PARCO AGRIVOLTAICO "PIMPISU"

CON SISTEMA DI ACCUMULO (BESS) INTEGRATO

- COMUNE DI SERRAMANNA (VS) -

LOBINA
MARIA
FRANCESCA
25.02.2022
10:50:46
GMT+00:00

POMPEI
MAURO
25.02.2022
11:56:32
GMT+00:00

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 211 Dott. Geol. Mauro Pompei

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 222 Dott. Geol. Maria Francesca Lobina

OGGETTO

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA CAGLIARI
N. 3453 Dott. Ing. Giuseppe Frongia

PROGETTAZIONE
I.A.T. CONSULENZA E PROGETTI S.R.L.
ING. GIUSEPPE FRONGIA

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
DOTT.SSA MARIA FRANCESCA LOBINA
DOTT. MAURO POMPEI

GRUPPO DI LAVORO
Ing. Giuseppe Frongia
(coordinatore e responsabile)
Ing. Marianna Barbarino
Ing. Enrica Batzella
Ing. Antonio Dedoni
Dott. Geol. Maria Francesca Lobina
Dott. Nat. Maurizio Medda
Ing. Gianluca Melis
Dott. Geol. Mauro Pompei
Ing. Elisa Roych
Dott. Forestale Gianluca Serra
Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru
Dott. Matteo Tatti (Archeologia)

Cod. pratica 2021/0280

Nome File: **SASE-FVS-RP4** _Relazione Geologica e Geotecnica.docx

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEG.	CONTR.	APPR.
0	24/02/2022	Emissione	IAT	GF	SASE

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

INDICE

1 GENERALITÀ 4
1.1 Premessa 4
1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni 4
1.3 Descrizione sommaria degli interventi in progetto 5
1.4 Inquadramento geografico 5
1.5 Quadro di indagini geognostiche di riferimento ai fini della ricostruzione del modello geologico e geotecnico 10
1.6 Quadro di indagini geognostiche di riferimento ai fini della ricostruzione del modello geologico e geotecnico 11
2 MODELLO GEOLOGICO 12
2.1 Contesto geologico dell'area vasta 12
2.2 Assetto tettonico e strutturale 15
2.3 Assetto litostratigrafico locale 18
2.4 Assetto morfologico ed idrografico 22
2.5 Assetto idrografico 23
2.6 Stratigrafia del sottosuolo 27
2.6.1 Parco fotovoltaico 27
2.6.2 Cavidotto interrato 39
2.7 Assetto idrogeologico 41
2.8 Caratterizzazione pedologica 42
2.9 Uso del suolo 42
3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA 44
3.1 Sismicità locale 44
3.2 Sismicità storica del sito 44
3.3 Classificazione sismica 47
3.4 Pericolosità sismica 47
3.5 Categoria di sottosuolo 49
4 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA 53
4.1 Pericolosità sismica 53
4.2 Pericolosità idrogeologica 53
4.3 Subsidenza 53
4.4 Pericolosità da frana 53
4.5 Pericolosità da inondazione 53

5 MODELLO GEOTECNICO 56

5.1 Modello geotecnico preliminare 56

5.2 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione 56

6 CONCLUSIONI 57

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La Sardinia Agro Solar Energy S.r.l.[(1)] ha in programma la costruzione di un parco agrivoltaico denominato "Pimpisu" con moduli installati su inseguitori solari monoassiali distribuiti su un fondo di circa 51 ettari, ed ubicato in località "*Su Pranu de Sedda*" in Comune di Serramanna (Provincia del Medio Campidano).

In tale ambito, gli scriventi geologi *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA* e *Dott. MAURO POMPEI* sono stati incaricati per la stesura della presente «**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**» quale corredo obbligatorio degli elaborati progettuali ai fini del conseguimento del titolo autorizzativo.

Gli argomenti sviluppati in questa sede si basano su rilievi diretti nel settore di intervento coadiuvati da dati in possesso degli scriventi acquisiti in occasione di indagini geognostiche condotte nelle immediate vicinanze per varie iniziative edilizie e da altre informazioni ricavate dalla miscellanea e dalla cartografia geotematica regionale. Sono stati così analizzati, con il dettaglio consentito dalla fase progettuale in essere, gli aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con l'intervento in argomento, al fine di individuare eventuali condizioni di pericolosità geologica s.l. (da frana o idraulica) od altre criticità e predisporre il programma di indagini più consono a supportare la successiva progettazione esecutiva in relazione all'assetto geologico s.l. e geotecnico dei luoghi.

Con le analisi attuate in questa sede si ritiene di aver compiutamente analizzato i preliminari aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con l'opera in progetto, nonché di aver valutato, con il necessario dettaglio, le condizioni di pericolosità geologico-idraulica in atto e/o potenziali od altre criticità in grado di condizionare negativamente la fattibilità dell'intervento nel suo complesso.

Ciò al fine di poter predisporre il programma di indagini più consono ad approfondire e meglio specificare gli aspetti stratigrafici, geotecnici e sismici dei luoghi di intervento, necessari a supportare la successiva fase di progettazione in relazione alla natura dell'intervento.

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- **D.M. 17.01.2018** «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;

(1) Via G. Macaggi n. 25 – Genova.

- **D.M. 14.01.2008** «Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3316** del **02.10.2003** «Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274** del **20.03.2003** «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche»;
- **Circolare n. 218/24/3** del **09.01.1996** «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;
- **D.M. LL.PP.11.03.1988** «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» e relativa **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988**;
- **Legge n. 64** del **02.02.1974** «*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n.54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n.3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n.8 dell'11.03.2005;
- **Norme di Attuazione del P.A.I**. (aggiornamento al Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del febbraio 2018).

1.3 Descrizione sommaria degli interventi in progetto

L'impianto in progetto avrà una potenza complessiva in immissione di 33 MW, data dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter (potenza nominale lato DC pari a 38.79 MWp – Potenza lato AC di 33.0 MW), e sarà costituita da n. 2355 inseguitori monoassiali (2133 tracker da n. 26 e n 222 tracker 13 moduli FV). L'impianto di produzione sarà integrato con un sistema di accumulo della potenza complessiva in immissione di 17 MW.

L'impianto verrà connesso alla rete di trasmissione nazionale di Terna mediante l'adeguamento della esistente stazione elettrica (SSE) di utenza MT/AT 30kV/150kV di titolarità della società Sardinia Bioenergy, appartenente al medesimo gruppo industriale della proponente.

L'elettrodotto interrato di collegamento a 30 kV tra il campo fotovoltaico e la stazione di utenza si svilupperà in fregio alla esistente viabilità principale (S.S. 293 e S.P. 4) e locale per circa 4.200 metri.

1.4 Inquadramento geografico

L'area in studio ricade nella Sardegna centro-meridionale ed esattamente nel settore centrale della Piana di Campidano, in territorio del Comune di Serramanna (Provincia del Sud Sardegna).

Nello specifico, i tre lotti che ospiteranno i pannelli fotovoltaici sono ubicati in località Su Pranu de Sedda, ad est della S.S. 293 tra km 14 e km 16, in linea d'aria circa 6 km ad ovest dell'abitato e 2 km dall'ippodromo di Villacidro.

Ad una distanza in linea d'aria di poco oltre 2 km a NNW dall'impianto, è individuata l'esistente stazione elettrica di utenza ove afferirà il cavidotto interrato a 30 kV. Anch'essa ricade in Comune di Serramanna, località "*Su Pranu Contissa*", in prossimità del limite amministrativo con Sanluri, 200 m a nord del bivio sulla S.P. 4.

In aderenza a questa, sul lato sudovest, è prevista l'installazione del sistema di accumulo elettrochimico della potenza complessiva in immissione di 17 MW.

Per tutte le opere, i riferimenti cartografici sono i seguenti:

- Foglio 547 "VILLACIDRO" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sez. 547-II "SERRAMANNA" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sez. 547-150 "CANTONIERA MASAINAS" della C.T.R. [scala 1:10.000]

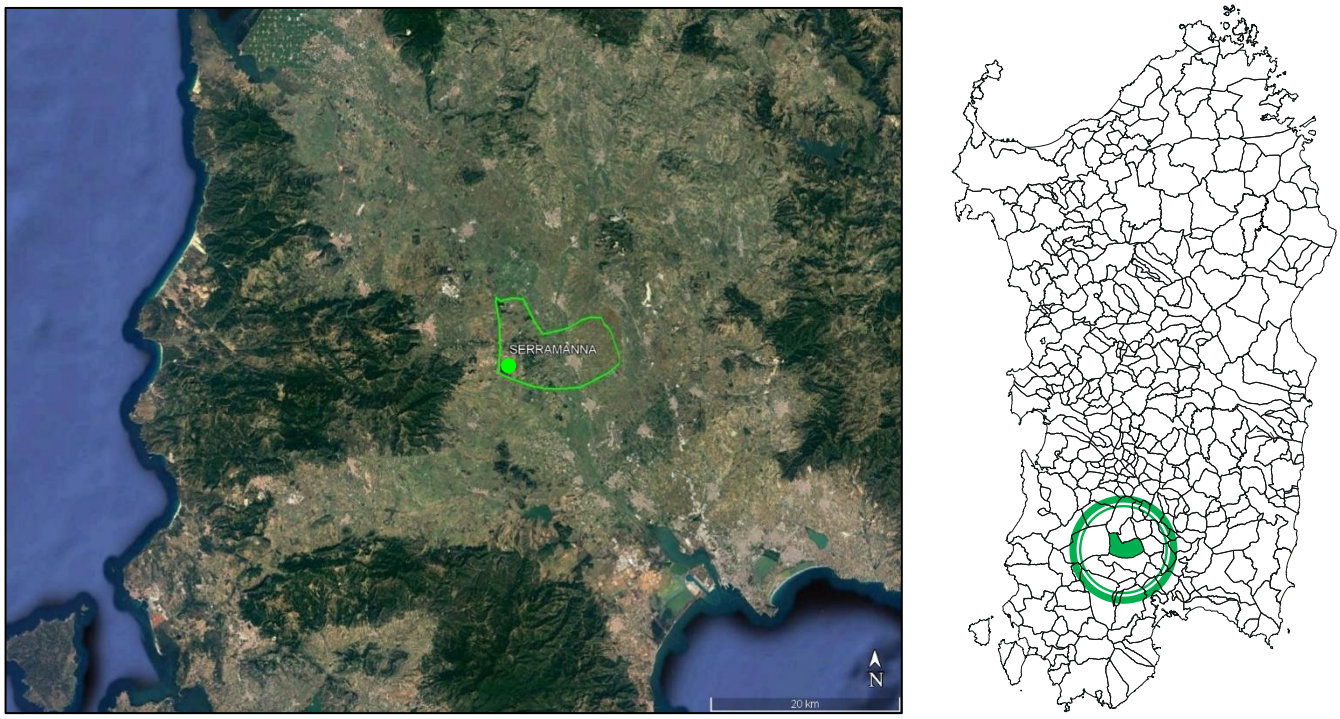


FIGURA 1.2 – Pertinenze amministrative del Comune di Serramanna.

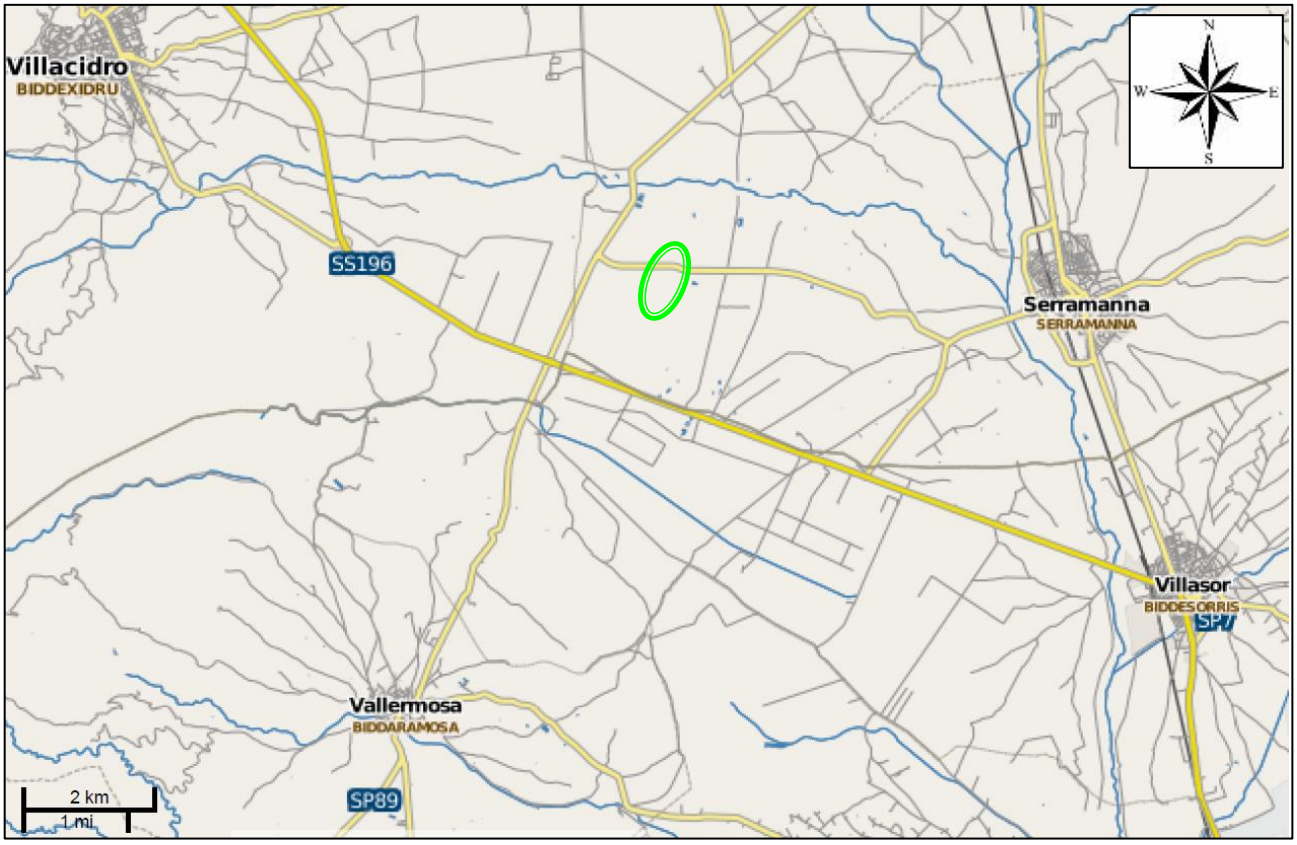


FIGURA 1.1 - Inquadramento territoriale delle aree di intervento.

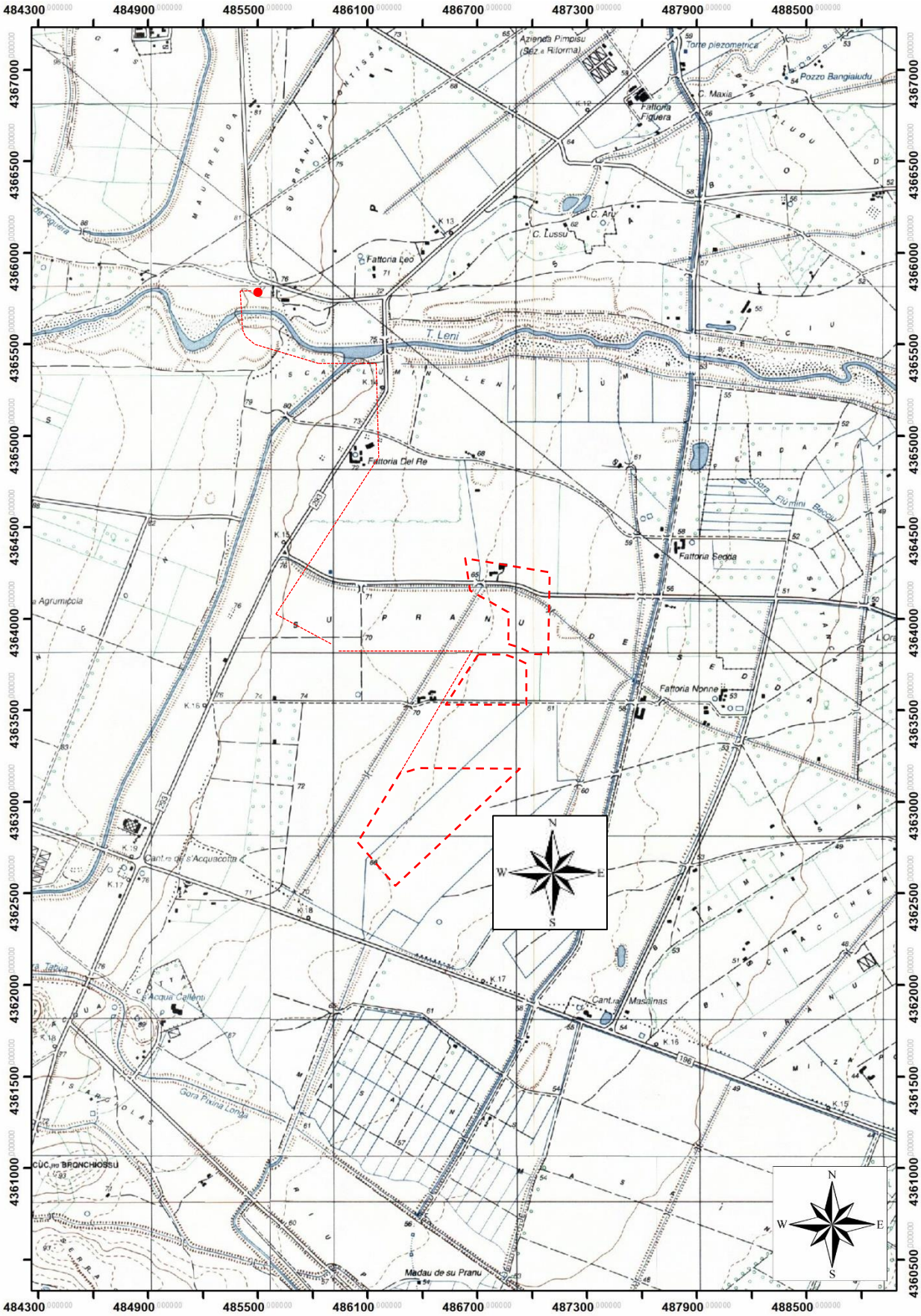


FIGURA 1.3 - Inquadramento territoriale del sito di intervento su stralcio I.G.M.I., fuori scala.

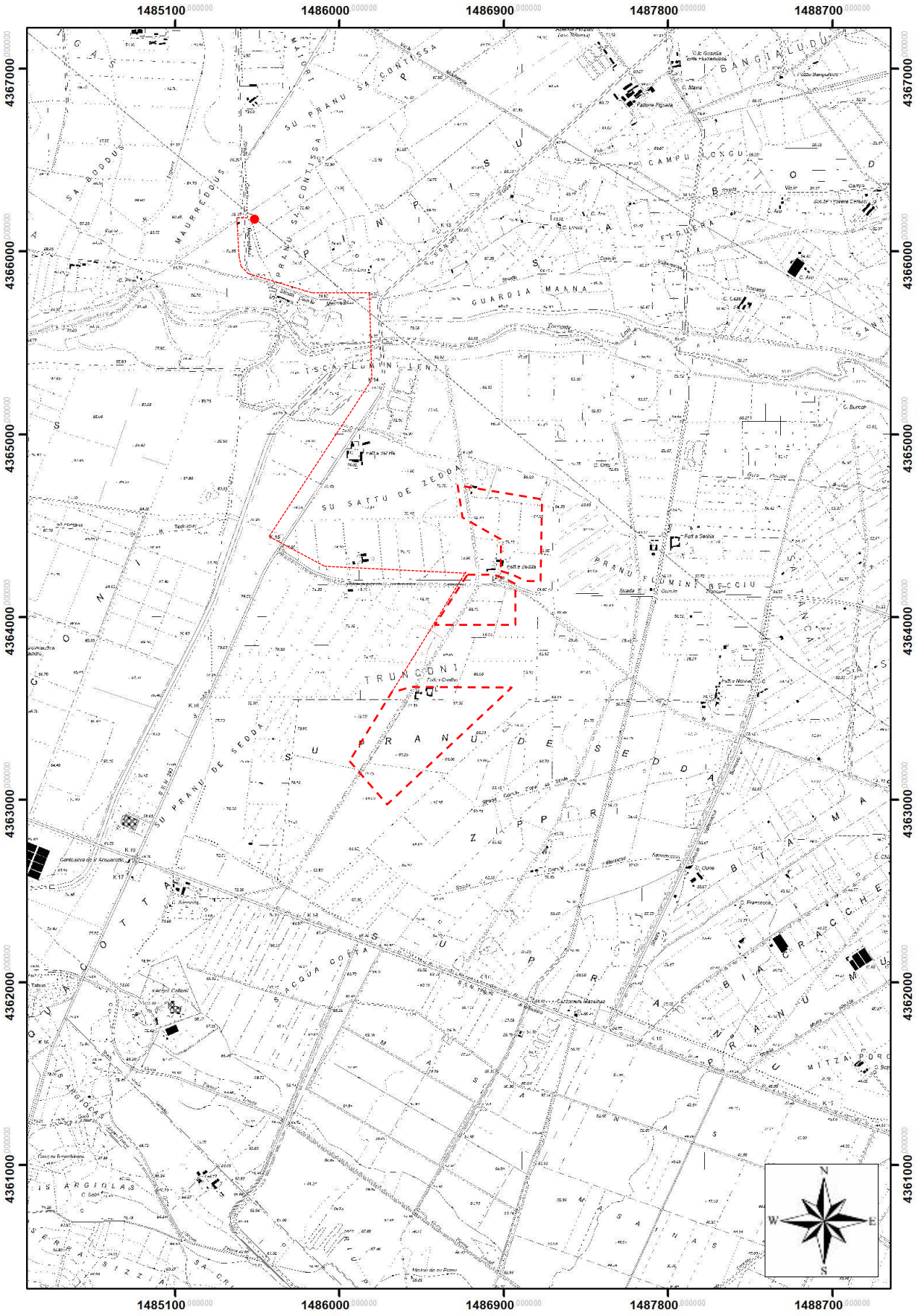


FIGURA 1.4 – Inquadramento territoriale del sito di intervento su stralcio C.T.R., fuori scala.

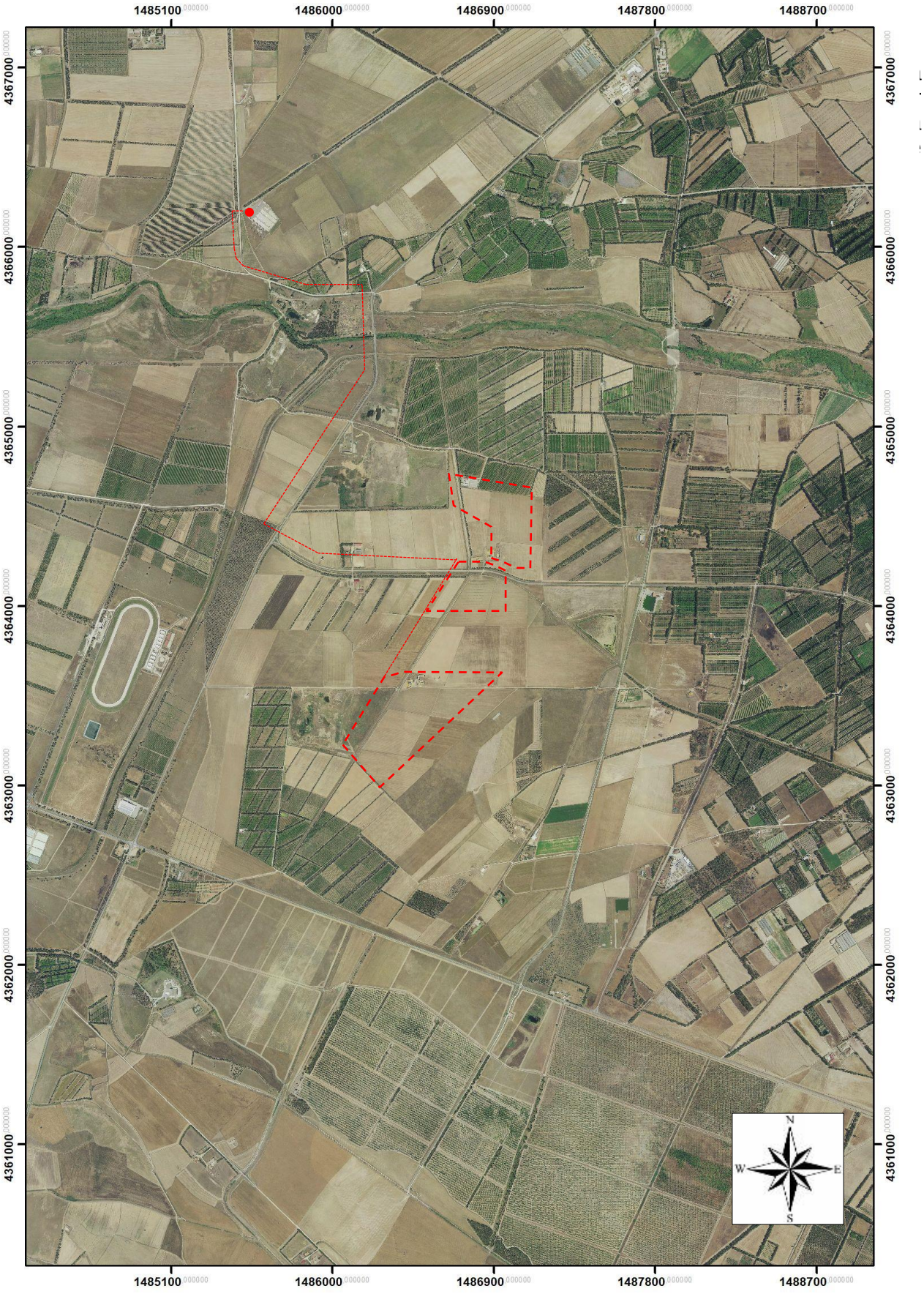


FIGURA 1.5 - Inquadramento territoriale del sito di intervento su stralcio ortofotogrammetrico.

1.6 Quadro di indagini geognostiche di riferimento ai fini della ricostruzione del modello geologico e geotecnico

Come accennato in premessa, la stesura del presente elaborato si è avvalsa di una base informativa e cognitiva diretta, confortata da descrizioni diverse e da dati in possesso degli scriventi: seppur relativi da lavori di differente natura ed in assenza di test geognostici diretti, hanno consentito una modellazione geologica confacente alla fase progettuale in essere ed una caratterizzazione indicativa geotecnica dei terreni interagenti con le opere in programma.

L'ubicazione delle indagini pregresse è rappresentata in FIGURA 1.6.

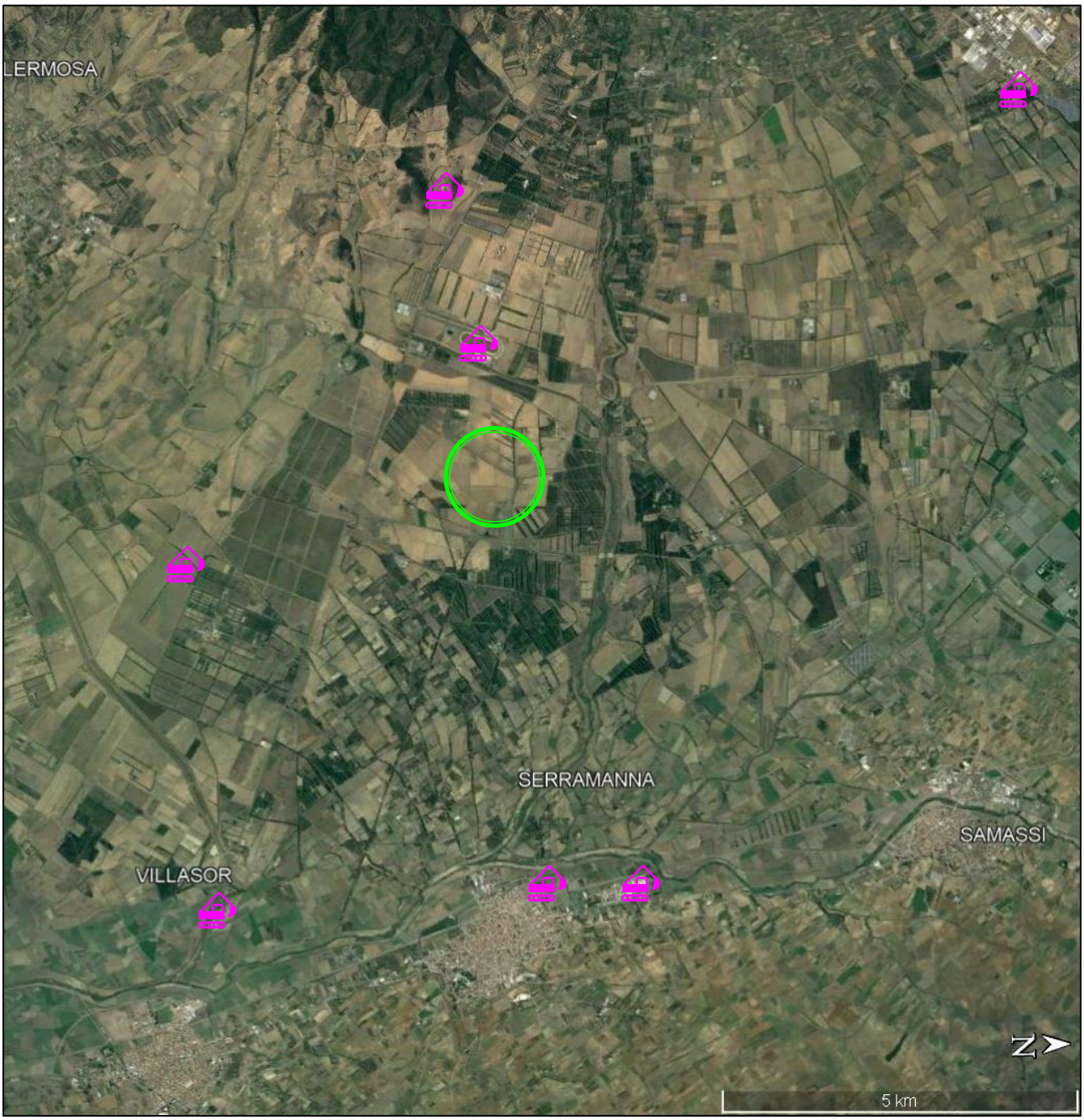


FIGURA 1.6 – Ubicazione degli areali oggetto di pregresse indagini geognostiche e geotecniche.

2 MODELLO GEOLOGICO

2.1 Contesto geologico dell'area vasta

L'area oggetto di studio è situata nella Sardegna meridionale, all'interno della piana del Campidano, notoriamente identificato come una zona particolarmente importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica della Sardegna e che si estende per circa 100 km con direzione NW-SE dal *Golfo di Oristano* al *Golfo di Cagliari*. Nella sua parte meridionale tale piana tettonica si sovrappone alla più vasta fossa di età oligo-miocenica che attraversa la Sardegna in senso longitudinale unendo il *Golfo dell'Asinara* con quello di *Cagliari.* La formazione di quest'ultima si deve a un'intensa tettonica transtensiva sviluppatasi durante il Terziario che ne ha provocato lo sprofondamento mediante un complesso sistema di faglie a carattere in prevalenza trascorrente impostate probabilmente su linee di debolezza erciniche, che localmente ha dato origine a rigetti dell'ordine anche dei 2.000 m.

Le evidenze di queste faglie, orientate prevalentemente in direzione N-S e NNW-SSE e talora dislocate da lineazioni NE-SW, sono particolarmente osservabili proprio nell'area cagliaritana e a nord di essa dove hanno dato luogo ad un complesso sistema di "horst" e "graben" minori che ne giustificano l'attuale configurazione morfologica. Le faglie più importanti, per continuità e per l'entità del movimento crostale verticale, sono quelle che delimitano ad est e ad ovest, i bordi dell'attuale piana campidanese.

La colmata della depressione oligo-miocenica si esplica con la messa in posto di un insieme eterogeneo di rocce sedimentarie (continentali e marine) ed effusive, che localmente raggiunge lo spessore di qualche migliaio di metri. In particolare, la sequenza miocenica, piuttosto variegata nello sviluppo dei tre cicli di sedimentazione sinora distinti nella letteratura scientifica e sovrapposti o per una parte coevi all'intenso vulcanismo calcalcalcalino, nel settore di interesse è composta perlopiù da una successione marnoso-arenacea del I e del II ciclo sedimentario miocenico.

Il primo ciclo sedimentario è rappresentato da una formazione tipica di ambiente marino a bassa energia costituito dalla Formazione della Marmilla [**RML**] ovvero alternanze marnoso-arenacee a composizione vulcanica ascrivibili all'Aquitaniano – Burdigaliano inferiore.

A partire dal Pliocene (5,2÷1,8 milioni anni) e sino al Quaternario antico (Pleistocene inferiore, 1,8÷0,7 milioni anni) alla strutturazione oligomiocenica, in Sardegna si sovrappongono gli effetti di una tettonica distensiva connessa con la formazione del bacino marino Tirrenico, responsabile della formazione della Fossa Campidanese compresa tra il Golfo di Cagliari e quello di Oristano.

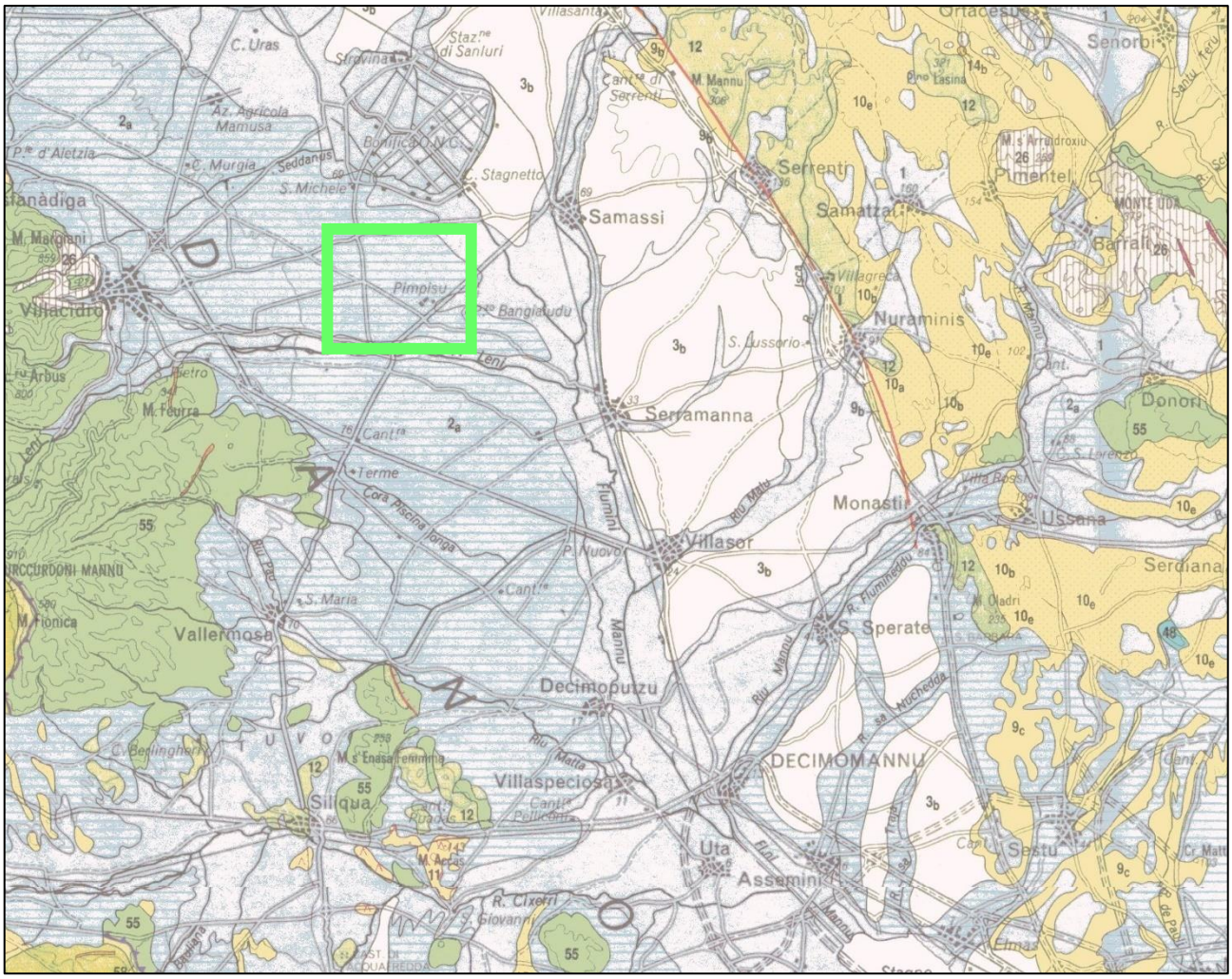
È al termine di questo evento geodinamico, dopo un'intensa fase erosiva che si suppone abbia smantellato i sedimenti marnoso-arenacei miocenici che il paesaggio assume una conformazione molto simile all'attuale: in discordanza sui termini cenozoici poggiano le coltri detritico-alluvionali quaternarie costituite sia da alluvioni continentali antiche e recenti che da detriti di versante e colluvi, ascrivibili sostanzialmente ad un intervallo compreso tra il Pleistocene e l'Olocene.

In corrispondenza dei principali rilievi miocenici si rinvengono sovente le coltri detritiche di versante

e colluviali [**b2**] riferibili perlopiù all'Olocene e provenienti dal disfacimento dei rilievi marnoso arenacei oligo-miocenici.

Lungo i corsi d’acqua dominano le successioni alluvionali prevalentemente limoso-argillose (**bnc**) ed in subordine ghiaioso-sabbiose [**bna**], di età più antica ("Alluvioni Terrazzate") o recente-attuale ("Alluvioni Attuali"), mentre limitatamente alle aree depresse, si ritrovano i sedimenti prevalentemente argilloso-limosi di genesi palustre e lacustre.

Chiudono la successione stratigrafica i depositi antropici rappresentati dai rilevati stradali, piuttosto che argini fluviali e discariche per inerti.



1	Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali (Olocene).
3b	Formazione di Samassi – Conglomerati, arenarie, argille di sistema alluvionale, prevalentemente derivati dal rimaneggiamento di sedimenti miocenici (Pliocene medio superiore – Pleistocene).
9b	Marne arenacee e siltose, arenarie, conglomerati, calcareniti e sabbie silicee sublitorali-epibatiali, con foraminiferi plancotnici e molluschi pelagici (Burdigaliano superiore – Langhiano medio)
10b	F.ne di Ussana – Conglomerati poligenici e arenarie continentali con matrice argillosa rossastra; nella parte alita micro conglomerati, arenarie e siltiti, litorali; conglomerati fluviali (Oligocene superiore - Aquitaniano).
10e	F.ne delle Marne di Ales –Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee, calcari sublitorali, fossiliferi (Oligocene superiore - Aquitaniano).
12	Andesiti e daciti in cupole e colate laviche (Oligocene superiore – Miocene inferiore).
50	Metapeliti scure e carboniose (Scisti a Graptoliti Auct.) nella parte inferiore livelli di quarziti nere (Liditi Auct.), nella parte superiore meta calcari modulari con Orthoceratidi, Crinoidi, Tentaculiti e Conodonti (Siluriano inferiore – Devoniano inferiore).
55	Arenarie di San Vito – Alternanze irregolari, di metarenarie micacee, quarziti e metasiltiti (Cambriano medio - Ordoviciano inferiore).

FIGURA 2.1 – Ubicazione degli interventi rispetto alla geologia di contesto.
La cartografia è tratta da "Carta Geologica della Sardegna" in scala 1:200.000, curata da: Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna, modificata (fuori scala).

2.2 Assetto tettonico e strutturale

L'ambito di intervento è quello della piana campidanese quasi all'innesto con la valle del Cixerri, entrambe riconducibili alla tettonica cenozoica (la prima pliocenica e la seconda tardo-paleogenica).

I lineamenti fisiografici dei rilievi paleozoici che caratterizzano il settore ad occidente, facenti parte del sistema montuoso del Sulcis/Iglesiente/Arburese, sono invece il risultato degli eventi deformativi e metamorfici dell'Orogenesi ercinica. La complessa deformazione sia duttile si fragile subita dalla successione ordoviciano-devoniana durante la suddetta orogenesi, con formazione di strutture a piega prima con asse E-W ("Prima fase ercinica") poi N-S con una foliazione penetrativa di piano assiale molto inclinata ("Seconda fase ercinica") e successivamente con pieghe a direzioni variabili e deformazioni meno intense ("Terza fase ercinica"), hanno determinato, contestualmente, una complessa fratturazione capace di interessare tutto lo spessore pluriettometrico di basamento.

Con la successiva fase di tettonica distensiva post-collisionale del Carbonifero superiore-Permiano che interessa tutta la catena ercinica, anche nella cosiddetta "Zona esterna" (Sulcis-Iglesiente-Arburese), si sviluppano deformazioni duttili pervasive associate ad un metamorfismo di alta temperatura e bassa pressione, mentre nei livelli strutturali più superficiali sono frequenti zone di taglio estensionali e faglie dirette a basso e alto angolo (CARMIGNANI *et alii*, 1992a).

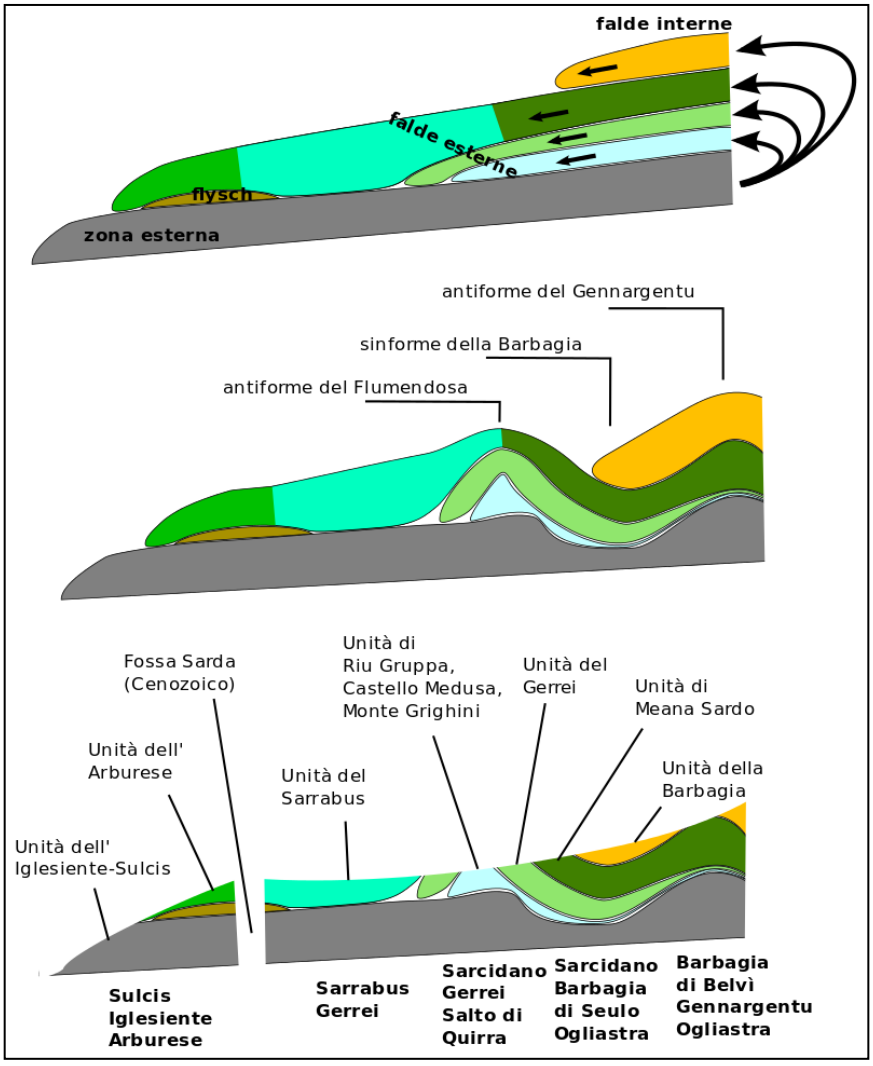


FIGURA 2.2 – Blocco diagramma della tettonica della Sardegna centro-meridionale.

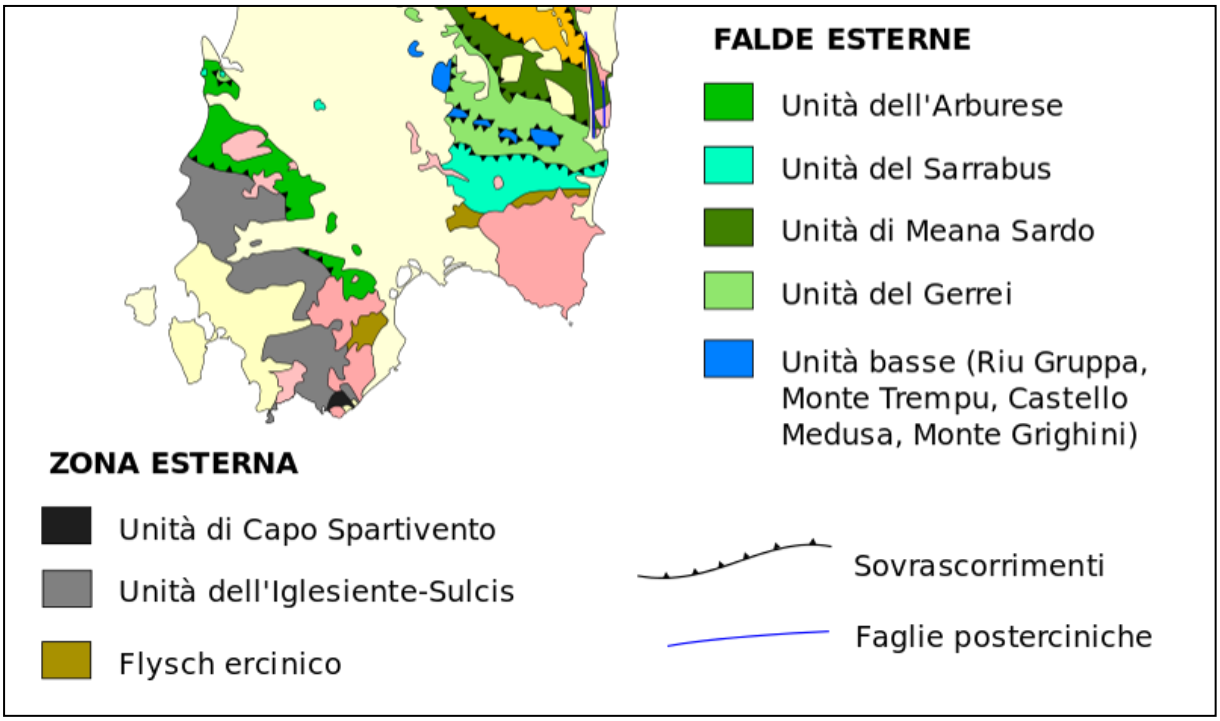


FIGURA 2.3 – Schema tettonico della Sardegna centro-meridionale.

Le lineazioni tettoniche impostate nel corso dell'orogenesi ercinica, di direzioni piuttosto dispersa ma sostanzialmente riconducibili ai trend N-S, NNW-SSE, NNE-SSW, NW-SE e NE-SW, sono state riattivate e accentuate nel corso degli eventi geodinamici che hanno interessato la Sardegna durante le fasi orogenetiche pirenaica ed alpina, provocando la frattura ed il dislocamento del basamento paleozoico e delle successioni sedimentarie mesozoiche, la fuoriuscita di enormi quantità di magmi alcali-calcici e lo sprofondamento delle fosse del Cixerri e del Campidano.

Seppur configuratesi quasi contemporaneamente, la subsidenza negativa della pianura del Cixerri si è arrestata a partire dal Terziario, mentre per il Graben campidanese si è verificata una parziale riattivazione delle faglie oligo-mioceniche lungo il bordo orientale del massiccio iglesiente-sulcitano durante il Plio-Quaternario.

In questo quadro generale, le faglie presenti al contorno dell'area di previsto intervento, di impostazione oligo-miocenica e riattivate nel tardo Miocene e nel Plio-Quaternario, seppur non osservabili direttamente, sono rappresentate prevalentemente da discontinuità N-S e NNW-SSE a carattere prevalentemente distensivo, sigillate dai sedimenti detritico-alluvionale quaternari.

È probabilmente da mettere in relazione con la tettonica tardo-terziaria la formazione delle aree depresse del Campidano meridionale interessate dagli stagni costieri e lagune con evidenti condizioni di subsidenza dei luoghi, ancora attiva seppure con movimenti molto lenti

L'attività tettonica attuale nel settore considerato, come per tutta l'Isola, viene considerata molto bassa o quiescente e generalmente non si rilevano deformazioni significative nel corso del tardo Quaternario (Pleistocene superiore e Olocene). Non si esclude, stante la scarsa documentazione

relativa a terremoti avvenuti in Sardegna in epoca storica nonché di recente, che eventi sismici di eccezionale intensità localizzati in vari settori dell'area tirrenica, possano indurre in alcuni areali dell'Isola vibrazioni i cui effetti sulle strutture in progetto possono comunque considerarsi ininfluenti.

Anche la subsidenza, se si esclude un lentissimo abbassamento ancora in atto in tutta l’area costiera meridionale, è un fattore assolutamente irrilevante tra i processi morfodinamici dell’Isola.

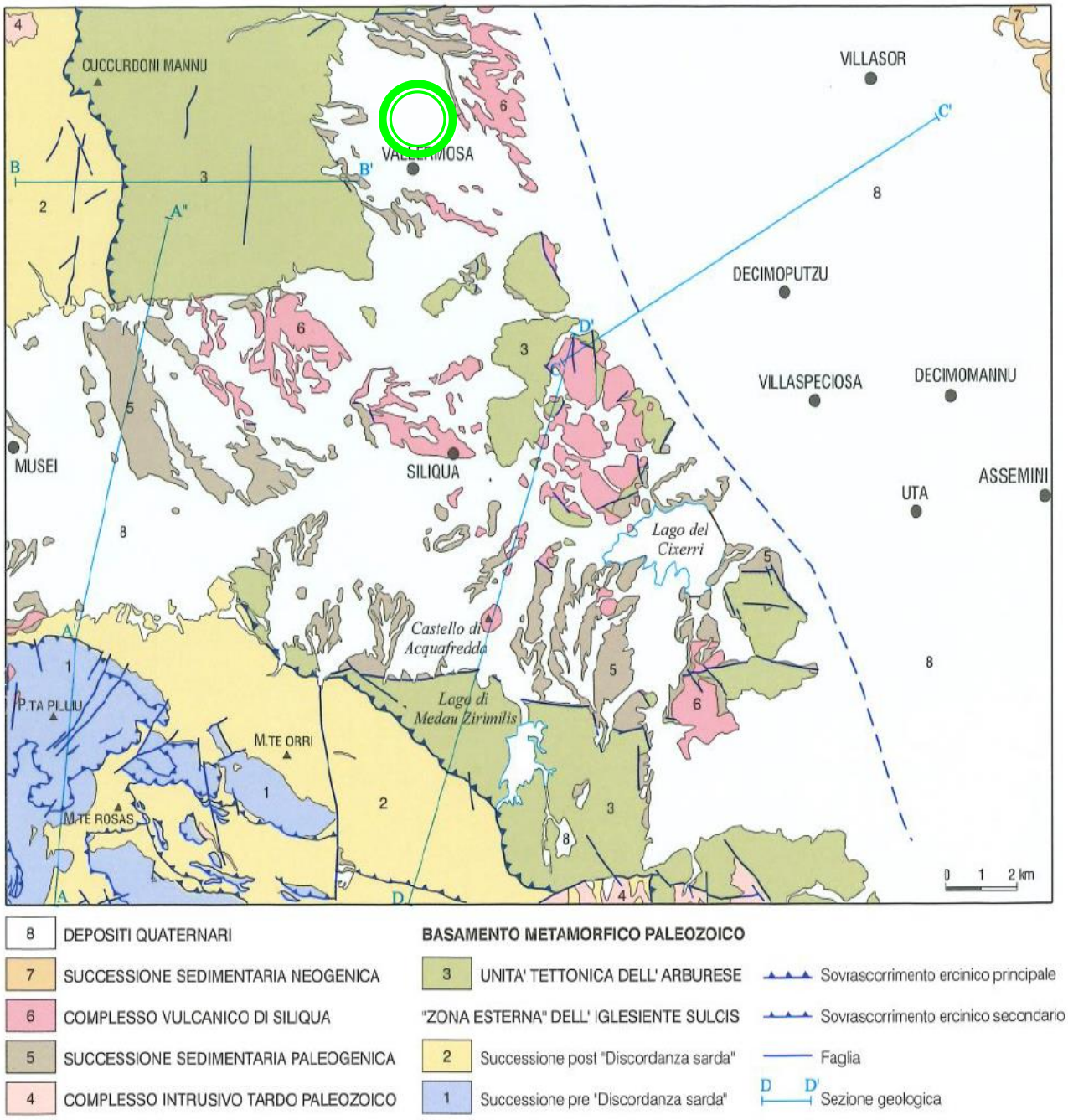


FIGURA 2.4 – Schema tettonico del settore estratto da "Carta geologica d'Italia" a cura di APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia.

2.3 Assetto litostratigrafico locale

Di seguito viene descritta sinteticamente la stratigrafia dell'ambito di intervento ed un suo congruo intorno, che comprende il parco fotovoltaico ed il cavidotto sino alla esistente stazione di utenza, a partire dalle unità litostratigrafiche più recenti con riferimento alla simbologia ufficiale della cartografia geologica edita dell'APAT, integrata da ulteriori informazioni provenienti dai rilievi in situ.

A partire dalle più recenti, nell'area vasta sono state distinte le seguenti unità:

h1r	Depositi antropici	[Attuale]
b_a	Alluvioni costituite da ghiaie da grossolane a medie	[Olocene]
b_b	Alluvioni costituite da sabbie con subordinati limi e argille	[Olocene]
b_{na}	Alluvioni terrazzate costituite da prevalenti ghiaie	[Olocene]
b_{nb}	Alluvioni terrazzate costituite da prevalenti sabbie	[Olocene]
b_{nc}	Alluvioni terrazzate costituite da prevalenti limi ed argille	[Olocene]

h1r – <u>Depositi antropici</u>

Appartengono a questa unità tutti i depositi detritici riconducibili all'attività antropica. Sono costituiti da accumuli di modesta estensione legati ad azioni di rimodellamento della superficie topografica, piuttosto che a discariche di inerti o rifiuti solidi urbani.

Considerato che il previsto tracciato cavidotto coincide con l'attuale viabilità interpoderale e non, è prevedibile una interferenza con le terre costituenti i rilevati stradali od arginali.

b – <u>Alluvioni attuali e recenti</u>

Sono rappresentate da alluvioni sabbio-limose e talora ghiaioso-sabbio-limose, in genere con un'importante componente argillosa infra-matrice, legata all'evoluzione olocenica del locale reticolo iddrografico a carattere torrentizio che drena i rilievi metamorfico-cristallini del Parteolla-Sarrabus meridionale e quelli basso-collinari impostati sulle litologie mioceniche.

Si distinguono depositi grossolani, formati da ghiaie ± ciottolose poligeniche con abbondante matrice sabbio-limosa [**ba**] e depositi alluvionali in prevalenza sabbiosi [**bb**] ma con intercalazioni sia di ghiaie poligeniche sia di limi e argille. Gli spessori variano in genere da submetrici a plurimetrici e interessano gli attuali fondivalle formatisi a seguito dei più recenti episodi di terrazzamento.

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività, poiché l'attraversamento fluviale avverrà in elevazione (passacondotta).

bn – <u>Alluvioni terrazzate</u>

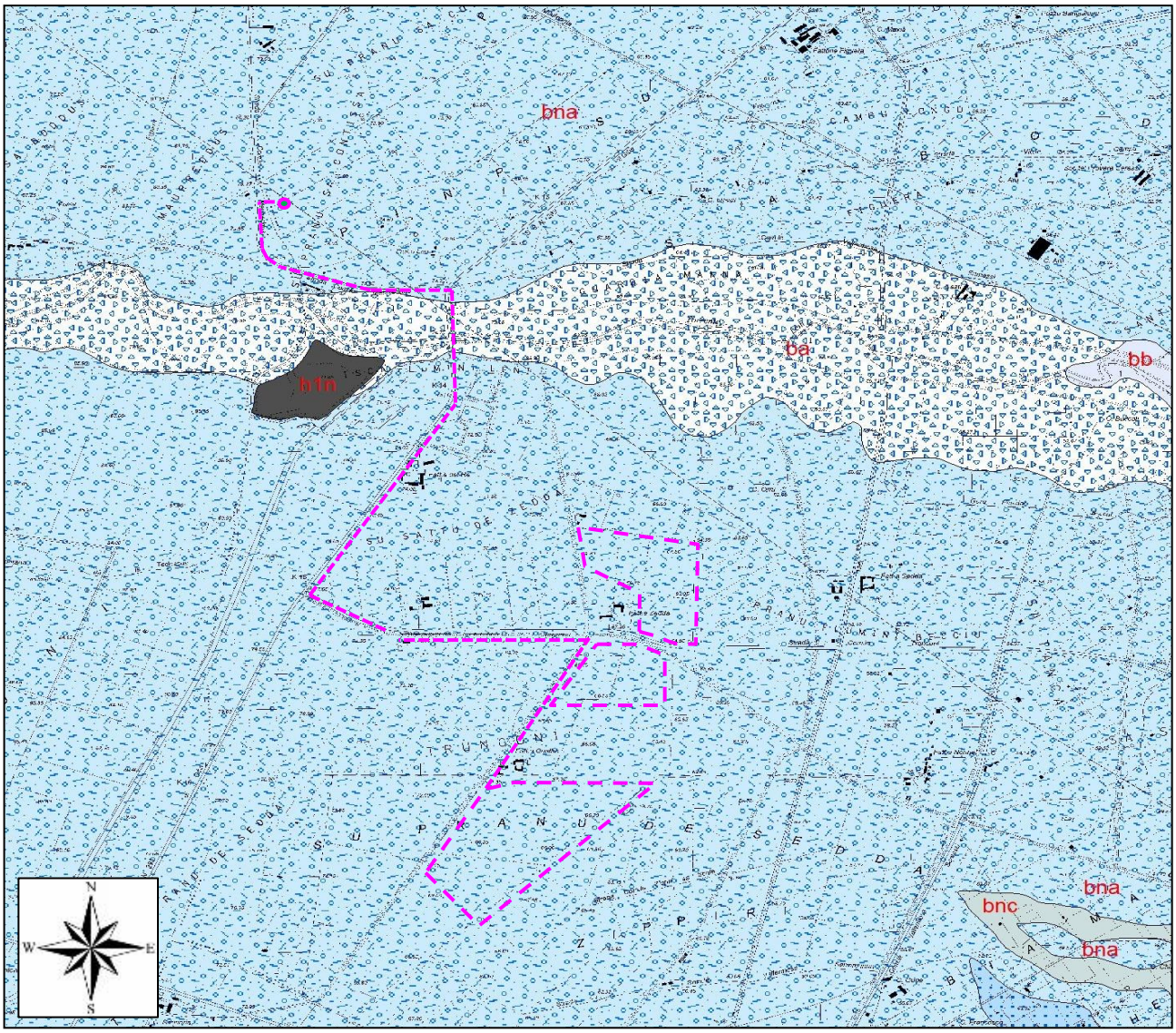
Questi depositi alluvionali mostrano caratteristiche generali analoghe a quelle descritte in precedenza poiché le modalità di sedimentazione risultano identiche come anche le aree di drenaggio dei paleocorsi d'acqua che le hanno prodotte.

Trattasi di sedimenti perlopiù ghiaiosi [**b_{na}**] e sabbiosi [**b_{nb}**] generalmente costituiti da ciottoli ben elaborati di rocce prevalentemente paleozoiche (quarziti, scisti, metamorfiti, porfidi, granito) derivanti dallo smantellamento dei rilievi dell'Iglesiente/Sulcis, di dimensioni variabili da pluricentimetriche a decimetriche immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa e limoso-argillosa, localmente intercalati da lenti e/o livelli di limi argillosi [**b_{nc}**], a composizione variabile e con differente forma.

Si ritrovano lateralmente ai letti attuali o dei tratti di alveo regimati ed in genere non interessati dalle dinamiche in atto, se non in occasione di eventi idrometeorici eccezionali. Lo spessore di questi sedimenti e, nella maggior parte dei casi, difficilmente valutabile, ma in alcune sezioni, in cave o lungo scarpate di erosione fluviale associate alle dinamiche attuali, sono di ordine pluridecametrico.

Gli areali in studio si caratterizzano per la sostanziale uniformità litologica, ricadendo esclusivamente nella facies ghiaioso-ciottolosa [**bna**]. L'addensamento è solitamente moderato, con colorazione variabile nelle tonalità del grigio-marrone; la presenza di screziature arancio-rosse sono da mettere in relazione con fenomeni di erosione e risedimentazione dei depositi alluvionali più antichi [**PVM2a -** *Subsintema di Portovesme*], maggiormente interessati da fenomeni di ossidazione primaria.

Locali eteropie verticali e laterali conseguenti alle variazioni del regime idrico dei corsi d'acqua, originano lenti e lingue di materiali a granulometria più fine (limi e argille) o a sacche conglomeratiche ± estese.



	h1n	Depositi antropici: discariche minerarie (Attuale).
	ba	Depositi alluvionali costituiti da ghiaie da grossolane a medie (Olocene).
	bb	Depositi alluvionali costituiti da sabbie con subordinati limi e argille (Olocene).
	bna	Depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie con subordinate sabbie (Olocene).
	bnb	Depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbie con subordinati limi e argille (Olocene).
	bnc	Depositi alluvionali terrazzati costituiti da limi e argille (Olocene).

FIGURA 2.5 – Ubicazione del parco fotovoltaico su stralcio della "Carta Geologica d'Italia" a cura di: APAT - Agenzia per la protezione dell'Ambiente e per i Servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia, modificata fuori scala 1:10.000.

2.4 Assetto morfologico ed idrografico

Il settore in studio ricade in un ambito pressoché pianeggiante, privo di nette variazioni morfologiche, facente parte della vasta piana campidanese, racchiusa in questa porzione di territorio tra i rilievi paleozoici del Guspinese ad ovest e quelli vulcanici oligo-miocenici dell'area compresa tra Serrenti e Nuraminis a est. I primi si caratterizzano per i loro versanti acclivi e le forme aspre ed accidentate; i secondi sono invece contraddistinti da forme arrotondate e versanti a debole pendenza che si raccordano con la piana.

I terreni che costituiscono il substrato geologico della sono rappresentati essenzialmente da detriti grossolani provenienti dal disfacimento di rocce perlopiù paleozoiche, ad elevato grado di elaborazione ed arrotondamento. Il susseguirsi di fasi alterne di deposizione ed erosione, verificatesi essenzialmente durante il Plio-Pleistocene ad opera dei paleo-corsi d'acqua, ha originato una potente coltre detritico-alluvionale incisa secondo più ordini di terrazzi fluviali. A causa delle pesanti modificazioni ai luoghi a causa di interventi di bonifica, regimazione e canalizzazione fluviali, tali morfologie sono in gran parte obliterate.

Nello specifico dei comparti che ospiteranno il parco, hanno un assetto sub-pianeggiante con una debole pendenza dai quadranti occidentali: il ridotto gradiente altimetrico favorisce l'abbattimento dell'energia di deflusso delle acque meteoriche, limitando gli effetti morfodinamici sulla topografia ad un debole ruscellamento areale.

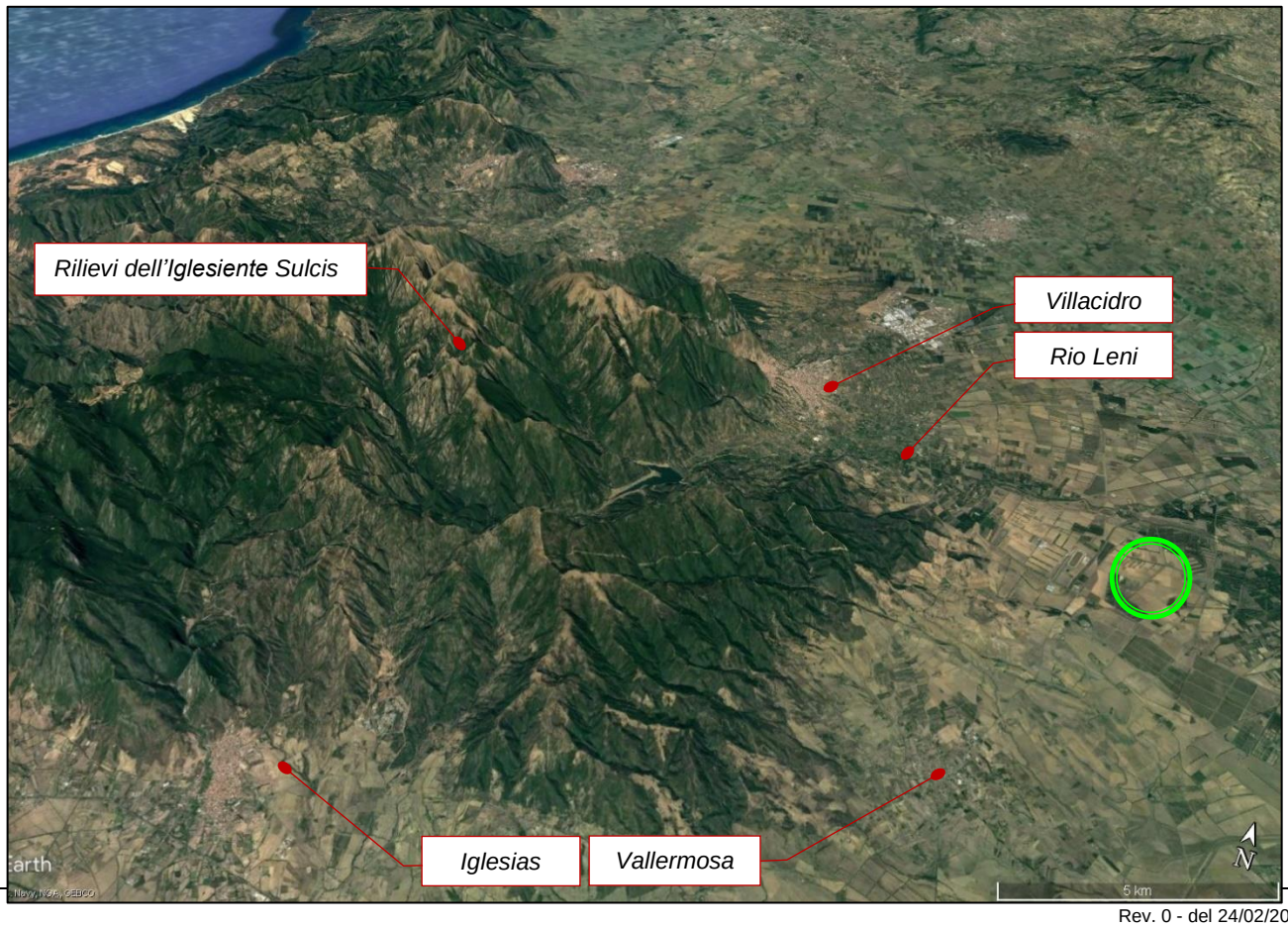


FIGURA 2.6 – Panoramica tridimensionale rappresenttiva dell'orografia locale (estratta da Google Earth, 2019)

2.5 Assetto idrografico

Il reticolo idrografico locale è ben sviluppato ed organizzato in un corso d'acqua principale entro cui confluiscono diversi affluenti secondari. Il corso d'acqua principale è costituito da uno dei più importanti fiumi della Sardegna meridionale ovvero il *Rio Flumini Mannu* che scorre nel settore occidentale dell'abitato di Villasor con direzione N-S e sfocia dopo aver raccolto le acque del *Rio Cixerri* e di numerosi altri tributari nello *Stagno di Santa Gilla* (Golfo di Cagliari). Si caratterizza per una lunghezza dell'asta principale pari a circa 96 km e, a differenza della maggior parte dei corsi d'acqua sardi, si sviluppa per metà del suo corso in pianura.

Altri elementi idrografici che caratterizzano i luoghi sono gli affluenti in destra idraulica del Flumini Mannu, il più importante dei quali è il *Rio Leni*, oltre ad una fitta rete di tributari secondari alimentati dai rilievi sulcitani e spesso resi intercomunicanti mediante un reticolo di canalizzazioni artificiali. Sono altresì da annoverare il *Rio Leonaxiu* (per lo più canalizzato e che afferisce al *Rio Leni*) ad ovest rispetto al sito che ospiterà il parco ed il *Canale Ripartitore N.O. EAF* che scorre immediatamente a est.

Il loro deflusso è legato alla stagionalità delle piogge, per cui sono contraddistinti da piene autunnali e massimi di portata nei mesi di febbraio-marzo, sebbene molto irregolari. Durante la stagione secca i letti fluviali appaiono in parte o del tutto asciutti pur mantenendo, nei tratti a valle, un certo deflusso in sub-alveo.

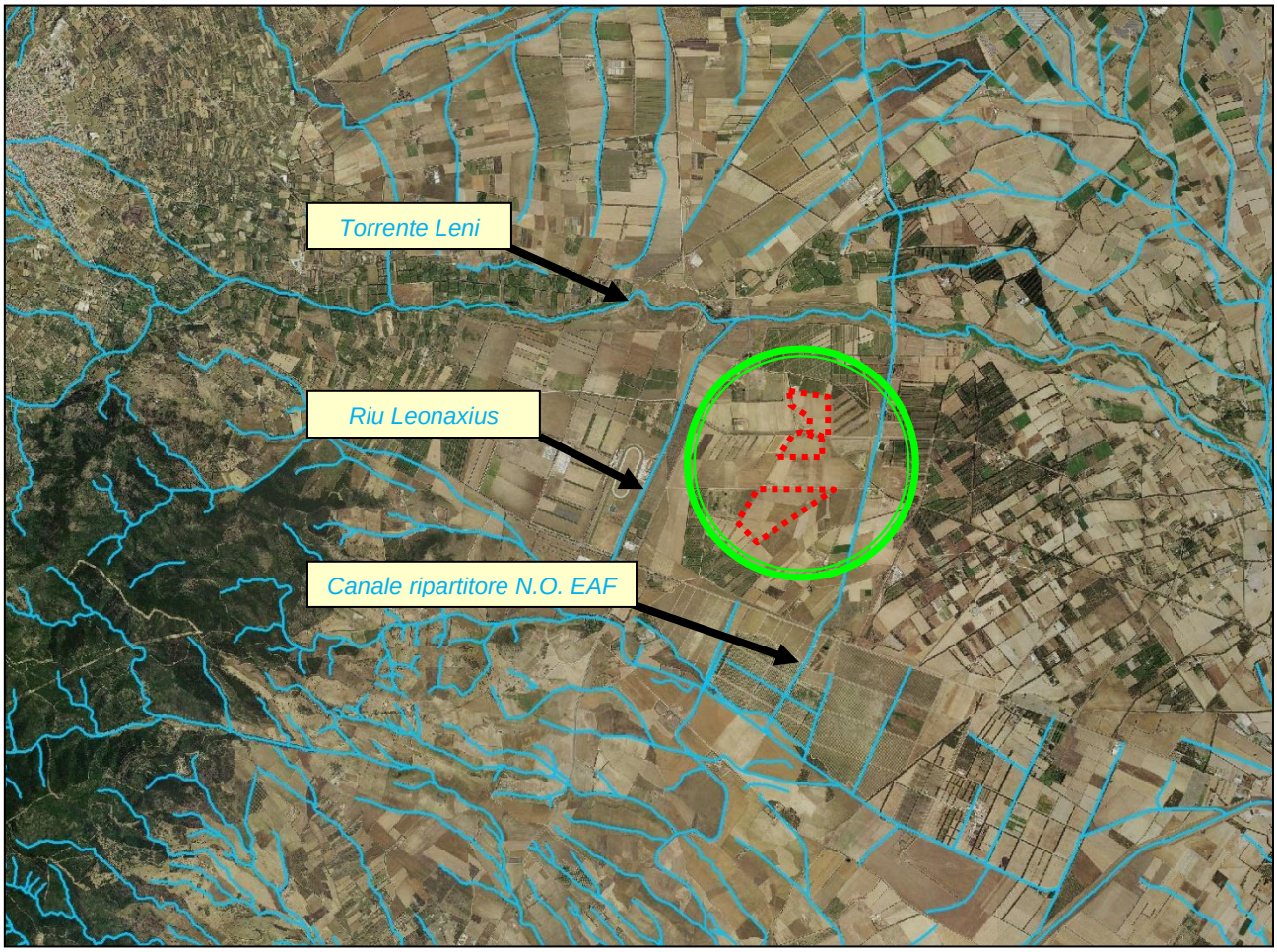


FIGURA 2.7 - Assetto idrografico dell'area vasta su ortofotocarta.

Nonostante l'assetto sostanzialmente favorevole a condizioni di stabilità gravitativa, è indubbio che i bassi valori di acclività e le interferenze con il reticolo drenante naturale determinate dalle attività agricole, provocano una significativa difficoltà al ruscellamento superficiale che, in concomitanza con piogge persistenti e intense, a ridosso del limite orientale dei lotti di intervento, può originare locali condizioni di ristagno idrico, così come recentemente documentato nel comparto sud (si vedano le immagini seguenti).

FOTO 2.1 e 2.2 – Panoramica del comparto sud con evidenza dei ristagni idrici.

2.6 Stratigrafia del sottosuolo

2.6.1 Parco fotovoltaico

Sulla base di quanto emerso dai rilievi di superficie, il sottosuolo dei siti designati per l'installazione degli inseguitori fotovoltaici è sostanzialmente omogeneo, in quanto contraddistinto da una potente sequenza di alluvioni fluviali, variamente dislocati sotto forma di terrazzi degradanti verso il mare, la cui età è ascrivibile ad un intervallo di tempo compreso tra il Pliocene e l'Attuale [**bn**].

Trattasi di sedimenti perlopiù 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 metamorfico-cristallini del Sulcis-Iglesiente.

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.

In sommità è presente un suolo con abbonante scheletro clastico, rimaneggiato dalle pratiche agricole.

Comparto nord

Negli areali sgombri dalla coltivazione erbacea, è osservabile la spiccata componente ciottolosa delle alluvioni che costituiscono il sottosuolo locale. Vero è che a latere del comparto, l'abbondante presenza di ciottolame è verosimilmente da ricondurre all'attività di spietramento ai fini agrari.

A luoghi, in corrispondenza delle ormaie lasciate dai mezzi cingolati, si riscontra una prevalenza della matrice fine argillo-limosa.

FOTO 2.3 – Panoramica del comparto nord.

FOTO 2.4 e 2.5 – Alluvioni ghiaioso-ciottolose nel comparto nord.

FOTO 2.6 e 2.7 – Evidenza di lenti fini limo-argillose intercalate alle alluvioni ghiaioso-ciottolose nel comparto nord.

Comparto centro

In questo comparto è dominante la componente ciottolosa delle alluvioni che si osservano diffusamente, con locali accumuli originati dalle attività di spietramento.

La matrice del deposito è sabbioso-argillosa che talora si concentra in sacche o intercalazioni

FOTO 2.8 e 2.9 – Panoramiche del comparto centro.

FOTO 2.10 e 2.11 – Alluvioni ghiaioso-ciottolose nel comparto centro.

FOTO 2.12 e 2.13 – Dettaglio delle alluvioni ghiaioso-ciottolose nel comparto centro.

FOTO 2.14 e 2.15 – Locali prevalenze di matrice limo-argillose nel comparto centro.

Comparto sud

Le caratteristiche del terreno sono pressoché analoghe a quelle del comparto centro con dominanza delle alluvioni grossolane e locali adunamenti di sedimenti fini limo-argillosi.

FOTO 2.16 e 2.17 – Panoramiche del comparto sud.

FOTO 2.19 – Alluvioni ghiaioso-ciottolose nel comparto sud.

FOTO 2.18 – Locali prevalenze di matrice limo-argillose nel comparto sud.

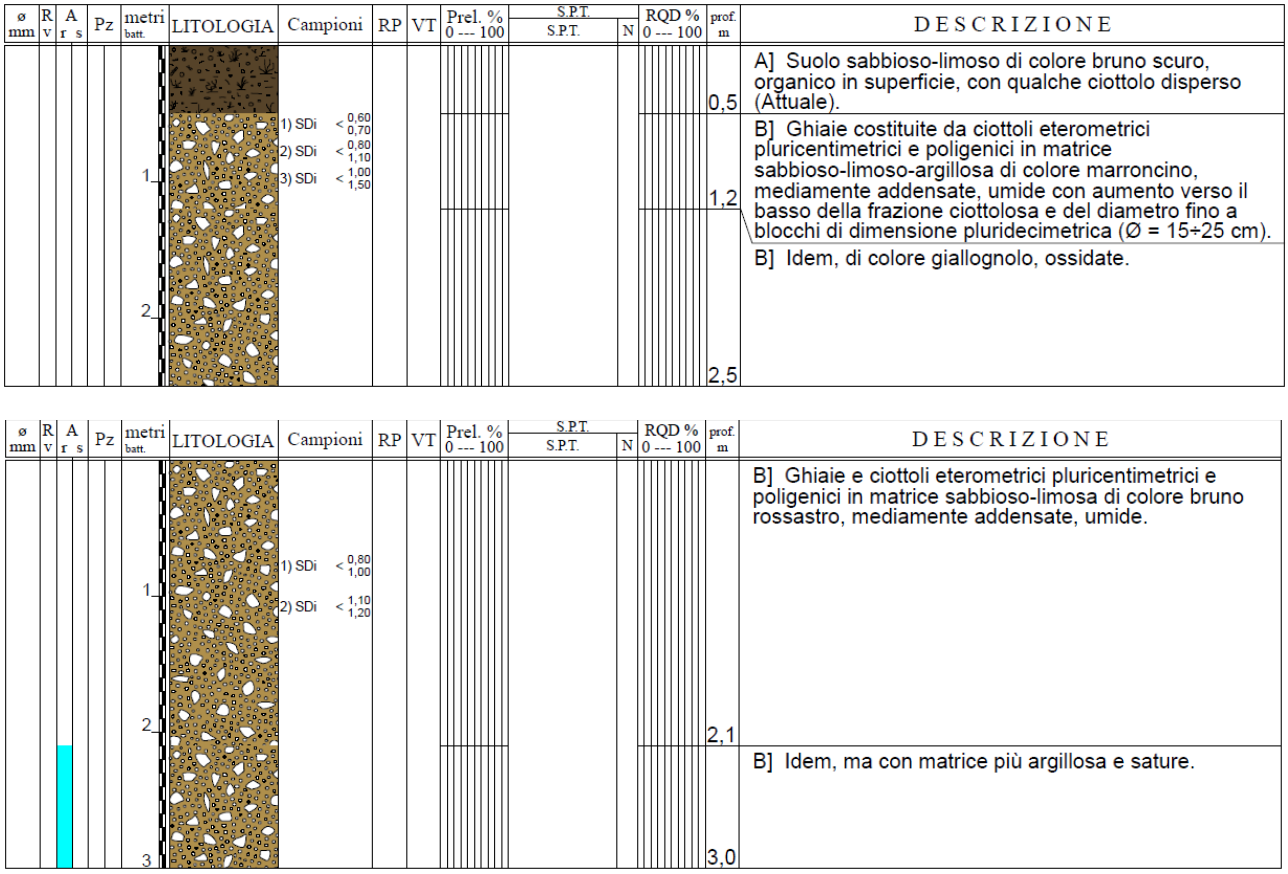


FIGURA 2.9 – Stratigrafia dei terreni relativa a due pozzetti stratigrafici realizzati in agro di Villasor.

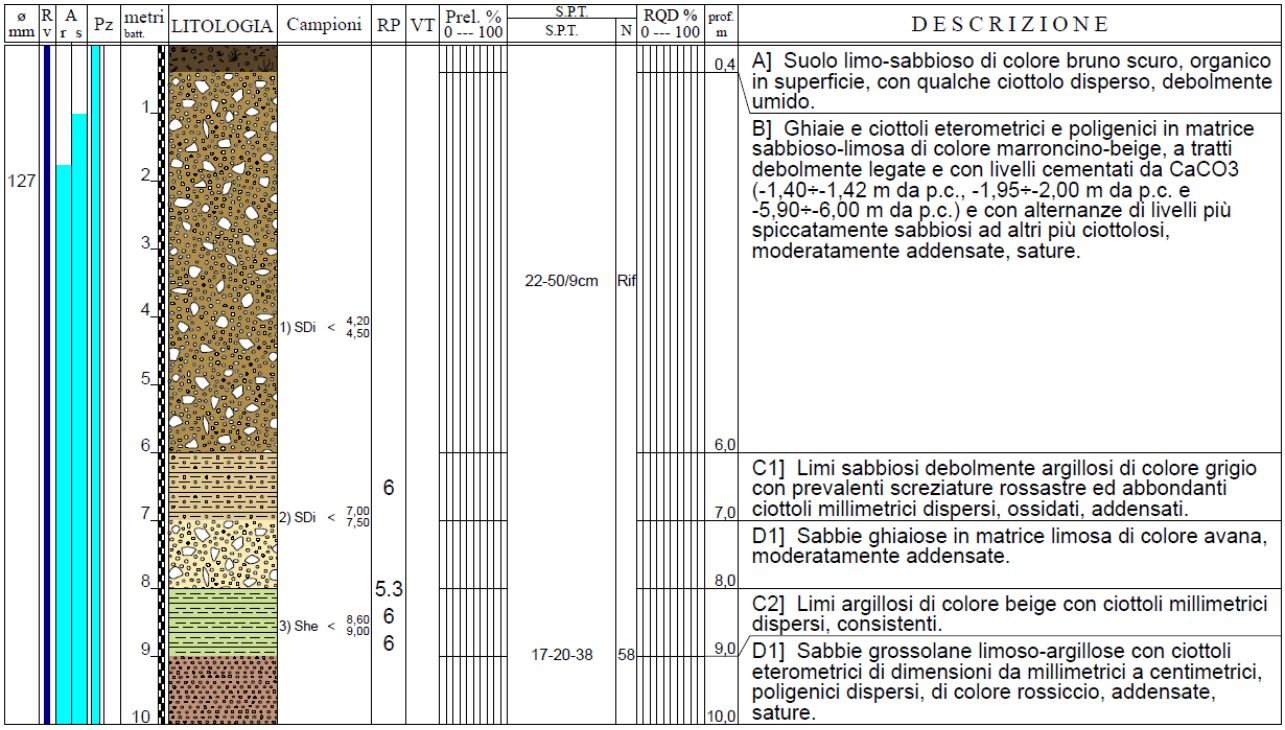


FIGURA 2.8 – Stratigrafia dei terreni relativa a un sondaggio realizzato in agro di Villasor.

FOTO 2.21 – Ghiaie provenienti da un pozzetto stratigrafico realizzato in agro di Villasor.

FOTO 2.20 – Ghiaie provenienti da un sondaggio realizzato in agro di Villasor.

2.6.2 Cavidotto interrato

Poichè cavidotto correrà a latere della viabilità principale e interpoderale locale, interferirà con gli stessi materiali costituenti il sottofondo stradale o gli argini dei canali ripartitori idrici.

In entrambi i casi trattasi di ciottolame grossolano, di composizione analoga a quella delle alluvioni

al contorno.

2.7 Assetto idrogeologico

Come risultato dalla descrizione geologica di contesto, gli interventi ricadono nel dominio delle alluvioni oloceniche [**bna**] del Campidano che, tra gli acquiferi porosi della Sardegna, rappresenta senza dubbio l'idrostruttura più significativa sia per estensione areale che per volumi idrici immagazzinati. Si tratta di un acquifero freatico multifalda, impostato sul complesso sedimentario alluvionale che occupa la pianura del Campidano, avente direzione di filtrazione orientata verso il Golfo di Cagliari nel settore a sud di San Gavino e verso il Golfo di Oristano a nord di San Gavino.

Al loro interno il flusso idrico è favorito da una buona porosità efficace del sedimento per cui, in funzione della presenza o meno di materiali fini (argille, limi), il grado di permeabilità varia da medio ad alto, originando acquiferi anche molto vasti e capaci di ospitare una falda idrica.

É chiaro, pertanto, che la presenza di flussi sotterranei nelle aree di intervento è condizionata dalla variabilità granulometrica dei sedimenti alluvionali e dallo spessore della stessa coltre.

Trattandosi di aree ad elevata vocazione agricola, gran parte dei terreni sono stati oggetto di spietramento o di modifica della composizione dei suoli, tale per cui nel tempo si sono arricchiti di componente umica argillosa periodicamente rimaneggiata dall'utilizzo di macchine agricole con sviluppo di livelli addensati e a bassa porosità. Pertanto, seppur questi terreni siano contraddistinti da una buona capacità di drenaggio tale da consentire il trasferimento delle acque meteoriche in profondità entro un arco di tempo sufficientemente breve, il reiterarsi di queste attività ha localmente determinato una riduzione della permeabilità superficiale che talora favorisce la formazione di ristagni in caso di piogge intense, di cui si è già fatto menzione.

Trattandosi di un complesso sedimentario costituito da diversi episodi sedimentari, l'assetto idrogeologico locale è sostanzialmente condizionato dalla distribuzione dei suddetti depositi e dai rapporti eteropici tra termini a differente capacità di infiltrazione. Infatti, se da un lato la prevalenza di terreni a permeabilità generalmente media consentono – per la medio-buona capacità di drenaggio e l'elevato valore di infiltrazione efficace – l'immagazzinamento di flussi idrici, la presenza di lenti o livelli a granulometria più sottili (argille limose, limi-argillosi), talora può determinare la formazione di falde idriche sotterranee sospese, a causa del tamponamento superiore o inferiore indotto da questi livelli a bassa o nulla permeabilità. Queste assumono maggiore importanza con la profondità, per cui i flussi idrici più significativi generalmente si rinvengono oltre i 30÷40 m dal p.c.

In considerazione di quanto, il sottosuolo ospita sia una falda idrica superficiale, alimentata direttamente dalle piogge e dai flussi di subalveo della rete idrografica, sia un sistema multifalda condizionato dall'alternanza irregolare di strati permeabili ed altri capaci di impedire o condizionare fortemente il movimento verticale delle acque.

Dai dati acquisiti e dai rilievi effettuati in un congruo intorno che hanno consentito di rilevare alcuni pozzi a larga sezione, è verosimile che la falda superficiale si attestati intorno ai 3÷5 m di profondità dal p.c., con possibilità di oscillazioni stagionali. Allo stato attuale delle conoscenze non si è in grado per stimare la trasmissività dell'acquifero piuttosto che l'escursione della piezometrica.

2.8 Caratterizzazione pedologica

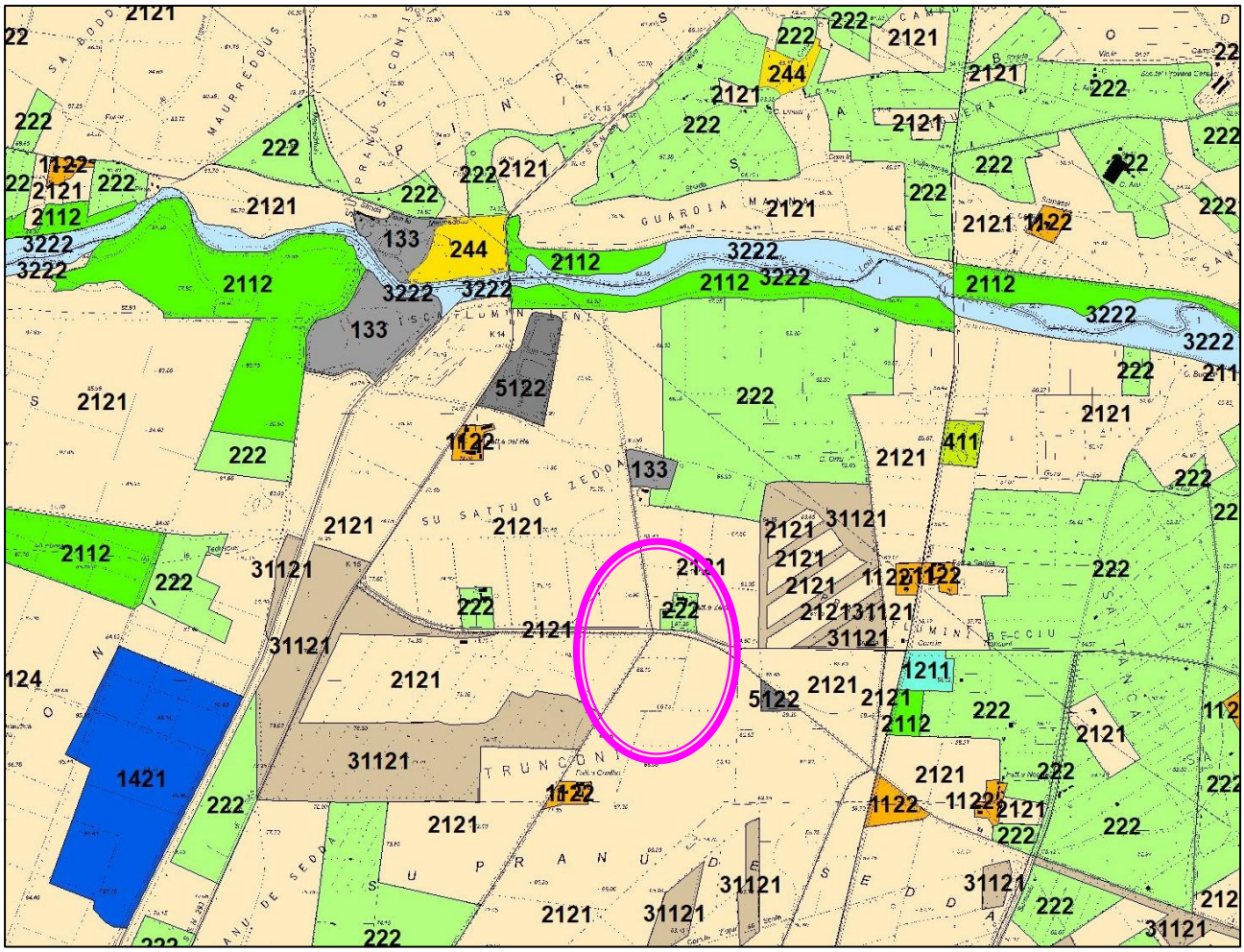
I suoli che contraddistinguono le aree di intervento, a fronte dell'omogeneità litologica locale, sono annoverabili ad una sola unità, che comprende *Typic*, *Aquic* ed *Ultic Palexeralf*, tipici dei substrati impostati sulle arenarie eoliche pleistoceniche e sulle alluvioni, con elevata attitudine all'agricoltura.

Questi suoli si sviluppano a quote comprese tra 0÷300 m, sono generalmente profondi e con una tessitura variabile da franco-sabbiosa a franco-sabbioso-argillosa in superficie ad argillosa in profondità. Lo scheletro è abbondante, tuttavia sorgono sovente difficoltà di drenaggio con la formazione di aree di ristagno, particolarmente importanti nei settori ad abbondante componente argillosa.

2.9 Uso del suolo

Le aree di intervento si inseriscono in un contesto perlopiù adibito alla coltivazione di seminativi e frutteti, piuttosto che al pascolo, con annessi fabbricati che ospitano aziende agricole.

Uno stralcio della cartografia dell'uso del suolo è rappresentato in FIGURA 2.11.



1122	Fabbricati rurali
1211	Insediamento industriale, commerciale e dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
1212	Insediamento di grandi impianti di servizi
1224	Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)
1421	Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento
133	Cantieri
2112	Prati artificiali
2121	Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo
2124	Colture in serra
222	Frutteti minori
223	Oliveti
242	Sistemi colturali e particellari complessi
244	Aree agroforestali
3111	Boschi di latifoglie
31121	Pioppeti, saliceti, eucalitteti etc. anche in formazioni miste
3222	Formazione di ripa non arborea.
411	Paludi interne
5122	Bacini artificiali

FIGURA 2.10 – Stralcio dell'aggiornamento della cartografia dell'uso del suolo nel territorio della Regione Sardegna (Agristudio S.r.l. e Geomap S.r.l., Via Frusa, n. 3 – 50131 Firenze).

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

3.1 Sismicità locale

Le caratteristiche di sismicità del blocco sardo-corso sono da porre in relazione, sostanzialmente, con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano: il basamento della Sardegna rappresenta infatti un segmento della catena ercinica sud-europea originatasi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore.

Durante il Miocene superiore, il principale evento geodinamico dell'area è rappresentato dalla strutturazione dell'attuale margine orientale dell'Isola, che si protrae fino a parte del Quaternario e durante il quale i principali eventi che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati quindi dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, soprattutto l'apertura del Bacino Tirrenico meridionale.

3.2 Sismicità storica del sito

Nonostante sia acclarata la bassa sismicità della Sardegna conseguente alla generale stabilità geologica del blocco sardo-corso (gli ultimi episodi vulcanici dell'isola vengono fatti risalire a circa 90.000 anni fa, nel Pleistocene superiore, con l'emissione di lave e scorie nel settore dell'*Anglona*), si ha conoscenza di indizi di eventi sismici risalenti a 3.000-4.000 anni fa, testimoniati da importanti danneggiamenti rilevati in alcuni edifici nuragici. Negli ultimi decenni non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze[(2)].

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili dal sito web "DBMI04", per l'Isola non sono registrati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

Alcuni terremoti segnalati (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio Pausania). Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001) è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 09.11.2010, nella costa NW dell'Isola.

Altri ancora, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono

(2) (https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/).

stati registrati nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 de ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità.

Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore e 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

Per quanto attiene il sito specifico, la sismicità storica è stata ricostruita previa consultazione dei seguenti database resi fruibili online dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

- CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani 2015
  Contiene i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o con magnitudo (Mw) ≥ 4 relativi a tutto il territorio italiano.
- DBMI15 – Database macrosismico dei terremoti italiani 2015
  Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nel periodo 1000-2014.

L'archivio non indica alcun evento con epicentro nel Comune di Serramanna e dintorni.

Si segnalano altresì il terremoto magnitudo 4,77 del 26.04.2000 con epicentro nel Tirreno centrale (40.955 N – 10.097 E, profondità circa 1 km), quello magnitudo 4,52 del 15.05.1897 con epicentro nel Tirreno meridionale e quello del 17.08.1771 con magnitudo 4,43 e area epicentrale nella Sardegna meridionale.

Non si hanno testimonianze degli effetti di questi terremoti per il territorio di Selegas, né per i comuni vicinori ove sono stati avvertiti, per cui si presume siano stati irrilevanti.

Dal database DISS relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo > 5.5, si evince che il settore di intervento non è direttamente gravato da potenziali faglie sismogenetiche.

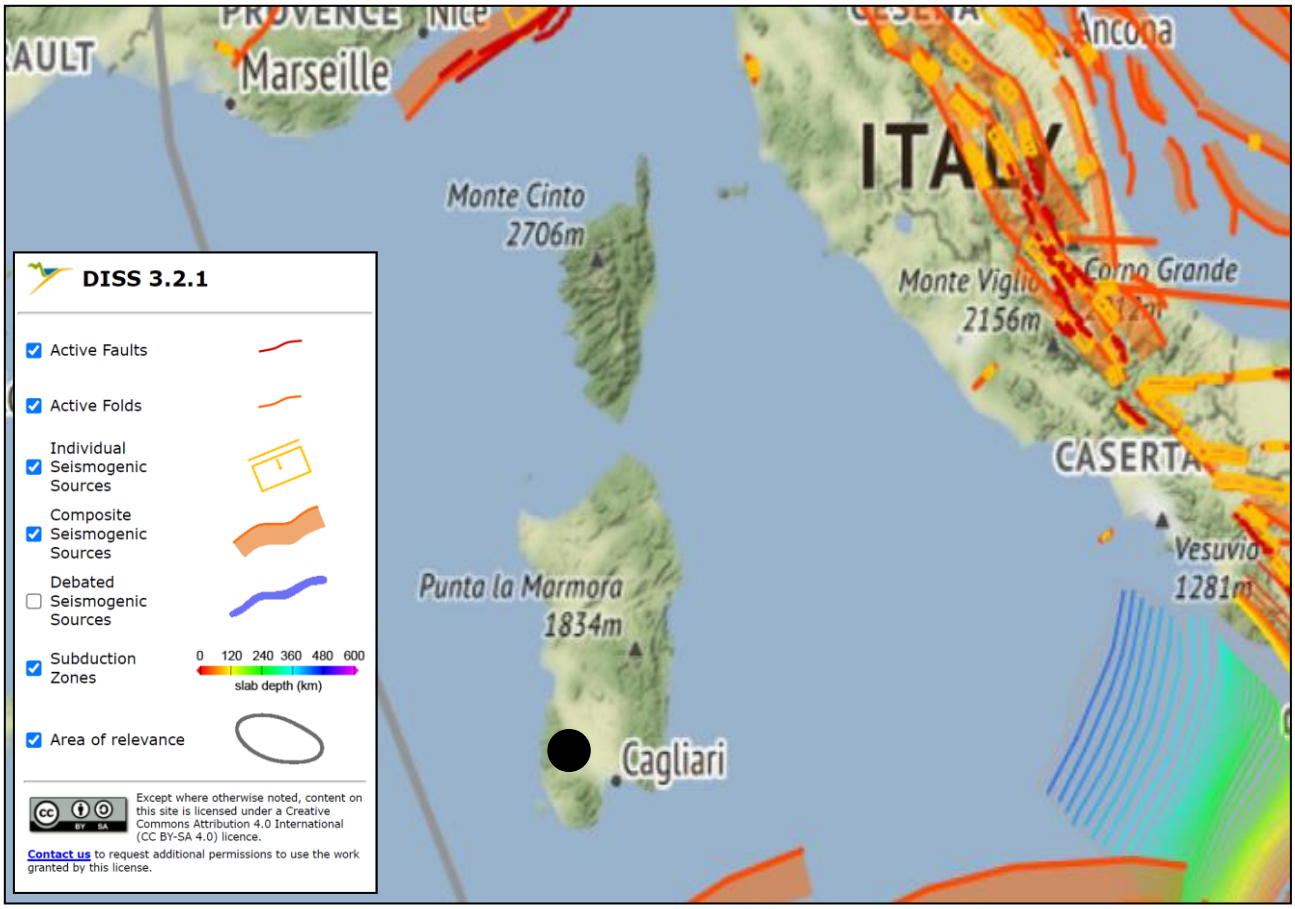


FIGURA 3.1~~1~~ ~~2~~ – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con M > 5,5 rispetto all'area di intervento (estratto da DISS Working group 2018, Database of Individual Seismogenic Sources ver. 3.2.1., http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml).

3.3 Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali, ovvero dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*», entrata in vigore dal 25.10.2005 in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha lasciato facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in zona 4.

In relazione alla pericolosità sismica - espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi - il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo ($\mathbf{a_{g475}}$), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da Vs30 > 800 m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di ag475 con una tolleranza 0,025g a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag), che deve essere considerato in sede di progettazione.

Allo stato attuale delle conoscenze e del progresso scientifico, attraverso l'applicazione WebGIS, è possibile consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica. Il sito di specifico intervento edilizio, così come tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **ag** è assegnato un valore di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compreso tra **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione. Tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

3.4 Pericolosità sismica

L'entrata in vigore delle NTC 2008 ha reso obbligatoria, anche per le zone a bassa sismicità come la Sardegna, la stima della pericolosità sismica basata su una griglia, estesa per tutto il territorio nazionale, di 10751 punti, in cui vengono forniti per ogni nodo situato ai vertici dei ogni maglia elementare, i valori di:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno,
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
- Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per nove periodi di ritorno T_r, in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (di categoria A nelle NTC) con superficie topografica orizzontale.

Solo per alcune aree insulari con bassa sismicità (tra cui la Sardegna), tali valori sono unici e sono quelli indicati nella Tabella 2 dell'Allegato B alle N.T.C. 2008, ancora valide per le N.T.C.

Per un periodo di ritorno Tr = 475 anni, detti parametri valgono:

- a_g = 0,500
- F_0 = 2,88
- Tc* = 0,34

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**Imax/pon**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione.

Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

Il *database* del progetto ITHACA (*ITaly HAzard from CApable faults*) ha consentito di escludere la presenza di "faglie capaci", ovvero di lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.

3.5 Categoria di sottosuolo

Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto, ai sensi del D.M. del 1701.2018, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (Vs).

Con l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alla configurazione stratigrafica ed i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS_{eq} (in m/s), definita dall'espressione:

$$Vs,eq = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{hi}{Vs}}$$

essendo: hi = spessore dello stato i-sesimo,

Vs,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 Vs non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali. Per depositi con profondità del substrato > 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS_{eq} è definita dal parametro VS_{30} ottenuto ponendo H = 30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Alla luce di quanto, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle VS_{eq} con l'appartenenza alle differenti categorie sismiche; ovvero:

A] 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;

B] rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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;

C] depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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;

D] depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine 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;

E] 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.

Da riscontri sperimentali provenienti da un cantiere in agro di Villasor in contesto geologico similare, il profilo di velocità delle onde S ricostruito attraverso una prospezione MASW ha restituito una **$Vs_{30eq} \approx$ 495 m/s** a cui fa riscontro una ***categoria di sottosuolo di tipo "B"*** che, salvo le necessarie verifiche sito-specifiche, si può adottare anche nel caso in essere.

Dalla succitata prova geofisica, come visibile in FIGURA 3.2 sono stati individuati 6 sismostrati a differente velocità:

I.	0,00	÷ 1,10 m	V_S = 185 m/s
II.	1,10	÷ 2,50 m	V_S = 315 m/s
III.	2,50	÷ 8,90 m	V_S = 425 m/s
IV.	8,90	÷ 15,50 m	V_S = 500 m/s
V.	15,50	÷ 23,00 m	V_S = 560 m/s
VI.	23,00	÷ oltre (?)	V_S = 780 m/s

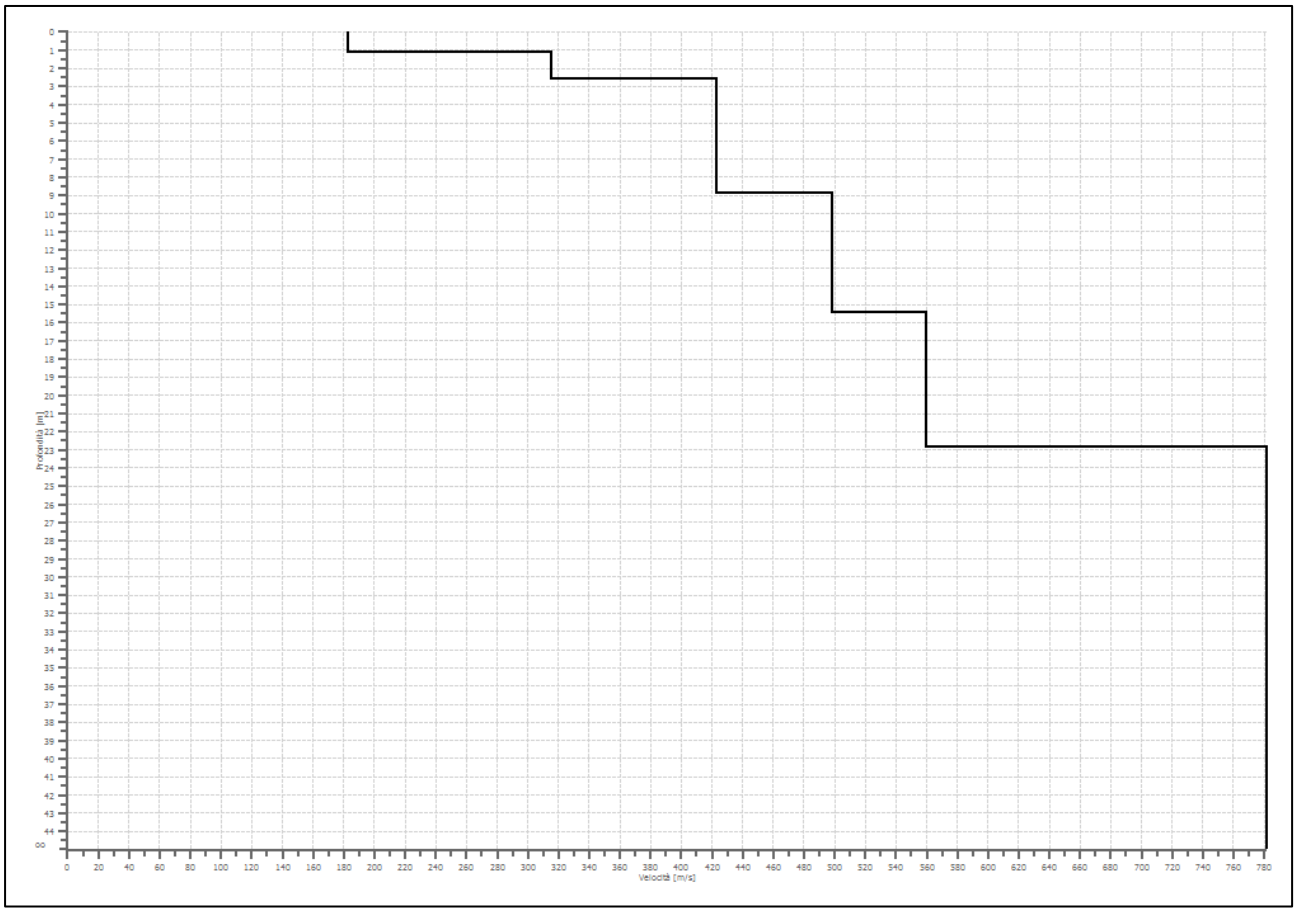


FIGURA 3.2~~1 2~~ – Grafico della variazione della Vs con la profondità acquisito in agro di Villasor.

L'immagine in FIGURA 3.3 mostra la ricostruzione litostratigrafica del profilo di velocità.

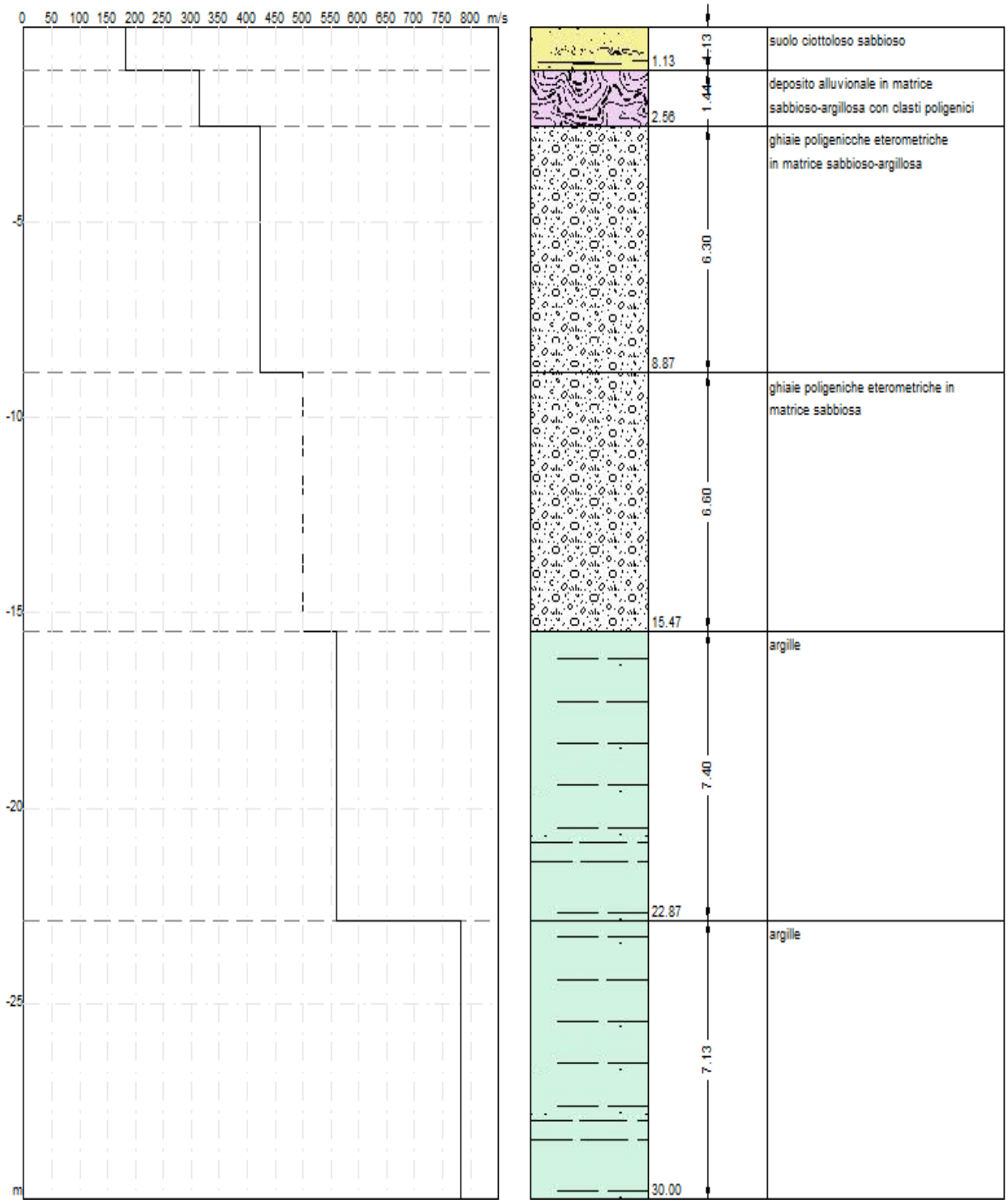


FIGURA 3.3~~1-2~~ – Inerpretazione sismostratigrafica del profilo di velocità.

4 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

4.1 Pericolosità sismica

La bassa sismicità dell’Isola fa escludere elementi di pericolosità sismica che possano compromettere l’integrità e la fruibilità dell’opera in progetto.

4.2 Pericolosità idrogeologica

L'assetto idrogeologico del settore è condizionato dalla presenza di una coltre alluvionale detritica entro cui i flussi idrici sotterranei si impostano a maggiore profondità rispetto alle quote direttamente influenzate dalle opere di fondazione. Dalle informazioni acquisite, che indicano la presenza della falda oltre 4,00 m di profondità dal p.c., non si prevedono interazioni permanenti di quest'ultima con le opere in progetto.

Per le stesse ragioni non sussistono i presupposti affinché l'opera in progetto possa influenzare in qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

4.3 Subsidenza

Se si esclude un lentissimo abbassamento ancora in atto in tutta l’area costiera meridionale, la subsidenza è irrilevante tra i processi morfodinamici dell’Isola: gli unici fenomeni riconducibili a subsidenza sono i “sink-holes” localizzati negli hinterland di Carbonia ed Iglesias.

Non sono noti nell'area sink-hole o altre tipologie di subsidenza naturale. Analogamente, non si è a conoscenza di abbassamenti del suolo provocati dallo sfruttamento delle falde acquifere.

4.4 Pericolosità da frana

Già in condizioni di seminaturalità dei luoghi, il settore in studio è risultato esente da problematiche legate a dissesto per franosità in quanto non sottoposto all'influenza diretta delle dinamiche morfogenetiche connesse con la presenza dei rilievi al contorno perché troppo distanti.

Poiché non è disponibile alcuna cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico relativa alla pianificazione territoriale comunale, forza maggiore il grado di pericolosità attribuibile al sito è nullo, coerentemente con le indicazioni del piano stralcio.

Ad ogni buon conto i rilievi all’uopo condotti non hanno fatto ravvisare condizioni di criticità ante e post-operam.

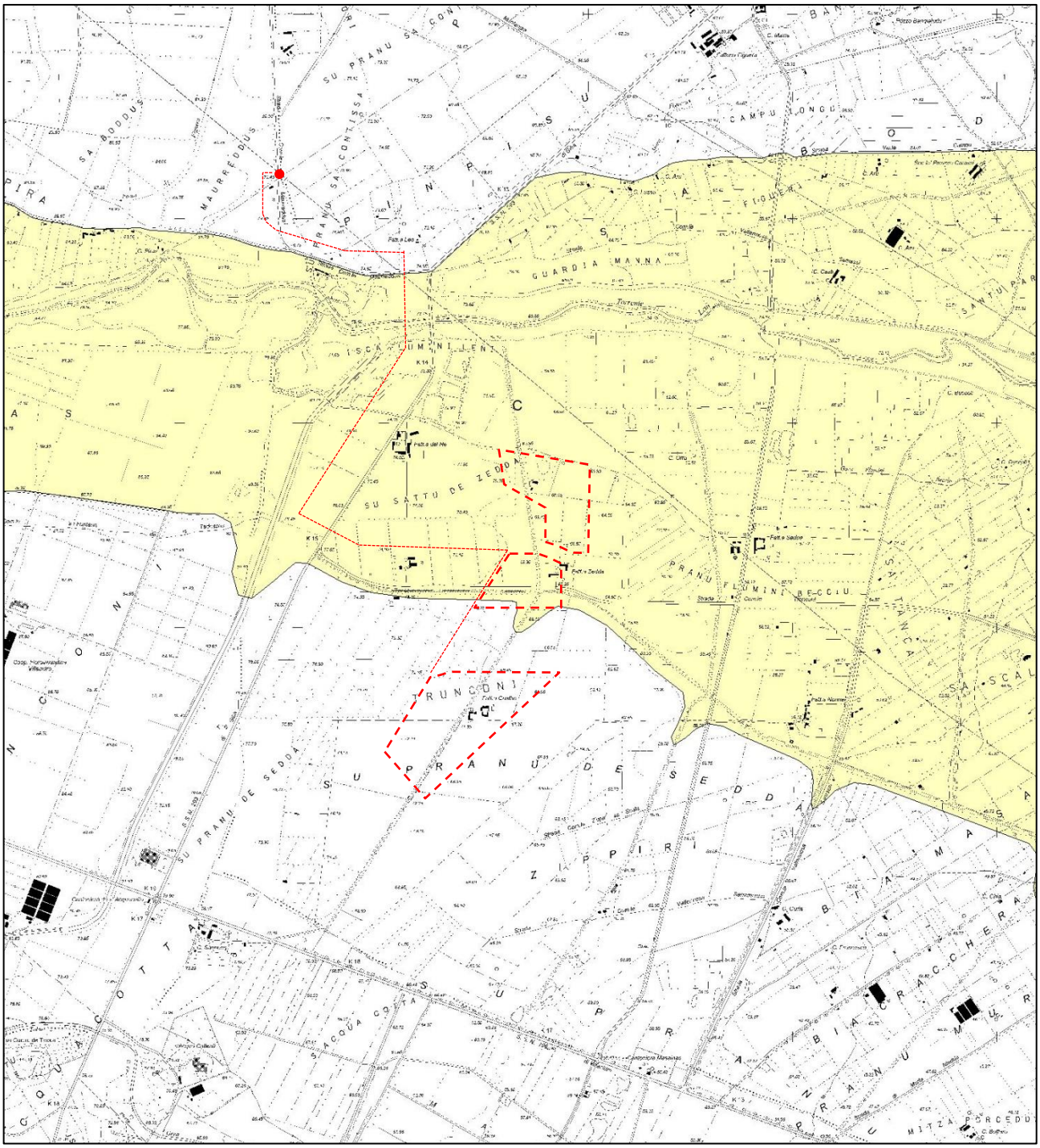
4.5 Pericolosità da inondazione

I tre lotti che ospiteranno il parco fotovoltaico non sono direttamente intersecati da alcun elemento idrico significativo.

Di fatto, se si esclude una locale riscontrata tendenza ad originare ristagni idrici in concomitanza di

periodi di piogge perdurevoli, le caratteristiche fisiche del sottosuolo garantiscono un buon drenaggio delle acque superficiali.

Per le stesse motivazioni di cui sopra, le uniche cartografie ufficiali riguardano il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali le quali inseriscono i comparti del blocco settentrionale in Fascia C geomorfologica, allagabile con tempi di ritorno di 500 anni (FIGURA 4.1).



Fascia A_2	*Aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con periodo di ritorno T = 2 anni*
Fascia A_50	*Aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con periodo di ritorno T = 50 anni*
Fascia A_100	*Aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con periodo di ritorno T = 100 anni*
Fascia A_200	*Aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con periodo di ritorno T = 200 anni*
Fascia C	*Aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con periodo di ritorno T = 500 anni*

FIGURA 4.1 – Cartografia di pericolosità idraulica secondo il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

5 MODELLO GEOTECNICO

5.1 Modello geotecnico preliminare

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica, il sedime che ospiterà l'intervento vede la presenza di una potente sequenza detritica di origine alluvionale, rappresentata da ghiaie eterometriche e poligeniche con talora abbondante matrice limo-argillosa.

Allo stato attuale delle conoscenze e salvo gli opportuni ed obbligatori accertamenti nella fase più avanzata della progettazione, vengono descritte le caratteristiche meccaniche della sola unità alluvionale olocenica **bna** che, sulla base dei dati acquisiti in questa fase, si prevede direttamente influenzata dall'intervento in programma.

Sulla scorta di dati acquisiti in terreni similari che, ai fini indicativi, possono essere estesi al caso in essere, i parametri geotecnici da utilizzare cautelativamente sono:

- Peso di volume naturale γ = 21,50÷23,00 kN/m^3
- Peso di volume saturo γ' = 11,50÷13,00 kN/m^3
- Coesione efficace c' = 0,10÷0,25 daN/cm^2
- Angolo di resistenza al taglio φ' = 35÷41°
- Modulo elastico E_{el} = 200÷300 daN/cm^2

Nel caso dei livelli limoso-argillosi, i parametri geotecnici associabili orientativamente sono:

- Peso di volume naturale γ = 21,00÷22,00 kN/m^3
- Coesione drenata c' = 0,20÷0,40 daN/cm^2
- Coesione non drenata c_u = 0,60÷2,20 daN/cm^2
- Angolo di resistenza al taglio φ' = 29÷31°
- Modulo edometrico E_{el} = 50÷80 daN/cm^2

Per eventuali livelli sabbiosi-limosi si può fare riferimento ai seguenti parametri:

- Peso di volume naturale γ = 20,00÷21,00 kN/m^3
- Peso di volume saturo γ' = 10,00÷11,00 kN/m^3
- Coesione drenata c' = 0,20÷0,40 daN/cm^2
- Angolo di resistenza al taglio φ' = 35÷41°
- Modulo elastico E_{el} = 200÷300 daN/cm^2

5.2 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione

Sulla base di quanto esposto, è plausibile che le strutture di fondazione andranno a poggiare sulle alluvioni grossolane ghiaioso-ciottolose.

Ferma restando la necessità di supportare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite ad hoc, orientativamente si possono assumere valori di capacità portante dell’ordine di **1 daN/cm^2**.

6 CONCLUSIONI

Dagli elementi esaminati, l'assetto litostratigrafico del territorio nel quale si prevede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto, vede la predominanza di terreni granulari sostanzialmente incoerenti, riconducibili a processi di deposizione alluvionale avvenuti nel corso degli ultimi 10.000÷12.000 anni (Olocene) di spessore da decametrico a pluridecametrico. Questi sedimenti ricoprono un'analoga sequenza alluvionale più antica attribuibile al Pleistocene superiore, di cui alcuni lembi possono essere osservati alla base delle sponde dell'incisione del *Rio Leni* e in prossimità della fascia pedecollinare dei rilievi del Villacidrese.

Allo stato attuale non sono state ravvisate condizioni di instabilità morfologica potenzialmente predisponenti all'instaurarsi di fenomeni franosi di qualsiasi tipologia. Di contro, si è ravvisata una moderata tenenza a locali ristagni nella parte orientale dei lotti, peraltro suffragata dalle perimetrazioni del P.S.F.F. che indicano un pericolo da inondazione/allagamento seppur con tempi di ritorno di 500 anni [Fascia C]. Tale circostanza, peraltro, ai sensi delle vigenti norme di attuazione del P.A.I. (art. 30 delle N.T.A.), non pone limitazioni alla possibilità di realizzare l'intervento, fatte salve le competenze attribuite agli strumenti urbanistici per la disciplina delle aree a pericolosità idraulica moderata (Hi1).

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, la profondità stimata per la falda (indicativamente intorno ai 4÷5 m dal p.c. con possibilità di risalita stagionale) consente di escludere la sussistenza di interazioni permanenti tra le opere in progetto e le acque sotterranee. Si ritiene comunque necessario effettuare delle verifiche geognostiche atte a determinare la massima oscillazione positiva della piezometrica.

Sotto il profilo geotecnico, i terreni che caratterizzano il sedime di intervento sono contraddistinti da proprietà geomeccaniche discrete in relazione alla tipologia di opere in progetto ed i previsti carichi di esercizio, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso una campagna di indagini geognostiche all'uopo eseguita, che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase di progettazione esecutiva.

Tali indagini dovranno chiarire gli aspetti litostratigrafici ancora indefiniti e dissipare le incertezze sulle caratteristiche litologiche del sottosuolo, ovvero affinare il modello geologico e idrogeologico per orientare al meglio le scelte progettuali in ordine alla tipologia fondale, nonché per individuare l'ottimale profondità per l'infissione dei sostegni degli inseguitori solari.