

IPC AGRIVOLT s.r.l.

Via Aterno n. 108, 66020 San Giovanni Teatino (CH) - Italy.
P.I. 02714100696 - PEC: ipcagrivolt@igefi.it
REA CH- 415506

Impianto fotovoltaico "Sardinia Agrivolt" 99,972 MWp VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE (V.I.A.)



00	01/03/2022	Emissione	Gruppo di progettazione	Ing. Luca DEMONTIS	IPC AGRIVOLT S.R.L.
REV.	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Luca DEMONTIS
(coordinatore)

Ing. Sandro CATTÀ



Arch. Valeria MASALA (consulenza ambientale)

Arch. Alessandro MURGIA (consulenza urbanistica)

Geol. Alberto PUDDU (consulenza geologica)

Dott. Agr. Riccardo Giuseppe LODDO (consulenza agronomica)

TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO
R. 03

NOTE:

PAGINA:

1 di 27

FORMATO:

A4

INDICE

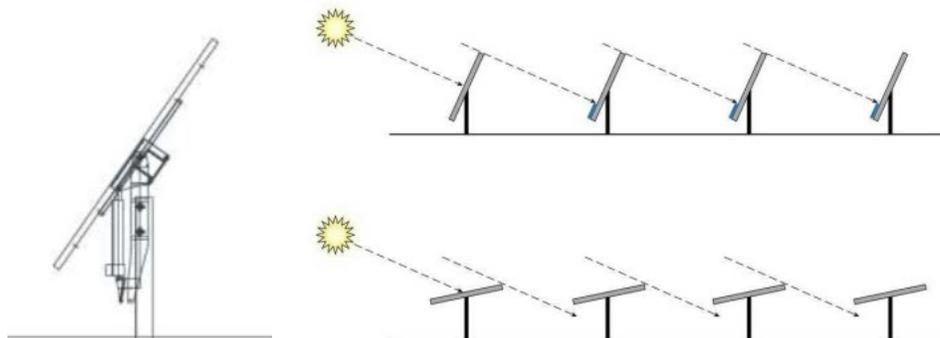
1. PREMESSA	3
1.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE	6
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	6
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO	7
3.2.1 Stratigrafia	10
3.2.2 Modello geologico preliminare	12
3.2.2 Lineamenti tettonici	14
3.2.3 Caratteristiche idrogeologiche	16
4. RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	19
5. SISMICITÀ	21
5.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	21
5.1.1 Inquadramento sismogenetico e sismicità storica	22
5.1.2 Sismicità storica.....	22
5.1.3 Pericolosità sismica e parametri sismici	23
6. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO	26
7. CONCLUSIONI.....	27

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica di supporto al progetto denominato “Sardinia Agrivolt” presentato dalla società IPC AGRIVOLT S.R.L. per la realizzazione e gestione di un nuovo impianto agro-fotovoltaico, da realizzarsi nel Comune di Uta (CA) in località “Su coddu de Sa Feurra (ex Prugneto)” in un’area prevalentemente agricola ed in parte ricadente all’interno della Zona Industriale gestita dal Consorzio Industriale della Provincia di Cagliari (CACIP), in località Macchiareddu. La potenza nominale installata sarà pari a 99,792 MWp. In tale area è stato redatto a cura del Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari (CACIP), per le aree di competenza, il Piano di Caratterizzazione (PdC) nel 2012 con una nota integrativa al Piano nel 2013 e approvato dal Ministero dell’Ambiente nell’aprile 2013.

1.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto ha come obiettivo la realizzazione di campi fotovoltaici ubicati in n. 2 lotti principali come riportato in Figura 2. I lotti copriranno un’area complessiva di circa 179,53 ha per una potenza nominale di 99,972 MW. Il progetto prevede l’installazione di 181.440 moduli in silicio monocristallino con tecnologia half cell, della potenza di picco totale di 550 Wp cad, che saranno posizionati a terra tramite tracker mono-assiali, in acciaio zincato, orientati con asse principale nord-sud e rotazione massima variabile tra -55° (est) e $+55^\circ$ (ovest), per una superficie captante di circa 525.200 m². La soluzione tecnologica proposta prevede un sistema ad inseguitore solare su pali con altezza al mozzo delle strutture di circa 2,80 m dal suolo. In questo modo nella posizione a $\pm 55^\circ$ i pannelli raggiungono un’altezza minima dal suolo di 0,7 m e un’altezza massima di circa 4,95 m e saranno infissi ad una profondità di circa 1.5-2 m tramite sistema battipalo con un interasse variabile tra 5 e 7 m. Per i dettagli di progetto si rimanda agli elaborati tecnici.



1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente documento è redatto in ottemperanza alle seguenti normative:

- D.M. 17/01/2018 aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Circ. C.S.LL.PP. n. 7 del 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Eurocodice 7 (“Progettazione Geotecnica”);
- Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 (approvazione P.A.I.) e s.m.i.;
- Piano Urbanistico Comunale di Uta.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L’area di progetto insiste su alcuni lotti in area retro industriale limitrofo alla Zona Industriale di Macchiareddu – CACIP, all’interno del territorio comunale di Uta nella provincia di Cagliari ed è individuabile dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 dalle sezioni n° 556160.

Il territorio in esame è ricompreso a Nord e a Est rispettivamente dalla SP2 e dalla Strada Consortile Macchiareddu, mentre il lato Ovest è delimitato dal corso del Rio di S. Lucia che scorre alla base dei rilievi collinari di Capoterra.



Figura 1 – Ubicazione dell’area.

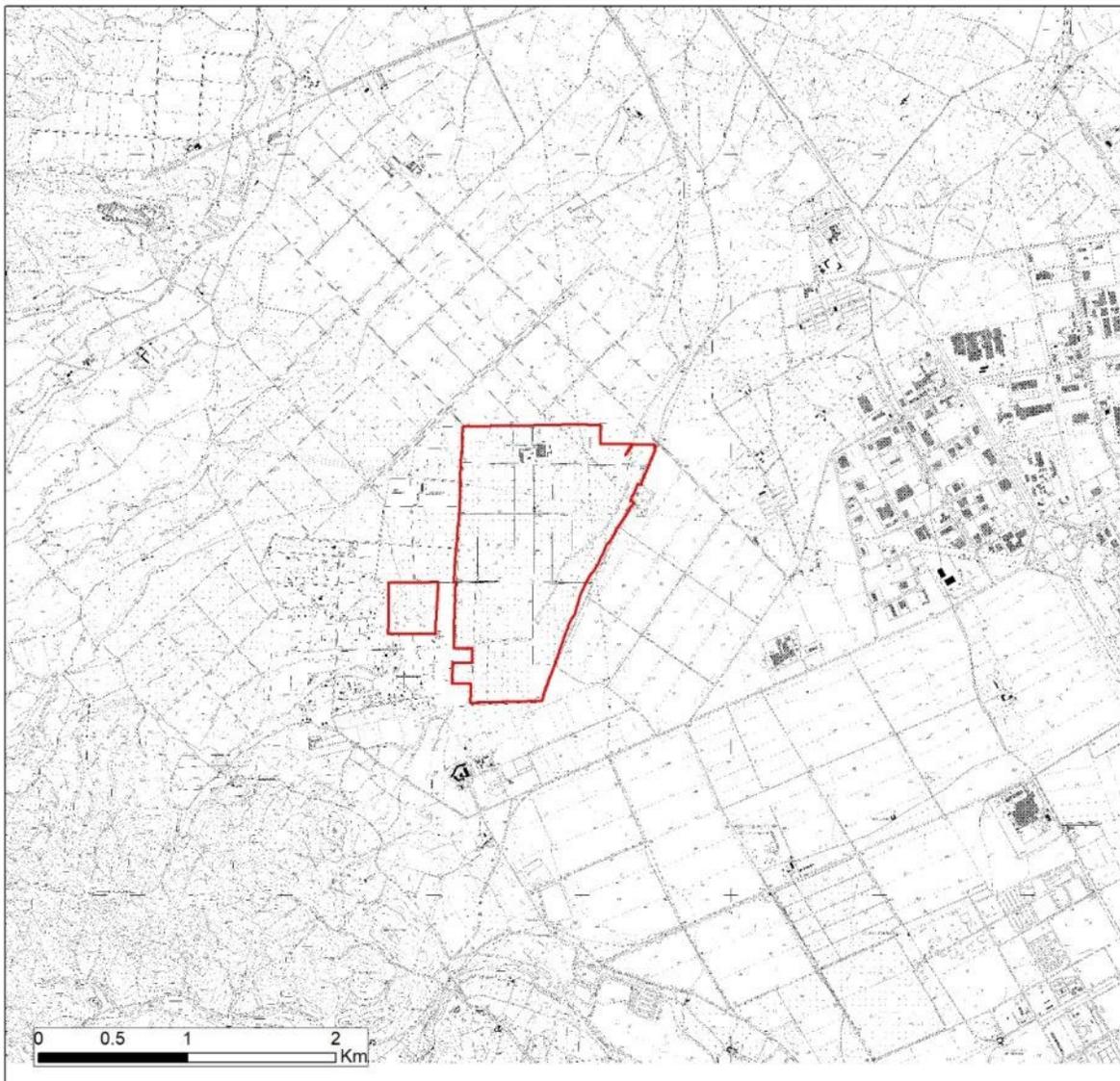


Figura 2 – Ubicazione delle aree di progetto su cartografia 10k.

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

La Sardegna appartiene, assieme alla Corsica, al cosiddetto “Blocco sardo-Corso” (Fig.3) che rappresenta una porzione del paleomargine continentale europeo, distaccatasi da esso (ovvero dall’attuale Provenza-Golfo del Leone) nell’Oligocene superiore/Miocene inferiore (Burdigaliano) e ruotata in senso antiorario di circa 35° (con perno di rotazione nell’attuale Mar Ligure) fino all’odierna posizione, a causa dell’apertura del bacino oceanico ligure-provenzale-balearico (Carmignani et al., 1995; Speranza et al., 2002).

Tale rotazione ebbe termine probabilmente nel Burdigaliano/Miocene medio (Langhiano) quando iniziò a svilupparsi più ad oriente il bacino tirrenico settentrionale con distacco e rotazione antioraria di circa 30° della catena appenninica rispetto al “Blocco sardo-corso” con il quale costituiva un unico edificio orogenico di età alpina (Bortolotti et al., 2001).

La struttura geologica della Sardegna è in larga parte rappresentata dalle rocce metamorfiche e granitoidi paleozoiche affioranti lungo due principali alti strutturali separati dalle depressioni tettoniche della Fossa Sarda e del Campidano (Fig. 3). La complessa evoluzione geologica dell’isola ha inizio in tempi pre-paleozoici ed è proceduta fino al Quaternario con lo sviluppo della Fossa del Campidano colmata da sedimenti marini e continentali (Carmignani et al., 2001). In particolare, l’architettura geologica dell’isola deriva da quattro principali stadi tettonici:

- Orogenesi Varisica
- Orogenesi Alpina
- Sviluppo della Fossa Sarda
- Sviluppo della Fossa del Campidano

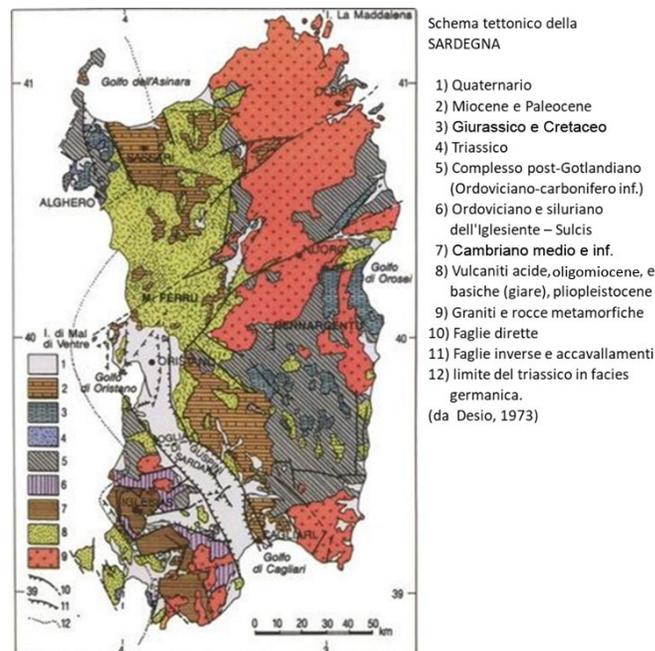


Figura 3 – Schema tettonico della Sardegna.

Focalizzando l’attenzione allo sviluppo della Fossa del Campidano è possibile notare come i depositi pliocenici-quadernari sono complessivamente poco diffusi sull’isola ad eccezione dell’area campidanese

dove colmano la depressione tettonica del Campidano (Fossa o Graben del Campidano) costituita da un semi-graben a direzione NO-SE/NO-SSE (tra Oristano e Cagliari). La geometria asimmetrica del riempimento sedimentario sin-rift del bacino e i dati geofisici portano a identificare come “faglia maestra” il fascio di strutture fragili del margine nord-orientale che sarebbero caratterizzate nel loro complesso da un rigetto di oltre 3000 m (Balìa et al., 1984, 1991). Importanti sono, comunque, anche i sistemi di faglie normali posti a SO, ovvero quelli che limitano l’horst dell’Iglesiente-Sulcis, dei quali è definibile un rigetto complessivo di almeno 600 m (Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969). Il Graben del Campidano si sovrappone sulle strutture della precedente Fossa Sarda.

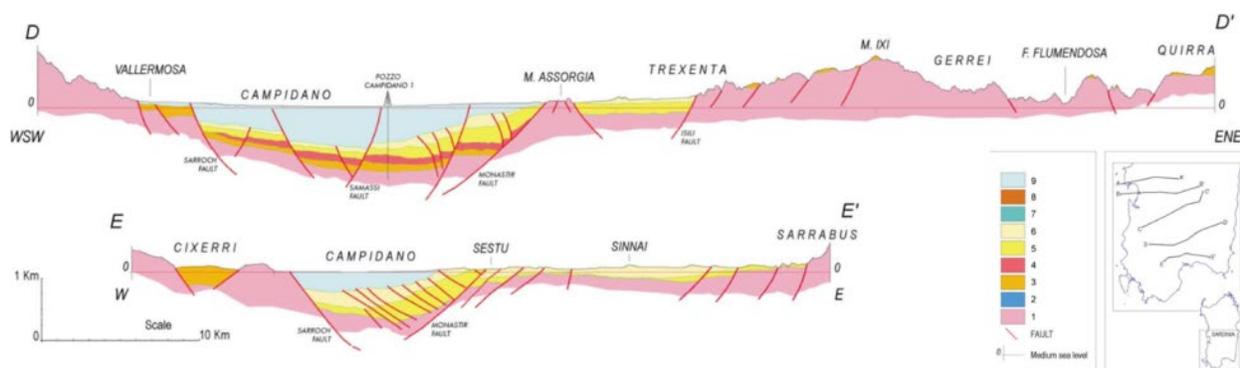


Figura 4 - Sezioni geologiche (modificato da Casula et al. 2001). Legenda. 1) basamento paleozoico. 2) Permiano-Mesozoico. 3) Paleocene–Eocene. 4) Vulcanismo Oligo–Miocenico. 5) Depositi di rift Oligo-miocenici. 6) Depositi post-rift di età miocenica. 7) Depositi marini del Pliocene inferiore. 8) Vulcanismo Plio-Quaternario. 9) Depositi continentali del Pliocene medio/superiore e del Quaternario.

I depositi marini del Pliocene inferiore sono costituiti da conglomerati, sabbie e marne di ambiente da costiero a mare aperto e relativamente profondo. Nel bacino del Campidano, sui depositi del Pliocene inferiore e su quelli miocenici, poggiano potenti depositi fluviali-deltizi potenti fino a oltre 500 m e di età dal Villafranchiano inferiore al Quaternario. Questa formazione rappresenta il principale corpo sedimentario di riempimento sin-tettonico della Fossa del Campidano (comunque iniziata ad impostare già nel Messiniano superiore) (Carmignani et al., 2001). A questi depositi seguono quelli fluviali quaternari legati agli attuali bacini idrografici.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL’AREA DI PROGETTO

L’ area in esame si colloca nella porzione meridionale del Campidano di Cagliari e, dal punto di vista geologico, rappresenta una porzione del margine meridionale della omonima depressione tettonica (Graben del Campidano). Nel Graben del Campidano, affiorano estesamente i sedimenti clastici continentali pleistocenico-olocenici; estrapolando le informazioni geologiche di aree limitrofe all’area di progetto è verosimile ipotizzare la presenza nel sottosuolo anche di questa parte del Campidano dei sottostanti depositi continentali e marini del Pliocene/Pleistocene (Formazione di Samassi che non affiora ma è stata attraversata da sondaggi profondi, Pecorini e Pomesano Cerchi, 1969). Questi ultimi poggerebbero su di un substrato costituito in larga parte dai depositi marini miocenici e anche dalle vulcaniti calcaline oligo-mioceniche, come testimoniato da alcuni sondaggi esplorativi profondi (es. il pozzo Oristano 1 della SAIS).

Infine, nella porzione sud-orientale dell’area, sono presenti affioramenti di leucomonzograniti a biotite facenti parte del Complesso intrusivo e filoniano tardo-paleozoici (VLD_b).

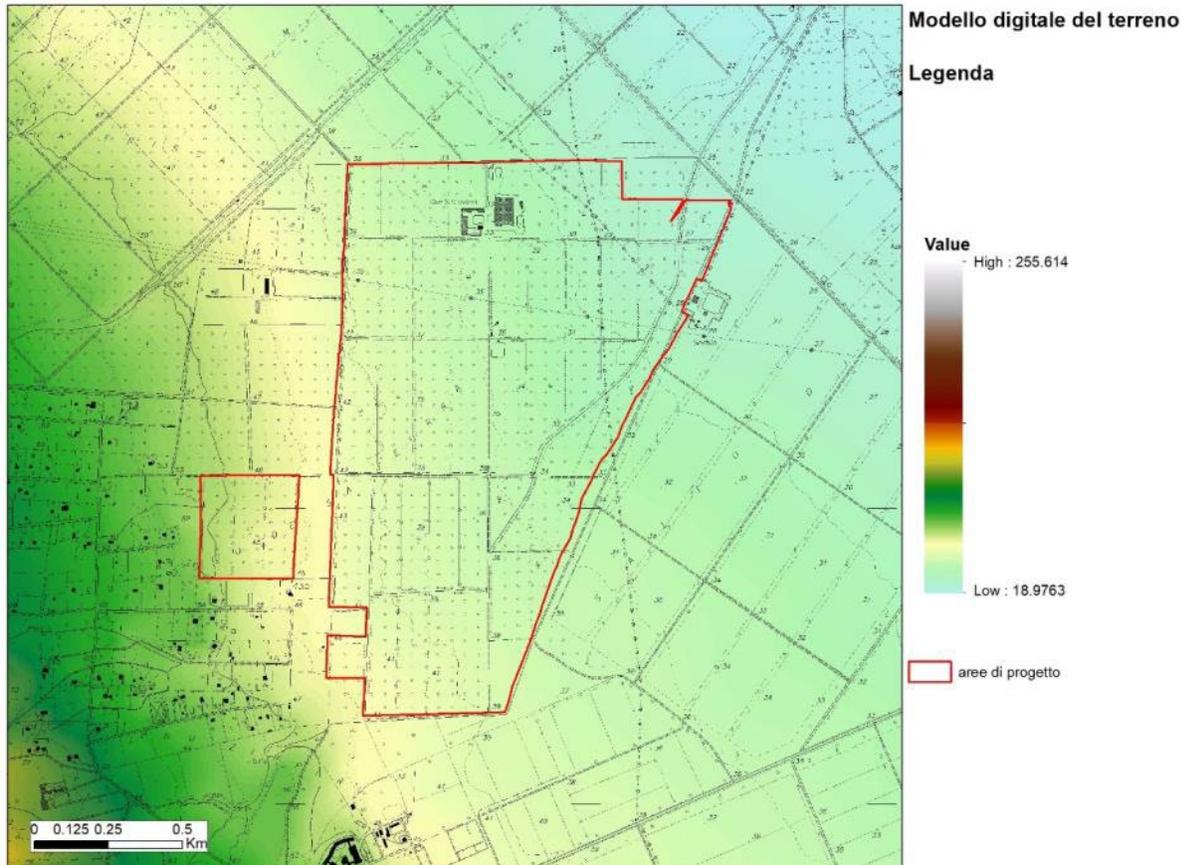


Figura 5 – Morfologia dell'area (da DTM 10 m, fonte: sardegnageoportale.it).

La morfologia dell'area risente direttamente della strutturazione tettonica più recente, ovvero dell'impostazione della Fossa del Campidano che ha avuto la sua massima attività durante il Pliocene medio-Quaternario. Le aree di progetto insistono su un vasto settore pianeggiante delimitato ad Ovest dai rilievi collinari che da Capoterra si sviluppano in direzione NW-SE (M. Arbu, Su Concali) e ad Est dallo Stagno di Cagliari. L'area presenta una morfologia sub-pianeggiante con quote che variano da 15 a 35 m s.l.m. e una pendenza media di circa l'1% derivante dall'azione dei corsi d'acqua che vi scorrono e che la delimitano. I corsi d'acqua principali sono costituiti dal Rio Santa Lucia a Sud e dal Riu Cixerri a Nord.

Il primo scorre sul bordo occidentale della pianura di Capoterra dopo la confluenza del Riu Gutturreddu e del Riu Gutturu Mannu che scorrono nelle incisioni vallive dei rilievi del Sulcis e che immettendosi nell'area di pianura danno vita al conoide alluvionale; il secondo, presenta un corso rettificato prima di immettersi nell'omonimo lago artificiale che ne regola le portate prima di immettersi nel Riu Mannu e da qui nello Stagno di Cagliari.

Infine in prossimità dell'area di progetto (direzione Nord - Ovest) scorre il Riu s'Isca de Arcosu che nasce dal M. Arcosu e, dopo aver percorso circa 16 km, si immette nel Riu Cixerri.

L'assetto attuale della morfologia dell'area è anche il prodotto delle modificazioni degli interventi infrastrutturali ad opera delle attività antropiche realizzate a partire dagli anni '60 del secolo scorso.

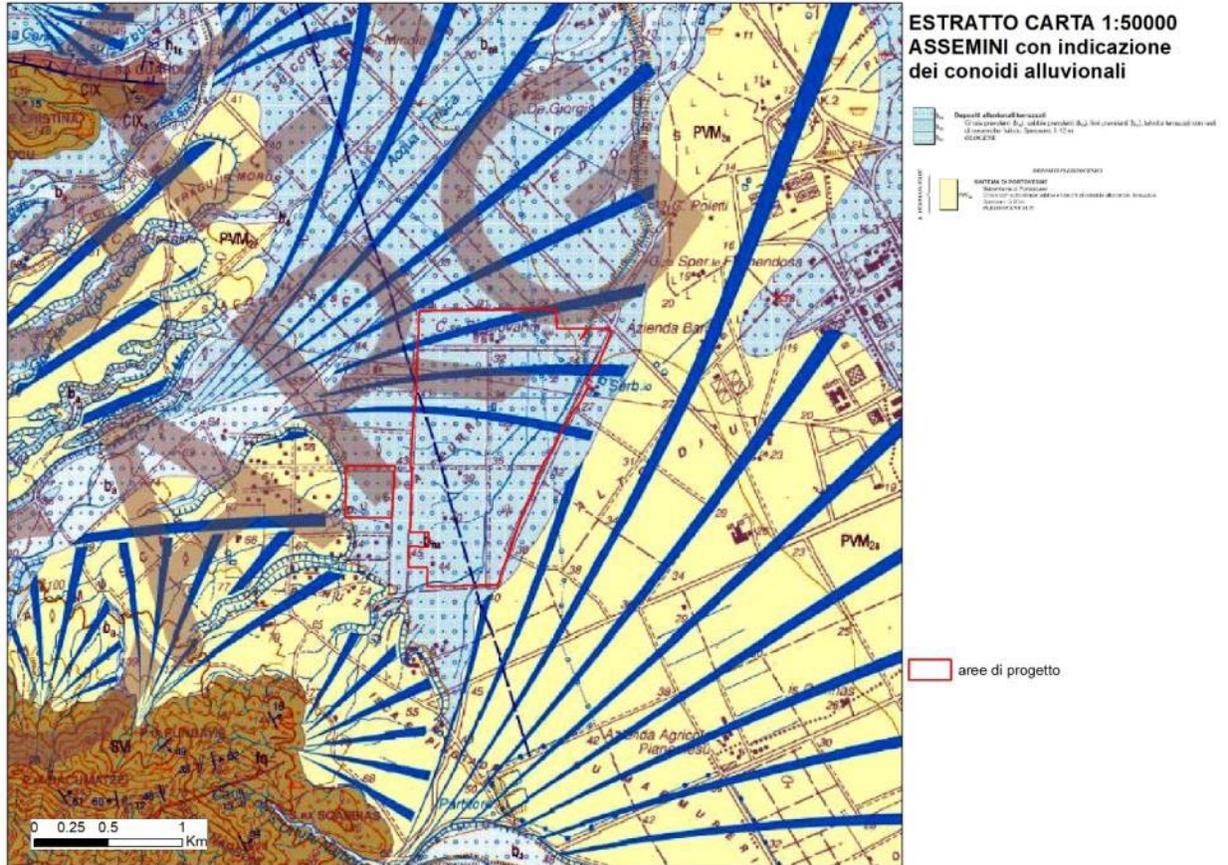


Figura 6 – Estratto dalla Carta Geologica del Foglio Assemini indicante i conoidi alluvionali.

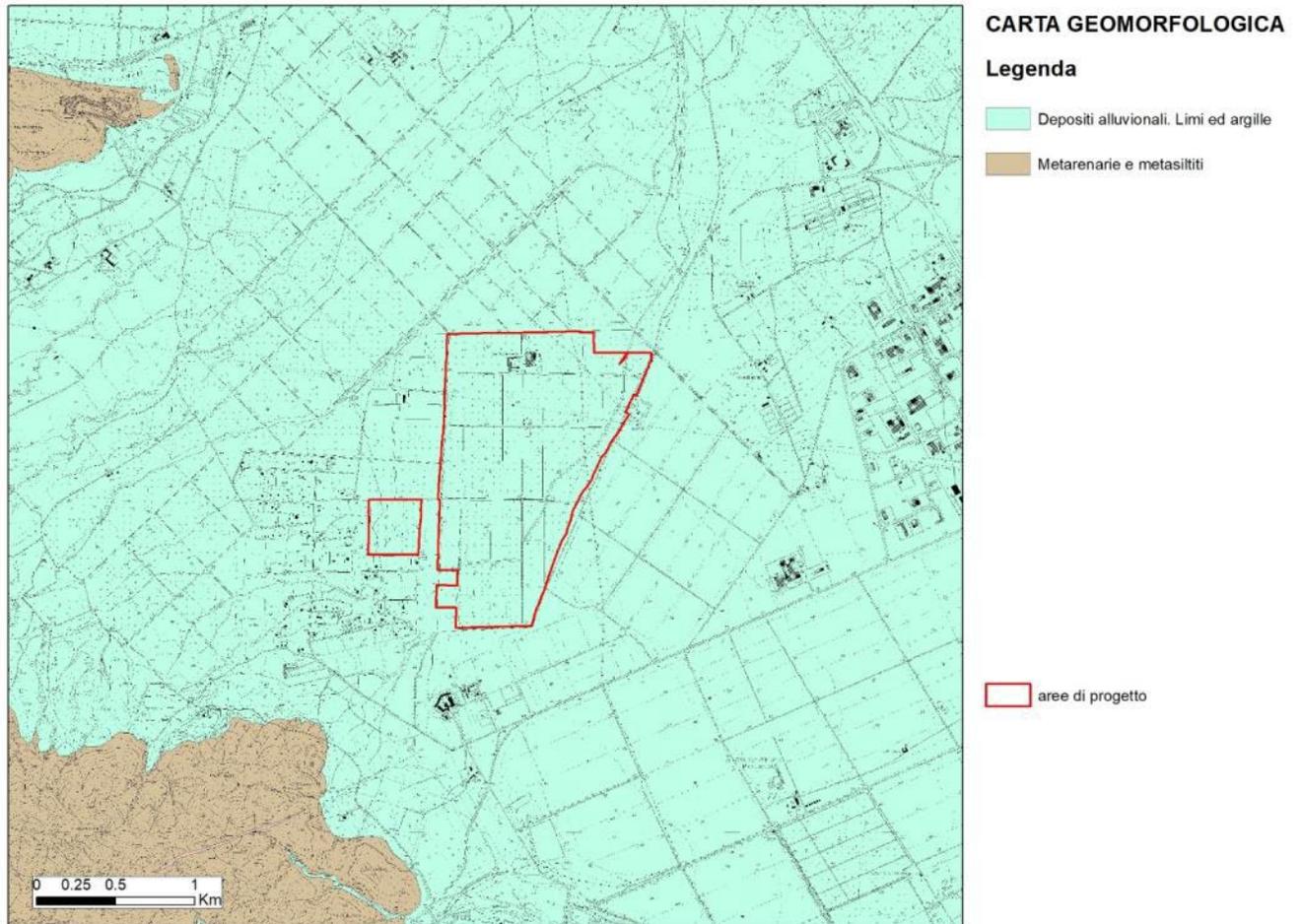


Figura 7 – Carta Geomorfologica

3.2.1 Stratigrafia

Segue la descrizione della successione stratigrafica del riempimento quaternario secondo quanto riportato nelle Note illustrative del Foglio Assemini n° 556 alla scala 1:50.000 (Funedda et al., 2009).

Depositi quaternari

Nel Foglio Assemini sono state distinte due principali unità deposizionali separate da un'importante superficie di erosione corrispondente a una fase di incisione e terrazzamento: il sintema di Portovesme (PVM), attribuito al Pleistocene superiore, e i depositi olocenici.

Il sintema di Portovesme è rappresentato da depositi di piana alluvionale pedogenizzati e terrazzati che passano lateralmente a depositi di conoide alluvionale e detritici di versante.

I depositi olocenici sono stati compresi in una grande unità che risulta però essere suddivisa al suo interno in varie sottounità corrispondenti ai vari ambienti deposizionali (depositi eolici, di spiaggia, alluvionali, etc.). In questa unità sono compresi i depositi di origine antropica.

Depositi pleistoceni

Nell'area sono presenti depositi alluvionali attribuibili al Pleistocene superiore caratterizzati da conglomerati, sabbie e argille, più o meno compattate, di età villafranchiana legati a conoidi alluvionali ("Alluvioni antiche" Auctt.).

Sintema di Portovesme (PVM). Questa unità affiora estesamente nel Foglio Assemini, soprattutto lungo la valle del Cixerri e nella piana di Uta. Il sintema è composto da due subsintemi: il subsintema di Portoscuso (PVM2) rappresentato da depositi di conoide alluvionale (PVM2a) costituiti prevalentemente da ghiaie grossolane, sino alla taglia dei blocchi, a spigoli subangolosi e subarrotondati. Essi presentano strutture incrociate concave in genere di limitata ampiezza e profondità. Sono inoltre frequenti lenti e livelli piano paralleli o massivi. I sedimenti più fini, rappresentati da sabbie grossolane sono sempre molto subordinati e si presentano in lenti e livelli intercalati ai livelli ghiaiosi.



Questi sedimenti sono stati deposti da corsi d’acqua a canali intrecciati. Nei pressi dei versanti, in alcune località (ad es. nella zona apicale della conoide del Riu Gutturreddu) sono presenti intercalazioni di lenti di ghiaie con clasti angolosi e subangolosi a confermare, oltre che un limitato trasporto, la contemporanea presenza di processi di degradazione fisica, verosimilmente crioclastismo, sui versanti limitrofi.

Depositi olocenici

Questi depositi sono rappresentati sia da sedimenti attuali che da quelli derivati dalle modificazioni oloceniche dell’ambiente fisico e dunque caratterizzati da gradi variabili di inattività e seppellimento. Tra questi depositi sono compresi anche depositi alluvionali terrazzati posti a quote inferiori rispetto ai terrazzi pleistocenici. I depositi più rappresentati sono quelli di pianura alluvionale, che mostrano passaggi progressivi a quelli di conoide alluvionale; sono ben rappresentati anche i depositi di versante. La natura di questi sedimenti e la relazione laterale tra le varie facies è alquanto complessa.

Depositi alluvionali terrazzati (bna)

I depositi alluvionali terrazzati ricoprono i sedimenti del sintema di Portovesme e sono ricoperti a loro volta dai depositi alluvionali attuali. Si tratta di ghiaie a stratificazione incrociata concava deposte all’interno di canali bassi e discontinui, alternate a ghiaie a stratificazione piano parallela.

Nell’area apicale della conoide i sedimenti sono separati dall’unità del Pleistocene superiore (sintema di Portovesme) solamente da una scarpata. Nella parte medio-distale invece i torrenti alimentati dalla fuoriuscita delle acque di infiltrazione nella parte apicale hanno generato piccole valli, mentre negli spartiacque sono rimasti lembi di depositi alluvionali terrazzati olocenici posti a quote anche lievemente differenti l’uno dall’altro. In genere si tratta di depositi di esiguo spessore.

Lo spessore di questi sedimenti è, nella maggior parte dei casi, difficilmente valutabile, ma in alcune sezioni, in cave o lungo scarpate di erosione fluviale associate alle dinamiche attuali, possono superare i 10 m.

Depositi di versante (a)

Si tratta di depositi detritici costituiti da clasti angolosi in genere di spessore limitato (alcuni metri) osservati sulle pendici dei rilievi costituiti da rocce vulcanoclastiche, laviche o intrusive.

Depositi alluvionali (b – ba, bb, bc)

I sedimenti alluvionali sono in genere grossolani e solo localmente sono presenti intercalazioni di lenti e sottili livelli di sabbia. Le strutture sedimentarie non si differenziano da quelle già descritte per i depositi alluvionali terrazzati olocenici, a testimoniare la presenza in un passato più o meno prossimo di corsi d’acqua a canali intrecciati. I sedimenti fini aumentano notevolmente avvicinandosi alla costa del Golfo di

Cagliari. Procedendo in direzione dei versanti invece i sedimenti all’interno degli alvei possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi.

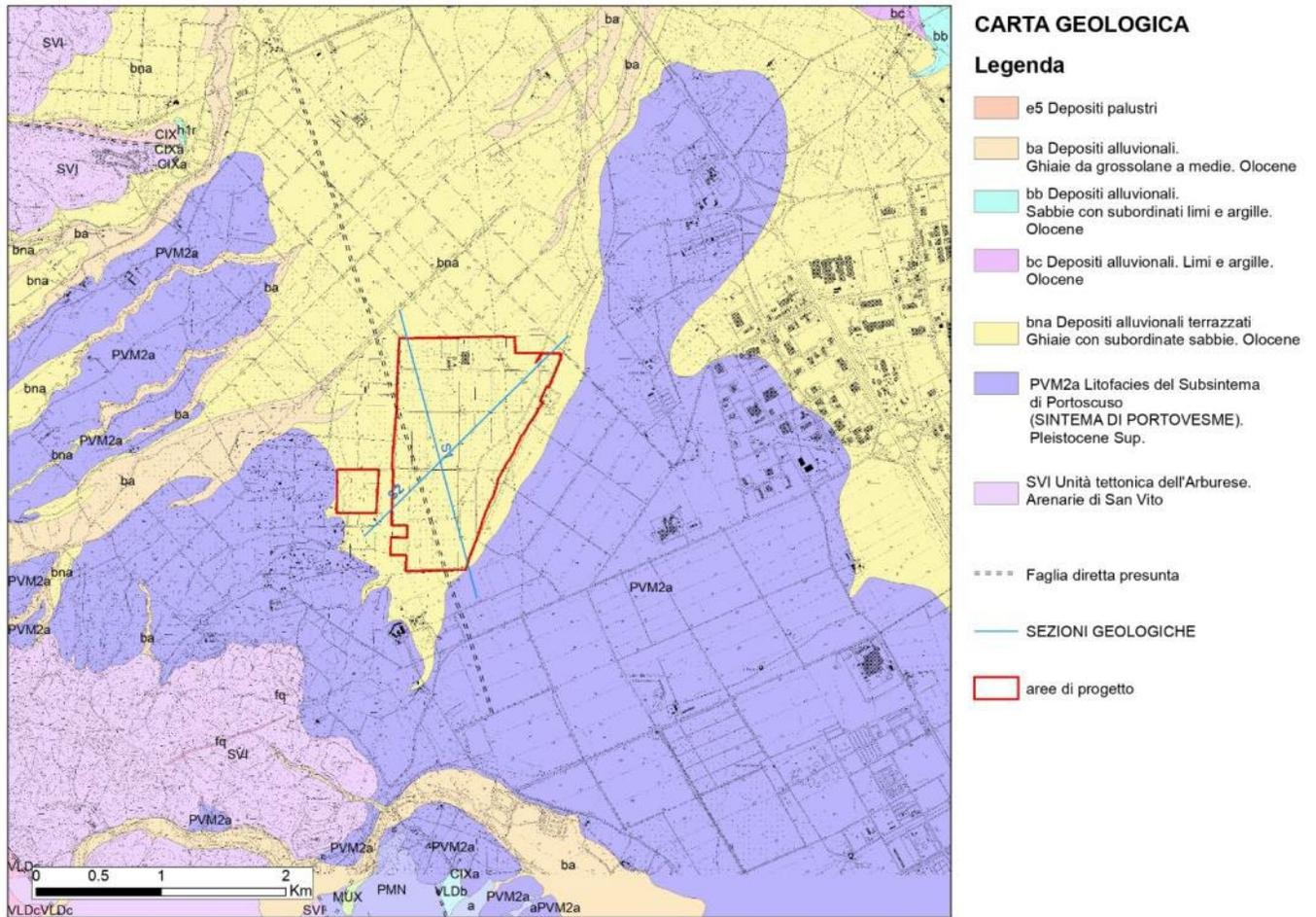


Figura 8 – Carta geologica dell’area.

SEZIONI GEOLOGICHE

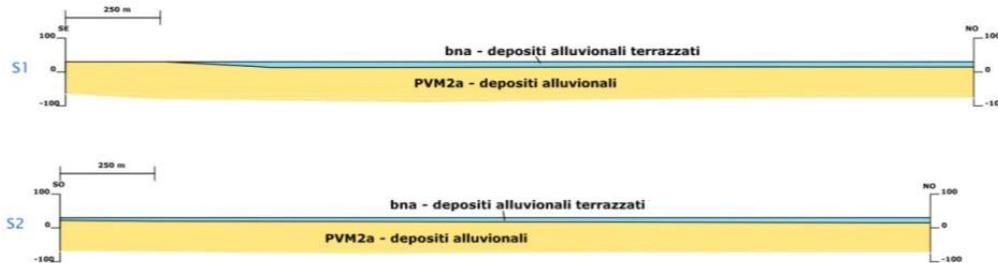


Figura 9 – Sezioni geologiche.

3.2.2 Modello geologico preliminare

Sulla base delle indagini geognostiche esistenti costituite prevalentemente da sondaggi di profondità variabile da 6 a 15 m effettuate a supporto di progetti per impianti eolici e soprattutto sulla base dei sondaggi a carotaggio continuo con profondità di oltre 30 m eseguiti per conto di RAS e a supporto del sistema di monitoraggio dell’area industriale di Macchiareddu, effettuati sia all’interno delle aree di progetto che su terreni adiacenti, è possibile definire un modello geologico preliminare. In particolare è possibile individuare un orizzonte superficiale aerato di spessore variabile da 20 cm a 80 cm costituito da

ghiaia e sabbia con argilla e ciottoli arrotondati piuttosto compatto poggiate su un orizzonte rappresentato da conglomerati alluvionali con ghiaia e sabbia molto compatti e consistenti con valori di NSPT generalmente superiori a 50 (rifiuto) o comunque sempre maggiori di 35 e con uno spessore superiore a 10 m. Le misure eseguite sulle carote dei sondaggi RAS attraverso Pocket Penetrometer e Torvane indicano che i depositi conglomeratici presentano caratteristiche di resistenza a compressione e al taglio molto elevate ($P.P. > 5 \text{ kg/cm}^2$ e $Tor > 1 \text{ kg/cm}^2$). Lo schema litostratigrafico è rappresentato nella figura 10.

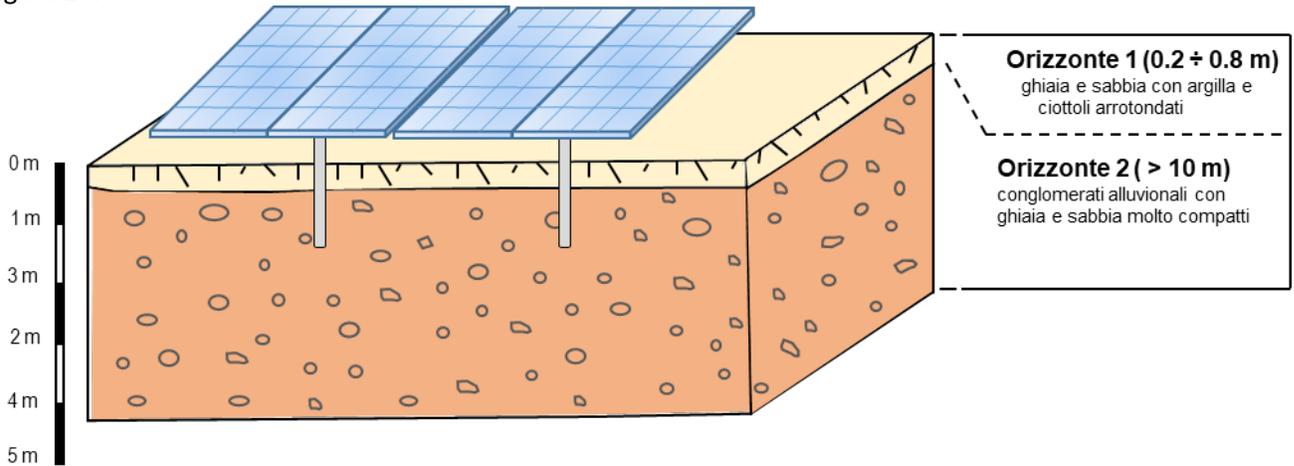


Figura 10 – Schema litostratigrafico schematico tipico delle aree di progetto.

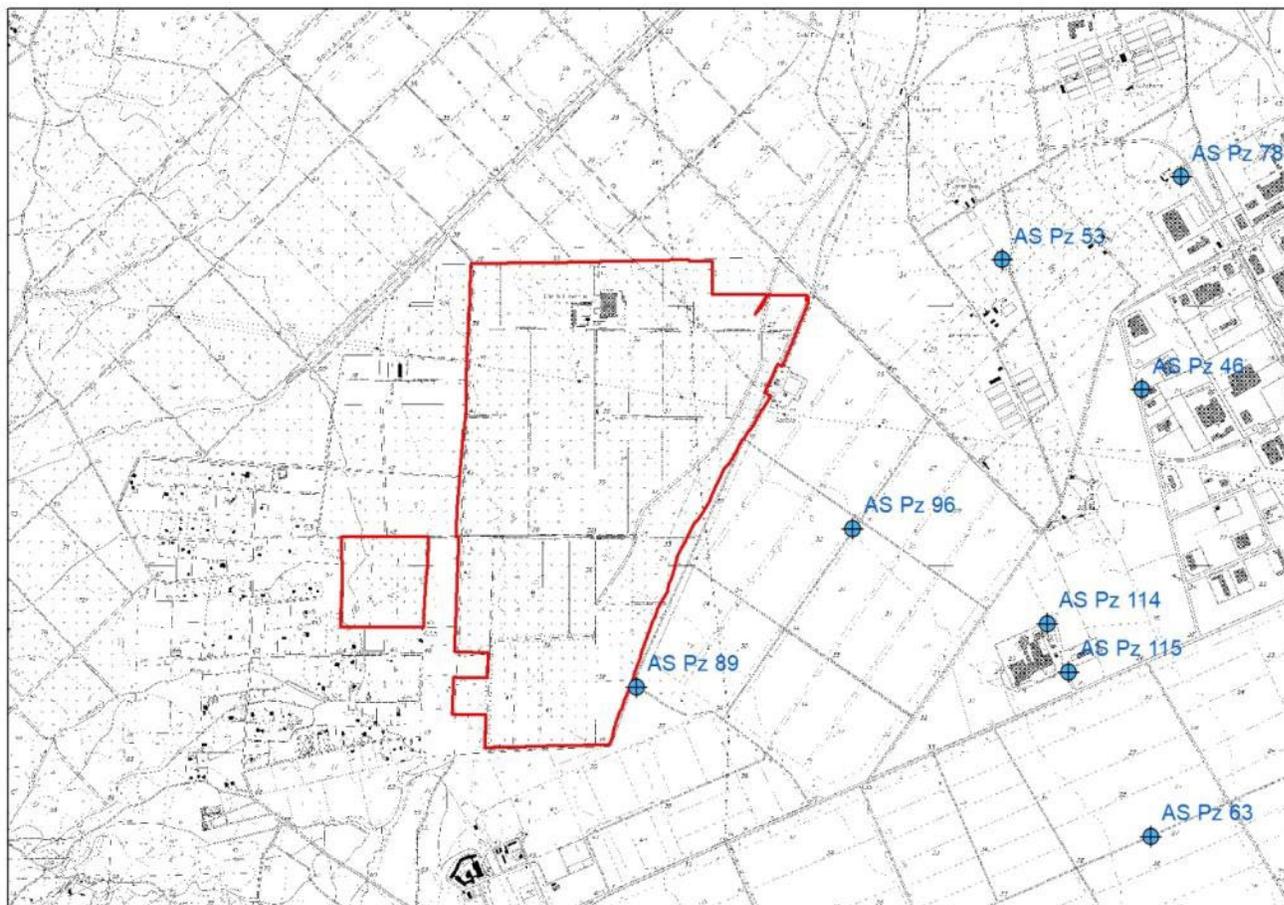


Figura 11 – Ubicazione delle principali indagini esistenti.

3.2.2 Lineamenti tettonici

Al di là delle deformazioni e del metamorfismo di basso grado varisco che impronta le rocce paleozoiche, l'elemento tettonico più importante dell'area è senz'altro il sistema di faglie normali ad alto angolo del bordo occidentale della Fossa del Campidano (Fig.4). Questa fossa, evolutasi essenzialmente nel Pliocene in clima tettonico distensivo, presenta nel suo insieme una larghezza di circa 12 km per uno sviluppo longitudinale di circa 100 km (Da Oristano a Cagliari) e mostra una orientazione da circa N-S, nell'area di Oristano, che ruota a circa NO-SE e NNO-SSE, da Uras fino a Cagliari. Il substrato cristallino paleozoico nelle parti più profonde della fossa è stimato a profondità di oltre 2.000 m, al di sotto dei sedimenti e vulcaniti calcaree oligo-mioceniche, dei depositi marini miocenici, di quelli villafranchiano-olocenici (es. la Formazione di Samassi), come è anche dimostrato dai sondaggi esplorativi profondi della SAIS (Pozzo Oristano 1 e 2 e Campidano 1) e dalle indagini geofisiche (Balìa et al., 1984).

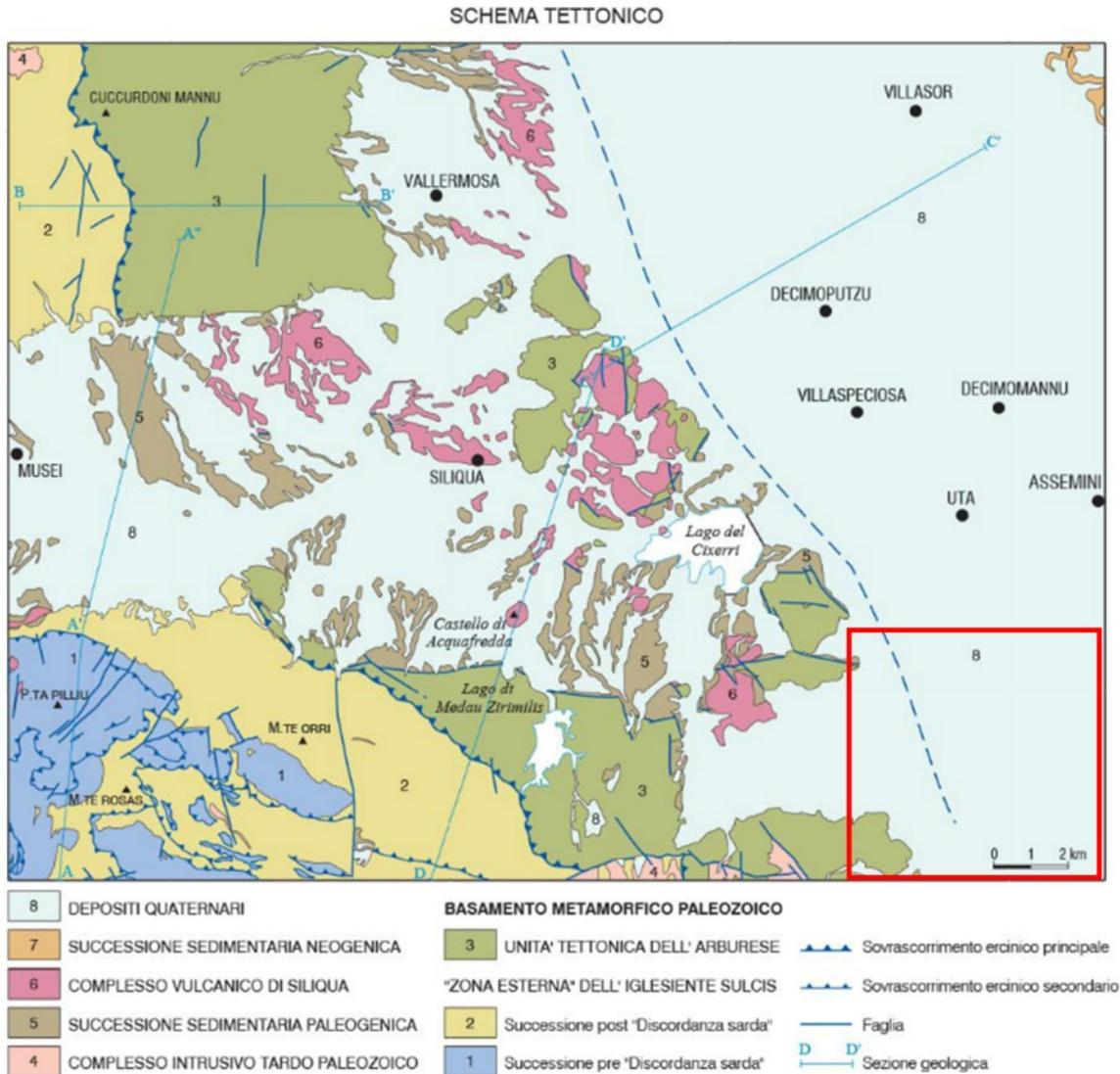


Figura 12 – Schema tettonico (da Foglio n. 556 Assemini).

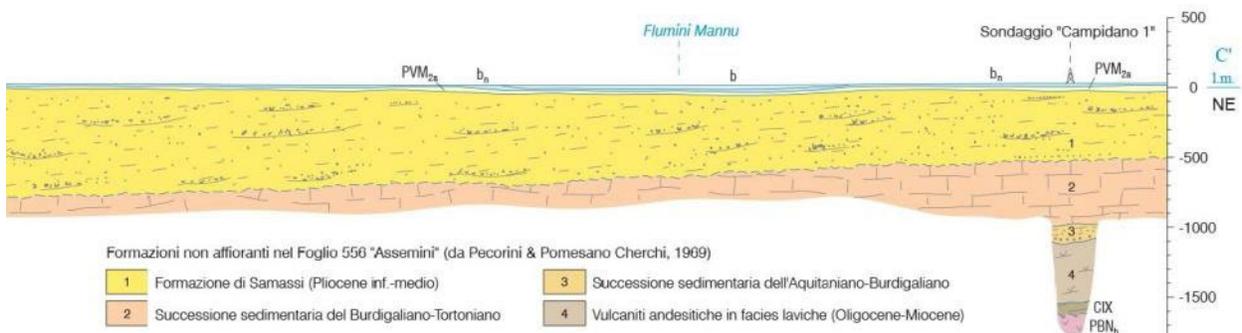


Figura 13 – sezione geologica schematica (da Foglio n. 556 Assemini).

Nell'area in esame il sistema di faglie bordiere ha una direttrice NO-SE. Sulla base di prospezioni geofisiche è stata definita la cosiddetta "Soglia di Guspini-Sardara" (Pala et al., 1982; vedi schema tettonico della Sardegna di Coccozza & Maxia, 1968 in Fig. 3 tratta da Desio, 1973) riconducibile ad una faglia trasversale

che divide il bacino campidanese in due settori principali: il bacino di Oristano (o Campidano settentrionale) e quello di Cagliari (o Campidano meridionale). A questa “soglia” è associata anche una evidente anomalia magnetica che corrisponderebbe con una struttura laccolitica legata all’ evento magmatico miocenico del M. Arcuentu (Ciminale et al., 1985). Pala et al. (1982) ha inoltre ipotizzato la presenza di linee tettoniche circa N-S (“Corridoio di Pabillonis”) che interesserebbero la “Soglia di Sardara” permettendo il collegamento tra i due bacini campidanesi. Più recentemente, Balia et al. (1984, 1991) hanno messo in luce con dati gravimetrici che il Campidano meridionale è a sua volta suddivisibile in due bacini, ovvero il Bacino di S. Gavino e il Bacino di Cagliari separati dall’ alto di Samassi-Serramanna-Villasor.

3.2.3 Caratteristiche idrogeologiche

L’area di progetto è caratterizzata prevalentemente dalla presenza di depositi olocenici con una alternanza di livelli ghiaioso-sabbiosi e argilloso-limosi a permeabilità variabile che rappresentano un corpo acquifero multifalda. In quest’ultimo sono riscontrabili un acquifero superficiale freatico e uno profondo confinato multistrato. I rapporti tra le due falde sono variabili a seconda della continuità laterale degli orizzonti impermeabili e della presenza dei pozzi che potenzialmente mettono in comunicazione i vari livelli acquiferi. Nelle ricostruzioni piezometriche esistenti i carichi idraulici associati alle due falde spesso coincidono. Lo spessore di questo corpo acquifero multifalda (noto in letteratura come “Complesso idrogeologico alluvionale superiore”, Ciabatti e Pilia, 2004) è caratterizzato da uno spessore variabile da 50 a 150 m.

Tra le alluvioni antiche, quelle terrazzate sono caratterizzate da bassa permeabilità per porosità; quelle non terrazzate, invece, presentano un minor grado di costipazione ed una matrice più sabbiosa, e pertanto hanno una permeabilità medio-alta per porosità. Il primo acquifero freatico è ospitato quindi nelle formazioni sabbioso-ghiaiose fino a 15-25 m di profondità e poggiano su uno strato argilloso o limoso che è assente nella parte occidentale verso Capoterra dove si configura la presenza di un sistema acquifero unico a permeabilità variabile. I sottostanti livelli sabbioso-ghiaiosi formano acquiferi semiconfinati e confinati.

Alla base di questo complesso idrogeologico è presente un potente strato di argilla ad una profondità compresa tra 40 e i 100 m.

Questi depositi presentano una permeabilità per porosità medio bassa, localmente mostrano una permeabilità medio-alta nei livelli a matrice più grossolana con valori di permeabilità definiti durante prove in sito compresi tra 5×10^{-7} m/s e 3.28×10^{-4} m/s e di trasmissività compresi nell’intervallo tra 8×10^{-5} m²/s e 2.5×10^{-2} m²/s.

Dall’analisi della morfologia della superficie piezometrica ricostruita nell’ambito del progetto RAS (2009) è possibile individuare un deflusso principale con direzione da Ovest verso Est con un gradiente idraulico variabile dal 5 al 9%. La falda, nella ricostruzione del 2009, risulta depressa con una forma radiale convergente incentrata nella zona caratterizzata da pozzi ad uso industriale e agricolo.

La profondità della falda, come visibile anche dai pozzi presenti nell’archivio Ispra, è variabile nell’intorno dell’area di progetto da 25 m a 5 m circa di profondità da p.c. (fino a raggiungere pochi metri da p.c. spostandosi verso il Golfo di Cagliari).

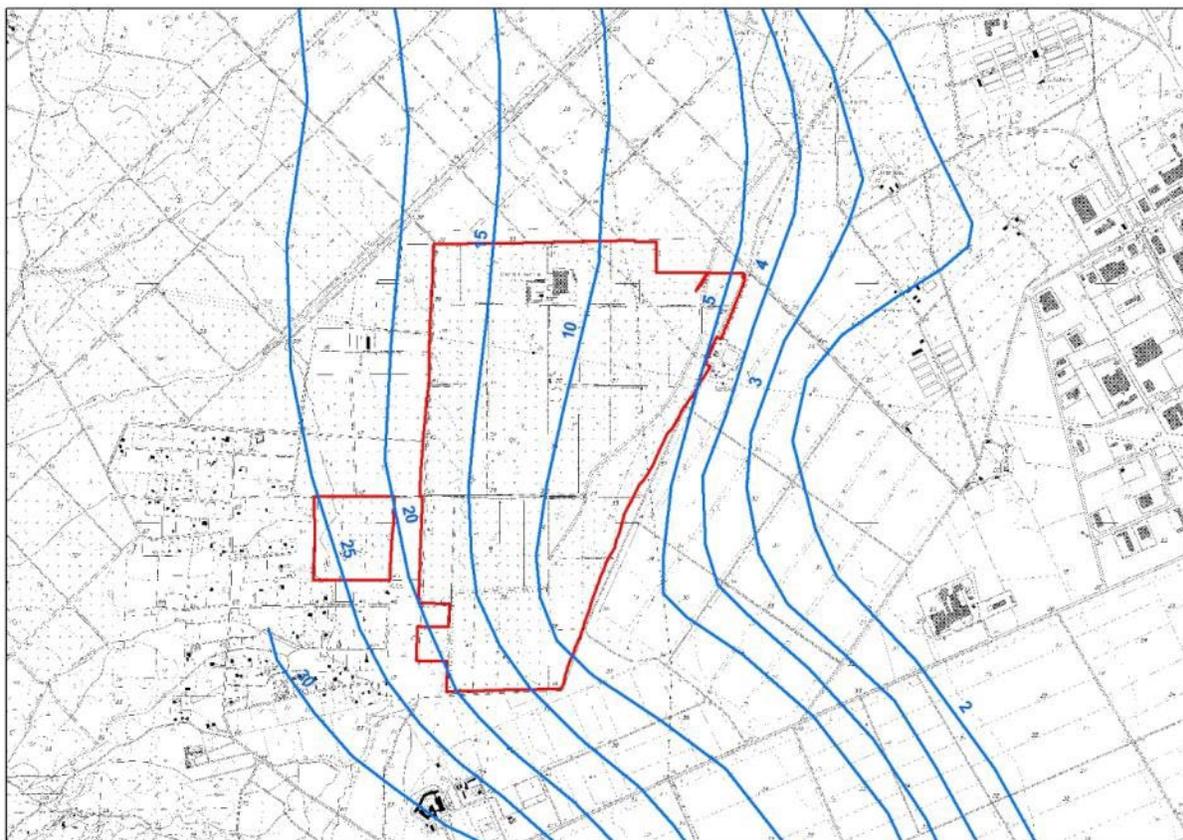
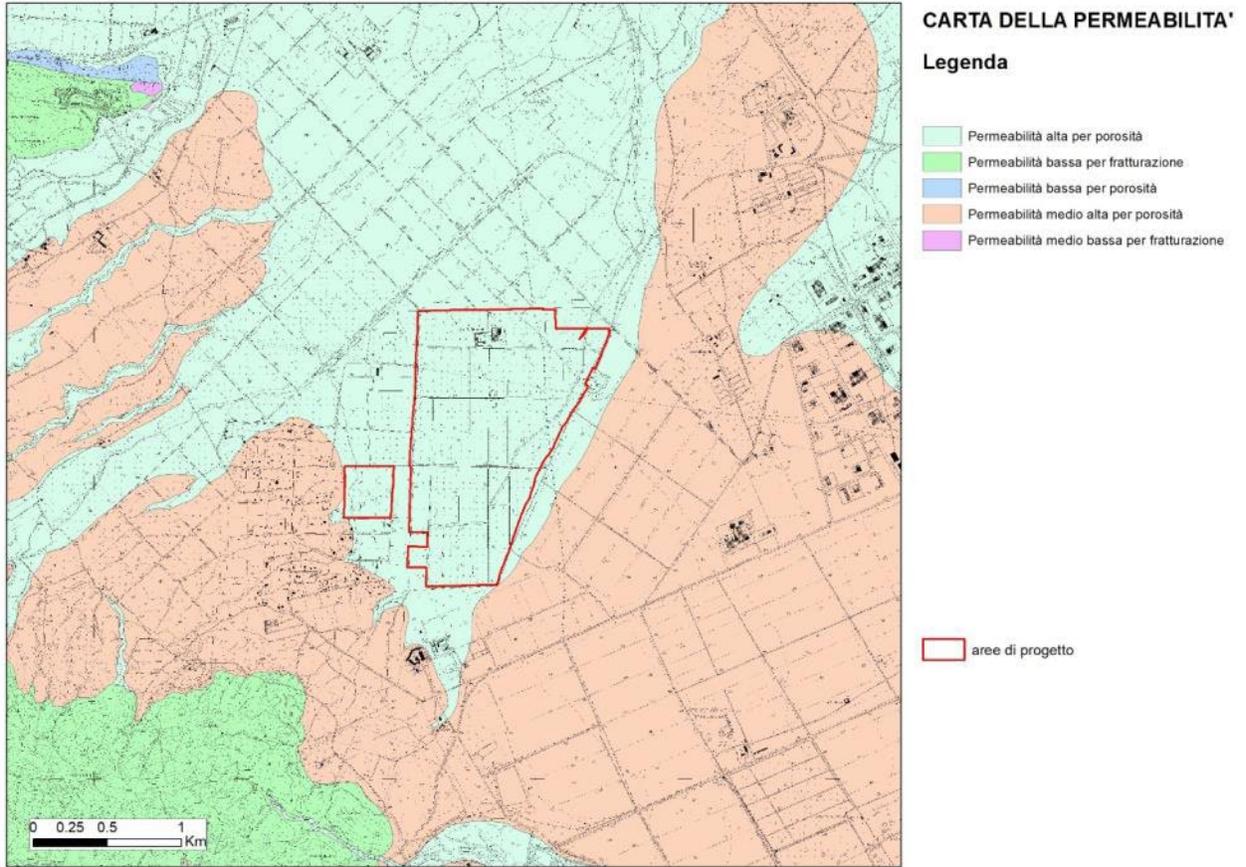


Figura 14 – Ricostruzione piezometrica dell'area (da RAS 2009).



Litologia	RANGE DI PERMEABILITA' (m/s)					
	10^0	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}
	Molto Alta	Alta	Media	Bassa	Molto Bassa	Impermeabile
Depositi alluvionali e terrazzati conglomeratici, argillosi (ba, bna e PVM2a)						

Figura 15 – Carta della permeabilità.

4. RISCHIO IDROGEOLOGICO

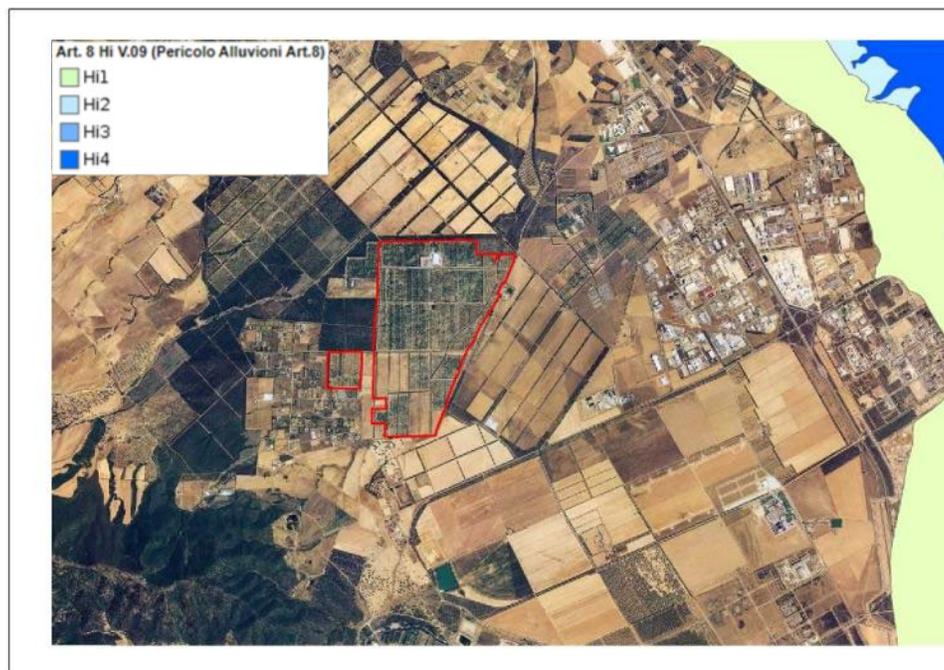
Dall'analisi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) le aree di progetto ricadono all'esterno di tutte le perimetrazioni delle aree a pericolosità da alluvione e da frana.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali P.S.F.F., approvato con Delib. 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 e costituisce un approfondimento ed integrazione al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Riguardo le condizioni di pericolosità da alluvione viene riportato nella figura seguente l'involuppo delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti, di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, della predisposizione del PSFF, nonché delle aree alluvionate nell'evento del 18.11.2013 denominato "Cleopatra", aggiornate alla data del 31.12.2016.

In particolare nella figura seguente è riportata la perimetrazione di tali fasce dalla quale si evince che le aree di progetto sono esterne a tale perimetrazione. Anche dall'analisi della cartografia delle aree alluvionate nel corso dell'evento denominato "Cleopatra" le aree di progetto non sono ricomprese all'interno di tale perimetrazione.

Infine dall'analisi degli strumenti urbanistici comunali l'area risulta caratterizzata dalla assenza di fenomeni franosi.



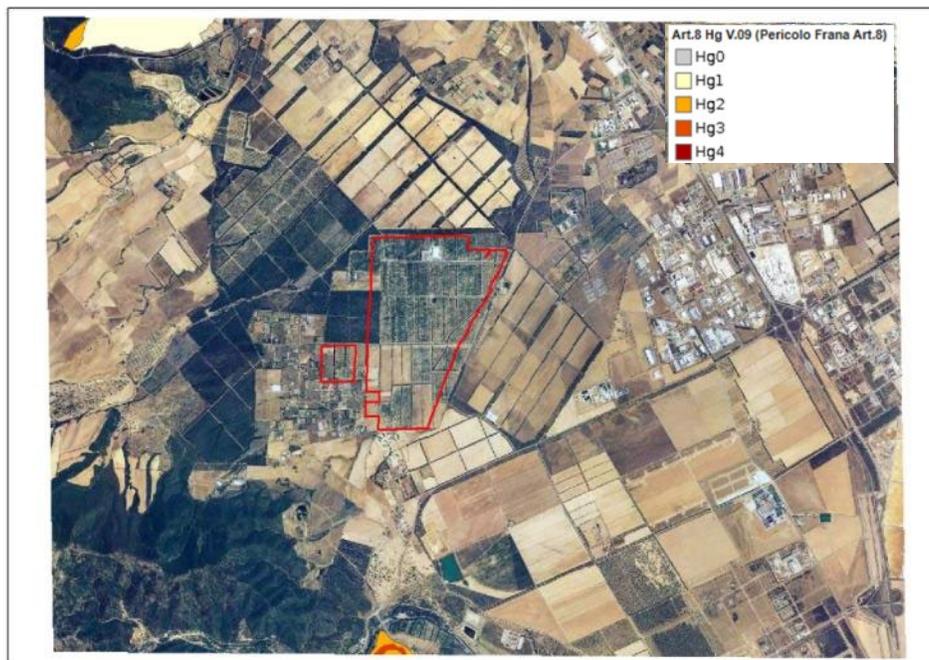


Figura 16 – Estratti della pericolosità e rischio da frana e da alluvioni (da Piano di Assetto Idrogeologico e PGRA).

5. SISMICITÀ

5.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

La macrozonazione sismica del territorio italiano è stata aggiornata e revisionata nell’ambito dell’O.P.C.M. 3274/2003 prevedendo una suddivisione in 4 classi con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (a_g/g) d’ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione massima del suolo (a_g/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s).

Tabella 1

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

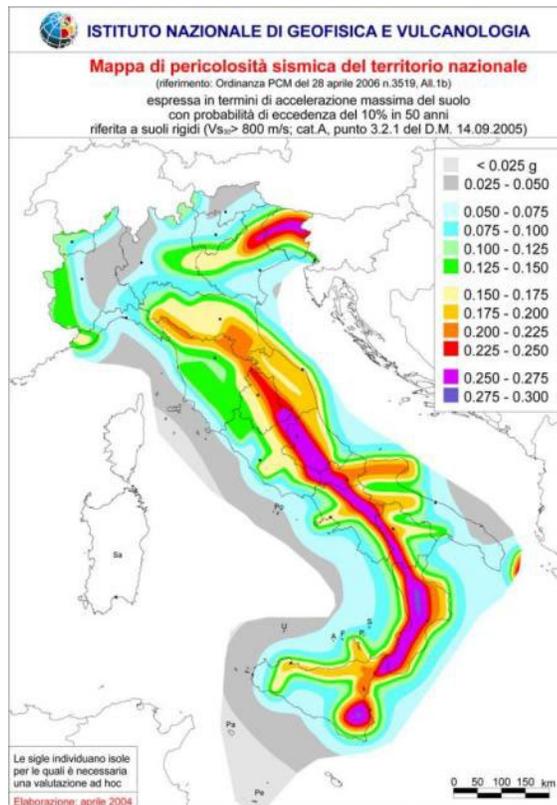


Figura 17 - Mappa di pericolosità sismica.

Viene introdotto il concetto di “Pericolosità Sismica di base” intesa come componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell’area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola, per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento

prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

Il valore di pericolosità di base, dunque, viene definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L'aggiornamento della classificazione sismica della Sardegna, redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri 3519/2006, è stato approvato con Deliberazione RS n. 15/31 del 20/03/2004. Tutti i Comuni della Regione Sardegna sono classificati in zona 4.

5.1.1 Inquadramento sismogenetico e sismicità storica

L'Istituto di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonizzazione sismogenetica (ZS) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale.

Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Nella zonazione sismogenetica d'Italia ZS9 l'area di progetto e l'intera regione non è caratterizzata da alcuna area sorgente.

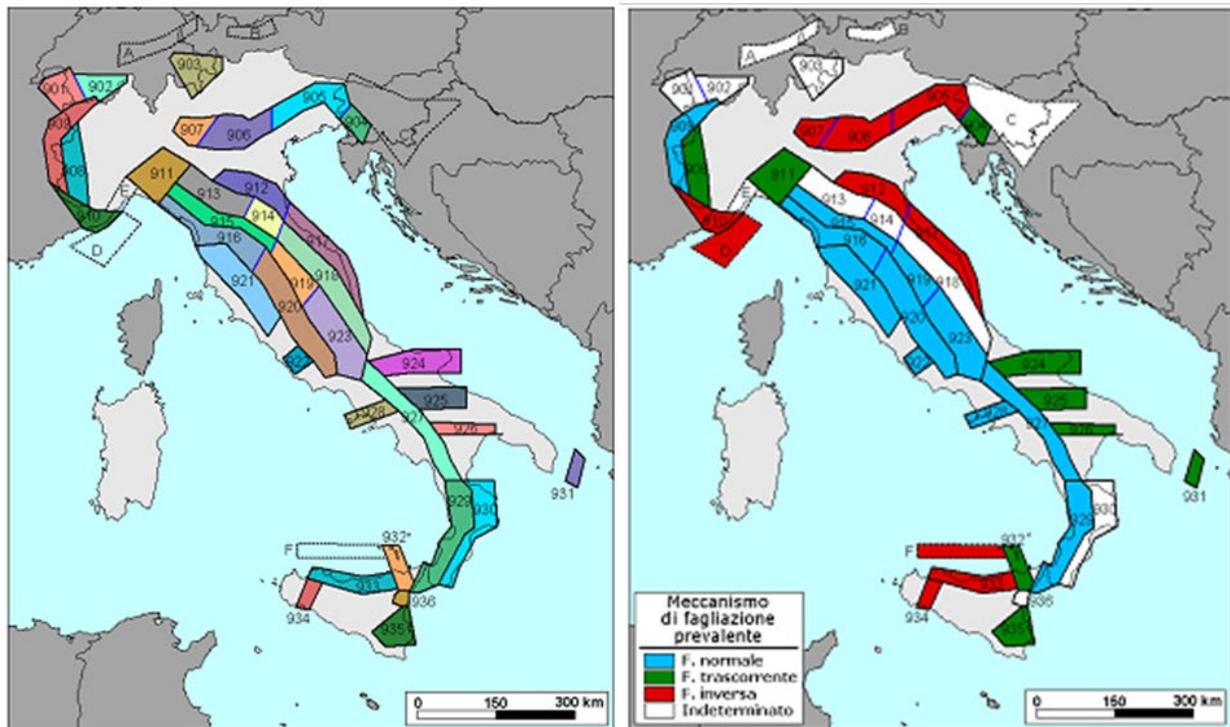


Figura 18 - Zonazione sismogenetica.

5.1.2 Sismicità storica

Nella seguente tabella sono riportati i terremoti ricadenti all'interno di un raggio di 30 km dall'area di progetto e che sono presenti all'interno del Database Macrosismico Italiano DMBI15, il quale fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014 utilizzati per la compilazione del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) - Tabella 3. Il terremoto più forte registrato è quello della Liguria occidentale del 1887 (Mw 6.27).

Tabella 2 - Catalogo CPTI15 Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Seismic history of Cagliari
Coordinates (lat, lon) 39.217, 9.113
Municipality (ISTAT 2015) Cagliari
Province Cagliari
Region Sardegna
No. of reported earthquakes 6

<i>Intensity</i>	<i>Year Mo Da Ho Mi Se</i>	<i>Epicentral area</i>	<i>NMDP</i>	<i>Io</i>	<i>Mw</i>
<i>F</i>	1616 06 04	<i>Sardegna meridionale</i>	10	6-7	4,91
<i>5</i>	1771 08 17 18	<i>Sardegna meridionale</i>	7	5	4,43
<i>NF</i>	1887 02 23 05 21 50.00	<i>Liguria occidentale</i>	1511	9	6,27
<i>3</i>	1897 05 15 13 42 30.00	<i>Tirreno meridionale</i>	85	5	4,52
<i>NF</i>	1909 01 13 00 45	<i>Emilia Romagna orientale</i>	867	6-7	5,36
<i>2</i>	2000 04 26 13 37 46.78	<i>Tirreno centrale</i>	265		4,77

5.1.3 Pericolosità sismica e parametri sismici

Le azioni sismiche di progetto vengono definite partendo dalla “pericolosità sismica di base” dell’area d’intervento che viene descritta come quella probabilità che, in un determinato periodo di tempo, si possa verificare un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato: tale periodo di tempo viene definito come “periodo di riferimento VR” e la probabilità viene denominata “Probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR”. Tale stima viene effettuata considerando che lo scuotimento limite venga superato nel 10% di casi in 50 anni ed in pratica si tratta di individuare quel sisma che mediamente si verifica ogni 475 anni.

Convenzionalmente la pericolosità sismica viene definita riferendosi ad un suolo rigido (cat. A) e ad una superficie topografica perfettamente orizzontale (cat. T1), in assenza di qualsiasi tipo di manufatto cioè in “campo libero”.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
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>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 3.2.III – *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 $i > 30^\circ$

A questo punto le caratteristiche del moto sismico atteso per una fissata PVR si ritengono individuate una volta note l'accelerazione massima a_g ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

Definizione della categoria di sottosuolo

Riguardo alla identificazione della categoria di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II NTC18), la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$, definita dalla seguente:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

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

Per la definizione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento, in via preliminare, ad una serie di indagini Masw eseguite in un'area adiacente con analoghe caratteristiche sismostratigrafiche.

In particolare la $V_{S,eq}=V_{S,30}$ varia da 437 a 518 m/s, pertanto utilizzando l'approccio semplificato il sito di progetto rientra in categoria B così definita dalle NTC 2018: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

L'accelerazione sismica è anche influenzata dalle condizioni topografiche in cui si trova il sito d'interesse poiché esse vanno a modificare l'azione sismica in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, incidendo sullo spettro di risposta elastico. Pertanto, per le caratteristiche morfologiche locali che in questo caso sono relative ad una configurazione geometrica dell'area con pendenze medie inferiori a 15°, si attribuisce alla zona in studio la categoria T1: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Potenziale di liquefazione

Nell'area esaminata è stata presa in considerazione la possibilità che possa verificarsi il fenomeno della liquefazione in concomitanza di un evento sismico.

Si tratta di un evento, peraltro abbastanza raro, che avviene soltanto nelle sabbie pulite a granulometria omogenea e provoca, in presenza di falda, la completa perdita di resistenza in seguito all'azione sismica.

Ai sensi dei punti 3 e 4 del par. 7.11.3.4.2 delle NTC2018 si può escludere il verificarsi di tale fenomeno in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g.

6. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il terreno proveniente dalle operazioni di scavo potrà essere utilizzato per la sistemazione ambientale dell'intorno dell'area di intervento ai sensi dell'art. 185 comma 1 lett. c-bis D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. Tale articolo prevede che non rientrano nell'ambito di applicazione della parte IV del D.Lgs. 152/2006 ovvero sono esclusi dal regime dei rifiuti “il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato” previa caratterizzazione. Le terre e rocce da scavo non contaminate provenienti dall'attività di scavo possono quindi essere riutilizzate a fini di costruzione allo stato naturale per riempimenti e modellamenti superficiali all'interno dell'area di cantiere. Le modifiche introdotte dall'art. 41 comma 3 del DL 69/2013, così come convertito nella legge 98/2013, prevedono comunque che, in presenza di materiali di riporto, vi sia l'obbligo di effettuare il test di cessione di cui al DM 5/2/1998 e s.m.i.

Nelle aree interessate dal Piano di Caratterizzazione, ove sia stato certificato il non superamento delle CSC, le terre e rocce oggetto di scavo possono essere valutate ai sensi del DPR 120/2017 come sottoprodotto.

Qualora via sia la necessità di utilizzare i materiali di scavo presso altri siti si potrà fare riferimento al regime del sottoprodotto ex art. 184bis D.Lgs. n. 152/2006, così come indicato anche dal comma 4 dell'art. 185 D.Lgs. n. 152/06, il quale dispone: “Il suolo escavato non contaminato e altro materiale allo stato naturale, utilizzati in siti diversi da quelli in cui sono stati escavati, devono essere valutati ai sensi, nell'ordine, degli articoli 183, comma 1, lettera a), 184-bis e 184-ter. In attuazione dell'articolo 184-bis del suddetto decreto, l'art. 4 del D.P.R. 120/2017 al comma 1 stabilisce i requisiti generali da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo generate in cantieri di piccole dimensioni, in cantieri di grandi dimensioni e in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA, siano qualificati come sottoprodotti e non come rifiuti, nonché le disposizioni comuni ad esse applicabili.

Infine, riguardo ai materiali di riporto, il comma 3 prevede che “Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10.”

7. CONCLUSIONI

Con la presente relazione sono state descritte le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area in progetto e le condizioni di pericolosità.

Dall'analisi della cartografia allegata al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) le aree di progetto ricadono all'esterno di tutte le perimetrazioni delle aree a pericolosità da alluvione e dalle aree a pericolosità da frana che inserisce l'area di progetto tra le aree con assenza di fenomeni franosi (HG0).

I terreni su cui verranno realizzate le opere in oggetto appartengono ai depositi terrazzati (bna) ed in area immediatamente limitrofa affiorano i depositi appartenenti al Subsistema di Portoscuso (PVM2a) caratterizzato da depositi alluvionali costituiti da alternanze di ghiaia e sabbia con argilla e ciottoli arrotondati piuttosto compatti.

Dal punto di vista idrogeologico, le opere previste non interagiranno con la falda idrica che nelle aree di progetto è variabile da 25 m a 5 m circa di profondità da p.c. e per la quale è possibile escludere ogni tipo di interferenza con gli interventi programmati.

Sulla base di quanto sopra esposto, il progetto in esame risulta compatibile con le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche delle aree analizzate.