area sensibile conferma una situazione geomorfologica locale stabile, essendo il progetto ubicato in una zona sub pianeggiante leggermente degradante da NNE verso SSW, e una condizione litologica e geostrutturale piuttosto definita con ottima caratterizzazione meccanica del substrato essenzialmente marnoso siltoso arenaceo (RML) Miocenico. Allo stesso è associata la presenza di una copertura quaternaria a giacitura orizzontale e omogenea di materiale detritico eluvio-colluviale (b2) e/o alluvionale terrazzato (bna/bnb), costituito essenzialmente da livelli ghiaiosi sabbiosi alluvionali terrazzati, a grana medio grossa, conglomeratici nelle parti cementate, in matrice fine coesiva diversamente distribuita. In funzione di ciò, si può affermare che l'area è impostata principalmente su depositi della copertura quaternaria continentale, rappresentati inizialmente da un suolo superficiale (sottoposto ad aratura) di debole spessore soprastante depositi alluvionali antichi (Litofacies del Subsistema di Portoscuso - PVM2a), caratterizzati prevalentemente da materiali granulari in matrice coesiva costituiti da livelli limoso-sabbioso-argillosi con carbonato di calcio in forma di incrostazioni e screziature, seguiti da livelli coesivi limoso-argillosi carbonatici di facies marnoso-siltosa-argillosa, dal contatto graduale.

Le caratteristiche composizionali e tessiturali dei depositi Pleistocenici e Olocenici sia in senso verticale sia nello sviluppo orizzontale sono legate principalmente alle variazioni del regime di flusso delle acque durante gli eventi alluvionali che hanno interessato l'area nella storia pregressa. Si evidenzia, che le variazioni climatiche quaternarie hanno determinato intensi processi di erosione areale e lineare, con rimaneggiamento dei depositi pre-quaternari lungo il bordo orientale del graben, con conseguente deposizione di estese conoidi alluvionali che caratterizzano, in particolare la parte orientale dell'abitato di Samassi e l'area sensibile. Successivamente tali conoidi sono state reincise e terrazzate, con rimaneggiamento dei sedimenti alluvionali, per cui nelle porzioni più distali non è facile stabilire il limite con le successive alluvioni recenti.

La tessitura dei depositi rilevati si presenta compatibile con la storia geologica del settore, infatti la composizione delle alluvioni nella parte orientale della piana del Flumini Mannu (in cui ricade l'area sensibile) è legata al rimaneggiamento delle formazioni affioranti lungo le colline nel bordo orientale del graben, caratterizzate dai sedimenti marnoso-arenacei e dalle vulcaniti della successione oligo-miocenica. L'eterogeneità granulometrica legata alla maggiore o minore presenza della componente sabbiosa, limosa, della frazione argillosa, la presenza discontinua di carbonato di calcio disperso nella matrice o in forma di sottili incrostazioni, lo spessore, il contenuto naturale d'acqua, influenzano lo stato di addensamento/consistenza e la condizione

geotecnica generale propria di questi depositi. Questi sedimenti da granulari in matrice coesiva a più francamente coesivi presentano discrete risposte di resistenza alla penetrazione di punta (R_p); in funzione di ciò presentano caratteristiche geomeccaniche discrete, mostrando un buon grado di consistenza/addensamento.

Dal punto di vista del loro comportamento geomeccanico, presentano caratteristiche variabili, passando da una litologia incoerente in matrice coesiva nei termini più attrattivi con un contenuto moderato di frazione argillosa, a coesiva nei termini più francamente limosi argillosi. La tipica variabilità litologica dei depositi di ambiente alluvionale, si manifesta nello stato di consistenza/addensamento dei sedimenti, che influisce sui valori della resistenza alla penetrazione da prove S.P.T (Standard Penetration Test).

Le opere previste in progetto non comporteranno scavi importanti per la posa delle fondazioni, né sbancamenti, né determineranno una modificazione nell'equilibrio morfologico dell'area d'intervento. Più precisamente le strutture verranno realizzate mediante infissione di un palo (es. scatolare a doppia T) del diametro massimo di 20cm, con incastro di punta massimo a -2.0m da p.c..

Allo stato attuale, l'area di progetto inserita in un paesaggio morfologico sub pianeggiante, non è interessata da processi gravitativi, vista la modesta pendenza né da fenomeni di erosione idrica concentrata. Pertanto, i processi morfogenetici attivi si limitano a fenomeni di dilavamento diffuso lungo le aree di compenetrazione, durante i periodi intensamente piovosi, ed a localizzata sedimentazione eluvio-colluviale. Le uniformità locali di compattazione, la maggiore o minore presenza del legante (limo ed argilla), la presenza (%) o meno di elementi più grossi (sabbie grosse – ghiaie, sino a ciottolame), influenzano la condizione geotecnica generale propria di questi strati, dello spessore superiore ai 10.0 metri da p.c., comunque variabile a seconda del tipo di sedimentazione considerata, come ad esempio nei depositi detritici eluvio colluviali gli spessori si attestano nell'ordine di qualche metro. Nel nostro caso, ci si potrà attestare, con lo scavo per la realizzazione delle fondazioni su palo infisso, sempre all'interno di una stessa litologia alluvionale terrazzata (PVM2a_bn), per la minima profondità di infissione, così descritta:

- Sistema di Portoscuso (PVM2a): alluvionale terrazzato ghiaioso con subordinate sabbie Pleistocene;
- Depositi alluvionali terrazzati Olocenici (bna): ghiaie con subordinate sabbie;
- Depositi alluvionali terrazzati Olocenici (bnb): sabbie con subordinati limi e argille.

In generale: Ghiaie e Sabbie limose argillose con ciottolotti e/o livelli ciottolosi in matrice limosa sabbiosa sovrastante livelli di argille limose verdastre addensate, passanti a sabbiose medio fini in profondità. In questo contesto si evidenzia una sedimentazione di alluvioni fini, che si

manifesta con livelli limosi da argillosi a debolmente sabbiosi, a cui si alternano livelli conglomeratici di debole spessore a diverso grado di addensamento e consistenza, non solo per il diverso contenuto nella frazione argillosa - limosa, ma anche per l'inclusione di elementi clastici, il cui ordine di grandezza varia dalle ghiaie fini ai ciottoli e ciottoletti.

Le caratteristiche geomeccaniche, utili alla determinazione del carico limite e della generale idoneità del terreno riguardo all'opera d'intervento, sono state ricavate da esperienze lavorative eseguite in aree limitrofe, litologicamente omogenee, oltre alle verifiche puntuali (osservazioni litologiche in affioramento/tagli stradali) svolte sui luoghi. I valori di N/SPT (indice di portanza standard per la resistenza del terreno correlabile con la formula di "Parry – 30NSPT/3" in daN/cm²) utili alla definizione dei parametri geotecnici delle unità litostratigrafiche che insistono al piano di posa della fondazione (palo) sono indicati nella tabella sottostante, escludendo la copertura pedogenizzata in quanto poco significativa, di minimo spessore:

Unità A → Depositi alluvionali terrazzati, con subordinati livelli limo argillosi e/o più francamente argillosi con l'aumento della profondità, con sporadiche inclusioni eterometriche clastiche, da addensati sino a duri:

| | |
|---|---|
| Peso di volume naturale (γ_n) | 18,65KN/M ³ |
| Peso di volume saturo (γ_w) | 19,80 KN/m ³ |
| Angolo di attrito interno (φ) | 28° ± 2 (Japanese National Railway) |
| Coesione n.d. | 19.61 kN/m ² |
| Modulo Edometrico (M) | 24222,42 kN/m ² (Menzebach e Malcev) |
| Modulo Elastico (E) | 33832,94 kN/m ² (D'Appolonia et Alii.) |
| Coefficiente di Winkler [$Q = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$] | 2.56 Kg/cm ³ |
| N/SPT | ≥ 20 |
| Resistenza del terreno da SPT (Parry) | ≥ 1.96 daN/cm ² |
| NTC 2018 TERZAGHI (1955) | [Qult] 416.0 kN/m ² ÷ Resistenza di progetto [Rd] 231.11 kN/m ² |
| Caratteristiche strato | addensato – molto addensato/duro |

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

2.1 - Verifica degli SL secondo le NTC 2018

Premessa: *Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C 2008) la verifica di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (S.L.U) di resistenza, si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite la disequazione: $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto (risultante della combinazione delle azioni agenti sulle costruzioni), R_d è la resistenza di progetto del terreno, che equivale al carico limite calcolato con il metodo delle tensioni ammissibili*

(D.M.11/03/88) ridotto di un certo coefficiente parziale (γ_R). Il valore di progetto si ottiene con una combinazione delle azioni sulle costruzioni e di coefficienti parziali, che tiene conto del massimo carico d'esercizio trasmesso sulla fondazione, dato da $N = G + Q$, che è la somma dei carichi permanenti sfavorevoli (G) e dei carichi variabili sfavorevoli (Q). La combinazione delle azioni è funzione del tipo di calcolo, se finalizzato agli stati limite ultimi (SLU) o agli stati limite d'esercizio (SLE). Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) si possono adottare 2 metodi:

Il primo metodo tiene conto di 2 combinazioni:

- Strutturale (STR): è lo stato limite di resistenza della struttura e riguarda gli elementi di fondazione e di sostegno del terreno; è definito dalla combinazione A1+M1+R1;
- Geotecnico (GEO): è lo stato limite di resistenza del terreno, si utilizza per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno che interagiscono con il terreno; è definito dalla combinazione A2+M2+R2;

Il secondo metodo si basa su di una combinazione unica, che considera sia gli Stati Limite Ultimi strutturali che geotecnici, definita da A1+M1+R3.

Le combinazioni sono formate da gruppi di coefficienti parziali γ con:

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

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

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

dove $E_{inst,d}$ è il valore di progetto dell'azione instabilizzante, $E_{stb,d}$ è il valore di progetto dell'azione stabilizzante. La verifica della suddetta condizione deve essere eseguita impiegando come fattori parziali per le azioni i valori γ_F riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I. Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1, deve essere rispettata la condizione: $E_d \leq R_d$ [§ 6.2.1] essendo E_d il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito dalle relazioni [6.2.2a] o [6.2.2b]. Effetto delle azioni e resistenza di progetto sono espresse nelle [6.2.2a] e [6.2.3] rispettivamente in funzione delle azioni di progetto $\gamma_f F_k$, dei parametri geotecnici di progetto X_k/γ_M e dei parametri geometrici di progetto a_d . Il coefficiente parziale di sicurezza γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema. L'effetto delle azioni di progetto può anche

essere valutato direttamente con i valori caratteristici delle azioni come indicato dalla [6.2.2b] con $\gamma E = \gamma F$. In accordo a quanto stabilito al §2.6.1, la verifica della condizione [6.2.1] deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

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

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

La verifica della stabilità globale deve essere effettuata secondo quanto previsto nel capitolo 6.8 secondo la combinazione 2 dell'approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali delle tabelle 6.2.1 e 6.2II per le azioni e i parametri geotecnici, e nella tabella 6.8.1 per le resistenze globali.

Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica $[A_1+M_1+R_3]$ in condizioni drenate (piano di posa): la verifica è stata svolta per un palo del diametro massimo di 20 cm, con incastro di punta a -2.0m da p.c..

DATI GENERALI

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

SISMA

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

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | C |
| Categoria topografica: | T1 |



Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

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

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

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

STRATIGRAFIA TERRENO

| Spessor e strato [m] | Peso unità di volume [kN/m ³] | Peso unità di volume satturo [kN/m ³] | Angolo di attrito [°] | Coesion e [kN/m ²] | Coesion e non drenata [kN/m ²] | Modulo Elastico [kN/m ²] | Modulo Edometrico [kN/m ²] | Poisson | Descrizione |
|----------------------------|--|---|-----------------------------|--------------------------------------|---|--|--|---------|--------------------------------|
| 0,4 | 17,65 | 18,63 | 26 | | | 7354,04 | | 0,3 | Copertura frammista a suolo |
| 6,0 | 18,65 | 19,80 | 28 | 9,81 | 19,61 | 33832,94 | 24222,42 | 0,35 | Unità A |

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

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

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

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

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

Autore: TERZAGHI (1955)

- Carico limite [Qult] 416.0 kN/m²
- Resistenza di progetto [Rd] 231.11 kN/m²
- Tensione [Ed] 138.67 kN/m² (ipotesi di verifica cedimenti 98,06 KN/m²)
- Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3,0

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

===== A1 + M1 + R3

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



Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 416.1 kN/m²
Resistenza di progetto 180.91 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

SISMA

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

Carico limite 416.0 kN/m²
Resistenza di progetto 231.11 kN/m²

2.1.1 - CEDIMENTI

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto 98.06 kN/m²
Cedimento dopo T anni 15.0
Distanza 1.28 m
Angolo 54.07 °
Cedimento totale 0.002 cm

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

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

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto 98,06 kN/m² (ipotesi di verifica)
Cedimento al centro della fondazione 0,17 mm
Cedimento al bordo 0,08 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 98,06 kN/m² (ipotesi di verifica)
Tempo 15.0
Profondità significativa Zi (m) 2
Media dei valori di Nsp_t all'interno di Zi 20
Fattore di forma fs 1
Fattore strato compressibile fh 1
Fattore tempo ft 1.44
Indice di compressibilità 0.026
Cedimento 1.362 mm

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

Livello non liquefacibile



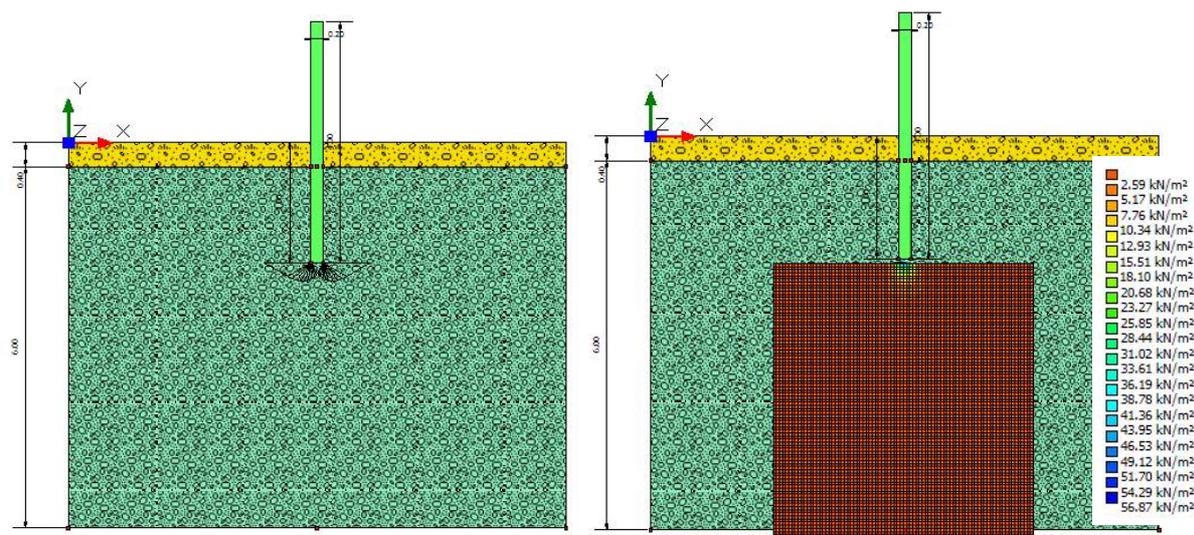


Figura 14 – Cuneo di intrusione / Bulbo delle pressioni

2.2 – Considerazioni sulla scavabilità e tenuta dei fronti di scavo

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

La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno interessato. E' infatti possibile dare allo scavo un'inclinazione (inclinazione di sicurezza) tale per cui essa risulti stabile nel breve periodo senza che vi sia pericolo di crollo. La stabilità nei livelli alluvionali Pleistocenici - Olocenici diversamente addensati, essendo materiali a comportamento attrattivo in matrice fine coesiva, è legata, indipendentemente dall'altezza dello scavo al valore dell'angolo di attrito interno del materiale. Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come $FS = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$, dove ϕ = angolo di attrito interno del materiale e β = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1. Nel nostro caso, avendo le coperture Quaternarie Oloceniche un $\phi = 28^\circ$, per lavorare in condizioni di sicurezza, si potrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo min. di circa 27° . Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici accorpabili per uniformità litologiche locali (riconducibili ad un unico **livello A**) $\rightarrow c_u =$

$19.61 \text{ KN/m}^2 - \gamma_n = 18.65 \text{ KN/m}^3$ e utilizzando la seguente relazione: $H_c = 4 c/\gamma_n$ si ottiene un'altezza critica di scavo $H_c = \sim 4.20 \text{ m}$. Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di eventuale acqua a breve profondità legata alla stagionalità del periodo, il valore dell'altezza critica (Hc) (Terzaghi) risulta ridotto per $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 2.10 \text{ m}$

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

3. CONCLUSIONI

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

- Gli interventi in progetto, sono ricompresi in un'area lorda di 41Ha, all'interno dei confini amministrativi del Comune di Samassi e Serrenti. L'analisi dell'area sensibile ha confermato una situazione geomorfologica locale stabile, essendo il progetto ubicato in una zona sub pianeggiante leggermente degradante da NNE verso SSW, e una condizione litologica e geostrutturale piuttosto definita con ottima caratterizzazione meccanica del substrato essenzialmente marnoso siltoso arenaceo (RML) Miocenico. Allo stesso è associata la presenza di una copertura quaternaria a giacitura orizzontale e omogenea di materiale detritico eluvio-colluviale (b2) e/o alluvionale terrazzato (bna/bnb), costituito essenzialmente da livelli ghiaiosi sabbiosi alluvionali terrazzati, a grana medio grossa, conglomeratici nelle parti cementate, in matrice fine coesiva diversamente distribuita. In funzione di ciò, si può affermare che l'area è impostata principalmente su depositi della copertura quaternaria continentale, rappresentati inizialmente da un suolo superficiale (sottoposto ad aratura) di debole spessore soprastante depositi alluvionali antichi (*Litofacies del Subsistema di Portoscuso - PVM2a*), caratterizzati prevalentemente da materiali granulari in matrice coesiva costituiti da livelli limoso-sabbioso-argillosi con carbonato di calcio in forma di incrostazioni e screziature, seguiti da livelli coesivi limoso-argillosi carbonatici di facies marnoso-siltosa-argillosa, dal contatto graduale. Le tipologie di terreni descritti in relazione sono stati raggruppati secondo il seguente criterio geomeccanico:
 - Subsistema di Portoscuso (PVM2a): alluvionale terrazzato ghiaioso con subordinate sabbie Pleistocene;
 - Depositi alluvionali terrazzati Olocenici (bna): ghiaie con subordinate sabbie;
 - Depositi alluvionali terrazzati Olocenici (bnb): sabbie con subordinati limi e argille.
- Nell'area d'interesse non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto né segni che ne lascino presagire l'occorrenza; non è stata riscontrata la presenza d'alcun elemento tettonico attivo, quali faglie o dislocazioni in genere, che possa favorire l'innescarsi di dissesti di qualsiasi natura e provocare ripercussioni sulla stabilità delle opere in progetto. Essa, inoltre, non è interessata da fenomeni di subsidenza, né sono stati rilevati altri fenomeni morfogenetici attivi in grado di influire in maniera significativa sulla stabilità dell'area. In considerazione delle caratteristiche tecniche dei terreni unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono, l'area rimane caratterizzata da buone condizioni di stabilità.

- Geologicamente nell'area affiorano terreni quaternari alluvionali terrazzati. La distinzione tra le varie sedimentazioni è legata alle caratteristiche morfometriche della frazione grossolana, al grado di compattazione, al contenuto e alla ferrettizzazione della matrice fine. La suddivisione in classi di permeabilità è stata effettuata, utilizzando come base di partenza le caratteristiche geologiche delle formazioni presenti. I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento possono essere suddivisi in:

Classe 1 → medio - alta permeabilità, localmente medio - bassa ⇒ [Alluvioni recenti terrazzate dell'Olocene]

Si tratta di terreni a circolazione idrica discreta, costituiti prevalentemente da coperture alluvionali allo stato sciolto o semicoerente. La permeabilità per porosità è generalmente medio-alta in corrispondenza di livelli ciottoloso-sabbiosi in prossimità degli alvei dei corsi d'acqua, localmente medio-bassa in corrispondenza dei livelli fini ben costipati e/o cementati delle alluvioni terrazzate [$10^{-2} \geq K \geq 10^{-5}$].

Classe 2 → medio bassa permeabilità ⇒ [Alluvioni antiche Pleistoceniche]

Vi rientrano le alluvioni antiche di conoide alluvionale, terrazzate, costituiti da livelli sabbioso-ciottolosi, conglomeratici, con intercalazioni limo-argillose, ben costipate e talora ferrettizzate. La permeabilità per porosità è generalmente bassa per la presenza di livelli da molto compatti sino a cementati, localmente media in corrispondenza dei livelli a maggiore componente arenacea [$10^{-4} \geq K \geq 10^{-7}$].

L'assetto idrogeologico locale individuato non consente l'instaurarsi nell'area indicata per il posizionamento dell'impianto, di acquiferi superficiali a falda libera che possano interferire con l'opera in progetto. La disamina del portale del Servizio Geologico d'Italia per la consultazione dei dati tecnici relativi alle indagini nel sottosuolo trasmessi ai sensi della legge 464/84 e fruibili tramite il Portale del Servizio Geologico d'Italia (<http://portalesgi.isprambiente.it/it>), ha evidenziato falde superficiali nell'areale sensibile a partire da circa 30m, con punte massime di 60/80m su pozzi da 100mt.

- Il Comune di Samassi e Serrenti sono ricompresi all'interno del U.I.O del Flumini Mannu - Cixerri così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna. Nella fattispecie il sito oggetto di intervento ricade nella cartografia attualmente disponibile on-line e consultabile tramite la piattaforma "Sardegna Geoportale" (sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F" (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica di cui agli articoli 24/25 delle norme di attuazione del PAI Titolo III cap. I/II/III), in un'area con assenza sia di pericolosità idraulica H_i (Art. 8 - Rev. 59) che di pericolosità geomorfologia (Art. 8 - Rev. 42). Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) relativo al bacino 07

Flumendosa Campidano-Cixerri, non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica. Da una analisi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Sardegna (IFFI), nell'area non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con eventi franosi.

▪ Pericolosità Sismica Locale: la pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa “ag” in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria C - NTC), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
 - ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.
- Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag - accelerazione orizzontale massima al sito;
- 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.

I valori di ag, F_0 e T_C^* per gli “stati limite di esercizio”, SLO e SLD, e per gli “stati limite ultimi”, SLC e SLD, sono calcolati con interpolazione basata sulle distanze, per maglie di riferimento rappresentative dell'intera area nella quale dovrà essere realizzata la nuova struttura e utilizzando la classe d'uso I (*Presenza occasionale di persone, edifici agricoli*).

Categorie di Sottosuolo: per identificare la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2. NTC 2018) finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, dove per le fondazioni superficiali è riferita al piano di posa delle stesse: secondo lo schema presente nell'Ordinanza (NTC 2018) si tratta di un suolo appartenente alla classe C. Di seguito si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II - NTC 2018).

| Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. | |
|--|--|
| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |

Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

| | |
|----------|---|
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i> |
|----------|---|

Condizione Topografica: nel caso specifico la superficie interessata dall'opera in progetto rientra nella Categoria topografia T1 – (Tab. 3.2.III - §.3.2.2 NTC 2018 di seguito riportata) per

la quale la normativa (§ 7.11.3.3 delle NTC 2008) prevede che “Gli effetti topografici possono essere trascurati” poiché presentano “un'inclinazione media inferiore a 15°”.

| CATEGORIE TOPOGRAFICHE | |
|--|---|
| Categoria Caratteristiche della superficie topografica | |
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

Tab. 2.4.I.

| | | | | |
|--------------------|------------|-----|-----|-----|
| Classe d'uso | I | II | III | IV |
| Coefficiente C_u | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

Tab. 2.4.I.

| | TIPI DI COSTRUZIONE | Valori minimi di V_N (anni) |
|---|---|-------------------------------|
| 1 | Costruzioni temporanee e provvisorie | 10 |
| 2 | Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie | 50 |
| 3 | Costruzioni con livelli di prestazioni elevate | 100 |

Dati sull'area SENSIBILE:

X = 1494683.5102 longitudine E

Y = 4373382.3064 latitudine N

Dati sulla costruzione:

Classe d'uso: I (presenza occasionale di persone)

Vita Nominale: 50 anni

Coefficiente d'uso: 0.700000

Vita di riferimento: 35.000000 anni



SLE (N.T.C 2018)

- Dati sulla costruzione (**SLO**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000
(**SLO**) Periodo di ritorno: 30.00 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0127 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.5776$
 $\rightarrow Tc^* = 0.1400 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLD**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000
(**SLD**) Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0140 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.5689$
 $\rightarrow Tc^* = 0.1430 \text{ sec}$

SLU (N.T.C 2018)

- Dati sulla costruzione (**SLV**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000
(**SLV**) Periodo di ritorno: 332.19 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0388 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.4973$
 $\rightarrow Tc^* = 0.2881 \text{ sec}$
 - Dati sulla costruzione (**SLC**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000
(**SLC**) Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0494 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.5289$
 $\rightarrow Tc^* = 0.3247 \text{ sec}$
- Considerazioni geotecniche preliminari: si tratta di materiali da incoerenti a semicoerenti, con caratteristiche di resistenza meccanica generalmente discrete sia per composizione granulometrica, sia per grado di costipamento e/o cementazione dei sedimenti, confermate dai valori di resistenza alla punta (Parry) ottenuti da prove penetrometriche dinamiche discontinue su litologie correlabili (N/SPT), eventualmente da verificarsi in sede definitiva. Nelle tabelle sottostanti sono riportati i parametri geotecnici dei principali livelli che insistono nell'area analizzata:

Unità A → Depositi alluvionali terrazzati, con subordinati livelli limo argillosi e/o più francamente argillosi con l'aumento della profondità, con sporadiche inclusioni eterometriche clastiche, da addensati sino a duri:

| | |
|---|---|
| Peso di volume naturale (γ_n) | 18,65KN/M ³ |
| Peso di volume saturo (γ_w) | 19,80 KN/m ³ |
| Angolo di attrito interno (φ) | 28° ± 2 (Japanese National Railway) |
| Coesione n.d. | 19.61 kN/m ² |
| Modulo Edometrico (M) | 24222,42 kN/m ² (Menzebach e Malcev) |
| Modulo Elastico (E) | 33832,94 kN/m ² (D'Appolonia et Alii.) |
| Coefficiente di Winkler [$Q = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$] | 2.56 Kg/cm ³ |

Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

| | |
|---------------------------------------|---|
| N/SPT | ≥ 20 |
| Resistenza del terreno da SPT (Parry) | $\geq 1.96 \text{ daN/cm}^2$ |
| NTC 2018 TERZAGHI (1955) | [Qult] 416.0 kN/m ² ÷ Resistenza di progetto [Rd] 231.11 kN/m ² |
| Caratteristiche strato | addensato – molto addensato/duro |

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

- Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica [A₁+M₁+R₃] in condizioni drenate (piano di posa): la verifica è stata svolta per un palo (circolare e/o scatolare) del diametro massimo di 20cm, con incastro di punta a -2.0m da p.c.. Dai calcoli effettuati (utilizzando i valori minimi possibili di resistenza alla compressione e con i massimi coefficienti di sicurezza) si ottiene:
 - Combinazione A1+M1+R3 - TERZAGHI (1955) – condizione non drenata Il valore minimo del carico limite ultimo Qult = 416.0 kN/m², con una resistenza di progetto (Rd) = 231.11 KN/m², ed una Tensione (Ed) = 138.67 kN/m² (*ipotesi di verifica cedimenti 98,06 KN/m²*)
 - I cedimenti Elastici relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori inferiori al centimetro (centro 0,17mm / bordo 0,08mm), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a 98,06 KN/m² (ipotesi di verifica).
 - Cedimenti secondo Burland e Burbidge relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori inferiori al centimetro (1.0362mm), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a 98,06 KN/m² (ipotesi di verifica).
 - I terreni presenti nell'area in oggetto non sono suscettibili al fenomeno di liquefazione in seguito a sollecitazioni dinamiche, in considerazione delle caratteristiche granulometriche, nonché dell'assenza di una vera e propria falda nei primi metri dal piano campagna - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss.
- L'area è costituita da sedimenti alluvionali terrazzati antichi e recenti, costituiti da ghiaie sabbiose in matrice fine con ciottolotti e/o livelli ciottolosi conglomeratici con ferrettizzazione della matrice. In funzione di quanto sopra esposto, i terreni vista la minima profondità di escavazione saranno facilmente asportabili con il semplice uso di un escavatore dotato di singola benna e/o con apposito macchinario con testa a pressione nei livelli più superficiali interessati dalla posa di una fondazione (struttura) su "palo infisso". Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come $FS = \text{tg } \varphi / \text{tg } \beta$, dove φ = angolo di attrito interno del materiale e β = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può essere



considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1. Nel nostro caso, avendo le coperture Quaternarie Oloceniche un $\varphi = 28^\circ$, per lavorare in condizioni di sicurezza, si potrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo min. di circa 27° . Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici accorpabili per uniformità litologiche locali riconducibili ad un unico **livello A**] $\rightarrow c_u = 19.61 \text{ KN/m}^2 - \gamma_n = 18.65 \text{ KN/m}^3$ e utilizzando la seguente relazione: $H_c = 4 c/\gamma_n$ si ottiene un'altezza critica di scavo $H_c = \sim 4.20 \text{ m}$. Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di eventuale acqua a breve profondità legata alla stagionalità del periodo, il valore dell'altezza critica (**Hc**) (Terzaghi) risulta ridotto per $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 2.10 \text{ m}$

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

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

Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

Cagliari li 14 Giugno 2022

GEOLOGO [sez. A]

Dott. Mario STRINNA



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

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



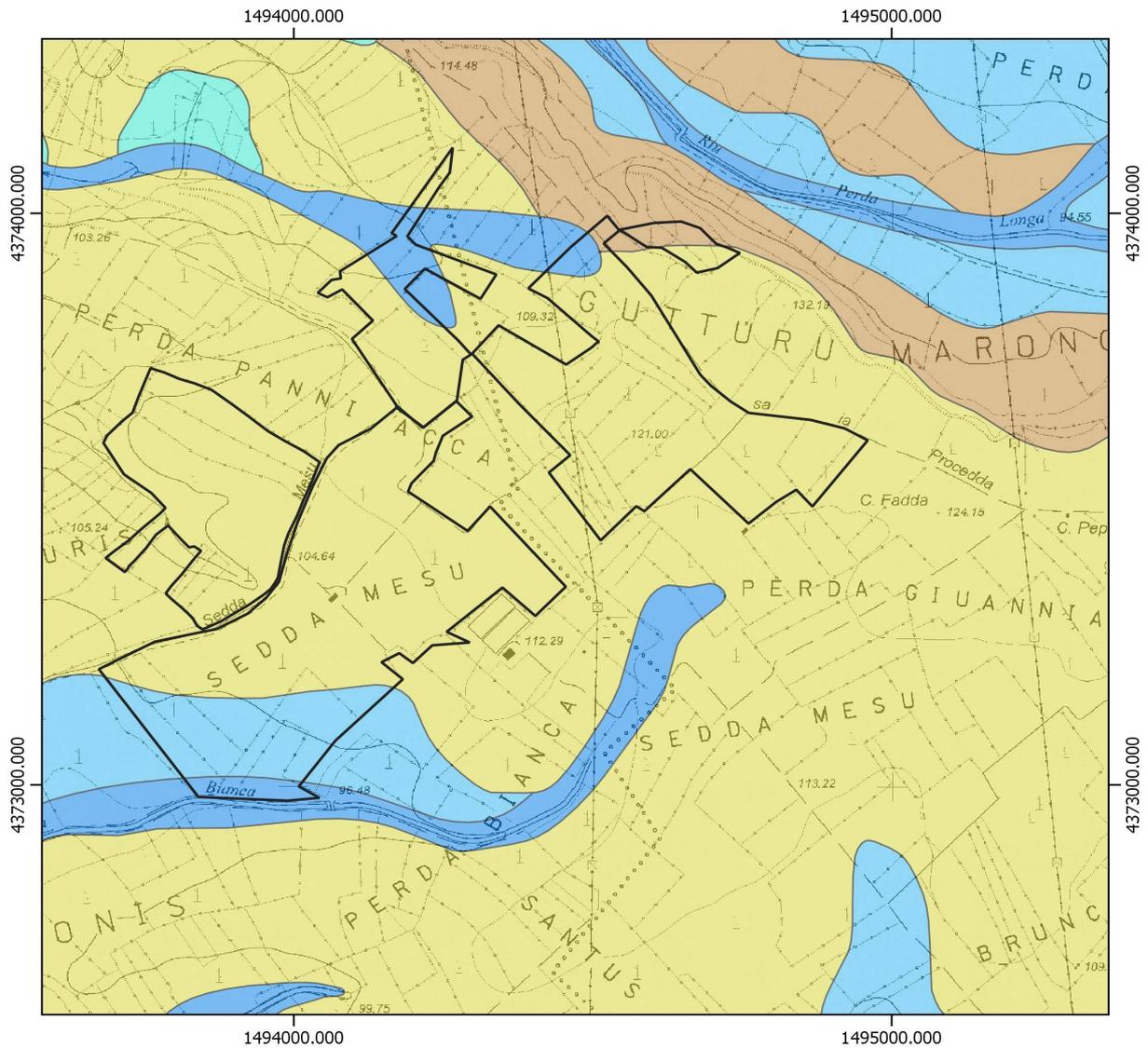
Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO GEOLOGICO
SU BASE CTR FOGLIO 547 - 080 [CASE VILLA SANTA]
SCALA 1:10.000



Sam

geologiaAreali2008

-  Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine. OLOCENE
-  Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE
-  Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. OLOCENE
-  FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Marne siltose alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.
-  Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate. PLEISTOCENE SUP.



0 500 1000 m



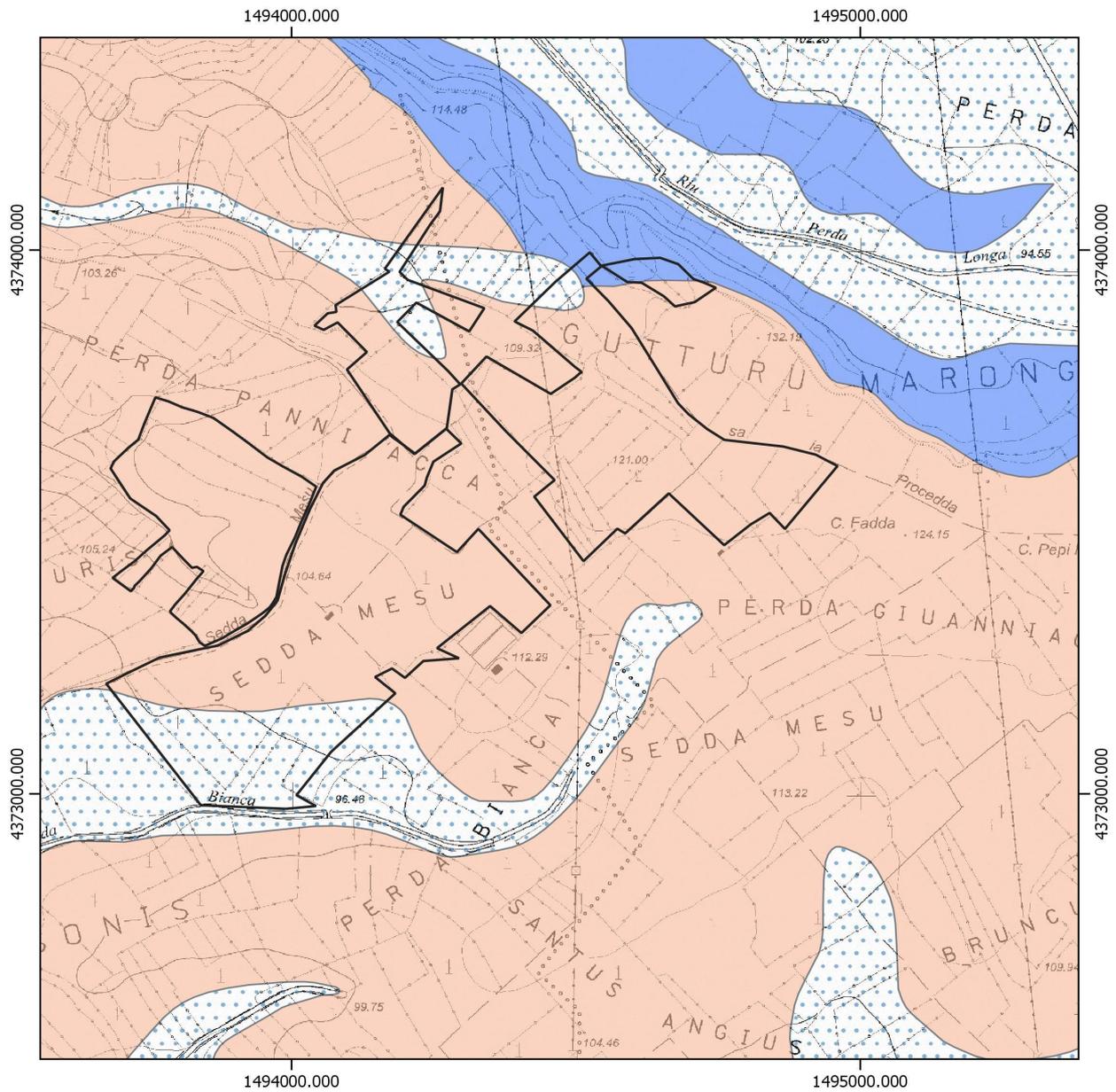
Committente: ENERGYSAMSE SRL

Progetto: Impianto fotovoltaico a terra in immissione da 24,49 MW tipo ad inseguimento monoassiale – Sam_Se (SU)

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

Relazione geologica e geotecnica

CARTA DELLE PERMEABILITA'
SU BASE CTR FOGLIO 547 - 080 [CASE VILLA SANTA]
SCALA 1:10.000



Sam

carta_permeabilita_2019

AP - Permeabilità alta per porosità

BP

MAP - Permeabilità medio alta per porosità

