

Progetto definitivo di un impianto agrofotovoltaico denominato “Seddari Agrivoltaico” con potenza installata **66,58 MWp** e potenza in connessione pari a **60,16 MW** sito nel Comune di Sanluri

GR02

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA



Gardena Solare S.r.l.
Via Giuseppe Pozzone, 5 - 20121 Milano (MI)

Investitore agricolo superintensivo
OXY CAPITAL ADVISOR S.R.L.
Via A. Bertani, 6 - 20154 (MI)



Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione
Progettista: Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi, Arch. Alessandro Visalli
Coordinamento: Arch. Riccardo Festa
Collaboratori: Urb. Daniela Martone, Arch. Anna Manzo, Arch. Paola Ferraioli, Arch. Ilana Garzillo, Agr. Giuseppe Maria Massa, Agr. Francesco Palombo



Progettazione elettrica e civile
Progettista: Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto
Collaboratori: Ing. Marco Balzano, Ing. Simone Bonacini



Progettazione oliveto superintensivo
Progettista Agr.: Giuseppe Rutigliano
Consulenza geologia / **Consulenza archeologia**
Geol. Gaetano Ciccarelli / GEA Archeologia



05 ● 2024

rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
00	Prima consegna	A4	Carmine Perna	Gaetano Ciccarelli	Fabrizio Cembalo Sambiasi
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E NORME DI RIFERIMENTO	3
2.1	Coerenza dello studio con le norme vigenti	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
4	NORAMATIVA RIFERIMENTO	7
5	ASSETTO FISICO E GEOLOGICO	8
5.1	Quadro geologico di riferimento	11
6	MODELLO GEOLITOLOGICO E ASSETTO LITOLOGICO LOCALE	15
7	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	21
8	PERICOLOSITÀ SISMICA.....	22
8.1	Sismicità storica ed hazard sismico.....	22
8.1.1	Hazard Sismico.....	24
8.2	Classificazione Sismica.....	25
8.3	Magnitudo di riferimento	27
9	VERIFICA A LIQUEFAZIONE.....	27
10	CONCLUSIONI.....	28
11	LIMITAZIONI	30

INDICE DELLE TABELLE

Tabella n. 3-1	Documenti di riferimento	7
Tabella n. 8-1	Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio (Comune di Sanluri). Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.	23
Tabella n. 8-2	Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno.....	26

INDICE DELLE FIGURE

Nel dettaglio l'area di studio, osservabile in Figura n. 2-1, presenta quote di circa 55 metri s.l.m.....	3
Figura n. 2-2. Inquadramento geografico generale dell'area in esame, Google Earth Satellite	4
Figura n. 2-3 Google – Vista stato di fatto del sito.....	5
Figura n. 2-4 Google – Vista del sito con l'ipotesi di progetto	6
Figura n. 5-1. Schema stratigrafico-strutturale della Sardegna. Il cerchio in rosso indica l'area di studio.	10
Figura n. 5-2. Stralcio del Foglio 224-225 Guspini della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000 con evidenza dell'area di progetto.....	14
Figura n. 6-1. Ubicazione delle prove di riferimento S1, S2, S3 e S4. Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984).....	17
Figura n. 6-2. Sondaggio S1	17
Figura n. 6-3. Sondaggio S2.....	18
Figura n. 6-4. Sondaggio S3.....	19
Figura n. 6-5. Sondaggio S4.....	20
Figura n. 7-1 Stralcio della cartografia IFFI, in rosso l'area di studio	21
Figura n. 8-1 Stralcio DBMI15 Massime intensità macrosismiche osservate (2015)	22

Figura n. 8-2 Grafico illustrante la storia sismica di Sanluri. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/)	23
Figura n. 8-3 DISS 3.2.1 Sorgenti sismogenetiche.....	24
Figura n. 8-4 Mappa interattiva della pericolosità sismica di Sanluri (http://esse1-gis.mi.ingv.it).....	26

1 PREMESSA

La presente relazione geotecnica espone le risultanze degli studi geotecnici, geologici e geosismici a supporto del progetto definitivo dell'impianto fotovoltaico nel tenimento comunale di Sanluri (SU).

Lo studio, in ossequio alle vigenti norme, definisce le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e del rischio sismico locale della zona interessata dai lavori.

I temi affrontati dallo studio alla scala locale sono stati inquadrati nel contesto generale del territorio prendendo come riferimento la bibliografia relativa alle note illustrative della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, ovvero, del foglio n. 224-225 Guspini ed i numerosi studi geologici-tecnici effettuati nei dintorni dell'area di studio.

In conformità con la norma NF P94-500 (versione novembre 2013) e la DFG-189.12.21-SON-075 B del 01/12/2021, la sezione geologico-tecnica del presente studio determina la natura e le proprietà geotecniche dei terreni per identificare eventuali rischi del sedime delle fondazioni dei pannelli solari.

Lo studio è stato sviluppato secondo il seguente programma:

- Indagine bibliografica e documentaristica per l'inquadramento geografico e territoriale dell'area in esame;
- Studio ed analisi della cartografia e bibliografia geologica, nel dettaglio il Foglio 244-255 della Carta Geologica d'Italia per la definizione delle caratteristiche geologiche tecniche e stratigrafiche;
- Analisi geomorfologia condotta su supporti cartografici disponibili;
- Analisi delle carte inventario dei fenomeni franosi e della sismicità storica;
- Analisi dei dati delle indagini di riferimento e modellazione geotecnica del sottosuolo;
- Modellazione geotecnica e sismica del sito.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E NORME DI RIFERIMENTO

L'area in esame è ubicata a sud ovest del centro abitato del Comune di Sanluri, nei pressi della frazione Strovina, della provincia del Sud Sardegna e presenta coordinate:

- Lat: 39°31'33.29"N
- Long: 8°51'45.09"E

Il sito di studio è inserito in un contesto agricolo e pianeggiante; in particolare, è situato a sud ovest rispetto al centro abitato di Sanluri nella frazione Strovina. Dal punto di vista geografico il territorio comunale di Sanluri è posizionato nel cuore del Campidano. Il territorio comunale è prevalentemente pianeggiante e presenta un'altitudine media di 135 m s.l.m che va diminuendo verso la frazione oggetto di studio Strovina dove l'altitudine media è di 48 m s.l.m.

Nel dettaglio l'area di studio, osservabile in Figura n. 2-1, presenta quote di circa 55 metri s.l.m.



Figura n. 2-2. Inquadramento geografico generale dell'area in esame, Google Earth Satellite

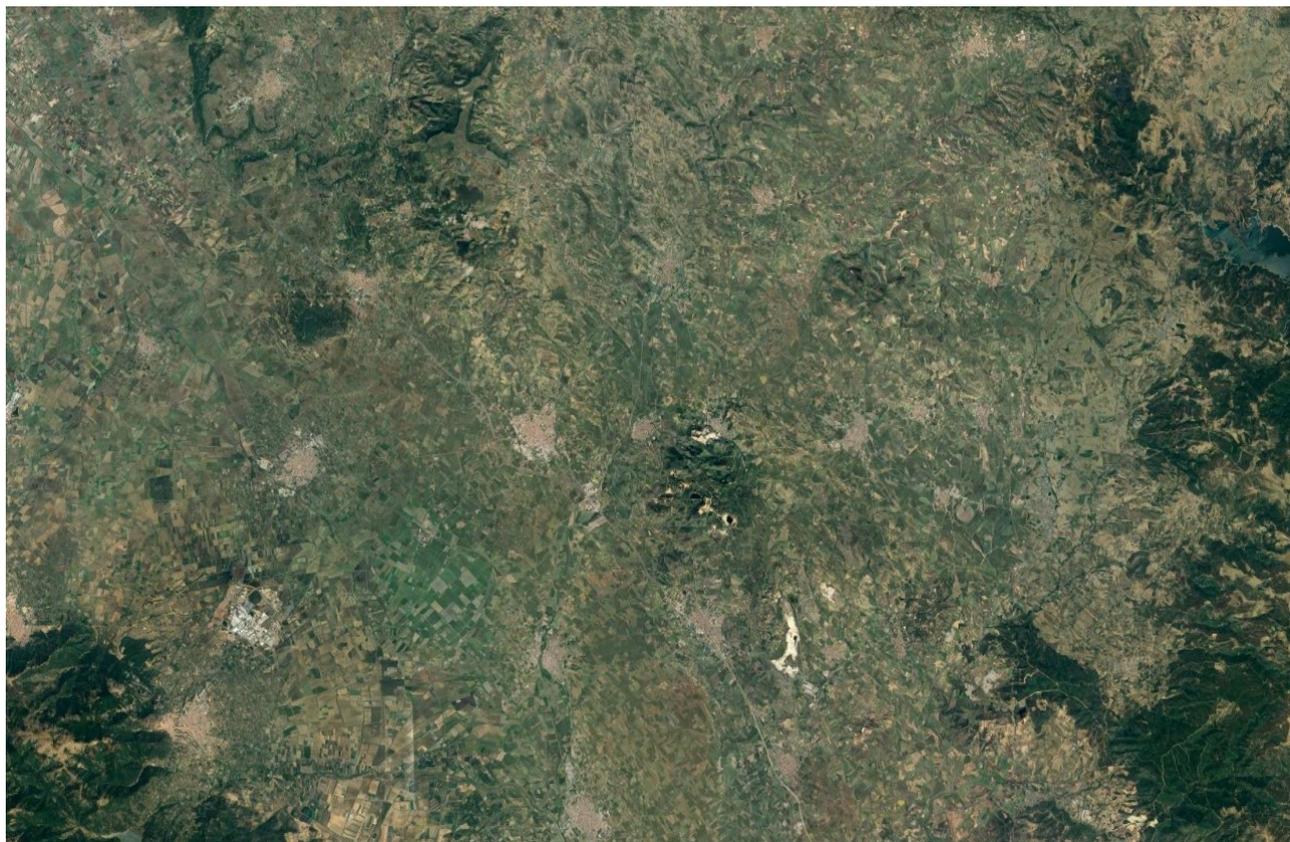


Figura n. 2-3 Google – Vista stato di fatto del sito



Figura n. 2-4 Google – Vista del sito con l'ipotesi di progetto

2.1 COERENZA DELLO STUDIO CON LE NORME VIGENTI

Gli studi sono stati condotti nel rispetto delle indicazioni contenute nell'art. 41 del D.P.R. 328/01, nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" NTC 2018 approvate con il decreto MIT del 17.01.2018, pubblicate sulla Serie Generale n. 42 del 20.02.2018 in vigore dal 22.03.2018,

Con riferimento al § C 10.1 della Circ. Min. Infr. 7 del 21.01.2019 (S.O. n. 5 G.U. n. 35 dell'11.02.2019) recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al D.M. 17 gennaio 2018", la presente contiene la "relazione geologica sulle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito" (§ 6.2.1 delle NTC e § C 6.2.1 della Circolare) e la "relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione" (§ 3.2 delle NTC e § C 3.2 della Circolare) e si pone a compendio della documentazione per l'ottenimento dell'autorizzazione sismica in conformità a quanto previsto dagli articoli 93 e 94 del D.P.R. 380/2001.

In base alla classificazione sismica del comune di Sanluri (zona 4 Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sardegna n. 15/31 del 30.03.2004) e alla tipologia di progetto, la Classe d'Uso è pari a IV ai sensi del § 2.4.2 delle NTC2018, sì che si definisce l'opera come rilevante (art. 4 c.2, lett. b, Tab. A, e art. 7, RR2020) e rischio molto basso.

Per quanto disposto dalle norme regionali ed in relazione al richiesto Piano delle Indagini di cui all'Allegato "C" del citato RR2020 ed in relazione alla Classe d'Uso IV, trattandosi comunque di opere che prevedono fondazioni formate da piccole piastre di modesta ampiezza a cui affidare carichi ridotti e in assenza di scavi ed opere di contenimento importanti, le indagini programmate ed eseguite sono state ridotte, così come

esplicitate nel successivo § 9 della presente relazione; anche in considerazione dell'ampio novero di prove sperimentali già eseguite in sede di PFTE.

Si ritiene, pertanto, adeguato la tipologia ed il numero di indagini di riferimento e quindi anche lo studio geologico del sito e la modellazione sismica, in relazione alla stessa complessità geologica, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale. Giudichi il progettista delle strutture, responsabile secondo la vigente normativa in merito, se il suddetto programma di indagini risulta essere adeguato e sufficiente anche per le modellazioni geotecniche, in relazione alle caratteristiche dell'opera in progetto e alle caratteristiche del sottosuolo indagate in questa relazione. Lo scrivente sarà prontamente disponibile a curare eventuali integrazioni della campagna di indagini geotecniche, qualora il progettista lo ritenesse opportuno.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per lo studio geologico-tecnico sono stati utilizzati i dati contenuti nei documenti di seguito elencati.

In ottemperanza alle NTC2018 e per la tipologia di opere da realizzare, le indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche sono riportate nei documenti sottoelencati.

Nr. Rif.	Titolo documento	Autore	Anno
1	PAI Autorità di Bacino Regione Sardegna	Autorità di Bacino Regione Sardegna	
2	Carta geologica in scala 1:100.000 – Foglio n.224-225	Carta Geologica d'Italia	

Tabella n. 3-1 Documenti di riferimento

I documenti prodotti nell'ambito del presente lavoro sono:

Sigla .	Titolo documento	Autore	Anno
G_01	Inquadramento geologico area di progetto e tracciato elettrodotto	Geologo	2024
G_02	Inquadramento geomorfologico area di progetto e tracciato elettrodotto	Geologo	2024
G_03	Inquadramento area di progetto e tracciato elettrodotto su PAI	Geologo	2024
G_04	Inquadramento area di progetto e tracciato elettrodotto su PGRA	Geologo	2024
G_05	Inquadramento area di progetto e tracciato elettrodotto su PSFF	Geologo	2024

Figura n. 3-2 Elaborati prodotti

4 NORAMATIVA RIFERIMENTO

Il quadro normativo di riferimento a cui risponde lo studio eseguito è così costituito:

- 81-2012-IEEE (Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System).
- EN 1997 - Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1: General rules.
- EN 1997 - Eurocode 7: Geotechnical design. Part 2: Ground investigation and testing.
- EN 1997 - Eurocode 7: Part 3: Design assisted by field testing.
- Legge 02 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Norme tecniche 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. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione.
- Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. e documenti correlati.
- D.M. 14 gennaio 2008 Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Norme Tecniche per le Costruzioni
- DPR 6 giugno 2001, n.380. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Circolare 11 dicembre 2009. Entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Circolare 5 agosto 2009 - Ulteriori considerazioni esplicative
- "Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)" aggiornate ai sensi del DPCM del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti DEL 17 gennaio 2018 e successive modifiche;

5 ASSETTO FISICO E GEOLOGICO

In Sardegna sono presenti tre grandi complessi geologici: il basamento metamorfico paleozoico, il complesso intrusivo tardo-paleozoico, le coperture sedimentarie e vulcaniche tardo-paleozoiche, mesozoiche e cenozoiche.

L'area generale in cui è situato il sito in esame è costituita prevalentemente da sedimenti e subordinate vulcaniti di età cenozoica; solo nella parte SW affiorano originarie rocce sedimentarie paleozoiche deformate e variamente metamorfosate durante l'Orogenesi ercinica, intruse da rocce granitoidi appartenenti all'esteso plutone tardo-paleozoico dell'Arburese.

Basamento Metamorfico Paleozoico

Il basamento paleozoico sardo rappresenta un segmento della Catena ercinica sud-europea che in origine era verosimilmente in continuità col Massiccio Centrale Francese, i Mauri e la Montagna Nera (ARTHAUD & MATTE, 1977), prima del distacco e della deriva del Blocco sardo-corso nel Miocene Inferiore. In accordo con la maggior parte degli autori, la Catena ercinica si sarebbe evoluta mediante subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal Siluriano e collisione continentale, con importante ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo, durante il Devoniano e il Carbonifero (MATTE, 1986a; 1986b; CARMIGNANI et alii, 1994b cum bibl.).

Nel segmento ercinico sardo la geometria collisionale della catena risulta ancora ben riconoscibile. Secondo CARMIGNANI et alii (1992c; 1994b; 2001c), il "Complesso metamorfico di alto grado" che affiora nella Sardegna settentrionale rappresenta il margine armoricano sovrascorso, mentre il "Complesso metamorfico di basso e medio grado", a sua volta suddiviso in Falde interne e Falde esterne ed affiorante nella Sardegna centrale, sud-orientale e, in parte, sud-occidentale, rappresenta il margine di Gondwana subdotto. I due complessi metamorfici sono separati dalla Linea di sutura Posada-Asinara, lungo la quale affiorano relitti di crosta oceanica (CAPPELLI, 1991). La fase collisionale è associata ad un metamorfismo progrado di pressione intermedia e grado variabile da S verso N dalla facies degli scisti verdi a quella anfibolitica, quest'ultima sviluppata solo in prossimità della Linea Posada-Asinara; metamorfismo e deformazione aumentano poi di intensità passando dalle unità tettoniche geometricamente superiori a quelle inferiori.

Il basamento paleozoico del Foglio Villacidro fa parte delle Falde esterne. Esse affiorano tra la Barbagia e il Sulcis-Iglesiente e sono costituite da originarie successioni sedimentarie e vulcaniche di età compresa tra il Cambriano e il Carbonifero Inferiore. Queste falde si sono messe in posto con traslazione da NE verso SW nell'avanfossa della catena durante il Dinantiano. Il metamorfismo sin-cinematico delle Falde esterne varia dall'anchizona alla facies degli scisti verdi. Nelle Falde esterne, rocce metamorfiche in facies anfibolitica affiorano solo al M. Grighini (Oristanese), in corrispondenza della culminazione assiale di una pronunciata antifornte di falde (Antifornte del Flumendosa) diretta NW-SE, che si può riconoscere per una lunghezza di circa 100 km dal M. Grighini alla foce del fiume Flumendosa (Sarrabus).

La sezione più completa nelle Falde esterne è descritta nella bassa valle del Flumendosa (CARMIGNANI & PERTUSATI, 1977; CARMIGNANI et alii, 1978), dove affiora l'unità tettonica più profonda, l'Unità di Riu Gruppa, sottostante all'Unità del Gerrei, che a sua volta è sormontata, sul fianco settentrionale dell'antifornte, dall'Unità di Meana Sardo e, su quello meridionale, dall'Unità del Sarrabus. Queste unità tettoniche sono state impilate e deformate in un cuneo di accrezione radicato sotto le Falde interne, durante le fasi collisionali e di ispessimento crostale dell'Orogenesi ercinica.

Successivamente, durante il Carbonifero Superiore e il Permiano, un'importante tettonica distensiva post-collisionale si sovrappone alle strutture collisionali, portando all'esumazione delle metamorfite ed alla messa in posto del "Complesso intrusivo tardo-paleozoico". Il basamento ercinico affiorante è rappresentato da rocce metamorfiche di anchizona-epizona appartenenti prevalentemente all'Unità tettonica dell'Arburese, alla Zona esterna dell'Iglesiente-Sulcis e all'Unità tettonica del Gerrei, che costituiscono tre domini con caratteristiche litostratigrafiche, strutturali e metamorfiche differenti. In questo Foglio è visibile l'accavallamento tettonico della Zona a falde (Unità dell'Arburese) sulla Zona esterna (Iglesiente-Sulcis) della Catena.

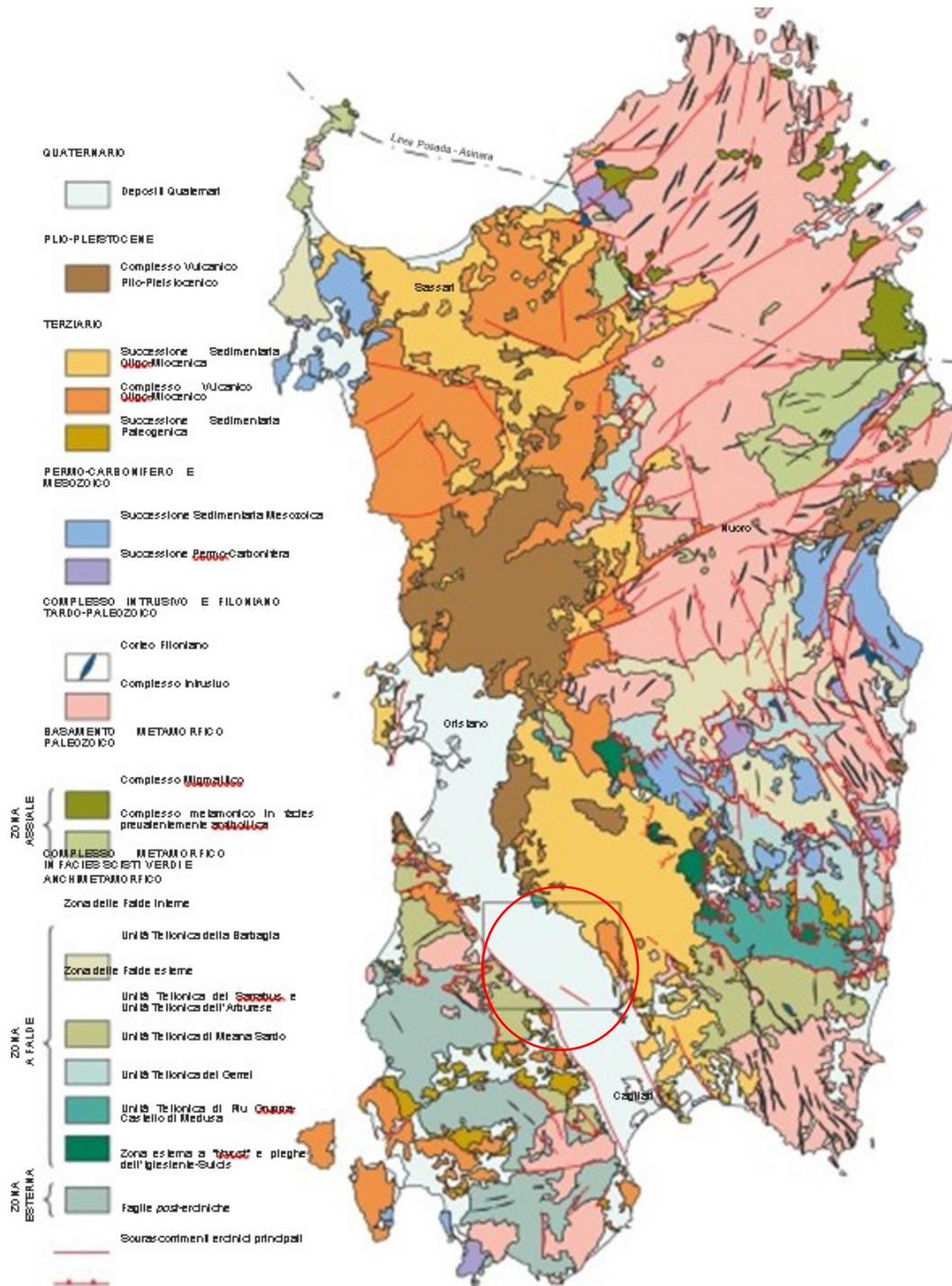


Figura n. 5-1. Schema stratigrafico-strutturale della Sardegna. Il cerchio in rosso indica l'area di studio.

5.1 QUADRO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

In seno alla successione stratigrafica del Paleozoico sardo sono presenti importanti discordanze stratigrafiche. La più antica, nota come “Discordanza sarrabese” (CALVINO, 1959; 1961) è stata attribuita (BARCA et alii, 1987; 1988) alla “Fase sarda” (STILLE, 1939) dell’Iglesiente e separa la successione del Cambriano - Ordoviciano Inferiore dal sovrastante complesso vulcano-sedimentario dell’Ordoviciano Medio. La seconda è una non-conformity tra il complesso vulcanico subaereo meso-ordoviciano e la successione trasgressiva dell’Ordoviciano Superiore (“Trasgressione caradociana” Auct.). La terza discordanza si osserva alla base della successione terrigena sin-orogena del Carbonifero Inferiore: questo contatto appare quasi sempre tettonizzato e sulla sua originaria natura stratigrafica o tettonica mancano ancora dati certi.

Le successioni comprese tra queste discordanze sono classificabili come “Unconformity Bounded Stratigraphic Units” (UBSU) o “Sintemi” (ISSC, 1987; 1994). Esse sono state informalmente così definite:

- Successione terrigena del Cambriano - Ordoviciano Inferiore pre-Discordanza sarrabese;
- Successione vulcano-sedimentaria dell’Ordoviciano Medio;
- Successione terrigena e carbonatica dell’Ordoviciano Superiore - Devoniano - Carbonifero Inferiore;
- Depositi sin-tettonici tipo “Culm” (Carbonifero Inferiore).

Nei dintorni dell’area di studio risultano presenti le prime tre successioni, mentre non sono stati rilevati i depositi del “Culm” eocarbonifero. La “Successione terrigena del Cambriano - Ordoviciano Inferiore” è una potente successione di originari depositi arenacei e siltosi, nota in letteratura con il nome di Arenarie di San Vito nel Sarrabus e nel Gerrei (CALVINO, 1963; 1972) e formazione di Solanas in Barbagia e Sarcidano (MINZONI, 1975). Tali depositi avrebbero subito una debole deformazione nell’Ordoviciano Inferiore (“Fase sarda” o “Fase sarrabese” Auct.). Si tratta di depositi di conoidi sottomarine che rappresentano facies più distali rispetto ai depositi misti terrigeni e carbonatici coevi della Zona esterna della Sardegna SW. La transizione da SW a NE, da un ambiente di piattaforma terrigeno-carbonatica (Iglesiente-Sulcis) ad un ambiente di scarpata continentale distale (Sardegna SE) consente di ipotizzare il profilo di un margine continentale passivo persistente dal Cambriano fino all’Ordoviciano Inferiore, che viene riferito al margine settentrionale di Gondwana (CARMIGNANI et alii, 1992c).

La “Successione vulcano-sedimentaria dell’Ordoviciano Medio” caratterizza tutte le Falde esterne ed è costituita da grandi spessori di metavulcaniti e metaepiclastiti prevalentemente subaeree, discordanti sulle metarenarie cambro-ordoviciane. Questi prodotti magmatici, di composizione da andesitica a riolitica, sono attribuiti allo sviluppo di un arco vulcanico su crosta continentale, connesso con una fase di subduzione dell’Oceano Sud-Armorico al di sotto del margine nord-gondwaniano divenuto attivo (CARMIGNANI et alii, 1994b). Un’originaria zonazione dell’arco vulcanico spiegherebbe le sensibili variazioni di composizione, spessore e presenza o meno delle vulcaniti nelle diverse unità tettoniche della Zona a falde (CARMIGNANI et alii, 1994b).

La “Successione terrigena e carbonatica dell’Ordoviciano superiore - Devoniano - Carbonifero Inferiore” nella sua porzione iniziale testimonia la trasgressione marina sugli apparati vulcanici ordoviciani (“Trasgressione caradociana” Auct.) ed è rappresentata da depositi detritici anche grossolani, di ambiente costiero (Caradoc), seguiti da depositi pelitico-arenacei con intercalazioni carbonatiche di ambiente neritico più profondo (Ashgill). Le successioni dell’Ordoviciano Superiore mostrano una grande variabilità di facies: i prodotti dello smantellamento degli apparati vulcanici subaerei sono infatti fortemente dipendenti sia dalla locale morfologia della superficie di trasgressione, che dalla natura del litotipo trasgredito. Con l’Ordoviciano Superiore si realizza anche un’importante variazione dell’ambientazione geodinamica da margine attivo nuovamente a margine passivo. Al diffuso vulcanismo orogenico dell’Ordoviciano Medio segue infatti nel Caradoc-Ashgill una più modesta attività vulcanica, caratterizzata nella Sardegna meridionale da basalti intraplacca che testimoniano una tettonica distensiva, cui è da riferire il collasso dell’arco vulcanico calcocalino (per

cessazione della subduzione) e la conseguente trasgressione caradociana. Nel dominio marino instauratosi alla fine dell'Ordoviciano si stabilisce sempre più una uniformità di sedimentazione che perdura anche nel Siluriano e nel Devoniano e Carbonifero Inferiore (Tournaisiano o Dinantiano). L'ambiente di sedimentazione è di mare aperto relativamente poco profondo, come provano i resti fossili di faune pelagiche a tentaculiti, conodonti, cefalopodi, con apporti da terre emerse scarsi o assenti (“piattaforma carbonatica devoniana” Auct.) e frequenti condizioni riducenti sul fondo, soprattutto nel Siluriano (black shales). I successivi “Depositi sin-tettonici tipo Culm” del Carbonifero Inferiore (Dinantiano), anch'essi coinvolti nell'Orogenesi ercinica, sono noti come formazione di Pala Manna (BARCA, 1981; 1991; BARCA et alii, 1992) e affiorano estesamente nelle Unità tettoniche del Sarrabus, del Gerrei e del Sulcis (BARCA et alii, 2005; 2009; CARMIGNANI et alii, 2001a; 2001b). Generalmente sono costituiti da alternanze di metarenarie, metasiltiti e metapeliti, con frequenti intercalazioni di metaconglomerati, metabrecce con grandi olistoliti, e metavulcaniti. Questi depositi sin-orogenici di avanfossa, derivanti probabilmente dallo smantellamento delle porzioni più interne precocemente deformate ed emerse della Catena ercinica, non affiorano nell'area in esame.

Complesso intrusivo e filoniano tardo-paleozoico

Nel settore occidentale del Foglio Villacidro affiorano granitoidi e sistemi filoniani riferibili al magmatismo post-collisionale tardo-paleozoico, che in Sardegna comprende una notevole varietà di prodotti ignei intrusivi ed effusivi. I prodotti intrusivi appartengono al “Batolite sardo-corso”, il quale risulta costituito da un insieme molto eterogeneo di litotipi riferibili ad associazioni a differente affinità petrochimica. Si tratta di plutoni coalescenti, con grande variabilità composizionale rappresentata in gran parte da tonaliti, granodioriti, monzograniti e monzograniti a tendenza marcatamente leucocrata, il cui carattere prevalentemente calcalkalino e metalluminoso è stato messo in evidenza da numerosi studi petrografici, mineralogici e geochimici (DI SIMPLICIO et alii, 1975; ORSINI, 1976; 1980; BRALIA et alii, 1981; ROSSI, 1986; POLI et alii, 1989; ROSSI & COCHERIE, 1991; POLI & TOMMASINI, 1999). A questi si associano subordinati plutoni a carattere peralluminoso, costituiti in prevalenza da granodioriti e monzograniti a due nicchie e talora a cordierite (OGGIANO & DI PISA, 1988; SECCHI et alii, 1991; DI VINCENZO & GHEZZO, 1996; DI VINCENZO et alii, 1996).

Le datazioni assolute coi metodi K-Ar e Rb-Sr a tutt'oggi note suggeriscono per i granitoidi sardi una sequenza di messa in posto a livelli alto-crosta in un intervallo di tempo compreso fra circa 310 e 280 Ma e cioè tra il Carbonifero Superiore e il Permiano Inferiore (DEL MORO et alii, 1975; 1991; DI SIMPLICIO et alii, 1975; FERRARA et alii, 1978; BECCALUVA et alii, 1985; COCHERIE, 1985; SECCHI et alii, 1991; BROTTU et alii, 1994). I rapporti giacitureali fra le diverse intrusioni ed i dati di geocronologia isotopica evidenziano una sequenza di messa in posto dove le intrusioni tonalitiche, granodioritiche e monzogranitiche sono nell'ordine quelle più antiche, a partire da circa 310 Ma sino a circa 295 Ma (DEL MORO et alii, 1975; COCHERIE, 1985), generate e messe in posto nelle fasi terminali dello stadio di riesumazione; le intrusioni di leucograniti l.s. sono anche più recenti (285-290 Ma) e messe in posto dopo lo stadio principale di riesumazione del basamento (DEL MORO et alii, 1975; ORSINI, 1980; BRALIA et alii, 1981; GHEZZO & ORSINI, 1982; COCHERIE, 1985; COCHERIE et alii, 2005). Per le intrusioni peralluminose sono riportate età di messa in posto di 300-305 Ma (CARMIGNANI et alii, 1978; MACERA et alii, 1989; DI VINCENZO & GHEZZO, 1996).

La costruzione del batolite fra il Carbonifero Superiore e il Permiano Inferiore è pertanto contemporanea alla tettonica post-collisionale della catena ercinica, caratterizzata dalla sua riesumazione in regime estensionale con transizione alla fase anorogenica (CARMIGNANI et alii, 1992a; 1992b; 1992c; 1994a; 1994b). Le intrusioni sono predominanti nella Zona assiale (Sardegna settentrionale) mentre, procedendo verso la Zona a falde nella Sardegna centro-meridionale, esse costituiscono vari massici intrusivi, sempre alto-crosta, isolati entro il complesso metamorfico di basso grado (complessi intrusivi dell'Arburese, del Sarrabus, dell'Iglesiente-Sulcis). Tra le differenti ipotesi genetiche prospettate per queste intrusioni, evinte sulla base dei loro eterogenei aspetti petrogenetici, sono stati proposti processi di anatessi crostale, di derivazione dal mantello, di interazione e mixing fra magmi basici subcrosta ed acidi anatettici, di cristallizzazione frazionata

(BRALIA et alii, 1981; POLI et alii, 1989; POLI & TOMMASINI, 1991; ROSSI & COCHERIE, 1991; TOMMASINI & POLI, 1994; TOMMASINI et alii, 1995; DI VINCENZO & GHEZZO, 1996; COCHERIE et alii, 2005). I caratteri geologici e petrografici suggeriscono che anche nella parte frontale dell'edificio a falde, come nel caso dell'Arburese e del Sarrabus, la messa in posto delle rocce granodioritico-tonalitiche, che generalmente presentano tessiture più o meno marcatamente foliate, si è realizzata in ambiente tardo-tettonico (SECCHI et alii, 1991; SECCHI & D'ANTONIO, 1996).

Durante il tardo-Carbonifero ed il Permiano nel Blocco sardo-corso-provenzale, così come in altre vaste aree dell'orogene ercinico, l'attività magmatica si è anche realizzata con prodotti effusivi prevalentemente a chimismo intermedio-acido ed affinità inizialmente calcalcalina e successivamente alcalina (BONIN et alii, 1998; CORTESOGNO et alii, 1998), prodotti che però non risultano presenti nell'area di studio.

Tutto il basamento e parte della sua copertura permo-carbonifera (TRAVERSA, 1969) risultano infine iniettati da sistemi di filoni che comprendono termini di composizione ed età assai variabili (TRAVERSA, 1979; ORSINI, 1980; GHEZZO & ORSINI, 1982; BECCALUVA et alii, 1985; ATZORI & TRAVERSA, 1986; VACCARO et alii, 1991; TRAVERSA & VACCARO, 1992; RONCA & TRAVERSA, 1996).

Successioni mesozoiche e cenozoiche

Durante il Mesozoico la Sardegna non è stata interessata da importanti movimenti tettonici né da attività magmatica. Pur tenendo conto delle brevi e parziali trasgressioni meso-triassica (Muschelkalk) e liassica (Sardegna occidentale), durante il Triassico e il Giurassico inferiore (Lias) la Sardegna costituiva un alto strutturale in gran parte emerso che nella paleogeografia alpina probabilmente rappresentava una propaggine del Dominio Brianzonese. Questo alto strutturale fu più estesamente trasgredito solo a partire dal Dogger, i cui depositi dolomitici e calcarei di ambiente neritico ricoprono in discordanza sia il basamento ercinico, che la successione continentale stefaniano-permiana o permo-triassica. successione mesozoica (Giurassico-Cretacico) della Nurra e del Sulcis è poi ben documentata una lacuna meso-cretacica, talvolta associata a discordanza angolare (“lacuna bauxitica”).

Una nuova emersione, che interessò l'intera Isola, si manifestò alla fine del Cretacico e perdurò per quasi tutto il Paleocene. Nel area di studio non affiorano sedimenti mesozoici, diffusi però in tutta la Sardegna centro-orientale e localmente anche nella Sardegna sud-occidentale e nord-occidentale; si sono invece preservati piccoli lembi dei depositi trasgressivi dell'Eocene Inferiore, maggiormente rappresentati in altri settori della Sardegna meridionale (PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969; MURRU & SALVADORI, 1990; BARCA & COSTAMAGNA, 2000; CARMIGNANI et alii, 2001a; 2001b; PERTUSATI et alii, 2002a; 2002b cum bibl.). Verosimilmente in relazione con la fase tettonica pirenaica (BARCA & COSTAMAGNA, 1997; 2000; CARMIGNANI et alii, 2004), nell'Eocene medio-superiore si ristabiliscono in tutta l'Isola condizioni di continentalità, che perdurano per quasi tutto l'Oligocene, come risulta dai depositi fluviali e lacustri riferiti a tale intervallo di tempo presenti anche nel Foglio Villacidro (formazione del Cixerri, PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969).

Nell'Oligocene superiore - Miocene Inferiore il Blocco sardo-corso subisce i contraccolpi della collisione nord-appenninica, di cui rappresenta il retropaese. In questo periodo nella Sardegna centro-settentrionale, così come nella Corsica ercinica, è attiva una importante tettonica trascorrente (CARMIGNANI et alii, 1994a; PASCÌ, 1995), con sistemi di faglie che seguono i lineamenti tettonici e le discontinuità del basamento ercinico. In concomitanza con tale evento geodinamico si manifesta in Sardegna il cosiddetto “ciclo vulcanico calcalcalino oligo-miocenico”, cui si deve la messa in posto di grandi volumi di prodotti ignei, sia effusivi che esplosivi, con chimismo da basico-intermedio (basaltico-andesitico) ad acido (riodacitico-riolitico). Vulcaniti riferibili a tale ciclo sono presenti nel settore orientale dell'area di studio (distretto vulcanico di Serrenti-Furtei). La parte meridionale dell'Isola appare scarsamente interessata dalle dinamiche trascorrenti oligo-mioceniche. In quest'area sono attribuiti all'Oligocene superiore - ?Aquitano Inferiore solo alcuni depositi, da continentali a marino-litorali che, con spessori molto modesti.

Durante il Miocene inferiore-medio, contemporaneamente alla rotazione del Blocco sardo-corso (Burdigaliano) e all’apertura del Bacino Balearico e del Tirreno centro-settentrionale, si sviluppa tra il Golfo di Cagliari e quello dell’Asinara un sistema di fosse (“Fossa Sarda”: VARDABASSO, 1962; “Rift sardo”: CHERCHI & MONTADERT, 1982; 1984) con sedimentazione prevalentemente marina, con associati notevoli spessori di vulcaniti calcocalcine, in parte sottomarine. A partire dal Miocene Superiore e fino al Pliocene-Pleistocene, tutta l’Isola è interessata da una nuova, importante fase distensiva da riferire all’apertura del Tirreno centro-meridionale, la quale favorisce una breve e localizzata (penisola del Sinis, Campidano di Cagliari e di Oristano, Orosei) ingressione marina nel Pliocene Inferiore. A questa tettonica distensiva sono da imputare le estese manifestazioni vulcaniche plio-pleistoceniche dell’Isola, prevalentemente basiche e ad affinità alcalina, transizionale e tholeiitica, di età isotopica compresa tra 5,3 e 0,14 Ma (BECCALUVA et alii, 1978), nonché l’impostazione del graben subsidente del Campidano, colmato da potenti depositi detritici continentali plio-pleistocenici (formazione di Samassi, PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969; “Alluvioni antiche” Auct.)

Sia i sedimenti marini del Miocene inferiore-medio che, più estesamente, i depositi quaternari sono ampiamente rappresentati nel Foglio Villacidro, mentre i sedimenti del Pliocene inferiore marino e del Pliocene Medio-Inferiore (formazione di Samassi Auct.) sarebbero presenti unicamente nel sottosuolo del Campidano come risulta dallo studio dei sondaggi (POMESANO CHERCHI, 1971, TILIA ZUCCARI, 1969; PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969).

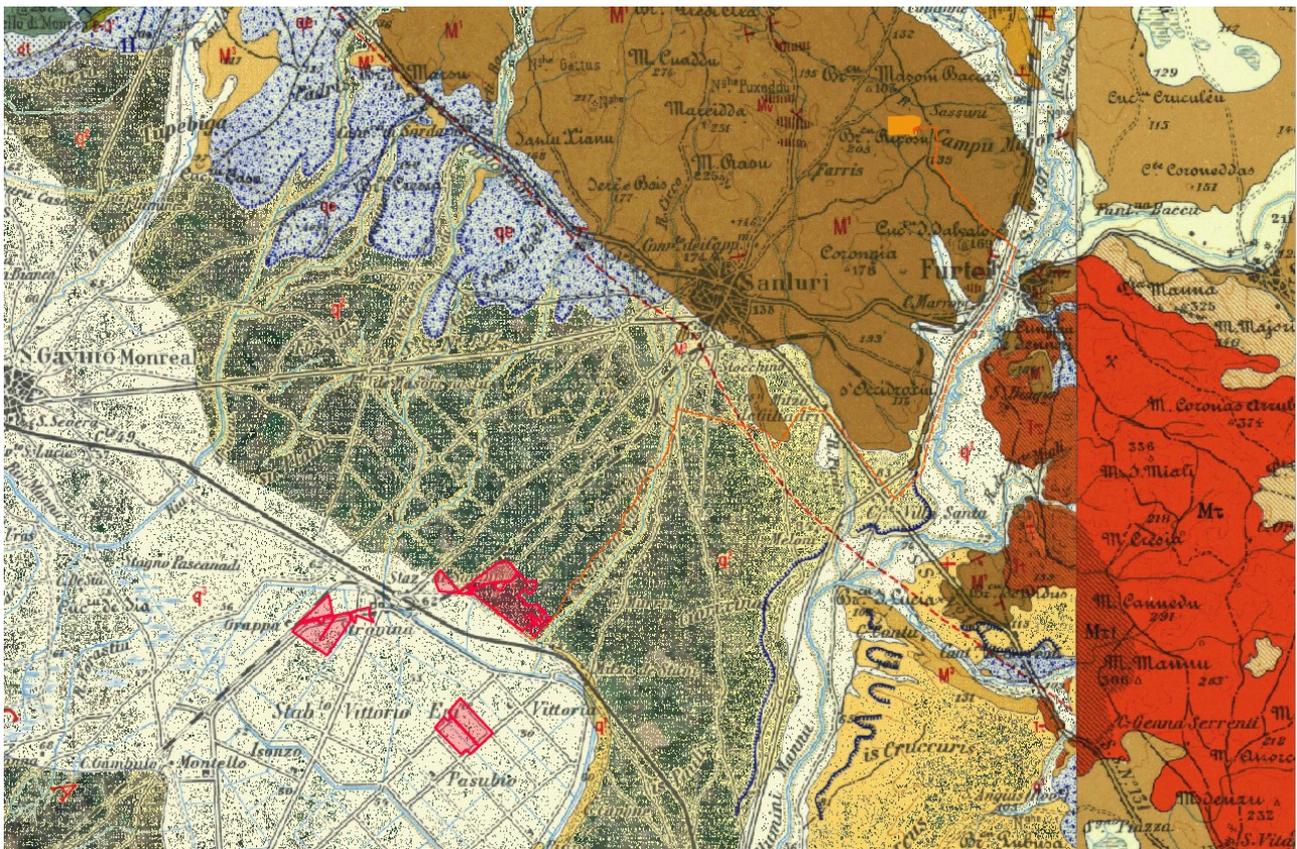
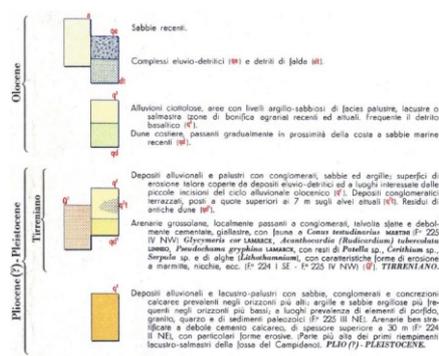


Figura n. 5-2. Stralcio del Foglio 224-225 Guspini della Carta Geologica d’Italia, scala 1:100.000 con evidenza dell’area di progetto



6 MODELLO GEOLITOLOGICO E ASSETTO LITOLOGICO LOCALE

Per la determinazione delle caratteristiche geologiche del territorio comunale si è tenuto conto della bibliografia esistente e del rilevamento geologico.

Il territorio comunale di Sanluri è ubicato nella Sardegna centro meridionale e sono presenti le seguenti unità litologiche:

b2	Coltri eluvio colluviali	[Olocene]	Imp. Fotovoltaico
bnc	Alluvioni costituiti da limi ed argille	[Olocene]	Cavidotto
bnb	Alluvioni costituite da sabbie con subordinati limi ed argille	[Olocene]	Imp. Fotovoltaico
bna	Alluvioni costituite da ghiaie con subordinate sabbie	[Olocene]	Imp. Fotovoltaico
PVM2a	Depositi alluvionali antichi	[Pleistocene superiore]	Cavidotto
RML	Marne siltose e livelli arenacei	[Aquitaniiano - Burdigaliano]	Cavidotto

In particolare, il settore di studio è caratterizzato prevalentemente da depositi alluvionali e lacustri appartenenti al Pleistocene-Olocene che vanno a colmare la "fossa campidanese", erede della più grande "fossa sarda" oligo-miocenica dove è localizzato l'impianto fotovoltaico. Il cavidotto invece andando in direzione est del centro abitato di Sanluri ed a ovest di Furtei, oltre le sequenze alluvionali interessa anche depositi marnosi riferiti all'Aquitaniiano e Burdigaliano.

Di seguito le formazioni presenti nell'area di studio sono descritte nelle loro caratteristiche salienti per gli obiettivi del presente lavoro:

b2 - Coltri eluvio-colluviali

Sono terre costituite da limo, sabbia ed argilla in svariate proporzioni e per tale motivo a comportamento geotecnico molto variabile (incoerente, coesivo, misto), ad elevata componente carbonatica in quanto derivano dalla alterazione e risedimentazione delle marne costituenti i rilievi miocenici circostanti. Si rinvencono generalmente in corrispondenza di paleo-depressioni o lungo i pendii collinari meno acclivi.

Sovente contengono livelli da pluridecimetrici sino a submetrici fortemente carbonatici (accumuli di CaCO₃ di precipitazione - "crostoni s.l.") dal tipico colore biancastro, compatti allo stato asciutto e leggermente compressibili in presenza d'acqua. Talora possono caratterizzarsi per la presenza di uno scheletro clastico sabbio-ghiaioso derivante dal rimaneggiamento dei termini arenacei miocenici e delle alluvioni del Quaternario antico.

Il grado di consistenza è spesso discreto laddove non sono presenti rimaneggiamenti da parte di attività agricola. Il colore è in genere marrone con varie sfumature più chiare in funzione della presenza o meno di carbonati.

bn - Alluvioni terrazzate

Si tratta di Sedimenti eterogranulari ascrivibili ad alluvioni da ghiaiose [**bn**] a sabbiose [**bnb**] ben addensate, disposte in corpi deposizionali passanti ad alluvioni limoso-argillose [**bnc**] molto compatte, spesso legate da ossidi di ferro e manganese e significativa presenza di carbonati di genesi secondaria.

I clasti costituenti tali sedimenti, più o meno elaborati in funzione delle modalità di trasporto sono formati in prevalenza da rocce mioceniche vulcaniche e sedimentarie ed in subordine da rocce metamorfiche. Il colore è prevalentemente rossastro-arancio più o meno marcato, legato ai fenomeni di ossidazione della frazione limoso-argillosa subiti in passato in condizioni paleo-ambientali subaeree caldo-umide con formazione di ossidi e idrossidi di ferro (ematite e limonite).

PVM2a - Alluvioni antiche

Queste alluvioni, annoverabili al Sintema di Portovesme (Litofacies nel Subsintema di Portoscuso) costituita da prevalenti depositi ghiaiosi con clasti di dimensioni da medie a grossolane, con subordinati livelli di sabbie, formatasi in seguito all'accumulo di materiali erosi dai rilievi circostanti.

Comunemente indicati come "Alluvioni antiche", questi depositi sono costituiti da sedimenti ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbiosa-argilloso-limosa, associati a depositi sabbioso-ghiaiosi, ben addensati, con grado di ossidazione spinto che conferisce a queste terre il tipico colore "arrossato". Lo scheletro è costituito da materiali clastici poligenici provenienti dallo smantellamento dei rilievi paleozoici e vulcanici al contorno.

Locali eteropie laterali e verticali, conseguenti alle variazioni di regime idrico dei corsi d'acqua, caratterizzano il materasso alluvionale dando luogo a lenti e lingue più fini (limi e argille) o a sacche di ciottolame.

Lo spessore è generalmente pluridecametrico.

RML- Marne siltose e livelli arenacei

Depositi ascrivibili alla Formazione della Marmilla, sono costituiti prevalentemente da sedimenti fini, quali 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 è dell'ordine di qualche centinaio di metri.

L'attività ignea, i caratteri sedimentologici e le strutture plicative sinsedimentarie evidenti alla mesoscala, testimoniano un'accentuata instabilità tettonica del bacino di sedimentazione.

Per una completa conoscenza dell'assetto litologico dell'area di studio si riporta in seguito la stratigrafia dei sondaggi effettuati nel perimetro dell'area di studio e presenti nell'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984).

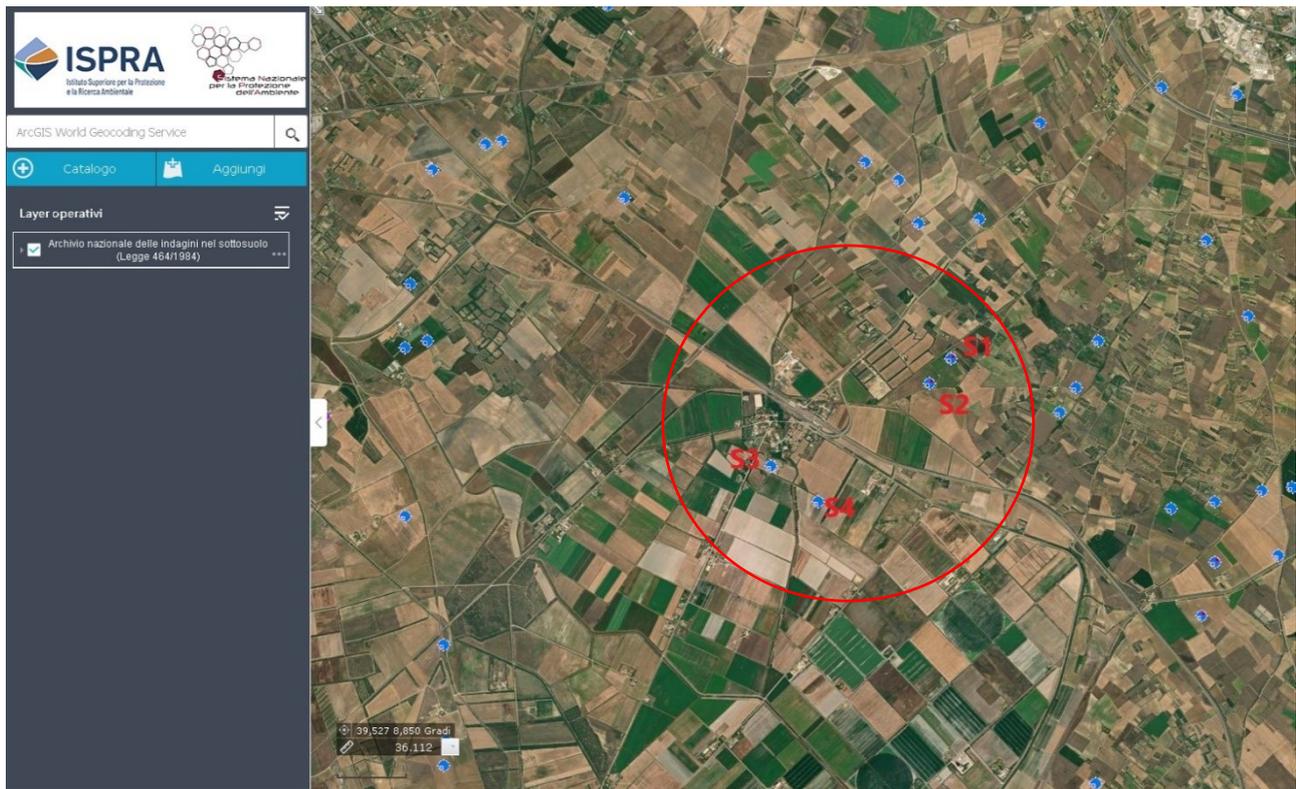


Figura n. 6-1. Ubicazione delle prove di riferimento S1, S2, S3 e S4. Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine			
Codice: 189270 Regione: SARDEGNA Provincia: MEDIO CAMPIDANO Comune: SANLURI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 52,00 Quota pc slm (m): 64,00 Anno realizzazione: 1990 Numero diametri: 1 Presenza acqua: NO Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 0 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 0 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 3 Longitudine WGS84 (dd): 8,865686 Latitudine WGS84 (dd): 39,529839 Longitudine WGS84 (dms): 8° 51' 56.48" E Latitudine WGS84 (dms): 39° 31' 47.43" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia					
DIAMETRI PERFORAZIONE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	52,00	52,00	250	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	45,00	45,00		ARGILLA COMPATTA
2	45,00	48,00	3,00		MISTO FIUME - CIOTTOLAME
3	48,00	52,00	4,00		ARGILLA

Figura n. 6-2. Sondaggio S1

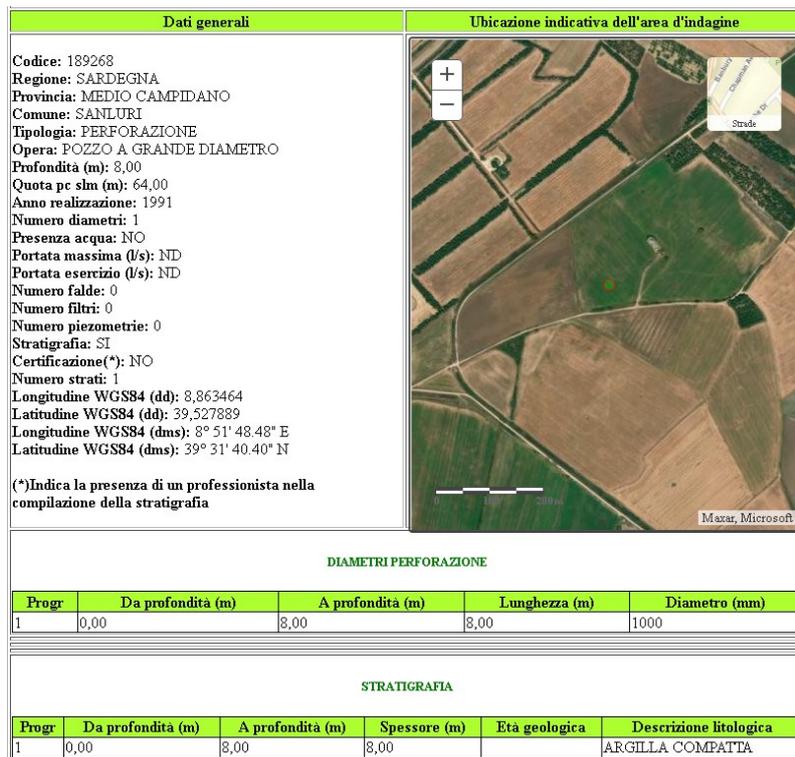


Figura n. 6-3. Sondaggio S2

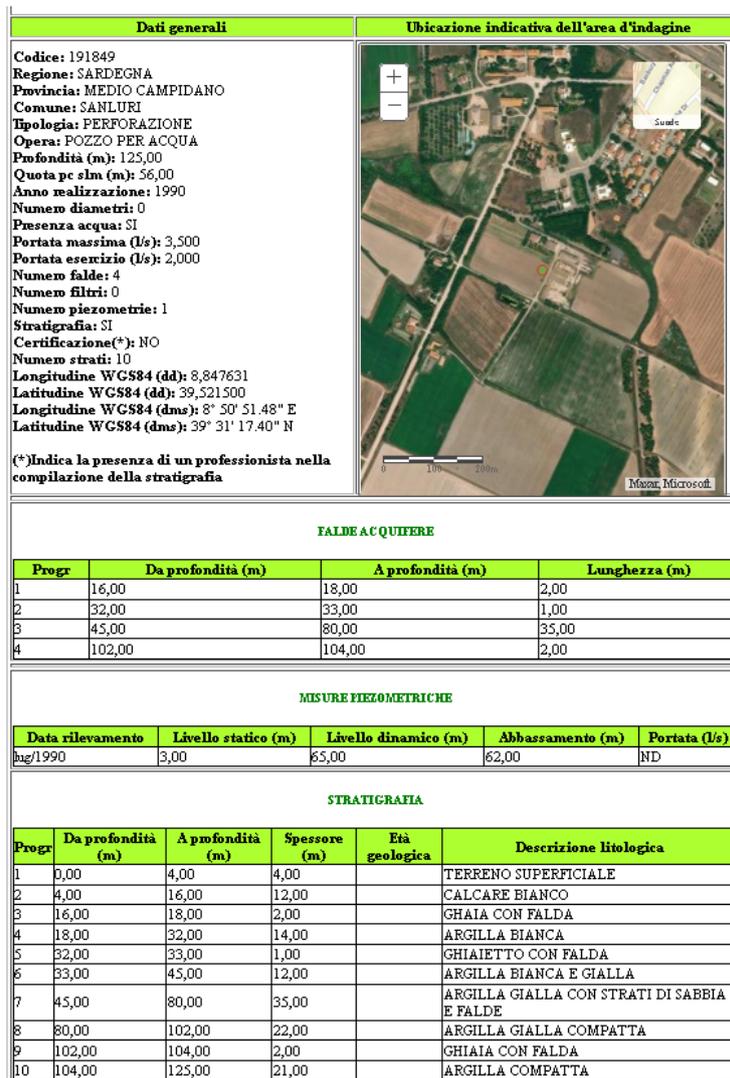


Figura n. 6-4. Sondaggio S3

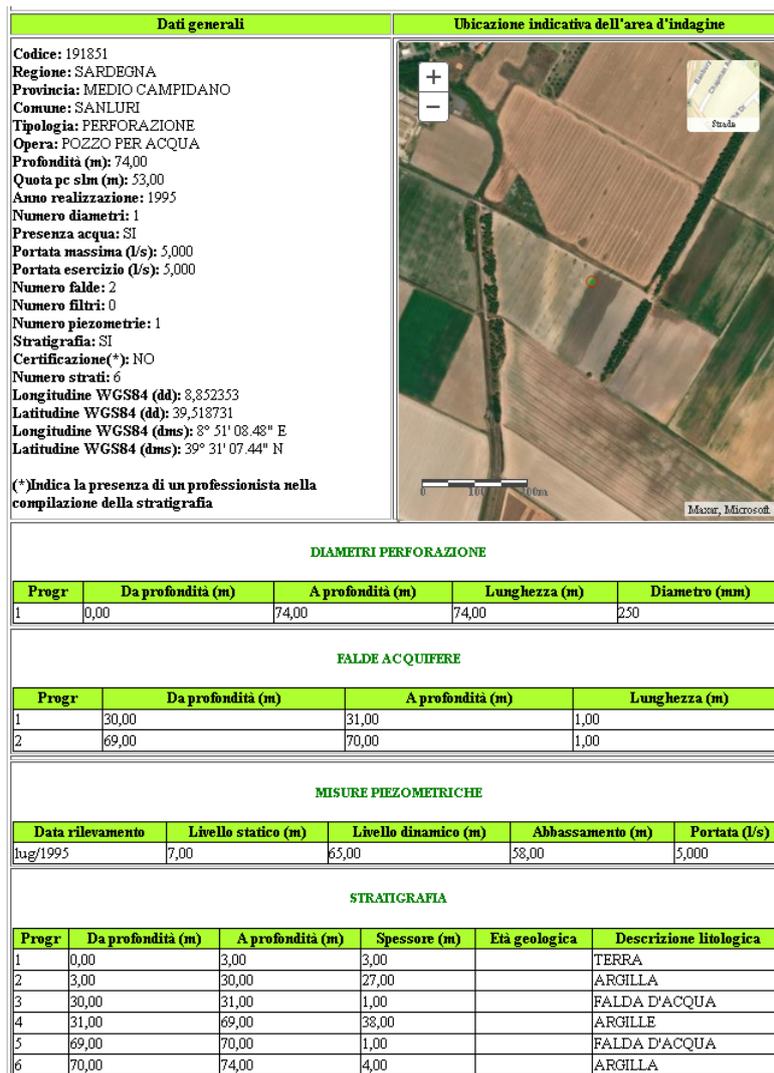


Figura n. 6-5. Sondaggio S4

7 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'area di studio si sviluppa a sud ovest del centro abitato del Comune di Sanluri, nei pressi della frazione Strovina, della provincia del Sud Sardegna in una vasta area pianeggiante della pianura del Campidano.

La superficie topografica dell'area di progetto è sub-pianeggiante e debolmente pendente difatti, in relazione all'andamento pianeggiante della superficie topografica nell'area in oggetto non sono presenti fenomeni franosi in atto, né quiescenti in accordo agli esiti del Piano Assetto Idrogeologico (PAI).

Il contesto geomorfologico in cui è inserita l'area di studio è formato da una vasta zona regolare, da sub-pianeggiante a debolmente ondulata, modellata nei depositi alluvionali dei principali corsi d'acqua che la attraversano, che degrada con regolarità verso il mare.

Nonostante l'apparente monotonia, la pianura presenta aspetti morfologici assai vari.

Sono infatti presenti, anche se arealmente limitati, alcuni terrazzi fluviali, che interrompono insieme ai corsi d'acqua, ai canali artificiali, alle piccole zone palustri e a vaste zone palustri o ex palustri, la continuità morfologica della pianura.

I terrazzi rappresentano vecchie superfici di origine fluviale, messe in risalto dall'erosione operata dai fiumi, successivamente all'evento alluvionale. Queste superfici, generalmente pianeggianti o debolmente inclinate verso valle, sono delimitate da scarpate fluviali, più o meno nette, che raccordano la superficie sommitale con depositi alluvionali più recenti, o con l'alveo dei fiumi.

Un altro tratto caratteristico è costituito dai corsi d'acqua che solcano, con alvei generalmente poco pronunciati la pianura. e dalla rete di canali artificiali, fra i quali spiccano nei dintorni dell'area di progetto troviamo la presenza del Canale delle Acque Alte di Sanluri che attraversa la strada in corrispondenza della frazione di Strovina. Nella porzione a sud della frazione Strovina, in prossimità dell'area di progetto abbiamo la presenza del "Colatore Principale A" e del "Gora Zippiri" mentre nella porzione di impianto a nord di Strovina abbiamo la presenza del "Gora de Guri".

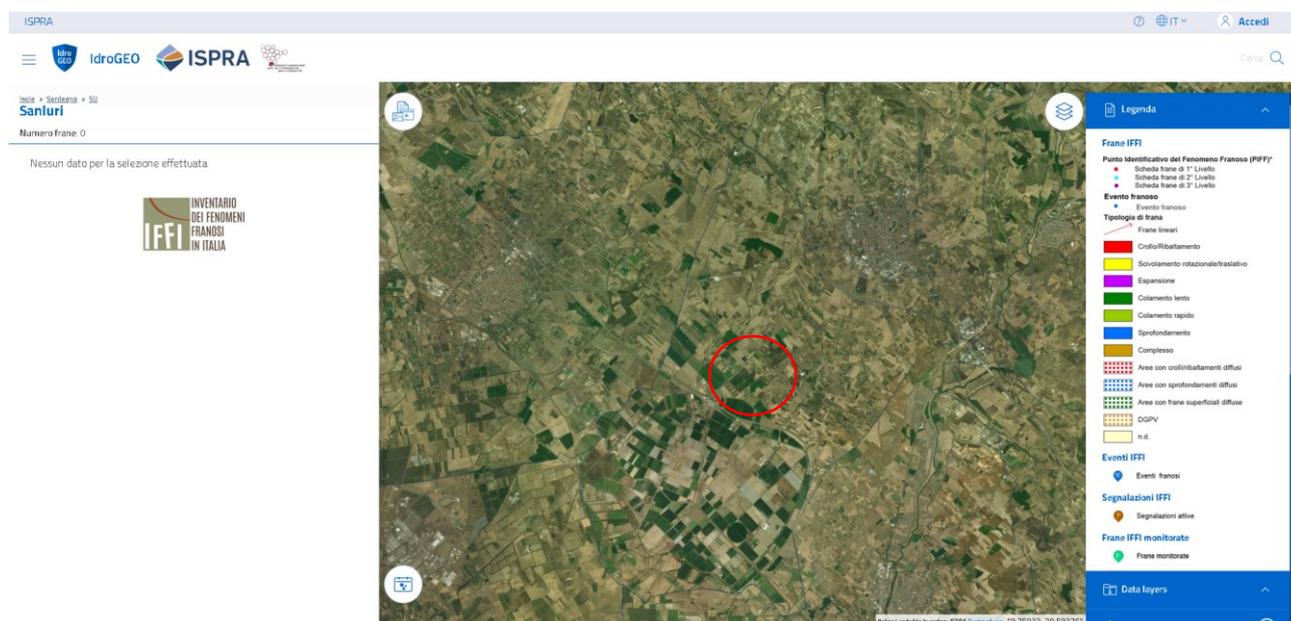


Figura n. 7-1 Stralcio della cartografia IFFI, in rosso l'area di studio

8 PERICOLOSITÀ SISMICA

8.1 SISMICITÀ STORICA ED HAZARD SISMICO

L'analisi della pericolosità sismica storica locale nelle UAS della Sardegna è stata eseguita utilizzando le informazioni macrosismiche messe a disposizione della comunità scientifica, a seguito del Progetto S1 dell'INGV, ed in particolare il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 [Gruppo di lavoro CPTI, 2015].

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>) indicano, per la zona in oggetto, dei valori intorno al quarto grado della scala macrosismica MCS.

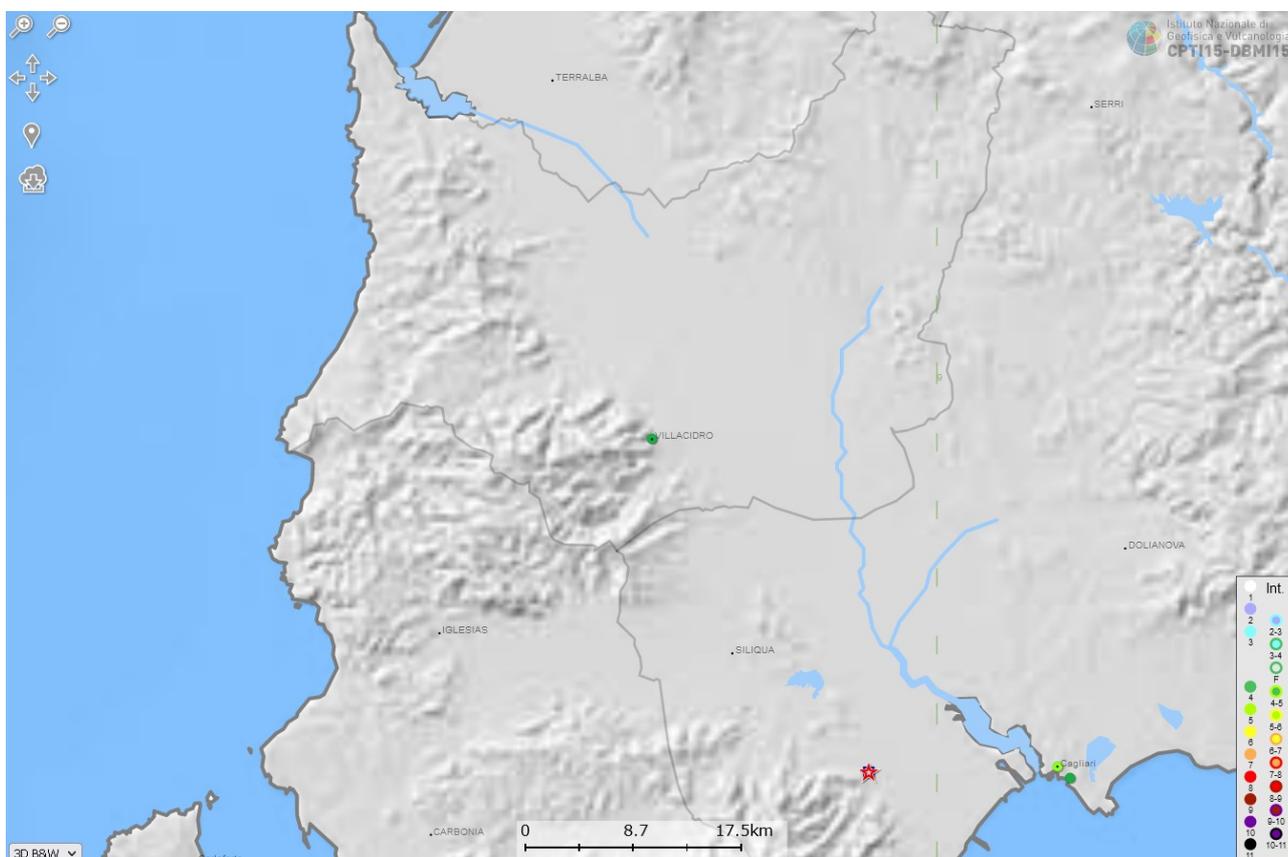


Figura n. 8-1 Stralcio DBMI15 Massime intensità macrosismiche osservate (2015)

Dall'analisi del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (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, <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>), si evincono i più importanti eventi sismici avvenuti nella zona e che hanno avuto un grande risentimento nell'area in studio; per quanto riguarda il Comune di Sanluri oggetti di studio è riportato un singolo evento sismico, quello del Tirreno centrale del 26/04/2000 (Mw 4.77) e riportati nella tabella seguente.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	HMDP	Io	Mw
4	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77



Tabella n. 8-1 Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio (Comune di Sanluri). Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

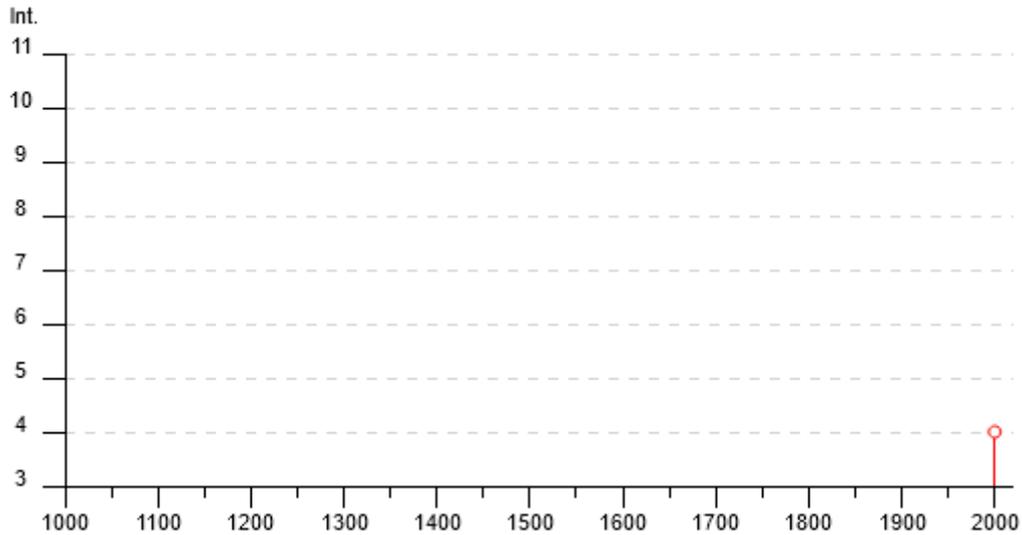


Figura n. 8-2 Grafico illustrante la storia sismica di Sanluri. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/)

8.1.1 Hazard Sismico

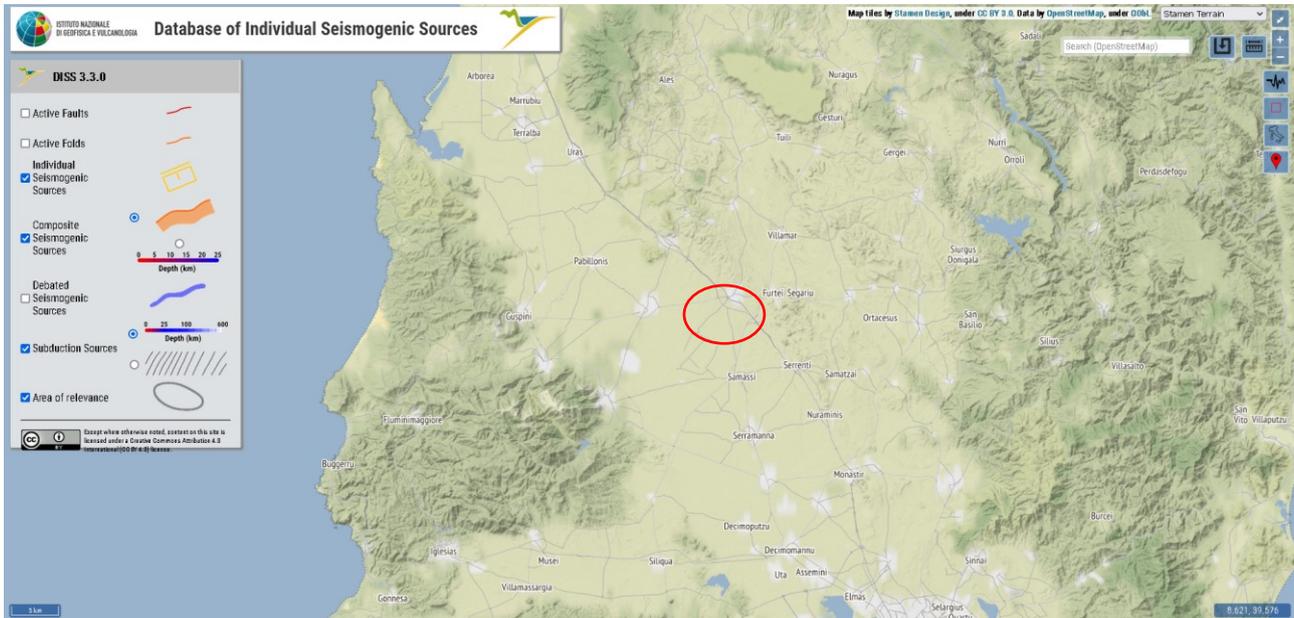
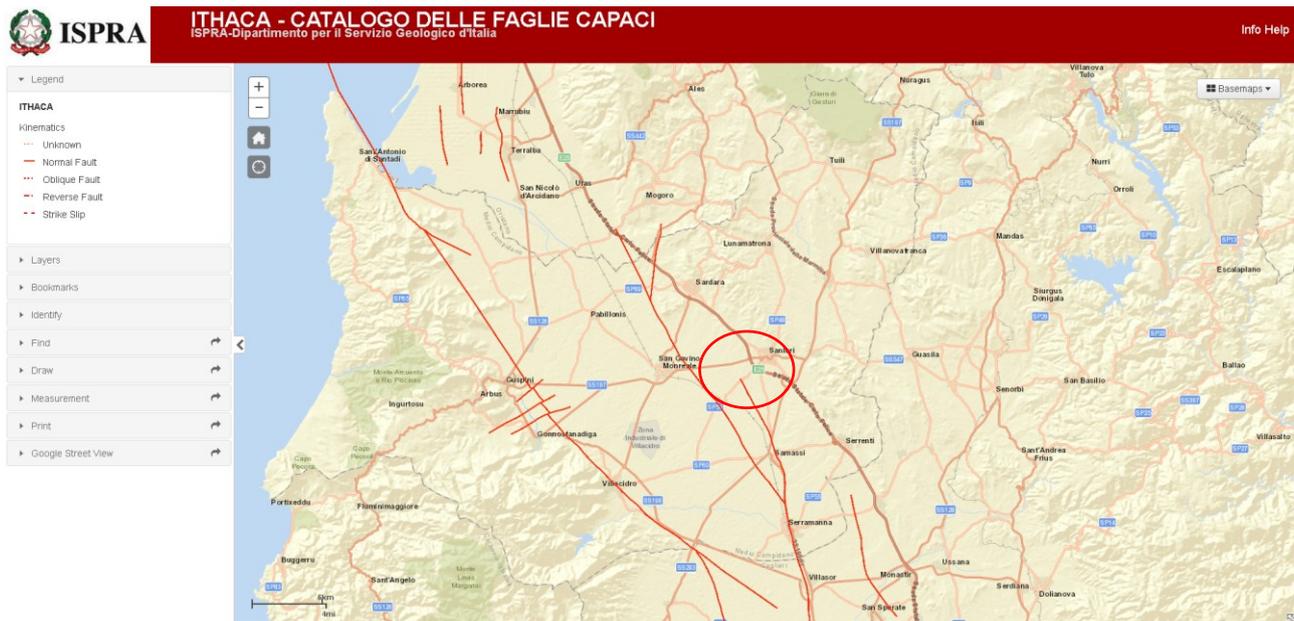


Figura n. 8-3 DISS 3.2.1 Sorgenti sismogenetiche

La conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. L'importanza di valutare la pericolosità in termini di ground rupture viene indicata anche nell'Eurocodice 8 (nella parte 5 sulle fondazioni). Per queste ragioni, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano.

Sebbene gran parte dei movimenti associati alle faglie capaci avvenga in associazione ad eventi sismici, raramente lo scorrimento può avvenire in modo lento, quindi asismicamente (creep). Deformazioni in superficie o a profondità prossime alla superficie lungo strutture fragili possono essere indotte in Italia anche da fenomeni endogeni non riferibili direttamente alla tettonica crostale.

La conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. L'importanza di valutare la pericolosità in termini di ground rupture viene indicata anche nell'Eurocodice 8 (nella parte 5 sulle fondazioni). Per queste ragioni, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano. ITHACA si propone, quindi, come strumento fondamentale per: a) analisi di pericolosità ambientale e sismica, b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, c) pianificazione territoriale e d) gestione delle emergenze di Protezione Civile. È inoltre di supporto alla ricerca scientifica nell'ambito dell'analisi dei processi geodinamici.



Nella figura si nota come, nella vicinanza dell'area di studio, si ha la presenza di diverse faglie capaci in particolare la “Sardara-San Gavino Fault” una faglia con cinematismo normale ed una lunghezza di 28.7 km. La “Sardara-San Gavino Fault” corrisponde al margine nord-orientale del Graben del Campidano, un bacino tettonico originato dallo sprofondamento della porzione meridionale della Fossa Sarda o Rift Sardo (Cherchi & Montadert, 1982; Assorgia et al., 1997; Funedda et al., 2000; Carmignani et al., 2001; Casula et al., 2001; Oggiano et al., 2009), culminato nel Plio-Quaternario con una fase estensionale legata all'evoluzione del bacino tirrenico meridionale (Casula et al. , 2001; Cocco, 2013 e riferimenti ivi contenuti). Il graben è stato riempito da una successione vulcano-sedimentaria (Formazione Samassi, Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969) di età Pliocenica/Pleistocenica superiore, il cui fondo si estende a profondità variabili da 900 m (settore meridionale) a 1100 m (settore settentrionale) (Cocco , 2013). La faglia di Sardara-San Gavino si sviluppa parallelamente alle faglie di Monastir e Isili, faglie maestre che hanno controllato l'evoluzione del margine orientale del Graben del Campidano fin dall'Oligocene superiore (Casula et al., 2001) (*una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa*).

8.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni, emanate con il DM Infrastrutture del 17.01.2018, hanno stabilito che per ogni costruzione ci si può riferire ad una accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale della costruzione stessa.

I criteri di riclassificazione stabiliti dall'OPCM 3274/2003 permettono di esprimere la pericolosità sismica in valori di accelerazione di picco su suolo rigido (a_g) suddivisa in sottoclassi per ogni zona sismica con intervalli di 0,025g.

La regione Sardegna con proprie DGR nn. 15/31 del 2004 ordinisticamente ha approvato la nuova classificazione sismica del territorio regionale. In base a tali norme il territorio di Sanluri è stato riclassificato in Zona **4** a cui corrisponde un range del valore di a_g inferiore a $< 0.05 a_g$. In base all'Allegato “C” delle norme citate, le opere in progetto assumono la **Classe d'Uso IV**.

La zona sismica **4** indica una pericolosità sismica molto bassa dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). L'Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale

Oltre al valore di a_g , è necessario conoscere, per il sito in esame, i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza). La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che permette di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

L'INGV, nella sua 'Mappa della pericolosità sismica' (sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>), elaborata con modello probabilistico sismotettonico, inserisce il comune di Sanluri in una zona con un'accelerazione orizzontale attesa compresa nell'intervallo 0.025-0.050 A_g/g riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s,eq} > 800$ m/s) e con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Fig. 11.4).

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Figura n. 8-4 Mappa interattiva della pericolosità sismica di Sanluri (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

P_{v_k} (Stato Limite)	C_U	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

Tabella n. 8-2 Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno

8.3 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda il valore di Magnitudo di riferimento si è fatto uso dei dati ICMS 2008. Un metodo per stimare il valore di M_w da considerare ai fini delle valutazioni per le verifiche di liquefazione per l'area o la microzona di interesse è, nel caso in cui non sia ricompresa nella zonazione sismogenetica (ZS9; INGV, 2009), di determinare le minime distanze (R_i) dalle zone sismogenetiche circostanti (i) e successivamente si verifica per ciascuna di esse se la magnitudo della zona sismogenetica considerata (M_i) è inferiore o superiore alla magnitudo fornita dalla relazione $M_{si}=1+3*\log(R_i)$. Nel caso in cui almeno una M_{si} , calcolata per le zone sismogenetiche circostanti, è inferiore alla M_i della stessa zona per la quale è stata calcolata M_{si} , si assume per M_w il valore di magnitudo più alto tra le magnitudo delle zone sismogenetiche circostanti ($M_i=M_w$); se invece tutte le M_{si} sono superiori alle M_i , si determina la M_w con il metodo della disaggregazione. Visto che tutti i valori di M_{si} sono maggiori di M_i si è stimato il valore di magnitudo con il metodo della disaggregazione, ovvero, mediante il portale dell'INGV si è identificato il sito oggetto dello studio e si sono individuati i relativi "nodi" della maglia all'interno della quale è inserito lo stesso.

Si ricorda che Sanluri, così come l'intero territorio della Sardegna non sono interessate da zone sismogenetiche e che per mancanza di dati non è possibile generare sia la curva di pericolosità, spettri a pericolosità uniforme che il grafico di disaggregazione .

9 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Le nuove norme sulle costruzioni (NTC2018) al punto 7.11.3.4.2 tracciano le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni. La normativa specifica in modo molto chiaro che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al p.c. minori di 0.1g;
- profondità della falda superiore a 15 m dal p.c.;
- distribuzione esterna al campo granulometrico delle sabbie;
- resistenze penetrometriche normalizzate $q_c > 180$.

Per quanto sopra esposto, si può ritenere dato che le accelerazione massime previste nell'area di studio al p.c. sono inferiori a 0.1g la verifica a liquefazione può essere omessa.

10 CONCLUSIONI

Con lo studio eseguito è stata caratterizzata l'area di sedime del Parco solare fotovoltaico "Sanluri" sotto il profilo geologico-tecnico, geomorfologico e sismico in ottemperanza alle vigenti norme della Regione Sardegna.

Lo studio per la caratterizzazione geolitologica geotecnica e simica si è avvalso delle risultanze delle indagini e sperimentazioni specialistiche ricavate dalla letteratura. In base all'intero novero dei dati sperimentali è stato elaborato il modello geotecnico del sottosuolo d'imposta del Parco Fotovoltaico.

L'area di studio, situata a sud ovest del centro abitato del Comune di Sanluri nella frazione Strovina, presenta una morfologia subpianeggiante e non soggetta a variazioni e, pertanto, stabile sotto tale profilo. L'assetto idrogeologico locale, governato da acque meteoriche liberamente dilavanti lungo il sito e confluenti in diversi corsi d'acqua presenti, impongono che per la stabilità del sito si attuino opportuni interventi di regimazione idraulica.

Per la valutazione del Rischio Sismico Locale è stato eseguito lo studio specifico richiesto dalle norme. Per i parametri sismici si faccia riferimento all'analisi svolta nella specifica relazione di Modellazione Sismica; in ogni caso, in fase esecutiva è necessario elaborare uno studio specifico per la definizione degli spettri elastici ed individuare la classificazione del suolo tramite apposite indagini MASW.

Dato che i valori di accelerazione al p.c. attesi sono inferiori a 0.1 g, come da normativa, è stato possibile escludere il rischio di liquefazione.

In fase esecutiva, i dati ricavati dall'elaborazione delle indagini di riferimento suggeriscono le seguenti considerazioni:

- si consiglia eseguire preventivamente prove di carico sui piani fondali prescelti;
- un'apposita indagine in situ completa di prove di laboratorio per caratterizzare puntualmente i terreni;
- indagini geofisiche puntuali ed analisi della risposta sismica locale;
- dalle prove chimiche di aggressività dei terreni, secondo la classificazione DIN 50 929, è emerso che i terreni presentano un livello significativo di aggressività per corrosione puntuale;
- per quanto concerne le strutture di fondazioni dei locali tecnici e di trasformazione, è preferibile localizzare le platee in cemento al di fuori delle zone di avvallamenti topografici e lontano dalle linee di deflusso idrico superficiale.

Infine, per quanto attiene ai potenziali fenomeni di instabilità dei fronti di scavo, si pone in evidenza che è comunque necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

D. Lgs 81/2008, art. 118: *Nei lavori di splatemento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno;*

D. Lgs 81/2008, art. 118: *Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno;*

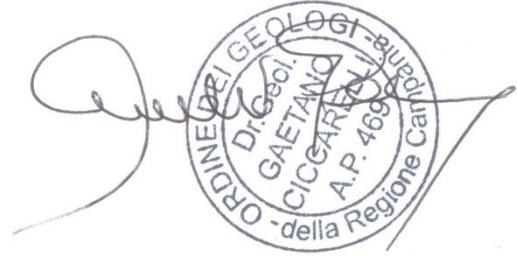
D. Lgs 81/2008, art. 120: *È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature;*

DM 14 01 08 “Norme tecniche sulle costruzioni”, 6.8.6. (fronti di scavo): *Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.*

Tutti i materiali di scavo vanno stoccati e lavorati, se occorre, in sito, altrimenti vanno smaltiti secondo le norme vigenti.

Napoli, maggio 2024

Dr. Gaetano Ciccarelli



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Gaetano Ciccarelli'. To the right of the signature is a circular professional stamp. The stamp contains the following text: 'ORDINE DEI GEOLOGI - BIURDI' at the top, 'Dr. Gaetano Ciccarelli' in the center, and 'A.P. 469 - della Regione Calabria' at the bottom.

11 LIMITAZIONI

Questa relazione è fornita per l'uso esclusivo del firmatario solo per questo progetto e per gli scopi di cui descritto nella relazione. Non deve essere utilizzato o invocato per altri progetti o scopi sullo stesso o altro sito o da una terza parte.

Nella redazione del presente rapporto si è necessariamente avvalsi delle informazioni fornite dal cliente e/o dai suoi tecnici.

Le conclusioni e le raccomandazioni presentate in questo rapporto si basano sulle informazioni fornite dai progettisti ed inquadrate nell'analisi delle indagini sul campo e di laboratorio.

I risultati forniti nella relazione sono indicativi delle condizioni nello stato di fatto dei terreni così come indagato con le sperimentazioni di riferimento (cfr. Doc. n.2), all'epoca programmate di concerto con i progettisti ed il committente prova, e relativamente alle profondità indagate e allo stato delle scelte progettuali indicate al momento dell'incarico ricevuto. Le condizioni del sottosuolo possono cambiare bruscamente a causa di processi geologici variabili e anche a causa di interventi antropici.

Se la costruzione proposta viene trasferita o riprogettata, o se le condizioni locali cambiano anche per interventi al contorno delle aree studiate ed oggetto del presente lavoro, le conclusioni e le raccomandazioni contenute in questo rapporto devono essere considerate non valide a meno che le modifiche non vengano, previa comunicazioni tecniche ufficiali rese per iscritto, successivamente esaminate e validate dagli scriventi sì che possano essere riconsiderate e/o validate.

Le condizioni del sito modificate o il trasferimento delle strutture proposte possono richiedere ulteriori indagini e prove specifiche per determinare se le nostre conclusioni e raccomandazioni sono applicabili in considerazione delle mutate condizioni.

La presente relazione deve essere letta unitamente a tutte le note allegare e deve essere conservata integralmente senza separazione di singole pagine o sezioni.

La CG Associati Srls non può essere ritenuta responsabile per interpretazioni o conclusioni fatte da altri a meno che non siano supportate da una dichiarazione espressamente resa alla scrivente che deve accettare le interpretazioni e le implicazioni geologico-tecniche.

I nostri servizi professionali sono stati eseguiti e resi, unitamente alle raccomandazioni in conformità con i principi e le buone pratiche ingegneristiche generalmente accettate. Questa garanzia è sostitutiva di tutte le altre garanzie espresse o implicite.