



**PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO DI 360MW CON SISTEMA DI ACCUMULO DI CAPACITA' PARI A 82,5MWH E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI SASSARI NELLE FRAZIONI DI "PALMADULA, LA CORTE, CANAGLIA, LI PIANI, SAN GIORGIO, SCALA ERRE"**

## PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

**PALMADULA  
SOLAR S.R.L.** 

PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA  
E DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA**

ELABORATO n°:  
BI028F-D-PAL-RT-03-r00

NOME FILE:

SCALA: ----

DATA: AGOSTO 2023

REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
	00		Agosto 2023	Prima Emissione	M. Segato	M. Sandri
01						
02						
03						
04						



	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 1
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

## SOMMARIO

1. PREMESSA.....	5
1.1. Metodologie utilizzate.....	7
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI.....	8
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO .....	10
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	12
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI BASE .....	16
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI BASE .....	19
7. INQUADRAMENTO SISMICO.....	21
7.1. Norme Tecniche per le costruzioni e azione sismica .....	23
7.1.1. Parametri di pericolosità sismica .....	24
7.1.2. Coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica .....	26
7.2. Liquefazione dei terreni.....	29
8. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE .....	31
8.1. LOTTI SCALA ERRE 1 E SCALA ERRE 2 .....	33
8.2. LOTTO SCALA ERRE 3.....	35
8.3. LOTTI LIPIANI 1, LIPIANI 2 E LIPIANI 3 .....	37
8.4. LOTTO CANAGLIA 1 .....	38
8.5. LOTTI PALMADULA 1÷10.....	40
8.6. LOTTO SAN GIORGIO 1.....	42
8.7. LOTTI LA CORTE 1 E LA CORTE 2.....	44
8.8. LOTTO LA CORTE 3 .....	45
8.9. LOTTI LA CORTE 4 E LA CORTE 5.....	46
8.10. CAVIDOTTI.....	48
9. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO.....	49
10. INTERAZIONE OPERE TERRENI.....	53
ALLEGATO 1 – Pericolosità per alluvione PAI .....	A.1
ALLEGATO 2 – Pericolosità per frana PAI .....	A.2
ALLEGATO 3 – Carta litologica .....	A.3
ALLEGATO 4 – Carta della permeabilità.....	A.4
ALLEGATO 5 – Planimetria delle indagini geognostiche e geofisiche (3 tavole) .....	A.5

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 2
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 – Corografia della zona di intervento indicata dalle aree rosse.....	6
Figura 3.1 - Carta della Regione Sardegna con evidenziata la provincia di Sassari (area arancio) e l'area in studio (ellisse rossa). .....	10
Figura 3.2 – Scorcio della pianura de “la Nurra” in prossimità delle aree di intervento. ....	11
Figura 3.3 – Ubicazione delle aree ove si prevede l’installazione dei pannelli fotovoltaici con indicata la denominazione dei singoli lotti (area rossa), cavidotti di collegamento (linea rossa) e ubicazione delle sottostazione elettriche (area gialla).....	11
Figura 4.1 – Tipico esempio di <i>inselberg</i> in Sardegna. ....	12
Figura 4.2 – Contesto morfologico dell’area di intervento. ....	13
Figura 4.3 – Ubicazione delle aree ove si prevede l’installazione dei pannelli fotovoltaici (aree con campitura rossa), dei cavidotti di collegamento (linea rossa) e delle sottostazioni elettriche (area gialla) rispetto alla perimetrazione dei Fenomeni Franosi del catalogo IFFI. Le aree di intervento non sono interessate da fenomeni franosi censiti.....	14
Figura 4.4 - Carta vincolo idrogeologico (aree arancio) e ubicazione delle aree di intervento (aree con campitura rossa) che non ricadono in zone sottoposte a tale vincolo. ....	15
Figura 5.1 – Principali complessi geologici della Sardegna. Il cerchio rosso individua l’ambito di intervento. ....	16
Figura 5.2 - Stralcio Carta Geologica della Regione Sardegna in scala 1:200.000 con relativa legenda. Le ellissi rosse individuano l’areale di intervento. ....	17
Figura 6.1 – Sistemi idrogeologici presenti nell’area oggetto di intervento (Ghiglieri et al., 2009). Le ellissi rosse individuano l’areale di intervento. ....	19
Figura 7.1 – Grafico illustrante la storia sismica di Sassari e Porto Torres. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati.....	21
Figura 7.2 – Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$ m/s, suolo di categoria A). L’ellisse rossa individua l’areale di intervento. ....	22
Figura 7.3 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione $U_c < 3.5$ . ....	30
Figura 7.4 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione $U_c > 3.5$ . ....	30
Figura 9.1 – Suddivisione in macrolotti delle aree oggetto di intervento ai fini della loro caratterizzazione geotecnica. In figura sono riportati i nomi dei singoli lotti e ciascun macrolotto è identificato da un colore diverso.....	49

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 3
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 7.1 Vita Nominale VN per diversi tipi di opere da NTC 2018. ....	23
Tabella 7.2 Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso da NTC 2018. ....	23
Tabella 7.3 Tabella per la determinazione dei valori di $a_g$ , $F_0$ e $T^*_c$ . ....	24
Tabella 7.4 Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018. ....	27
Tabella 7.5 Categorie di sottosuolo definite sulla base dei risultati delle MASW. ....	27
Tabella 7.6 Determinazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$ . ....	28
Tabella 7.7 Categorie topografiche. ....	28
Tabella 7.8 Valori del coefficiente di amplificazione topografica $S_T$ . ....	28
Tabella 8.1 Tabella indagini geognostiche dirette – sondaggi e DPSH. ....	32
Tabella 8.2 Prove tipo Masw. ....	33
Tabella 8.3 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Scala Erre 1 e 2. ....	34
Tabella 8.4 Risultati delle prove SPT – Scala Erre 1 e 2. ....	34
Tabella 8.5 Risultati delle prove DPSH – Scala Erre 1. ....	35
Tabella 8.6 Risultati delle prove di laboratorio – Scala Erre 1 e Scala Erre 2. ....	35
Tabella 8.7 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Scala Erre 3. ....	36
Tabella 8.8 Risultati delle prove SPT – Scala Erre 3. ....	36
Tabella 8.9 Risultati delle prove DPSH – Scala Erre 3. ....	36
Tabella 8.10 Risultati delle prove di laboratorio – Scala Erre 3. ....	36
Tabella 8.11 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Lipiani 1, 2 e 3. ....	37
Tabella 8.12 Risultati delle prove SPT – Lipiani 1, 2 e 3. ....	37
Tabella 8.13 Risultati delle prove DPSH – Lipiani 1, 2 e 3. ....	38
Tabella 8.14 Risultati delle prove di laboratorio – Lipiani 1, 2 e 3. ....	38
Tabella 8.15 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Canaglia 1. ....	39
Tabella 8.16 Risultati delle prove SPT – Canaglia 1. ....	39
Tabella 8.17 Risultati delle prove DPSH – Canaglia 1. ....	39
Tabella 8.18 Risultati delle prove di laboratorio – Canaglia 1. ....	39
Tabella 8.19 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Palmadula 1 ÷ 10. ....	40
Tabella 8.20 Risultati delle prove SPT – Palmadula 1 ÷ 10. ....	41
Tabella 8.21 Risultati delle prove DPSH – Palmadula 1 ÷ 10. ....	42
Tabella 8.22 Risultati delle prove di laboratorio – Palmadula 1 ÷ 10. ....	42
Tabella 8.23 Risultati delle indagini geofisiche tipo MASW – Palmadula 1 ÷ 10. ....	42
Tabella 8.24 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – San Giorgio 1. ....	43
Tabella 8.25 Risultati delle prove SPT – San Giorgio 1. ....	43
Tabella 8.26 Risultati delle prove DPSH – San Giorgio 1. ....	43
Tabella 8.27 Risultati delle prove di laboratorio – San Giorgio 1. ....	44
Tabella 8.28 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – La Corte 1 e La Corte 2. ....	44
Tabella 8.29 Risultati delle prove DPSH – La Corte 1 e La Corte 2. ....	45
Tabella 8.30 Risultati delle prove di laboratorio – La Corte 1 e La Corte 2. ....	45
Tabella 8.31 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – La Corte 3. ....	45
Tabella 8.32 Risultati delle prove SPT – La Corte 3. ....	46
Tabella 8.33 Risultati delle prove DPSH – La Corte 3. ....	46
Tabella 8.34 Risultati delle prove di laboratorio – La Corte 3. ....	46

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 4
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

Tabella 8.35 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – La Corte 4 e La Corte 5. ....	47
Tabella 8.36 Risultati delle prove SPT – La Corte 4 e La Corte 5. ....	47
Tabella 8.37 Risultati delle prove DPSH – La Corte 4 e La Corte 5. ....	47
Tabella 8.38 Risultati delle prove di laboratorio – La Corte 4 e La Corte 5. ....	47
Tabella 8.39 Risultati delle prove DPSH – Cavidotti. ....	48
Tabella 9.1 Modello stratigrafico e geotecnico di riferimento – Scala Erre 1,2 - Lipiani 1,2,3 - La Corte 3 - Se Nord. ....	50
Tabella 9.2 Modello stratigrafico e geotecnico di riferimento – Canaglia 1 - Palmadula 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 - La Corte 4,5 - Se Sud. ....	51
Tabella 9.3 Modello stratigrafico e geotecnico di riferimento – Scala Erre 3 - San Giorgio 1 - La Corte 1,2. ....	52

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 5
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

## 1. PREMESSA

Il progetto in esame è relativo alla realizzazione e messa in esercizio di un impianto agrivoltaico, ovvero un sistema innovativo in cui si implementano la produzione di energia mediante fonti rinnovabili (solare) e la produzione agricola per la generazione di energia elettrica, comprensivo delle opere di connessione, nel territorio comunale di Sassari (SS) in Sardegna, denominato Palmadula, in quanto il blocco principale si concentra nella frazione di “Palmadula” per una potenza nominale installata pari a circa 358 MWp DC ed una potenza in immissione pari a circa 337 MW AC, con rapporto DC/AC di circa 1,06.

L’energia elettrica sarà prodotta da moduli fotovoltaici bifacciali montati su strutture ad inseguimento mono assiale in acciaio. L’impianto sarà anche corredato da un sistema di accumulo elettrochimico con una capacità di circa 82,5 MWh. Tutta l’energia elettrica prodotta, al netto dei consumi dei servizi ausiliari, verrà ceduta alla rete.

La stessa energia sarà raccolta all’interno dell’area d’impianto attraverso una rete diffusa di cavi interrati in media tensione da 30kV, per poi arrivare nelle sottostazioni elettriche utente sempre all’interno dell’area di impianto da 30/150 kV. Infine, dall’ultima stazione elettrica 150/380 kV partirà un cavidotto interrato di nuova realizzazione su strada esistente per trasportare l’energia elettrica prodotta in alta tensione a 380 kV, fino alla Cabina Primaria della sottostazione futura di Olmedo a circa 17 km di distanza dall’ultima sottostazione lato utente.

La progettazione dell’opera è stata sviluppata tenendo in considerazione una serie di criteri sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell’ambito territoriale considerato nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell’ambiente, della protezione della salute umana e dell’utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

L’energia elettrica prodotta dall’impianto concorrerà al raggiungimento dell’obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall’Italia.

L’impianto è stato studiato e progettato comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

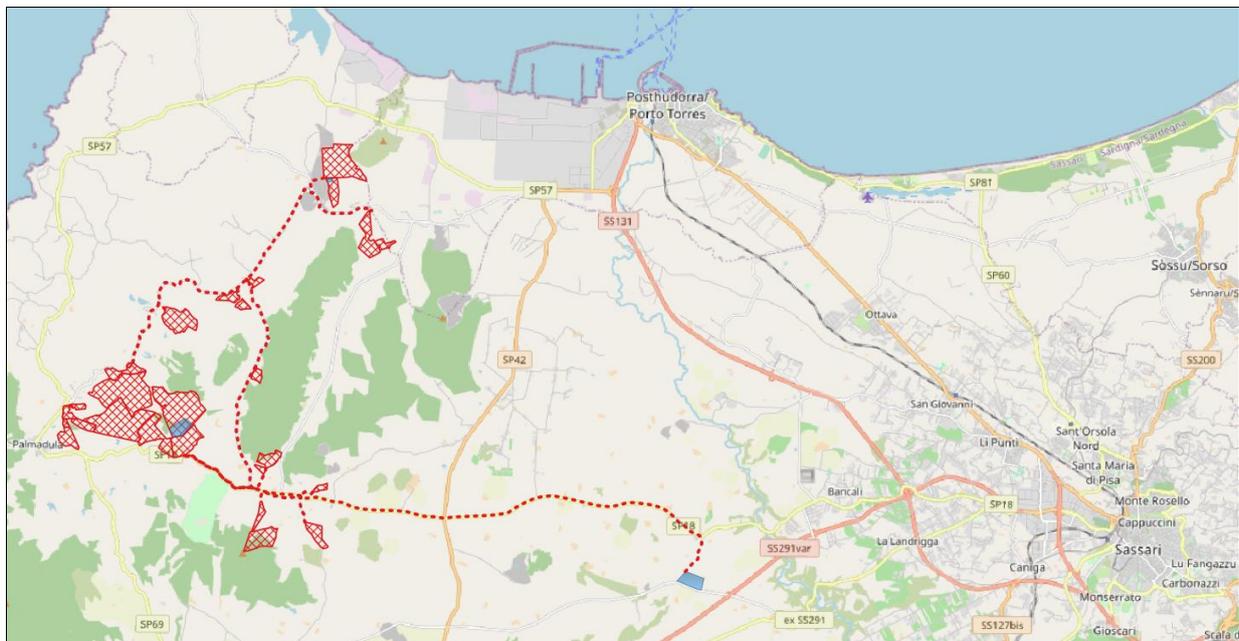
- minimizzare l’interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- evitare, per quanto possibile, l’interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- minimizzare l’interessamento di aree soggette a dissesto geomorfologico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l’affidabilità della fornitura di energia;
- permettere il regolare esercizio e la manutenzione dell’impianto.

L’obbiettivo del progetto è quello di creare un sistema in cui l’attività agricola non solo si integra nel sistema di produzione di energia elettrica, ma che l’impianto nel suo insieme si integri

perfettamente con l'ambiente dal punto di vista paesaggistico. Il fine è pertanto quello di creare un contesto armonioso con la natura e l'ambiente ospitante.

Ciò consente di preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonti rinnovabili. Anche il piano culturale è stato appositamente studiato considerando non solo la situazione preesistente e le annesse culture, ma anche integrando soluzioni agricole e di allevamento ad hoc che si inseriscono perfettamente nel contesto rurale, apportando valore aggiunto e migliore destinazione di uso delle aree. In questo contesto lo studio degli spazi di manovra per le macchine agricole è stato realizzato considerando le esigenze tipiche del mondo agricolo e nel rispetto della morfologia del territorio, oltre che alle esigenze legate alle manutenzioni e gestioni dell'impianto fotovoltaico.

L'area interessata dall'impianto ha una superficie di circa 850 ha dislocate su un ampio territorio, come evidenziato in Figura 1.1.



**Figura 1.1 – Corografia della zona di intervento indicata dalle aree rosse.**

Il presente documento costituisce la relazione geologica geotecnica e di compatibilità idrogeologica del progetto per realizzazione di tale impianto fotovoltaico.

Lo scopo della relazione è fornire le informazioni atte a delineare un quadro completo delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche delle aree in cui ricadono gli interventi proposti.

Attraverso l'ausilio di studi mirati sul territorio è stato quindi possibile:

- ricostruire dettagliatamente gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;
- descrivere le indagini geognostiche eseguite in sede di progettazione;

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 7
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

- rappresentare analiticamente tutta la gamma di informazioni geologiche, geomorfologiche e stratigrafiche individuando il modello di riferimento progettuale;
- definire la distribuzione e la caratterizzazione delle principali falde idriche presenti nel sottosuolo;
- individuare eventuali condizioni di pericolosità geologica, geomorfologica e idrogeologica e, più in generale, segnalare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli o condizionamenti nell'ambito della progettazione;
- valutare l'interferenza fra le aree in progetto e le perimetrazioni di pericolosità geomorfologica del PAI, nonché le perimetrazioni di frana del catalogo IFFI;
- fornire i parametri geotecnici e sismici necessari per la progettazione delle opere;
- definire l'interazione fra opere e terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione.

### **1.1. Metodologie utilizzate**

Il documento è realizzato sulla base di documentazione bibliografica acquisita, rilievi di campagna ed informazioni ottenute dalla campagna di indagini geognostiche e geofisiche condotte nel mese di febbraio 2023.

Attraverso l'interpretazione dei dati disponibili si è giunti ad una caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei sedimenti e dei terreni d'interesse progettuale compatibile con il livello progettuale in essere.

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 8
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

## 2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

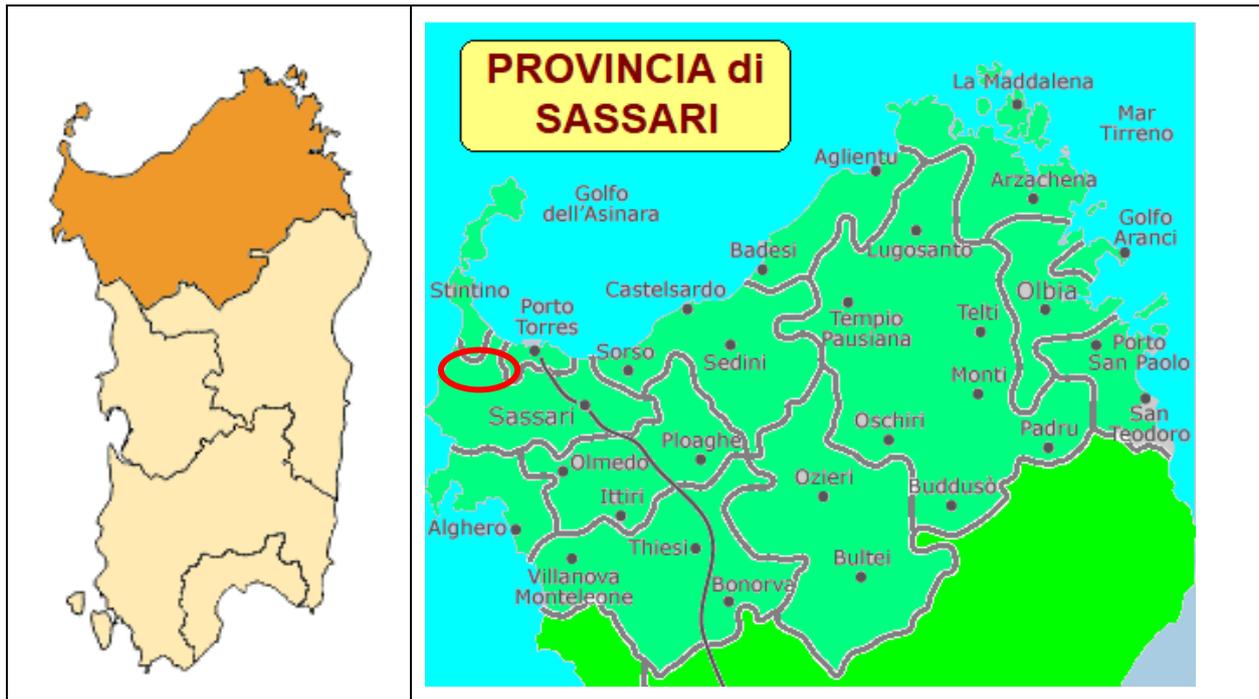
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G.U. 21 marzo 1974 n. 76) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "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. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 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 (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3).
- D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo", ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n.164;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018, pubblicate sulla G.U. del 20.02.2018.
- Circolare 21/01/2019 n 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018. In mancanza di specifiche indicazioni ad integrazione della norma precedente, e per quanto con essa non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:
  - ✓ D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni". Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:
    - ✓ IEC 60400-1 "Wind Turbine safety and design";
    - ✓ Eurocodice 2 "Design of concrete structures".
    - ✓ Eurocodice 3 "Design of steel structures" - EN 1993-1-1.
    - ✓ Eurocodice 4 "Design of composite steel and concrete structures".
    - ✓ Eurocodice 7 "Geotechnical design".

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 9
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

- ✓ Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.  
Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

La Provincia di Sassari comprende la porzione settentrionale della Sardegna, ha una superficie di 7.692 km<sup>2</sup>, include 92 comuni per una popolazione complessiva di circa 490.000 abitanti ed una densità di 63,91 abitanti per km<sup>2</sup>. Il territorio della provincia di Sassari è il più esteso della Sardegna e dell'Italia intera ed è delimitato a nord dal golfo dell'Asinara, a est dal mar Tirreno, a sud dalle provincie di Nuoro e Oristano e a ovest dal mar di Sardegna (Figura 3.1).



**Figura 3.1 - Carta della Regione Sardegna con evidenziata la provincia di Sassari (area arancio) e l'area in studio (ellisse rossa).**

Nella provincia è presente l'unico lago naturale della Sardegna, il lago di Baratz, ed uno dei laghi artificiali più grandi, il lago Coghinas, che faceva da confine con la ex provincia di Olbia-Tempio. Nel territorio è presente una delle più vaste pianure sarde, "la Nurra" (Figura 3.2), che comprende la porzione più a nord-ovest della regione compresa tra Porto Torres, Sassari, Alghero e Stintino.

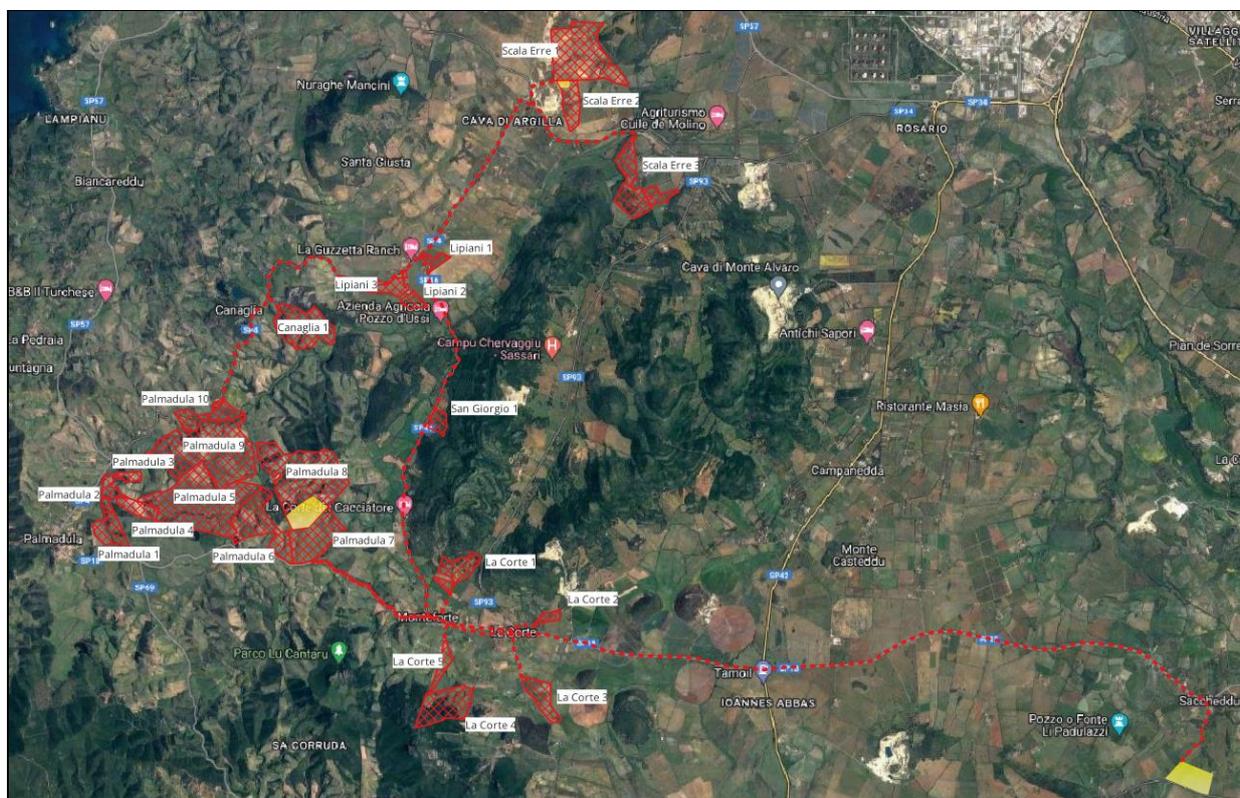
Nella provincia ci sono alcune delle più famose località turistiche sarde fra cui: Castelsardo, Porto Torres, Alghero e la Riviera del Corallo, Stintino, Porto Cervo, Porto Rotondo, La Maddalena e il suo arcipelago, Palau e Santa Teresa di Gallura. Nella parte più interna della provincia spicca per importanza il territorio del Logudoro, caratterizzato da un paesaggio collinare e montuoso che vede nella città di Ozieri il proprio centro più importante per storia e cultura.

Cartograficamente le aree d'installazione dei pannelli fotovoltaici sono individuate nelle carte in scala 1: 25.000 dell'IGM denominate rispettivamente: Palmadula foglio n° 458 sez. I e La Crucca foglio n°459 sez. IV. Amministrativamente ricadono in agro del Comune di Sassari e assai più limitatamente del Comune di Porto Torres (SS) per una superficie totale di circa 850 Ha. Si tratta di aree distribuite tra il polo industriale di Porto Torres e Campanedda, Monforte La Corte, Palmadula, Pozzo San Nicola.



**Figura 3.2 – Scorcio della pianura de “la Nurra” in prossimità delle aree di intervento.**

In Figura 3.3 vengono riportate le singole aree oggetto di studio di prevista installazione dei pannelli e del cavidotto di collegamento sino alla sottostazione elettrica finale (SSE) su una corografia a grande scala ricavata da Google Earth (Figura 3.3).



**Figura 3.3 – Ubicazione delle aree ove si prevede l’installazione dei pannelli fotovoltaici con indicata la denominazione dei singoli lotti (area rossa), cavidotti di collegamento (linea rossa) e ubicazione delle sottostazioni elettriche (area gialla).**

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 12
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

#### 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area presa in esame è situata nel triangolo fra Porto Torres a nord, Palmadula a sud e Sassari ad est. Trattasi di un contesto prevalentemente subpianeggiante o moderatamente collinare, dal quale si ergono rilievi isolati o allungati in direzione NNE-SSW, che riveste una certa importanza per l'economia agropastorale della Sardegna nord-occidentale. I terreni sono incolti adibiti prevalentemente a pascolo e più limitatamente a seminativo.

Nella Sardegna settentrionale l'interferenza dell'evoluzione morfoclimatica pleistocenica e olocenica sulla componente geolitologica e sulle morfostrutture ereditate dagli avvicendamenti tettonici tardo terziari (Strutturazione del Mar Tirreno) ha generato un quadro geomorfologico tanto singolare quanto composito. La strutturazione tettonica terziaria del micro continente sardo-corso è responsabile di un assetto tradizionalmente definito da due Horst a substrato paleozoico, coincidenti con la Nurra ad Ovest e la Gallura ad Est, separati da una Fossa (Graben) colmata da vulcaniti e sedimenti terziari (Bacino del Logudoro Anglona) a dislocazione circa N-S. All'interno di tale fossa si delineano dal Miocene strutture d'impostazione tettonica estensiva o transtensiva ("Corridoio di Monti"), ospitanti bacini laterali più interni, che non essendo stati raggiunti dal dominio marittimo contengono coperture continentali costituite da sedimenti, vulcaniti e vulcanoclastiti. Il pilastro orientale, a litologie prevalentemente rocciose e cristalline coincide, dunque, nella sua parte settentrionale, con la Gallura.

La Piana in studio s'inserisce in questo contesto morfo-strutturale derivante dall'evoluzione geodinamica tardo miocenica e pliocenica su cui si sovraimpongono gli effetti geomorfologici legati al glacio-eustatismo pleistocenico ed olocenico. Le principali forme del rilievo riscontrate nell'area oggetto di studio sono i bassi strutturali, costituiti da ampie vallate a basse quote disseminate da forme residuali come *inselberg* (Figura 4.1), picchi rocciosi, cupole, filoni emergenti per morfo-selezione.

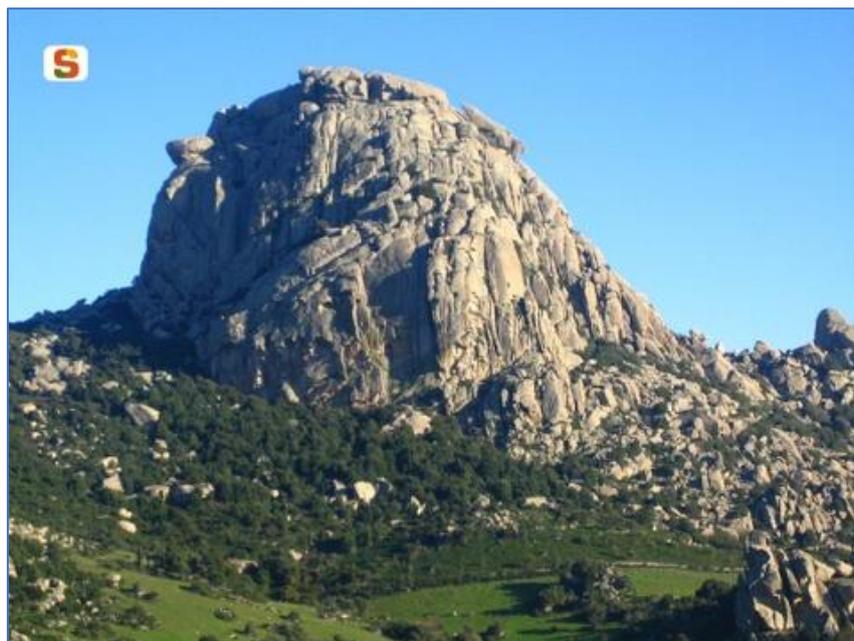


Figura 4.1 – Tipico esempio di *inselberg* in Sardegna.

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 13
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

In particolare, si tratta di un contesto caratterizzato da basse colline, variamente modellate su rocce sedimentarie e metamorfiche, con quote comprese tra un minimo di 30÷50 m e un massimo di 100-130 m s.l.m (Figura 4.2).



**Figura 4.2 – Contesto morfologico dell’area di intervento.**

L'idrografia è rappresentata dal Flumen Santu ad ovest, dal Rio San Nicola e dal Rio Mannu di Porto Torres ad est, caratterizzati da un regime torrentizio e da una mediocre qualità delle acque.

Le limitate dimensioni dei bacini idrografici della zona non consentono che un ruscellamento concentrato in rivoli; durante la stagione secca i corsi d’acqua risultano spesso in secca. Lo scarso sviluppo dell’idrografia è legato fra le altre cose alla presenza di rocce carbonatiche del Mesozoico il cui alto indice di permeabilità limita considerevolmente il deflusso superficiale delle acque. Indagini geognostiche hanno permesso di individuare in queste rocce abbondanti serbatoi idrici che interessano anche la zona di La Corte (Casmez, 1978<sup>1</sup>). Alcuni studi effettuati in tale area a cura dell’Ente Minerario Sardo (perforazioni per la ricerca di bauxiti) confermerebbero il grande sviluppo della rete idrografica sotterranea.

L’accesso ai siti non presenta particolari difficoltà. La zona del Comune di Sassari interessata dal progetto ha una viabilità abbastanza buona grazie alla vicinanza a Porto Torres. Le vie di accesso più importanti sono la SP57, la SP4, SP93 e la SP18.

Per quanto riguarda possibili condizioni di potenziale pericolosità idraulica e geomorfologica, dalla documentazione consultabile attraverso il [SardegnaGeoportale](#) e il sito [IdroGEO](#) dell’ISPRA risultano condizioni di pericolosità idraulica elevata nell’intorno dei corsi d’acqua, con particolare riferimento al Flumen Santu (vedi Allegato 1 – *Pericolosità per alluvione PAI*). Nel dettaglio, si

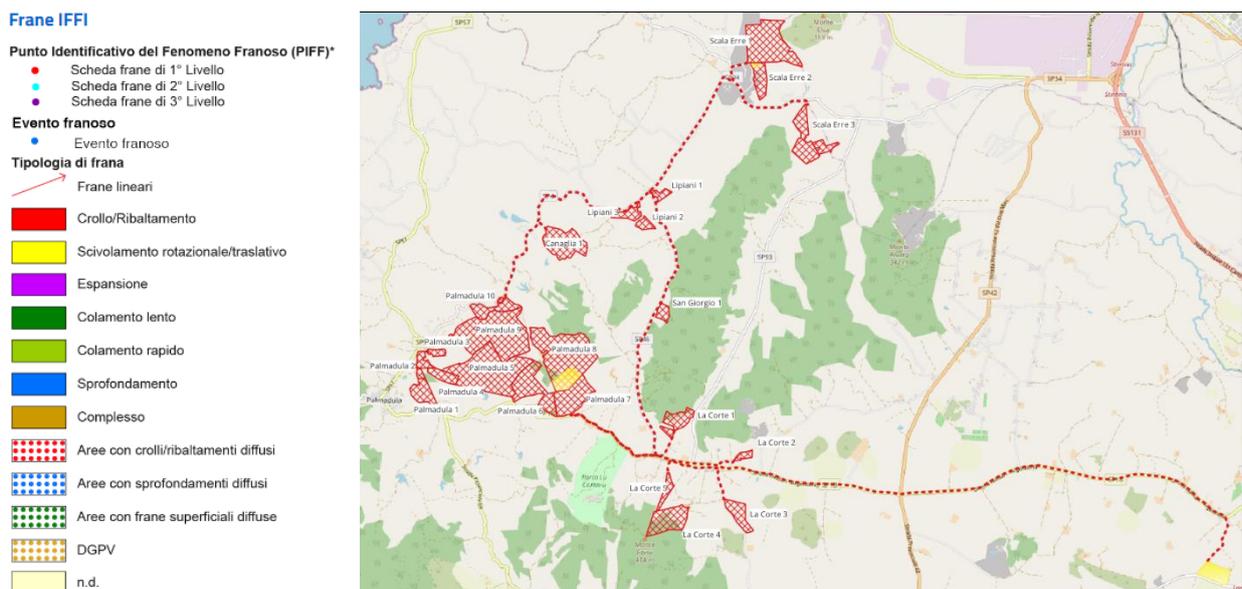
<sup>1</sup> Casmez (1978-80) – *Ricerche idriche sotterranee in Sardegna*. Istituto Geopedologia e Geol. Applicata. Univ. Di Sassari, 16 voll.

evidenzia che parti limitate di alcuni lotti dell'area indentificata come Palmadula insistono su aree a Pericolosità elevata, come pure piccole porzioni dei Lotti Scala Erre 1, 2 e 3 ricadono su aree sempre a Pericolosità elevata.

Per quel che riguarda il rischio geomorfologico, in Allegato 2 – *Pericolosità per frana PAI*, si riporta la cartografia delle aree a pericolosità da frana. Dalla visione di tale cartografia si evidenzia che parte del lotto La Corte 4 ricade all'interno di un'area a pericolosità Hg3 (Elevata), mentre parte dei lotti Palmadula 8 e Canaglia 1 ricadono all'interno di aree a pericolosità Hg2 (Media). Inoltre, aree a pericolosità Hg1 (Moderata) sono presenti a “macchia di leopardo” all'interno dei lotti Palmadula, oltre che comprendere una piccola porzione del lotto Scala Erre 2.

Considerate le caratteristiche morfo-strutturali del territorio è molto probabile che i processi di dissesto che stanno alla base di tali aree di pericolosità siano riconducibili principalmente a fenomeni di crollo di materiale litoide.

Infine, dalla consultazione del catalogo IFFI non si evidenzia nelle aree di intervento la presenza di fenomeni franosi censiti (Figura 4.3).



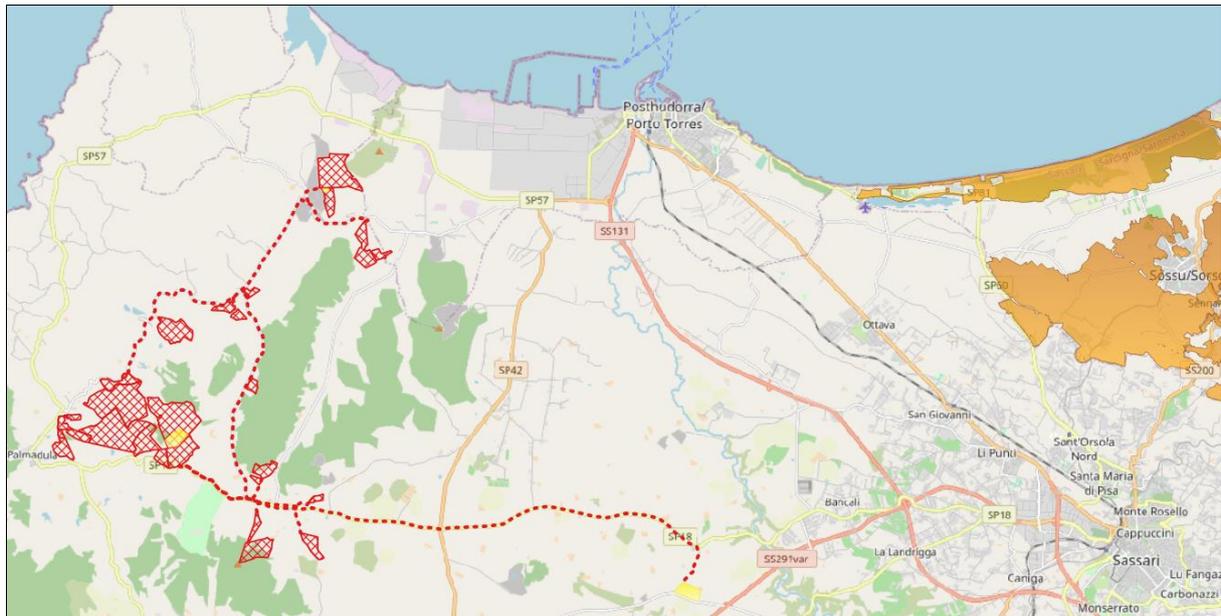
**Figura 4.3 – Ubicazione delle aree ove si prevede l’installazione dei pannelli fotovoltaici (aree con campitura rossa), dei cavidotti di collegamento (linea rossa) e delle sottostazioni elettriche (area gialla) rispetto alla perimetrazione dei Fenomeni Franosi del catalogo IFFI. Le aree di intervento non sono interessate da fenomeni franosi censiti.**

Per quanto riguarda il vincolo idrogeologico (istituito e normato con il Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923 e il successivo regolamento di attuazione R.D. 1126/1926) si rammenta che tale vincolo pone particolare attenzione alla protezione dal dissesto idrogeologico, soprattutto nei territori montani, ed istituisce il vincolo come strumento di prevenzione e difesa del suolo, limitando il territorio ad un uso conservativo.

Le aree sottoposte a vincolo idrogeologico corrispondono ai territori nei quali gli interventi di trasformazione sono subordinati ad autorizzazione. La loro conoscenza è fondamentale

nell'ottica di una pianificazione sostenibile del territorio, al fine di garantire che tutti gli interventi interagenti con l'ambiente non ne compromettano la stabilità e si prevenga l'innescamento di fenomeni erosivi.

Dalla consultazione effettuata tramite il geoportale regionale risulta che il sedime di progetto non è soggetto a condizioni di vincolo idrogeologico, come evidenziato in Figura 4.4.



**Figura 4.4 - Carta vincolo idrogeologico (aree arancio) e ubicazione delle aree di intervento (aree con campitura rossa) che non ricadono in zone sottoposte a tale vincolo.**

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI BASE

Sotto il profilo geologico-strutturale la Regione Sardegna è suddivisa in tre complessi geologici che affiorano per estensioni circa equivalenti che sono (Figura 5.1):

- il complesso metamorfico ercinico che costituisce un segmento della catena ercinica sud-europea;
- il complesso intrusivo tardo-ercinico; legato al collasso gravitativo della catena ercinica con conseguente rilascio termico e messa in posto delle plutoniti che formano il Batolite sardo-corso;
- le coperture sedimentarie e vulcaniche post-erciniche, mesozoiche e cenozoiche i cui depositi principali sono rappresentati da vulcaniti e da sedimenti clastici e carbonatici di ambiente transizionale e marino.

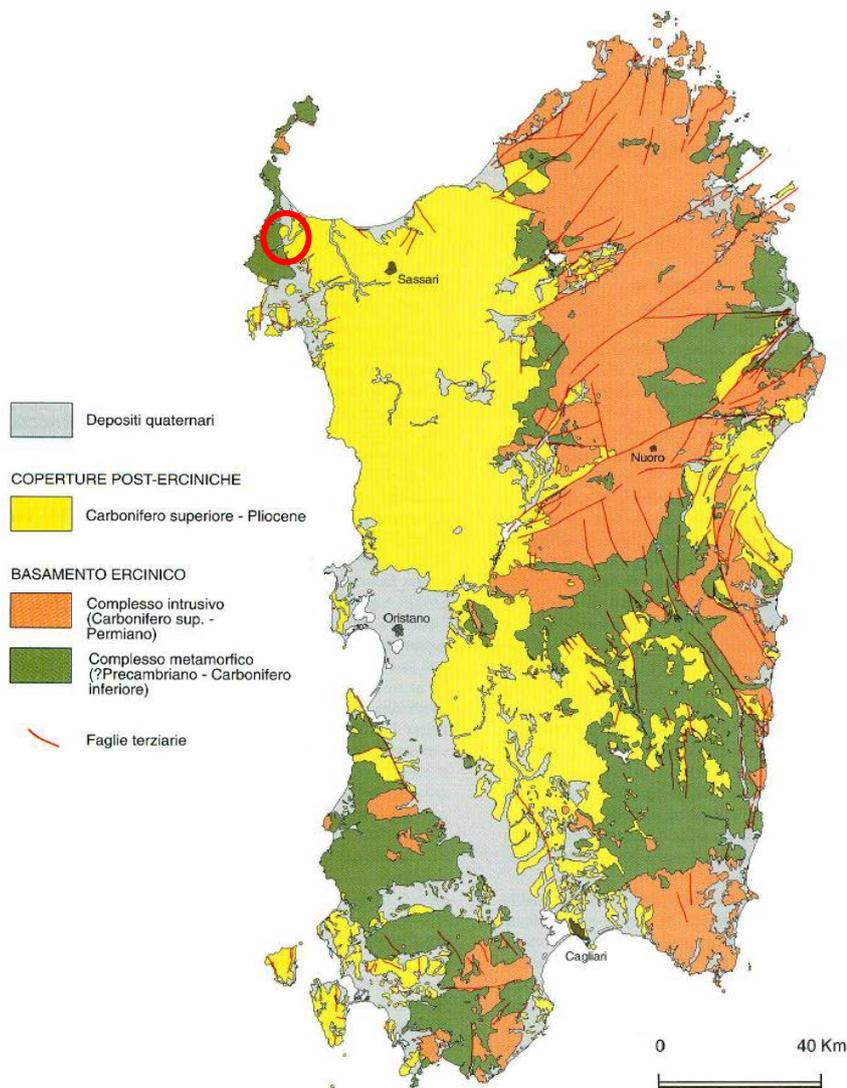


Figura 5.1 – Principali complessi geologici della Sardegna. Il cerchio rosso individua l'ambito di intervento.

Stante l'assetto strutturale appena sopra sintetizzato, l'area oggetto di intervento insiste su aree in cui affiorano le rocce del basamento metamorfico ercinico e delle coperture sedimentarie meso-cenozoiche come si evince dalla Carta Geologica della Regione Sardegna in scala 1:200.000<sup>2</sup> uno stralcio della quale è riportato in Figura 5.2.

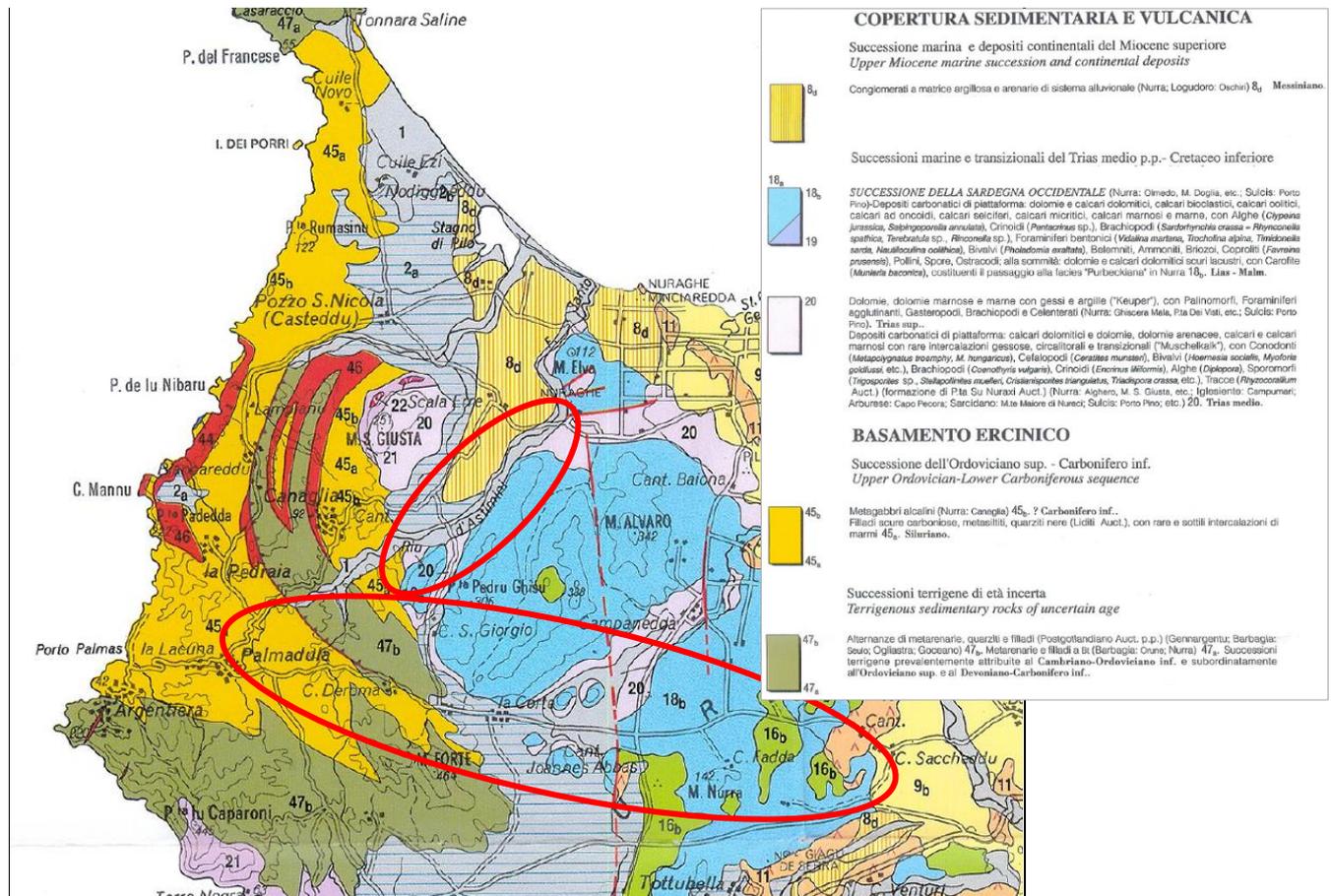


Figura 5.2 - Stralcio Carta Geologica della Regione Sardegna in scala 1:200.000 con relativa legenda. Le ellissi rosse individuano l'areale di intervento.

Dalla cartografia geologica in argomento oltre alla presenza di terreni alluvionali recenti lungo i corsi d'acqua (2a) risultano affioranti i terreni appartenenti alle coperture sedimentarie e vulcaniche cenozoiche e mesozoiche, quali:

- Successione marina e depositi continentali del Miocene superiore che qui affiorano come Conglomerati a matrice argillosa e arenarie di sistema alluvionale (8d – Messiniano); si tratta di depositi di ambiente alluvionale con caratteristiche prevalentemente di conoidi dominati dal verificarsi di fenomeni di *mud flow* che hanno dato origine a conglomerati fango-sostenuti. Sono inoltre presenti facies fluviali con caratteristiche di piana di tipo *braided*; in questi casi i conglomerati risultano clasto-sostenuti con matrice arenacea.

<sup>2</sup> Geologia della Sardegna – Note illustrative della Carta geologica della Sardegna a scala 1:200.000. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol. 60/2001

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 18
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

- Successioni marine e transizionali del Trias medio p.p- - Cretaceo inferiore che qui affiorano in:
  - Successione giurassica della Sardegna occidentale (18b – Lias Malm) costituita da depositi di mare basso e con frequenti emersioni specialmente durante il Dogger e il Malm: tali depositi rappresentano un esempio di piattaforma carbonatica sottoposta ad oscillazioni eustatiche e a fasi tettoniche distensive, che hanno favorito l’ingressione di mari epicontinentali alternati a fasi subaeree. Tale successione risulta potente quasi 800 m ed è suddivisa in diverse unità stratigrafiche alla cui base sono presenti dolomie scarsamente fossilifere seguite da calcari dolomiti, calcari oolitici e bioclastici e livelli marnosi riferibili ad ambiente di piattaforma esterna. A queste litologie di intercalano livelli di arenarie a stratificazione incrociata e microconglomerati ad elementi di quarzo riferibili ad ambiente litoraneo;
  - Successione sedimentaria del Triassico medio e superiore rappresentata da dolomie e dolomie marnose, dolomie cariate con lenti di marne gessose seguite da calcari scuri (20). Anche questa unità è stata suddivisa in diverse unità stratigrafiche lungo le quali si alterna la presenza di unità dolomitiche e unità calcaree con presenza di calcareniti estremamente fossilifere.

Inoltre, nella porzione più occidentale dell’area di intervento affiorano i terreni del basamento metamorfico ercinico, quali:

- Successione dell’Ordoviciano sup. – Carbonifero inf. in tale area costituita da filladi e quarziti carboniose (45a - Siluriano) intercalate a rari lenti di metacalcari;
- Successioni terrigene di età incerta (pre-Ordoviciano) costituite da una irregolare alternanza di livelli da metrici a decimetrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti e filladi (47b). Questa unità rappresenta il basamento metamorfico ercinico di basso grado.

Nel dettaglio, le litologie presenti nelle aree oggetto di intervento sono riportate in Allegato 3 – *Carta litologica*; sulla base della carta litologica appena sopra citata, le aree di intervento possono venire ricomprese in 3 macroaree litologicamente omogenee che sono (i codici riportati si riferiscono a quelli riportati sulla carta):

- Litologia B2.1 – Rocce parametamorfiche terrigene del basamento ercinico, nel caso in esame si tratta principalmente di metarenarie;
- Litologia C1.2 – Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale, appartenenti alla Successione marina e depositi continentali del Miocene, nel caso in esame si tratta principalmente di materiale sabbioso limosi con presenza di clasti poligenici di varie dimensioni;
- Litologia C2.1 - Depositi carbonatici lacustri e lagunari, appartenenti principalmente alla successione giurassica della Sardegna, nel caso specifico costituiti in prevalenza da calcareniti.

Infine, si evidenzia che i sondaggi realizzati, descritti nel dettaglio al Capitolo 8 a cui si rimanda, evidenziano una sostanziale congruenza con l’analisi bibliografica appena sopra esposta.

## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI BASE

Come illustrato nel Capitolo 5 nell'area di progetto affiorano litologie che abbracciano un ampio arco di tempo compreso fra il Cambriano e il Quaternario; in particolare le litologie principali possono ricondursi essenzialmente alla successione mesozoica calcarea ed al complesso metamorfico delle filladi, oltre naturalmente ai depositi sedimentari quaternari recenti.

Tali informazioni di carattere geologico-strutturale hanno permesso di definire il modello concettuale degli acquiferi presenti nel settore nord-occidentale della Regione ove ricade l'area di intervento e schematizzato in Figura 6.1

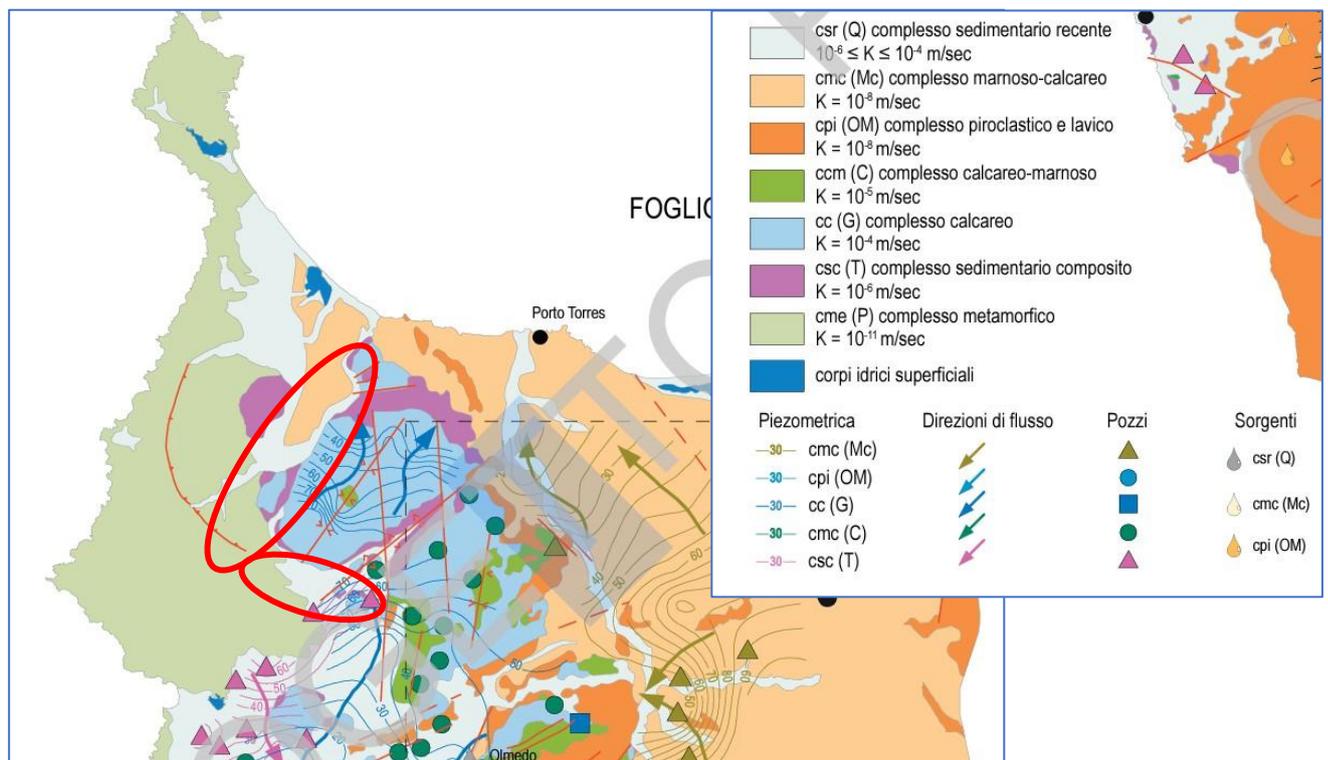


Figura 6.1 – Sistemi idrogeologici presenti nell'area oggetto di intervento (Ghiglieri et al., 2009<sup>3</sup>). Le ellissi rosse individuano l'areale di intervento.

Nel dettaglio, fatta eccezione per il modesto acquifero ospitato nei sedimenti quaternari (sigla *csr* in Figura 6.1), che possiede una permeabilità prevalentemente per porosità valutata nell'ordine di  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  m/s, gli altri complessi idrogeologici hanno permeabilità secondarie per fratturazione e carsismo.

In particolare, i terreni riferibili al complesso metamorfico ercinico (sigla *cme* in Figura 6.1), nel caso specifico metarenarie, per natura litologica sono caratterizzati da permeabilità per fratturazione estremamente limitate ( $K = 10^{-11}$  m/s), così come assenti sono le falde idriche. Essi interessano il settore meridionale in studio, nell'area dei lotti Palmadula e Canaglia. Valori di permeabilità di poco superiori ( $K=10^{-8}$  m/s -  $10^{-9}$  m/s) ricavati dalle prove di permeabilità,

<sup>3</sup> GHIGLIERI G., OGGIANO G., FIDELIBUS M.D., TAMIRU A., BARBIERI G. & VERNIER A. (2009) – *Hydrogeology of the Nurra Region, Sardinia (Italy): basement-cover influences on groundwater occurrence and hydrogeochemistry*. Hydrogeology J., 17 (2): 447-466, Berlin

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 20
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

effettuate nel corso dei sondaggi realizzati per la presente progettazione, e l'assenza di una falda almeno fino alla profondità investigata dai sondaggi stessi, 10 m da p.c., (vedi Capitolo 8) confermano sostanzialmente quanto appena sopra citato.

Per quel che riguarda i terreni riferibili al complesso marnoso-calcareo (sigla *cmc* in Figura 6.1), ascritti alla zona di Scala Erre (1 e 2) Lipiani e costituita da depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale, essi sono caratterizzati da permeabilità medio bassa per porosità ( $K = 10^{-8}$  m/s); anche in questo caso i sondaggi realizzati nel corso della presente progettazione hanno confermato tali valori di permeabilità ( $K=10^{-8}$  m/s -  $10^{-9}$  m/s). La falda non è stata rinvenuta almeno fino alla profondità investigata dai sondaggi pari a 10 m d p.c..

Infine, la successione giurassica della Sardegna, ove ricadono le zone Scala Erre 1, San Giorgio e La Corte 1, è sede di un importante acquifero (sigla *cc* in Figura 6.1), il cui spessore sembra possa raggiungere i circa 1.000 m, la cui esistenza ed importanza è determinata dalla contestuale presenza di fratturazione e carsismo con una permeabilità stimata di  $k = 10^{-4}$  m/s. Nel caso specifico, le profondità investigate nel corso della campagna indagini, realizzata nell'ambito della presente progettazione, sono tali da non aver intercettato la falda che, evidentemente, si colloca a profondità maggiori di 10 m da p.c. Le prove di permeabilità hanno, invece, sostanzialmente confermato valori di  $k = 10^{-4}$  m/s (Calcarenite fratturata) e  $k = 10^{-6}$  m/s (sabbia limosa presente nelle porzioni più superficiali).

A conferma di quanto sopra riportato si veda la Carta della Permeabilità riportata in Allegato 4 – *Carta della permeabilità*.

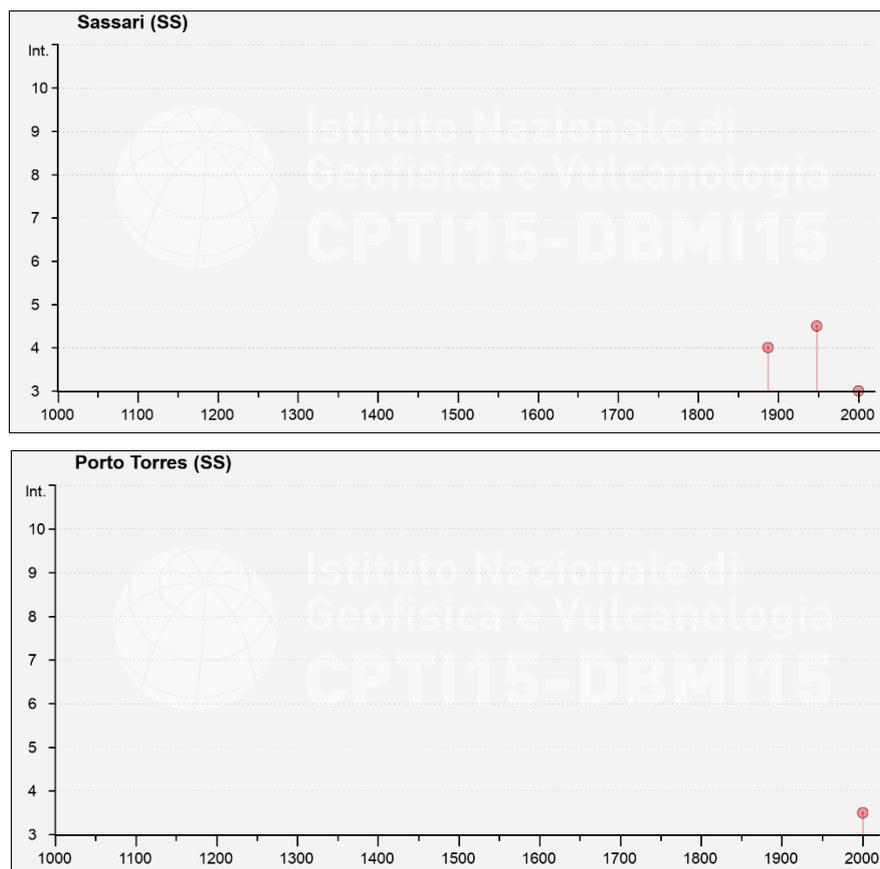
## 7. INQUADRAMENTO SISMICO

La zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) ha definito n. 36 zone sismogenetiche, a ciascuna delle quali è stata associata una sorgente sismica rappresentativa del quadro tettonico locale, dimensionandone la magnitudo  $M_w$  del terremoto atteso. Sulla base di tale zonazione è stata quindi redatta la pericolosità sismica di base di riferimento per la pianificazione urbanistica e la progettazione.

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti et al., 2004<sup>4</sup>), la Sardegna non presenta alcuna zona sismogenetica all'interno del suo territorio.

Dall'esame del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS version 3.3.0 <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>) emerge, inoltre, che la Sardegna non è interessata dalla presenza di sorgenti sismogenetiche.

La storia sismica di Sassari e Porto Torres conferma la bassa pericolosità sismica con eventi tellurici di intensità modesta i cui epicentri si trovano in aree esterne al territorio comunale (Figura 7.1).



**Figura 7.1 – Grafico illustrante la storia sismica di Sassari e Porto Torres. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati.**

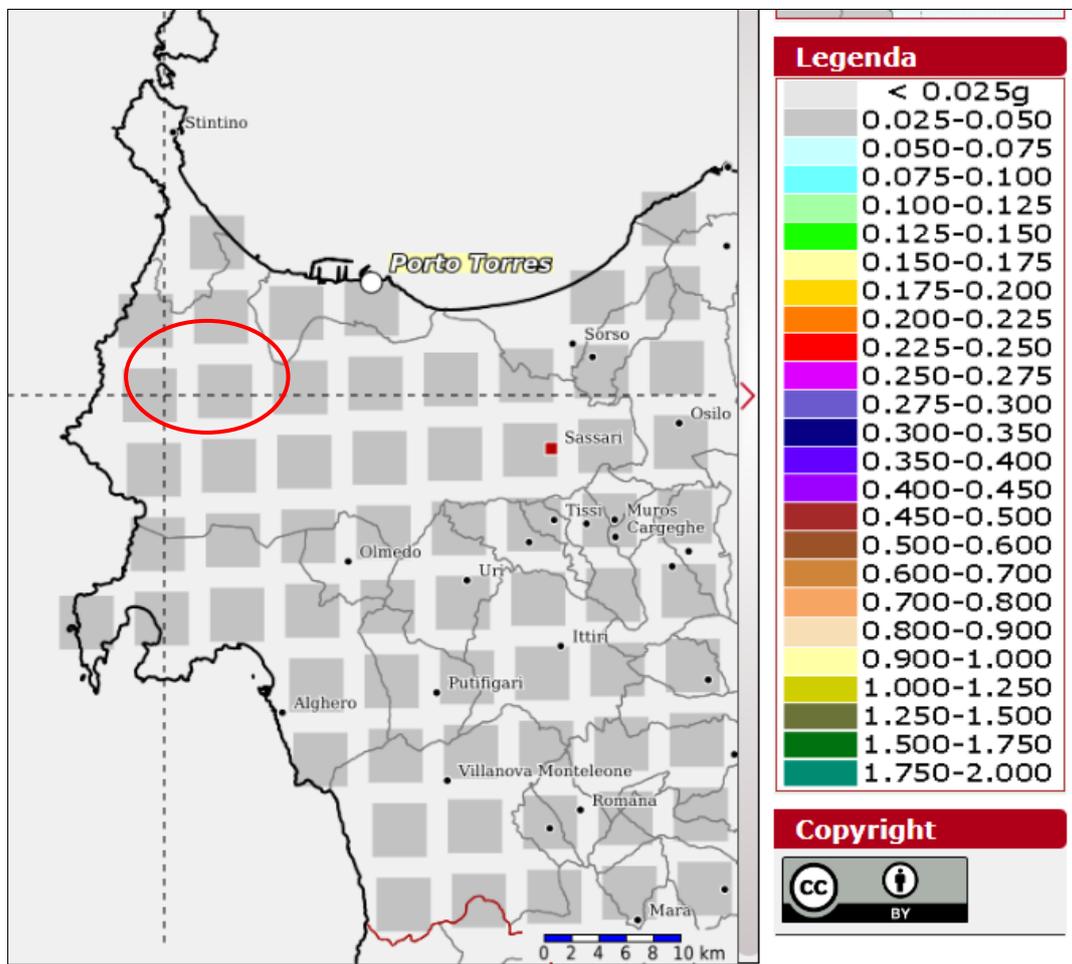
<sup>4</sup> Meletti C., Valensise G., (2004) - *Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

In tabella seguente si riporta la classificazione sismica dei Comuni di Sassari e Porto Torres sino al 2003.

Comune	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti sino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del OPCM 3274 20.3.03
Sassari	Non classificato	Non classificato	4
Porto Torres	Non classificato	Non classificato	4

Nelle classificazioni precedenti al 2003 entrambi i comuni erano considerati non sismici. Quando con l'OPCM 2003 tutto il territorio nazionale viene considerato sismico, Sassari e Porto Torres vengono inseriti in zona 4, la più bassa su scala nazionale, con  $a_g$  compresa fra 0,025-0,050g.

La successiva Figura 7.2 mostra i valori di pericolosità sismica secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b, per l'area in studio (individuata in figura dall'ellisse rossa).



**Figura 7.2 – Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s, suolo di categoria A). L'ellisse rossa individua l'areale di intervento.**

Nella mappa sono riportati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA

(acronimo di Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo). Dalla stessa figura si evince che l'area di intervento è caratterizzata da una PGA compresa nel range 0.025g – 0.050g.

### 7.1. Norme Tecniche per le costruzioni e azione sismica

Le presenti valutazioni sono svolte ai sensi dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto del 17/01/2018 (NTC 2018), pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20/02/2018. Come già con le precedenti NTC 2008 la progettazione antisismica viene svincolata dall'appartenenza ad un dato comune e le azioni sismiche sono determinate in funzione del periodo di riferimento e delle coordinate geografiche dell'opera.

Il periodo di riferimento  $V_R$  si ricava moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \times C_U$$

La vita nominale di una costruzione  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 dell'Allegato A delle NTC 2018 (Tabella 7.1) e deve essere precisata nei documenti di progetto.

**Tabella 7.1 Vita Nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere da NTC 2018.**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Il coefficiente d'uso  $C_U$ , riportato in Tabella 7.2, esprime la Classe d'uso nella quale sono suddivise le opere con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso. In presenza di Azioni Sismiche le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso la cui definizione è di seguito sinteticamente riportata:

**Tabella 7.2 Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso da NTC 2018.**

*Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$*

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti;

- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n.6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel caso specifico, la vita nominale di progetto della struttura è assunta pari a:

$$V_N = 25 \text{ anni}$$

mentre la classe d'uso è stata assunta pari a I (Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli).

Il coefficiente d'uso  $C_U$  risulta quindi pari a 0,7 e il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per il calcolo dell'azione sismica è:

$$V_R = \max(35 \text{anni}; V_N \times C_U = 25 \times 0,7 = 17,5 \text{ anni}) = 35 \text{ anni}^*$$

\* Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni

### 7.1.1. Parametri di pericolosità sismica

In generale l'azione sismica è definita sul sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali valori sono calcolati per il territorio italiano peninsulare come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Per le isole si fa invece riferimento alla Tabella 2 dell'Allegato B alle norme tecniche per le costruzioni (Tabella 7.3).

**Tabella 7.3 Tabella per la determinazione dei valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$ .**

TABELLA 2: Valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*c$  per le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri.

Isole	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
	$a_g$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$	$F_0$	$T^*c$
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401
Ventotene, Santo Stefano	0,239	2,61	0,245	0,303	2,61	0,272	0,347	2,61	0,298	0,389	2,66	0,326	0,430	2,69	0,366	0,481	2,71	0,401	0,600	2,92	0,476	0,707	3,07	0,517	0,852	3,27	0,564
Ustica, Tremiti	0,429	2,50	0,400	0,554	2,50	0,400	0,661	2,50	0,400	0,776	2,50	0,400	0,901	2,50	0,400	1,056	2,50	0,400	1,500	2,50	0,400	1,967	2,50	0,400	2,725	2,50	0,400
Alicudi, Filicudi,	0,350	2,70	0,400	0,558	2,70	0,400	0,807	2,70	0,400	1,020	2,70	0,400	1,214	2,70	0,400	1,460	2,70	0,400	2,471	2,70	0,400	3,212	2,70	0,400	4,077	2,70	0,400
Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina	0,618	2,45	0,287	0,817	2,48	0,290	0,983	2,51	0,294	1,166	2,52	0,290	1,354	2,56	0,290	1,580	2,56	0,292	2,200	2,58	0,306	2,823	2,65	0,316	3,746	2,76	0,324

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 25
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

In particolare, nella Tabella 2, per tutte le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida, Capri, vengono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$  (costanti su tutto il territorio di ciascuna isola) per diversi tempi di ritorno dell'azione sismica.

L'accelerazione al sito  $a_g$  è espressa in  $g/10$ ;  $F_0$  è adimensionale,  $T^*_c$  è espresso in secondi.

Le forme spettrali previste dalle NTC2018 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento  $V_R$  della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento  $P_{VR}$  associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Considerando lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**, la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  vale:  $P_{VR} = 10\%$  per SLV

Quindi per  $T_R = 35$  anni si ottiene:  $T_R = 332$  anni

Qualora la attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contempli il periodo di ritorno  $T_R$  corrispondente alla  $V_R$  e alla  $P_{VR}$  fissate, il valore del generico parametro  $p(a_g, F_0, T^*_c)$  ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai  $T_R$  previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale:

- $p$  è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno  $T_R$  desiderato;
- $T_{R1}$ ,  $T_{R2}$  sono i periodi di ritorno più prossimi a  $T_R$  per i quali si dispone dei valori  $p_1$  e  $p_2$  del generico parametro  $p$ .

Eseguendo l'interpolazione fra  $T_{R1}=201$  anni e  $T_{R2}=475$  anni si ottengono i seguenti parametri di pericolosità sismica per lo SLV -  $T_R=332$  anni:

Isola	$T_R$	$a_g/g$	$F_0$	$T^*_c$
Sardegna	332	0,045	2,85	0,332

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 26
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

### 7.1.2. Coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica

Un ulteriore elemento di valutazione è rappresentato dall'effetto locale prodotto dal contesto geologico-geomorfologico che caratterizza l'area in studio. Ciò significa valutare le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche e morfologiche attraverso procedure il cui insieme costituisce la "risposta sismica locale". L'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra infatti che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle modifiche all'onda sismica apportate dalle condizioni sito specifiche.

Si denomina quindi come risposta sismica locale l'azione sismica emergente "in superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido e riconducibili principalmente a:

- effetti stratigrafici legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati;
- effetti topografici legati alla configurazione topografica del piano campagna alla quale in alcuni casi (prossimità della cresta dei rilievi), va attribuita la focalizzazione delle onde sismiche a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche; i fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

L'effetto della risposta sismica locale correlabile con l'effetto stratigrafico viene valutato attraverso specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate al capitolo 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite dalla tabella 3.2.II delle NTC 2018, riportata in Tabella 7.4, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

La classificazione del sottosuolo di cui alla tabella 3.2.II si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  come definita dall'espressione:

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

(3.2.1 delle NTC 2018)

Con:

$h_i$  = spessore strato  $i$ -esimo;

$V_{s,i}$  = velocità onde di taglio strato  $i$ -esimo;

$N$  = numero strati;

$H$  = profondità bedrock caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$  ottenuto ponendo  $H = 30$ .

**Tabella 7.4** Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Nell'ambito dei singoli lotti sono state condotte specifiche indagini tipo Masw con determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio i cui risultati sono riportati in Tabella 7.5.

**Tabella 7.5** Categorie di sottosuolo definite sulla base dei risultati delle MASW.

Area	Sigla	$V_s$ (m/s)	Categoria sottosuolo
Scala Erre 3	MW1	505	B
Scala Erre 1	Scala Erre 2 MW2	450	B
Lipiani 3	Lipiani 1 Lipiani 2 MW3	517	B
Palmadula 5	Canaglia 1 Palmadula 10 Palmadula 9 Palmadula 4 MW6	528	B
Palmadula 1	Palmadula 2 Palmadula 3 MW9	297	C
Palmadula 8	MW7	537	B
Palmadula 7	Palmadula 6 La Corte 4 La Corte 5 MW8	324	C
San Giorgio 1	La Corte 1 La Corte 2 MW5	632	B
La Corte 3	MW10	337	C
SE Olmedo	MW11	486	B

Si rimanda ai risultati e commento delle indagini geofisiche per maggiori dettagli sulle prove in argomento (Capitolo 8).

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  si ottiene con riferimento alla categoria del sottosuolo, secondo la tabella 3.2.IV delle Norme Tecniche 2018 (Tabella 7.6).

**Tabella 7.6 Determinazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$ .**

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per quanto attiene gli effetti topografici è possibile fare riferimento alle Categorie topografiche riportate in tabella 3.2.III, riportata in Tabella 7.7, e alla tabella 3.2.V delle NTC 2018, riportata in Tabella 7.8.

**Tabella 7.7 Categorie topografiche.**

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

**Tabella 7.8 Valori del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ .**

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Poiché l'intervento in progetto s'inserisce in un contesto subpianeggiante o moderatamente collinare si potrà considerare una categoria topografica T1 cui corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica pari a  $S_T = 1,0$ .

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 29
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

Per la definizione dell'azione sismica di progetto occorre determinare anche il coefficiente  $S$  che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:

$$S = S_S \times S_T$$

Considerando la categoria di suolo C e la categoria topografica = T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ) si ottiene:

$$S_S = 1,50; S_T = 1,00 \text{ da cui: } S = 1,50 \times 1,0 = 1,50$$

Mentre per la categoria di suolo B si ottiene:

$$S_S = 1,20; S_T = 1,00 \text{ da cui: } S = 1,20 \times 1,0 = 1,20$$

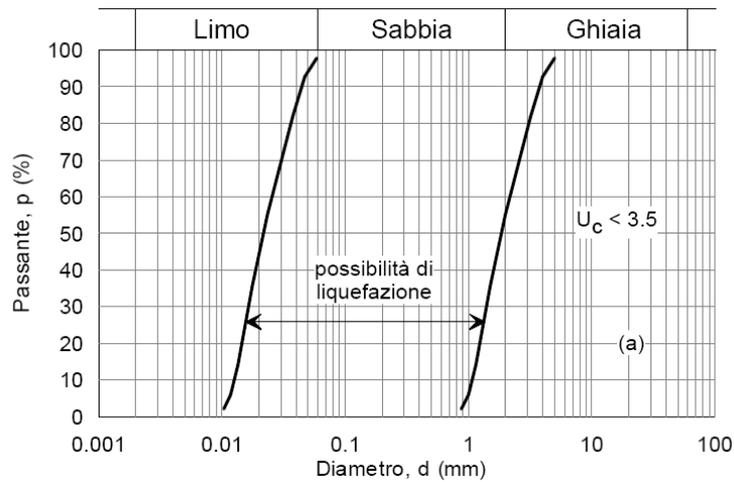
## 7.2. Liquefazione dei terreni

La presenza di terreni granulari richiede alcuni approfondimenti circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

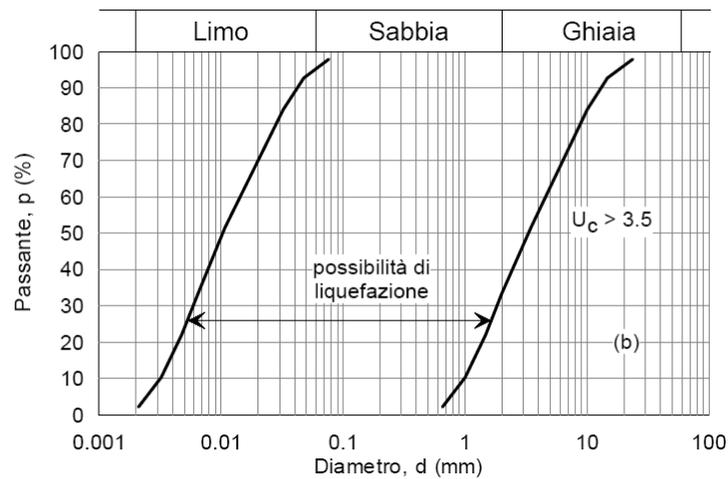
Vale la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area può non verificarsi mai un sisma con energia sufficiente. Viceversa, possono esserci le energie sufficienti ma le caratteristiche granulometriche dei litotipi possono essere tali da non essere suscettibili di liquefazione.

L'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/02/2018 indica al punto 7.11.3.4.2 che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse qualora si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a  $0.1g$ ;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$ , dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata attraverso le prove SPT, normalizzata ad una tensione efficace di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna all'ambito dei fusi forniti nella Figura 7.3 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 7.4 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$



**Figura 7.3 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione  $U_c < 3.5$ .**



**Figura 7.4 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione  $U_c > 3.5$ .**

Nel caso in studio la profondità di falda, la natura dei terreni ed i bassi valori di sismicità attesi permettono di escludere l'insorgenza di una possibile liquefazione.

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 31
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

## 8. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

A supporto della progettazione è stata realizzata una adeguata campagna geognostica che ha permesso di definire il modello stratigrafico, idrogeologico e geotecnico di riferimento. Preliminarmente alle attività di campo è stata acquisita la documentazione bibliografica disponibile e sono stati svolti rilievi geologici e geomorfologici. Essi hanno permesso di prendere contatto con le aree ed ottimizzare le ubicazioni delle indagini stesse.

La campagna di indagine è stata affidata alla ditta S.I.A. Servizi per Ingegneria e Ambiente S.r.l. che ha svolto le attività in campo nel mese di febbraio 2023.

In dettaglio le indagini geognostiche eseguite sono le seguenti:

- n° 26 sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti con sonda cingolata CMV MK420, spinti sino alla profondità massima di 10.00 m dal p.c., ad eccezione di n° 4 sondaggi ove è stato intercettato il substrato lapideo e la perforazione è stata arrestata prima della profondità prevista dopo aver assicurato una intestazione di roccia di 2 m. Tutti i sondaggi sono stati eseguiti nelle aree d'installazione dei pannelli;
- n° 13 piezometri a tubo aperto installati in 13 dei sondaggi di cui al punto precedente;
- n° 69 prove S.P.T. (Standard Penetration Test), eseguite durante le fasi di perforazione nei fori di sondaggio;
- n° 26 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile, eseguite durante le perforazioni;
- n° 5 prelievi di campioni indisturbati, per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio;
- n° 39 prelievo di campioni rimaneggiati, per l'esecuzione di analisi geotecniche di laboratorio;
- n° 38 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH profonde 6 m nelle aree d'imposta dei pannelli. In diversi casi, la prova si è interrotta prima della profondità prevista per manifeste condizioni di rifiuto;
- n° 13 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH profonde 3 m lungo il tracciato dei cavidotti, quindi lungo o immediatamente a margine di viabilità esistente. In diversi casi, la prova si è interrotta prima della profondità prevista per manifeste condizioni di rifiuto;
- n. 10 stendimenti sismici di tipo MASW in corrispondenza delle aree d'installazione dei pannelli per la determinazione della categoria di suolo di fondazione ai sensi delle NTC 2018, e per una verifica/integrazione del modello stratigrafico.

In corrispondenza dei punti di sondaggio e delle prove penetrometriche prima di dare corso alle perforazioni è stata condotta una verifica mediante georadar al fine di escludere la presenza di eventuali sottoservizi.

In Tabella 8.1 e Tabella 8.2 vengono riepilogate le quantità delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite, mentre in Allegato 5 - *Planimetria delle indagini geognostiche e geofisiche* (3 tavole) si riporta la relativa ubicazione.

**Tabella 8.1 Tabella indagini geognostiche dirette – sondaggi e DPSH.**

Indagine	Area	Profondità (m)	Piezometro (m)	SPT (n)	Lefranc (n)	Campione rimaneggiato (n)	Campione indisurbato (n)	Campione ambientale (n)
S1	Scala Erre 3	10.0	-	3	1	2	1	3
S2_Pz		5.0	5.0	1	1	1	1	2
S3		3.0	-	-	1	-	-	1
DPSH1		1.0	-	-	-	-	-	-
DPSH2		1.6	-	-	-	-	-	-
S4	Scala Erre 2	10.0	-	3	1	3	-	3
S5_Pz	Scala Erre 1	10.0	10.0	3	1	2	1	3
S6		10.0	-	3	1	2	-	3
DPSH3		6.0	-	-	-	-	-	-
DPSH4		2.6	-	-	-	-	-	-
DPSH5		2.4	-	-	-	-	-	-
S7_PZ	Lipiani 1	10.0	10.0	3	1	3	-	3
DPSH6		2.2	-	-	-	-	-	-
DPSH7		2.2	-	-	-	-	-	-
S8_PZ	Lipiani 3	10.0	10.0	3	1	2	1	3
DPSH8		2.0	-	-	-	-	-	-
DPSH10		6.0	-	-	-	-	-	-
DPSH9	Lipiani 2	2.6	-	-	-	-	-	-
S9_PZ	Canaglia 1	6.0	6.0	2	1	1	-	3
DPSH11		1.8	-	-	-	-	-	-
DPSH12		2.4	-	-	-	-	-	-
DPSH13		2.2	-	-	-	-	-	-
DPSH15	Palmadula 10	3.0	-	-	-	-	-	-
S10	Palmadula 9	10.0	-	3	1	1	-	3
S12		10.0	-	3	1	1	-	3
DPSH14		2.4	-	-	-	-	-	-
DPSH16		2.6	-	-	-	-	-	-
DPSH17		2.2	-	-	-	-	-	-
S11_Pz	Palmadula 5	10.0	10.0	3	1	1	-	3
S13		10.0	-	3	1	1	-	3
DPSH18		1.8	-	-	-	-	-	-
DPSH19		3.0	-	-	-	-	-	-
DPSH20		3.6	-	-	-	-	-	-
DPSH21	Palmadula 3	1.8	-	-	-	-	-	-
-	Palmadula 2	-	-	-	-	-	-	-
S14	Palmadula 4	10.0	-	3	1	1	-	3
S15_Pz	Palmadula 1	10.0	10.0	3	1	1	-	3
DPSH22		2.0	-	-	-	-	-	-
DPSH23		1.8	-	-	-	-	-	-
S16_Pz	Palmadula 6	10.0	10.0	3	1	-	-	3
S19		10.0	-	3	1	1	-	3
DPSH28		2.8	-	-	-	-	-	-
S17	Palmadula 8	10.0	-	3	1	1	-	3
S18_Pz		10.0	10.0	3	1	1	-	3
DPSH24		2.2	-	-	-	-	-	-
DPSH25		1.6	-	-	-	-	-	-
DPSH26		2.2	-	-	-	-	-	-
S20	Palmadula 7	10.0	-	3	1	2	-	3
S21_Pz		10.0	10.0	3	1	1	-	3
DPSH27		2.4	-	-	-	-	-	-
S23_Pz	San Giorgio 1	10.0	10.0	3	1	2	-	3
DPSH30		4.6	-	-	-	-	-	-
S24		5.0	-	-	1	2	-	2
DPSH31	La Corte 1	2.4	-	-	-	-	-	-
DPSH32		1.8	-	-	-	-	-	-
DPSH33		4.2	-	-	-	-	-	-
S25	La Corte 5	10.0	-	3	1	2	-	3
DPSH34		2.4	-	-	-	-	-	-
DPSH35		1.6	-	-	-	-	-	-
DPSH36	La Corte 4	3.6	-	-	-	-	-	-
S26_Pz		10.0	10.0	3	1	2	1	3
DPSH38	La Corte 3	2.0	-	-	-	-	-	-
DPSH37		2.0	-	-	-	-	-	-
S27_Pz	SE Olmedo	10.0	10.0	3	1	3	-	3
DPSH39		2.2	-	-	-	-	-	-
DPSH-A		3.0	-	-	-	-	-	-
DPSH-B	Cavidotti	2.2	-	-	-	-	-	-
DPSH-C		2.6	-	-	-	-	-	-
DPSH-D		2.2	-	-	-	-	-	-
DPSH-E		1.8	-	-	-	-	-	-
DPSH-F		1.4	-	-	-	-	-	-
DPSH-G		2.0	-	-	-	-	-	-
DPSH-I		1.8	-	-	-	-	-	-
DPSH-L		1.8	-	-	-	-	-	-
DPSH-M		3.0	-	-	-	-	-	-
DPSH-N		1.8	-	-	-	-	-	-
DPSH-O		2.4	-	-	-	-	-	-
DPSH-P		2.2	-	-	-	-	-	-
Totale sondaggi n° 26		230.8	121	69	26	39	5	74
Totale DPSH n°38+13=51		133.6						

**Tabella 8.2 Prove tipo Masw.**

Indagine	Area		Sigla
Masw	Scala Erre 3		MW1
Masw	Scala Erre 1	Scala Erre 2	MW2
Masw	Lipiani 3	Lipiani 1 Lipiani 2	MW3
Masw	Palmadula 5	Canaglia 1 Palmadula 10 Palmadula 9 Palmadula 4	MW6
Masw	Palmadula 1	Palmadula 2 Palmadula 3	MW9
Masw	Palmadula 8		MW7
Masw	Palmadula 7	Palmadula 6 La Corte 4 La Corte 5	MW8
Masw	San Giorgio 1	La Corte 1 La Corte 2	MW5
Masw	La Corte 3		MW10
Masw	SE Olmedo		MW11

Sono state altresì eseguite le seguenti attività, di cui si relaziona più dettagliatamente negli specifici elaborati progettuali:

- n° 21 prelievi geopedologici profondi 30 cm, ciascuno rappresentativo dell'orizzonte coltivo;
- da ciascun sondaggio geognostico si sono prelevati n° 3 campioni ambientali, ad eccezione dei sondaggi S2\_Pz e S3 dai quali sono stati prelevati, rispettivamente n° 2 e n° 1 campioni, per un totale di 74 campioni. I campioni sono stati prelevati a profondità comprese mediamente da 0.5-1 m; 2.0-3.0m; 5.0-6.0 m da p.c e successivamente sottoposti ad analisi ai fini della caratterizzazione delle terre e rocce da scavo, così come previsto dal DPR 120/2017.

I risultati delle indagini eseguite e i relativi certificati sono riportati in appositi elaborati redatti per il presente progetto.

Nei paragrafi seguenti si descrivono i risultati delle indagini eseguite con riferimento ai singoli lotti progettuali che sono stati raggruppati sulla base della loro adiacenza.

### **8.1. LOTTI SCALA ERRE 1 E SCALA ERRE 2**

Nei lotti Scala Erre 1 e Scala Erre 2 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggi S4, S5\_Pz attrezzato con piezometro, S6, spinti alla profondità di 10 m da p.c.;
- prove penetrometriche dinamiche DPSH3 – DPSH4 – DPSH5;
- Masw MW2.

La stratigrafia dei sondaggi rileva la presenza, lungo l'intera profondità investigata, di una alternanza di livelli, da decimetrici a metrici, di limo argilloso e limo sabbioso con presenza di clasti poligenici di dimensioni da sub-centrimetriche a centimetrici, sono inoltre presenti livelli costituiti da ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limosa. In corrispondenza del Sondaggio S6 si rinviene, alla profondità di 4.6 m d p.c., il substrato roccioso costituito da Calcarenite grigio verdastra molto fratturata.

La falda non è stata rilevata (> 10 m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer sono variabili fra un minimo di 1.3 Kg/cm<sup>2</sup> ed un massimo di > 6 Kg/cm<sup>2</sup>.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.3.

**Tabella 8.3 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Scala Erre 1 e 2.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
Scala Erre 2	S4	8.74-9.27	Limo sabbioso	2.04X10 <sup>-8</sup>
Scala Erre 1	S5_Pz	7.08-7.33	Limo argilloso	1.90X10 <sup>-8</sup>
	S6	1.33-1.62	Limo argilloso	8.24X10 <sup>-8</sup>

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia e, ove possibile, della relativa interpretazione dedotta impiegando le più comuni correlazioni (angolo d'attrito: Mitchell; Densità relativa: Skempton; Modulo elastico: Stroud; coesione neutra: Stroud) sono riepilogati in Tabella 8.4.

**Tabella 8.4 Risultati delle prove SPT – Scala Erre 1 e 2.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	N <sub>SPT</sub>	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)
Scala Erre 2	S4	2.5	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Rif.				
		5.5	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Rif.				
		8.5	Ghiaia e ciottoli in matrice limosa	Rif.				
Scala Erre 1	S5_Pz	2.5	Limo argilloso debolmente sabbioso	30			56.0	10.0
		4.0	Limo argilloso debolmente sabbioso	Rif.			375.0	68.0
		6.0	Limo argilloso	Rif.			375.0	68.0
	S6	2.5	Limo argilloso	Rif.				
		6.0	Calcarenite fratturata	Rif.				
		8.0	Calcarenite fratturata	Rif.				

Si evidenzia che quasi tutte le prove SPT sono andate a Rifiuto e ciò può essere imputato alla presenza di clasti poligenici rinvenuti in tutti i sondaggi realizzati in queste aree; ove la prova non è andata a Rifiuto si è in presenza di limi argillosi addensati con buoni parametri di resistenza.

I risultati delle prove DPSH, realizzate solo nel Lotto Scala Erre 1, sono riepilogati in Tabella 8.5; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità di 2.4-2.6 m da p.c.. Fa eccezione la prova DPSH 3 che non raggiunge condizioni di rifiuto fino alla profondità massima indagata e presenta un numero di colpi variabile fra 2-27.

**Tabella 8.5 Risultati delle prove DPSH – Scala Erre 1.**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
Scala Erre 1	DPSH3	6.0	Limo sabbioso debolmente argilloso/calcarenite fratturata	Da 0.2 a 1.2 numero di colpi compreso tra 2-27. Da 1.4 a 2.2 decremento con la profondità da 20 a 10. Da 2.4 a 4.2 il numero di colpi oscilla tra 7 e 9. Da 4.4 a 6.0 incremento progressivo del numero di colpi con la profondità da 11 a 26.
	DPSH4	2.6		Da 0.2 a 2.4 numero di colpi compreso tra 2 e 27 prima di andare a Rifiuto
	DPSH5	2.4	Limo argilloso debolmente sabbioso	Da 0.2 a 2.2 numero di colpi compreso tra 2 e 30 prima di andare a Rifiuto

La Tabella 8.6 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite. Granulometricamente i terreni presenti sono composti da sabbia con una presenza, non in subordine, di limo e argilla, generalmente poco plastiche. Le prove di taglio di diretto hanno fornito valori di angolo di attrito compresi 18 e 32° e  $c'$  compresi tra 7 e 49 kPa.

**Tabella 8.6 Risultati delle prove di laboratorio – Scala Erre 1 e Scala Erre 2.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	Peso specifico $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità %	Porosità %	Saturazione %	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				TD	
																Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)
Scala Erre 2	S4	Crim1	3.10	3.50	16.40	27.05	20.10	56.70	36.20	78.40	42.60	28.40	14.20	1.844	15.60	2.51	29.35	45.47	22.67	20	30
		Crim2	5.00	5.20	11.90	26.57	20.71	43.50	30.30	72.60	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	11.80	20.81	50.92	19.70	8.57		
		Crim3	7.00	7.40	12.90	26.87	20.93	45.00	31.00	77.20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	60.60	32.04	7.36	0.00		
Scala Erre 1	S5_Pz	C1	2.00	2.50	19.30	26.89	20.00	60.40	37.70	85.80	43.40	30.70	12.70	1.900	18.60	0.62	19.22	45.52	34.63	32	7
		Crim1	3.20	3.40	19.00	27.18	20.09	60.90	37.90	84.50	43.70	29.60	14.10	1.756	18.20	1.62	13.36	52.43	32.59	15	7
		Crim2	5.60	6.00	18.00	27.24	21.40	50.30	33.50	97.70	39.20	23.70	15.50	1.366	23.90	0.00	10.71	47.24	42.06	18	34
	S6	Crim1	1.60	2.00	13.70	26.90	20.62	48.30	32.60	76.40	36.00	23.40	12.60	1.773	13.90	6.91	52.57	25.50	15.02		
		Crim2	3.40	3.60	28.90	27.25	19.48	80.20	44.50	100.00	81.50	39.20	42.40	1.243	23.80	0.40	31.56	25.64	42.40	21	49

La Masw MW2 non riscontra un substrato sismico ( $V_s < 800$  m/s) sino alla massima profondità indagata. Il parametro di riferimento è perciò la  $V_{s30}$  che ha un valore di 450 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo B. Le velocità sono crescenti regolarmente verso il basso.

## 8.2. LOTTO SCALA ERRE 3

Nel lotto Scala Erre 3 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggi S1 spinto alla profondità di 10 m da p.c., S2\_Pz spinto alla profondità di 5 m da p.c. attrezzato con piezometro, S3 spinto alla profondità di 3 m da p.c.;
- prove penetrometriche dinamiche DPSH1 – DPSH2;
- Masw MW1.

La stratigrafia dei sondaggi rileva la presenza di un livello di spessore variabile tra 2.30 e 3.10 m da p.c. costituito da limo sabbioso debolmente argilloso e sabbia medio fine debolmente limosa con rari clasti di natura carbonatica. Al di sotto di tale livello si rinviene, fino a fine sondaggio, la presenza di calcarenite grigiastra estremamente fratturata.

La falda non è stata rilevata (> 10 m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer sono variabili fra un minimo di 1.6 Kg/cm<sup>2</sup> ed un massimo di > 6 Kg/cm<sup>2</sup>, quest'ultimo valore in corrispondenza della calcarenite fratturata.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.7.

**Tabella 8.7 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Scala Erre 3.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
Scala Erre 3	S1	7.22-7.51	Limo argilloso debolmente sabbioso	$3.12 \times 10^{-8}$
	S2_Pz	4.27-4.49	Calcarenite fratturata	$8.59 \times 10^{-4}$
	S3	2.87-3.12	Calcarenite fratturata	$1.01 \times 10^{-3}$

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia e, ove possibile, della relativa interpretazione, dedotta impiegando le più comuni correlazioni (angolo d'attrito: Mitchell; Densità relativa: Skempton; Modulo elastico: Stroud; coesione neutra: Stroud) sono riepilogati in Tabella 8.8.

**Tabella 8.8 Risultati delle prove SPT – Scala Erre 3.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	N <sub>SPT</sub>	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)
Scala Erre 3	S1	2.0	Limo argilloso	44			124.0	22.0
		6.0	Limo argilloso debolmente sabbioso	32			120.0	22.0
		9.0	Limo argilloso debolmente sabbioso	10			38.0	7.0
	S2_Pz	1.8	Sabbia medio fine	Rif.				

Dalle SPT i terreni limoso argillosi risultano consistenti con buoni parametri di resistenza; la prova invece va a rifiuto in corrispondenza dei depositi calcarenitici che con molta probabilità costituiscono il substrato roccioso presente a profondità variabili nell'intero lotto investigato.

I risultati delle prove DPSH sono riepilogati in Tabella 8.9; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità di 1.0-1.6 m da p.c. a conferma della presenza del substrato roccioso a pochi metri di profondità dal p.c..

**Tabella 8.9 Risultati delle prove DPSH – Scala Erre 3**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
Scala Erre 3	DPSH1	1.0	Sabbia medio fine	Da 0.2 a 0.8 numero di colpi compreso tra 9 e 15 prima di andare a Rifiuto
	DPSH2	1.6	Calcarenite	Da 0.2 a 1.4 numero di colpi compreso tra 5 e 55 prima di andare a Rifiuto

La Tabella 8.10 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite. Granulometricamente i terreni presenti sono composti da sabbia con una presenza, in subordine, di limo e argilla, non plastiche. Le prove di taglio di diretto hanno fornito valori di angolo di attrito compresi 28 e 35° e c' compresi tra 5 e 17 kPa.

**Tabella 8.10 Risultati delle prove di laboratorio – Scala Erre 3.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	Peso specifico $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità (%)	Porosità (%)	Saturazione (%)	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				TD	
																Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	$\phi'$ (°)	c' (kPa)
Scala Erre 3	S1	C1	1.50	2.00	20.10	26.90	19.93	62.10	38.30	87.20	44.80	22.00	22.70	1.082	15.50	3.74	40.72	30.35	25.19	35	5
		Crim1	4.50	5.00	22.00	26.60	20.33	59.60	37.40	100.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	20.90	2.80	70.95	15.65	10.60		
		Crim2	5.50	6.00	21.80	27.09	20.60	60.10	37.60	100.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	19.90	3.31	72.38	14.30	10.01	28	17
	S2_Pz	C1	1.50	1.80	16.50	26.38	18.06	70.20	41.20	61.90	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10.03	49.31	30.37	10.29	44	9
		Crim1	2.40	2.60	9.70	26.21	17.81	61.40	38.00	41.30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	17.51	33.58	22.67	10.99		

La Masw MW1 riscontra un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) alla profondità di 12.30 m da p.c.. Il parametro di riferimento è perciò la  $V_{seq}$  che ha un valore di 505 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo B. Le velocità sono crescenti regolarmente verso il basso.

### 8.3. LOTTI LIPIANI 1, LIPIANI 2 E LIPIANI 3

Nei lotti Lipiani 1, Lipiani 2 e Lipiani 3 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggi S7\_Pz e S8\_Pz spinti alla profondità di 10 m da p.c. e attrezzati con piezometro;
- prove penetrometriche dinamiche DPSH6 – DPSH7 – DPSH8 – DPSH9;
- Masw MW3.

La stratigrafia dei sondaggi rileva la presenza, lungo l'intera profondità investigata, di una alternanza di livelli metrici, costituiti da limo sabbioso debolmente con presenza di clasti poligenici subarrotondati e di depositi costituiti da ghiaia e ciottoli poligenici in matrice limosa-sabbiosa.

La falda non è stata rilevata ( $> 10$  m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer sono variabili fra un minimo di 2.4 Kg/cm<sup>2</sup> ed un massimo di  $> 6$  Kg/cm<sup>2</sup>.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.11.

**Tabella 8.11 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Lipiani 1, 2 e 3.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
Lipiani 1	S7_Pz	7.33-7.58	Limo ghiaioso debolmente sabbioso	$2.36 \times 10^{-8}$
Lipiani 3	S8_Pz	8.79-8.97	Limo ghiaioso debolmente sabbioso	$2.53 \times 10^{-8}$

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia e, ove possibile, della relativa interpretazione, dedotta impiegando le più comuni correlazioni (angolo d'attrito: Mitchell; Densità relativa: Skempton; Modulo elastico: Stroud; coesione neutra: Stroud) sono riepilogati in Tabella 8.12.

**Tabella 8.12 Risultati delle prove SPT – Lipiani 1, 2 e 3.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	N <sub>SPT</sub>	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)
Lipiani 1	S7_Pz	2.0	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	42	79.0	47.0		24.0
		5.0	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Rif.				
		9.0	Limo ghiaioso	Rif.				
Lipiani 3	S8_Pz	2.0	Limo argilloso debolmente sabbioso	20			56.0	10.0
		5.5	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Rif.				
		8.0	Limo ghiaioso debolmente sabbioso	Rif.				

Si evidenzia che quasi tutte le prove SPT sono andate a Rifiuto e ciò è da imputare alla presenza di ghiaie ed in subordina ciottoli in matrice limoso-sabbiosa rinvenuti in tutti i sondaggi realizzati

in queste aree; ove la prova ha dato non è andata a Rifiuto, ovvero nei primi 2 m da p.c., si è in presenza di limi argillosi addensati con buoni parametri di resistenza e di ghiaie in cui è probabile risulti prevalente la matrice limoso-argillosa.

I risultati delle prove DPSH sono riepilogati in Tabella 8.13; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità di 2.2-2.6 m da p.c. a conferma della presenza di materiali ghiaiosi in matrice sabbioso limosa, ad eccezione della prova DPSH 10 che non raggiunge la condizione di rifiuto fino alla massima profondità investigata, pari a 6 m. Anche in questo ultimo caso è probabile che la matrice risulti prevalente rispetto alla componente ghiaiosa.

**Tabella 8.13 Risultati delle prove DPSH – Lipiani 1, 2 e 3.**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
Lipiani 1	DPSH6	2.2	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 2 e 34 prima di andare a Rifiuto
	DPSH7	2.2	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 2 e 23 prima di andare a Rifiuto
Lipiani 3	DPSH8	2.0	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Da 0.2 a 1.0 decremento con la profondità da 14 a 5. Da 1.2 a 2.0 incremento progressivo del numero di colpi con la profondità da 11 a Rifiuto
	DPSH10	6.0	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Da 0.2 a 6.0 il numero di colpi oscilla da 1 a 13
Lipiani 2	DPSH9	2.6	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Da 0.2 a 2.4 numero di colpi compreso tra 1 e 19 prima di andare a Rifiuto

La Tabella 8.14 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite. Granulometricamente i terreni presenti sono composti da sabbia e ghiaia con una presenza, in subordine, di limo e argilla, poco plastiche. Le prove di taglio di diretto hanno fornito valori di angolo di attrito compresi 30 e 38° e  $c'$  compresi tra 2 e 28 kPa.

**Tabella 8.14 Risultati delle prove di laboratorio – Lipiani 1, 2 e 3.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	Peso specifico $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità	Porosità	Saturazione	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				TD	
								%	%	%						Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)
Lipiani 1	S7_Pz	Crim1	1.60	1.90	16.60	26.87	19.93	57.30	36.40	78.00	36.30	28.90	7.40	2.664	16.20	10.07	62.51	19.26	8.16	30	12
		Crim2	6.20	6.40	17.30	26.69	20.61	51.90	34.20	89.00	35.50	26.40	9.10	2.000	16.90	12.23	54.75	21.77	11.25		
		Crim3	7.20	7.40	17.40	26.59	21.20	47.30	32.10	100.00	33.20	23.20	9.90	1.581	17.50	14.38	46.77	23.07	15.78	30	2
Lipiani 3	S8	C1	1.50	2.00	18.40	26.89	18.72	70.10	41.20	70.70	50.60	28.60	22.00	1.460	17.70	0.82	36.14	23.29	39.75	34	12
		Crim1	4.60	4.80	10.10	26.50	20.84	39.90	28.50	66.80	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	8.70	15.14	48.35	21.62	14.89	38	28
		Crim2	6.30	6.50	11.10	26.50	19.57	50.40	33.50	58.10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	16.89	52.83	18.51	11.76		

La Masw MW3 non riscontra un substrato sismico ( $V_s < 800$  m/s) sino alla massima profondità indagata. Il parametro di riferimento è perciò la  $V_{s30}$  che ha un valore di 517 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo B. Le velocità sono crescenti regolarmente verso il basso.

#### 8.4. LOTTO CANAGLIA 1

Nel lotto Canaglia 1 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggi S9\_Pz spinto alla profondità di 6 m da p.c. e attrezzato con piezometro;
- prove penetrometriche dinamiche DPSH11 – DPSH12 – DPSH13;

La stratigrafia dei sondaggi rileva la presenza, al di sotto di 0.50 m di terreno vegetale, di materiale litoide costituito da metarenarie, quarziti e metapeliti presente fino all'intera profondità investigata. Tale materiale nell'ambito del sondaggio si presenta estremamente fratturato, in affioramento risulta essere invece compatto.

La falda non è stata rilevata (> 10 m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer risultano sempre > 6 Kg/cm<sup>2</sup>.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.15.

**Tabella 8.15 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Canaglia 1.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
Canaglia 1	S9_Pz	2.84-3.26	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.78x10 <sup>-8</sup>

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia sono riepilogati in Tabella 8.16.

**Tabella 8.16 Risultati delle prove SPT – Canaglia 1.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	N <sub>SPT</sub>	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)
Canaglia 1	S9_Pz	1.5	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		4.8	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				

Si evidenzia che quasi tutte le prove SPT sono andate a Rifiuto e ciò è da imputare alla presenza di materiale litoide affiorante e subaffiorante costituito da metarenarie, quarziti e metapeliti.

I risultati delle prove DPSH sono riepilogati in Tabella 8.17; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità di 1.8-2.4 m da p.c. a conferma della presenza, a pochi metri da p.c., del substrato roccioso.

**Tabella 8.17 Risultati delle prove DPSH – Canaglia 1.**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
Canaglia 1	DPSH11	1.8	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 1.0 numero di colpi compreso tra 4 e 8 Da 1.2 a 1.8 incremento progressivo del numero di colpi con la profondità da 19 a Rifiuto
	DPSH12	2.4	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 0.6 numero di colpi compreso tra 4 e 12 Da 0.8 a 1.6 il numero di colpi si mantiene relativamente stabile con la profondità da 7-9. Da 1.8 a 2.4 incremento progressivo del numero di colpi con la profondità da 19 a Rifiuto
	DPSH13	2.2	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 0.6 numero di colpi compreso tra 2-19. Da 0.8 a 1.6 compreso tra 7-8. Da 1.8 a 2.2 compreso tra 21 a Rifiuto

La Tabella 8.18 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite. Granulometricamente i terreni presenti sono composti da sabbia e ghiaia con una presenza, in subordine, di limo e argilla, non plastiche.

**Tabella 8.18 Risultati delle prove di laboratorio – Canaglia 1.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m a m		Wn (%)	Peso specifico γ <sub>s</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale γ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità (%)	Porosità (%)	Saturazione (%)	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				TD	
																Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	φ (°)	c' (kPa)
Canaglia 1	S9_Pz	Crim1	4.00	4.40	18.00	26.96	18.53	71.70	41.80	67.60	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18.80	10.60	49.79	27.09	12.52		

Nel lotto Canaglia 1 non sono state eseguite indagini geofisiche, tuttavia, considerata l'omogeneità geologica con i lotti posti immediatamente a sud (di cui al paragrafo successivo), è stata utilizzata la Masw MW6 che riscontra un substrato sismico (Vs > 800 m/s) alla profondità di 5.20 m da p.c.. Il parametro di riferimento è perciò la Vs<sub>eq</sub> che ha un valore di 528 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo B. Le velocità sono crescenti regolarmente verso il basso.

### 8.5. LOTTI PALMADULA 1÷10

L'area di intervento in prossimità del centro abitato di Palmadula è stata suddivisa in 10 lotti denominati Palmadula e numerati da 1 a 10; in essi sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggi S10, S12, S13, S14, S17, S19 e S20 spinti alla profondità di 10 m da p.c. e
- sondaggi S11\_Pz, S15\_Pz, S16\_Pz, S18\_Pz e S21\_Pz spinti alla profondità di 10 m da p.c. e attrezzati con piezometro;
- prove penetrometriche dinamiche DPSH14 ÷ DPSH28;

La stratigrafia dei sondaggi rileva la presenza, al di sotto di 0.50 m di terreno vegetale, di materiale litoide costituito da metarenarie, quarziti e metapeliti presente fino all'intera profondità investigata. Tale materiale nell'ambito dei sondaggi si presenta estremamente fratturato, in affioramento risulta essere invece compatto. In corrispondenza dei sondaggi S14, S20 e S21\_Pz è presente un livello, di spessore compreso tra 1.60 e 2.60 m di limo sabbioso e argilloso di colore di colore marrone con presenza di clasti poligenici subarrotondati, che rappresenta una possibile coltre di alterazione del substrato roccioso che in tutti questi lotti risulta praticamente affiorante o subaffiorante.

La falda non è stata rilevata (> 10 m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer risultano fra un minimo di 3.15 Kg/cm<sup>2</sup> ed un massimo di > 6 Kg/cm<sup>2</sup>.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.19.

**Tabella 8.19 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – Palmadula 1 ÷ 10.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
Palmadula 9	S10	4.21-4.54	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.72x10 <sup>-8</sup>
	S12	2.50-2.85	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.98x10 <sup>-8</sup>
Palmadula 5	S11_Pz	7.4-7.64	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.27x10 <sup>-8</sup>
	S13	4.25-4.68	Metarenarie, quarziti e metapeliti	1.26x10 <sup>-8</sup>
Palmadula 4	S14	2.7-2.97	Metarenarie, quarziti e metapeliti	3.04x10 <sup>-8</sup>
Palmadula 1	S15	7.15-7.42	Metarenarie, quarziti e metapeliti	5.97x10 <sup>-9</sup>
Palmadula 6	S16_Pz	4.0-4.4	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.65x10 <sup>-8</sup>
	S19	7.36-7.6	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.03x10 <sup>-8</sup>
Palmadula 8	S17	2.68-3.13	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.80x10 <sup>-8</sup>
	S18_Pz	2.5-3.15	Metarenarie, quarziti e metapeliti	1.94x10 <sup>-8</sup>
Palmadula 7	S20	4.21-4.62	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.33x10 <sup>-8</sup>
	S21_Pz	8.77-8.93	Metarenarie, quarziti e metapeliti	2.93x10 <sup>-8</sup>

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia sono riepilogati in Tabella 8.20.

**Tabella 8.20 Risultati delle prove SPT – Palmadula 1 ÷ 10.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	N <sub>SPT</sub>	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)
Palmadula 9	S10	2.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		9.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
	S12	3.5	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.8	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
Palmadula 5	S11_PZ	2.5	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		8.5	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
	S13	1.5	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		4.7	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
Palmadula 4	S14	2.0	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	Rif.				
		4.5	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
Palmadula 1	S15_Pz	2.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		7.4	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
Palmadula 6	S16_Pz	2.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		4.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		9.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
	S19	3.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
Palmadula 8	S17	2.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		4.5	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
	S18_Pz	3.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
Palmadula 7	S20	2.0	Limo sabbioso	40	77.0	46.0		23.0
		5.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		7.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
	S21_Pz	2.6	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		6.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		8.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				

Si evidenzia che quasi tutte le prove SPT sono andate a Rifiuto e ciò è da imputare alla presenza di materiale litoide affiorante e subaffiorante costituito da metarenarie, quarziti e metapeliti.

I risultati delle prove DPSH sono riepilogati in Tabella 8.21; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità di 1.6-3.6 m da p.c. a conferma della presenza, a pochi metri da p.c., del substrato roccioso.

La Tabella 8.22 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite. Granulometricamente i terreni presenti sono composti da sabbia e ghiaia con una presenza, in subordine, di limo e argilla, poco plastici.

Nei lotti Palmadula 1 ÷ 10 sono state eseguite le indagini geofisiche riportate in Tabella 8.23; in tutte le prove eseguite si riscontra la presenza di un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) alla profondità variabile tra 4.00 e 6.20 m da p.c..

**Tabella 8.21 Risultati delle prove DPSH – Palmadula 1 ÷ 10.**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
Palmadula 10	DPSH15	3.0	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.8 numero di colpi compreso tra 2 e 24 prima di andare a Rifiuto
Palmadula 9	DPSH14	2.4	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.2 numero di colpi compreso tra 2 e 21 prima di andare a Rifiuto
	DPSH16	2.6	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.4 numero di colpi compreso tra 2 e 26 prima di andare a Rifiuto
	DPSH17	2.2	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 2 e 22 prima di andare a Rifiuto
Palmadula 5	DPSH18	1.8	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 1.6 numero di colpi compreso tra 2 e 27 prima di andare a Rifiuto
	DPSH19	3.0	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.8 numero di colpi compreso tra 2 e 21 prima di andare a Rifiuto
	DPSH20	3.6	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.8 numero di colpi compreso tra 2 e 18 prima di andare a Rifiuto
Palmadula 3	DPSH21	1.8	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 1.6 numero di colpi compreso tra 2 e 38 prima di andare a Rifiuto
Palmadula 1	DPSH22	2.0	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 1.8 numero di colpi compreso tra 2 e 29 prima di andare a Rifiuto
	DPSH23	1.8	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.8 numero di colpi compreso tra 2 e 35 prima di andare a Rifiuto
Palmadula 6	DPSH24	2.8	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.6 numero di colpi compreso tra 2 e 21 prima di andare a Rifiuto
Palmadula 8	DPSH28	2.2	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 2 e 25 prima di andare a Rifiuto
	DPSH25	1.6	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 1.6 numero di colpi compreso tra 4 e 23 prima di andare a Rifiuto
	DPSH26	2.2	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 3 e 33 prima di andare a Rifiuto
Palmadula 7	DPSH27	2.4	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 2 e 34 prima di andare a Rifiuto

**Tabella 8.22 Risultati delle prove di laboratorio – Palmadula 1 ÷ 10.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	Peso specifico $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità %	Porosità %	Saturazione %	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				TD	
																Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	$\phi$ (°)	c' (kPa)
Palmadula 9	S10	Crim1	3.60	4.00	n.d.	26.49	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14.96	46.19	28.84	10.01		
	S12	Crim1	4.00	4.30	12.80	26.89	20.97	44.70	30.90	77.10	44.40	34.40	10.30	3.1	13.40	0.00	30.69	48.71	20.59	18	38
Palmadula 5	S11_Pz	Crim1	4.30	4.60	n.d.	26.97	n.d.	n.d.	n.d.	39.90	28.40	11.40	n.d.	n.d.	15.29	39.97	31.36	13.38			
	S13	Crim1	4.10	4.40	18.00	26.67	21.12	49.00	32.90	100.00	40.50	30.90	9.60	2.347	20.30	20.29	49.70	22.84	7.17		
Palmadula 4	S14	Crim1	1.50	1.80	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	63.08	31.18	5.75	0.00			
Palmadula 1	S15_Pz	Crim1	2.70	3.00	n.d.	26.08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	17.51	45.96	25.60	10.93			
Palmadula 6	S19	Crim1	5.00	5.20	n.d.	26.28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	17.51	44.95	28.36	9.19			
Palmadula 8	S17	Crim1	2.70	3.00	15.40	26.89	21.81	42.30	29.70	100.00	34.70	22.30	12.50	1.549	20.10	26.16	39.17	26.28	8.39		
	S18_Pz	Crim1	5.20	5.40	5.70	26.59	16.92	66.10	39.80	22.90	31.20	25.20	6.00	4.239	8.00	0.00	34.53	43.65	21.82	45	0
Palmadula 7	S20	Crim1	1.40	1.60	19.70	26.68	18.61	71.70	41.70	73.50	42.20	32.20	10.00	2.250	20.70	2.70	32.66	48.38	16.18	29	12
		Crim2	4.40	4.60	12.30	27.07	20.59	47.60	32.30	69.80	36.00	26.10	9.90	2.390	10.70	6.38	49.40	35.67	8.56	20	24
	S21_Pz	Crim1	4.10	4.35	n.d.	26.18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13.35	60.05	18.72	7.89			

**Tabella 8.23 Risultati delle indagini geofisiche tipo MASW – Palmadula 1 ÷ 10**

Indagine	Area	Sigla	Vs (m/s)	Categoria sottosuolo	Note
Masw	Palmadula 5 Canaglia 1 Palmadula 10 Palmadula 9 Palmadula 4	MW6	528	B	Vs eq 5.20 m da p.c.
Masw	Palmadula 1 Palmadula 2 Palmadula 3	MW9	297	C	Vs eq 4.00 m da p.c.
Masw	Palmadula 8	MW7	537	B	Vs eq 6.20 m da p.c.
Masw	Palmadula 7 La Corte 4 La Corte 5	MW8	324	C	Vs eq 4.60 m da p.c.

Il parametro di riferimento è perciò la  $V_{seq}$  che ha un valore di compreso tra 297 e 537 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo B e C, così come sintetizzato nella tabella appena sopra citata. Le velocità risultano sempre crescenti regolarmente verso il basso.

## 8.6. LOTTO SAN GIORGIO 1

Nel lotto San Giorgio 1 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggio S23\_Pz spinto alla profondità di 10 m da p.c. attrezzato con piezometro;

- prova penetrometrica dinamica DPSH30;
- Masw MW5.

La stratigrafia dei sondaggi rileva la presenza di un livello di spessore pari a 2.60 m da p.c. costituito da limo argilloso e ghiaioso e da ghiaia in matrice limoso-sabbiosa. Al di sotto di tale livello si rinviene, fino a fine sondaggio, la presenza di calcarenite grigiastra estremamente fratturata caratterizzata dalla presenza di livelli decimetrici di depositi di parziale alterazione idrotermale costituiti da sabbia limosa contenente frammenti calcarenitici.

La falda non è stata rilevata (> 10 m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer sono variabili fra un minimo di 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> ed un massimo di > 6 Kg/cm<sup>2</sup>, quest'ultimo valore in corrispondenza della calcarenite fratturata.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.24.

**Tabella 8.24 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – San Giorgio 1.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
San Giorgio 1	S23_Pz	4.16-4.42	Calcarenite fratturata	1.43x10 <sup>-4</sup>

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia e, ove possibile, della relativa interpretazione, dedotta impiegando le più comuni correlazioni (angolo d'attrito: Mitchell; Densità relativa: Skempton; Modulo elastico: Stroud; coesione neutra: Stroud) sono riepilogati in Tabella 8.25.

**Tabella 8.25 Risultati delle prove SPT – San Giorgio 1.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	N <sub>SPT</sub>	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)
S23_Pz	San Giorgio 1	2.0	Ghiaia e rari ciottoli in matrice limosa	51	83.0	47.0		38.0
		7.5	Sabbia limosa	31	58.0	40.0		23.0
		9.5	Calcarenite	Rif.				75.0

Dalle SPT i terreni limoso argillosi risultano consistenti con buoni parametri di resistenza; la prova invece va a rifiuto in corrispondenza dei depositi calcarenitici che con molta probabilità costituiscono il substrato roccioso presente a profondità variabili nell'intero lotto investigato.

I risultati delle prove DPSH sono riepilogati in Tabella 8.26; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità di 4.6 m da p.c. a conferma della presenza del substrato roccioso a qualche metro di profondità dal p.c..

**Tabella 8.26 Risultati delle prove DPSH – San Giorgio 1.**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
San Giorgio 1	DPSH30	4.6	Substrato calcarenite	Da 0.20 a 1.18 numero di colpi compreso tra 2 e 23 Da 2.00 a 4.4 numero di colpi compreso tra 3-37 prima di andare a Rifiuto

La Tabella 8.27 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite. Granulometricamente i terreni presenti sono composti da

sabbia con una presenza, in subordine, di limo e argilla, non plastiche. Le prove di taglio di diretto hanno fornito un valore di angolo di attrito  $28^\circ$  e  $c'$  di 34 kPa.

**Tabella 8.27 Risultati delle prove di laboratorio – San Giorgio 1.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	Peso specifico $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità	Porosità	Saturazione	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				TD	
								%	%	%						Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)
San Giorgio 1	S23_Pz	Crim1	1.60	2.00	20.00	27.27	20.32	61.00	37.90	89.30	32.8	22.5	10.2	1.251	19.2	7.23	59.99	22.94	9.84	28	34
		Crim2	5.70	6.00	22.60	26.89	18.94	74.10	42.60	82.10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18.3	19.72	56.47	15.75	8.07		

La Masw MW5 riscontra un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) alla profondità di 19.50 m da p.c.. Il parametro di riferimento è perciò la  $V_{seq}$  che ha un valore di 632 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo B. Le velocità sono crescenti regolarmente verso il basso.

### 8.7. LOTTI LA CORTE 1 E LA CORTE 2

Nei Lotti La Corte 1 e la Corte 2 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggio S24 spinto alla profondità di 5 m da p.c.;
- prove penetrometriche dinamiche DPSH31, DPSH32, DPSH33 e DPSH37;

La stratigrafia del sondaggio rileva la presenza di un livello di spessore pari a 1.50 m da p.c. costituito da limo argilloso e ghiaioso e da ghiaia in matrice limoso-sabbiosa. Al di sotto di tale livello si rinviene, fino a fine sondaggio, la presenza di calcarenite grigiastra estremamente fratturata nella quale si rinviene, alla profondità di 2 m da p.c., la presenza di un livello di spessore pari a 1 m costituito da limo argilloso sabbioso e sabbia limosa contenente ghiaia carbonatica.

La falda non è stata rilevata ( $> 10$  m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer sono variabili fra un minimo di 4.35 Kg/cm<sup>2</sup> ed un massimo di  $> 6$  Kg/cm<sup>2</sup>, quest'ultimo valore in corrispondenza della calcarenite fratturata.

Durante l'esecuzione del sondaggio è stata eseguita una prova di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.28.

**Tabella 8.28 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – La Corte 1 e La Corte 2.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
La Corte 1	S24	2.73-3.05	Calcarenite stratificata e fratturata	$1.12 \times 10^{-4}$

Durante l'esecuzione del sondaggio non sono state eseguite prove SPT.

I risultati delle prove DPSH sono riepilogati in Tabella 8.29; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità compresa tra 1.8 e 4.2 m da p.c. a conferma della presenza del substrato roccioso a qualche metro di profondità dal p.c..

La Tabella 8.30 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite.

**Tabella 8.29 Risultati delle prove DPSH – La Corte 1 e La Corte 2.**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
La Corte 1	DPSH31	2.4	Substrato calcarenite	Da 0.2 a 2.2 numero di colpi compreso tra 2 e 33 prima di andare a Rifiuto
	DPSH32	1.8	Substrato calcarenite	Da 0.2 a 1.6 numero di colpi compreso tra 2 e 28 prima di andare a Rifiuto
	DPSH33	4.2	Substrato calcarenite	Da 0.2 a 4.0 numero di colpi compreso tra 2 e 23 prima di andare a Rifiuto
La Corte 2	DPSH37	2.0	Substrato calcarenite	Da 0.2 a 1.8 numero di colpi compreso tra 2 e 38 prima di andare a Rifiuto

Granulometricamente i terreni presenti sono composti da sabbia con una presenza, in subordine, di limo e argilla, poco plastici. Le prove di taglio di diretto hanno fornito un valore di angolo di attrito  $26^\circ$  e  $c'$  di 31 kPa, mentre la prova di compressione uniaassiale eseguita su un campione di calcarenite ha fornito un valore di resistenza alla rottura pari a 119.69 kPa.

**Tabella 8.30 Risultati delle prove di laboratorio – La Corte 1 e La Corte 2.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	Peso specifico $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità %	Porosità %	Saturazione %	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				Compressione uniaassiale su roccia		TD	
																Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza a compressione (MPa)	$\phi$ (°)	$c'$ (kPa)
La Corte 1	S24	Crim1	2.00	2.40	18.90	26.88	19.36	65.10	39.40	77.90	49.4	32.6	16.8	1.817	16.1	16.96	45.77	22.31	14.96	2798.00	119.69	26	21
		Crim2*	3.20	3.50																			

Nei lotto La Corte 1 e La Corte 2 non sono state eseguite indagini geofisiche, tuttavia, considerata l'omogeneità geologica con i lotti posto a nord (San Giorgio 1) è stata utilizzata anche per questa area la Masw MW5, dalla quale si riscontra un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) alla profondità di 19.50 m da p.c.. Il parametro di riferimento è perciò la  $V_{seq}$  che ha un valore di 632 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo B. Le velocità sono crescenti regolarmente verso il basso.

### 8.8. LOTTO LA CORTE 3

Nel lotto La Corte 3 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggi S26\_Pz spinto alla profondità di 10 m da p.c e attrezzato con piezometro;
- prova penetrometrica dinamica DPSH38;
- Masw MW10.

La stratigrafia dei sondaggi rileva la presenza, lungo l'intera profondità investigata, di una alternanza di livelli, da decimetrici a metrici, di limo argilloso e limo sabbioso con presenza di clasti poligenici di dimensioni da sub-centrimetriche a centimetrici.

La falda non è stata rilevata ( $> 10$  m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer sono variabili fra un minimo di 2.50 Kg/cm<sup>2</sup> ed un massimo di  $> 6$  Kg/cm<sup>2</sup>.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.31.

**Tabella 8.31 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – La Corte 3.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
La Corte 3	S26_Pz	8.73-9.07	Limo argilloso	$9.97 \times 10^{-9}$

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia e, ove possibile, della relativa interpretazione dedotta impiegando le più comuni correlazioni (angolo d'attrito: Mitchell; Densità relativa: Skempton; Modulo elastico: Stroud; coesione neutra: Stroud) sono riepilogati in Tabella 8.32.

**Tabella 8.32 Risultati delle prove SPT – La Corte 3.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	N <sub>SPT</sub>	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)
S26_Pz	La Corte 3	2.3	Limo argilloso	23			65.0	
		4.3	Limo argilloso debolmente sabbioso	27			101.0	
		8.0	Sabbia limosa addensata	Rif.				

Dalle SPT i terreni più superficiali risultano addensati/consistenti con buoni parametri di resistenza, mentre alla profondità di 8.0 m da p.c. la prova va a Rifiuto per la presenza di Sabbia limosa molto addensata.

I risultati delle prove DPSH sono riepilogati in Tabella 8.33; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità di 6.4 m da p.c..

**Tabella 8.33 Risultati delle prove DPSH – La Corte 3.**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
La Corte 3	DPSH38	6.4	Limo argilloso debolmente sabbioso	Da 0.2 a 6.2 numero di colpi compreso tra 2 e 12 prima di andare a Rifiuto

La Tabella 8.34 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite. Granulometricamente i terreni presenti sono composti da sabbia limosa argillosa, generalmente poco plastiche. Le prove di taglio di diretto hanno fornito valori di angolo di attrito compresi tra 27° e 32° e c' compresi tra 20 e 25 kPa.

**Tabella 8.34 Risultati delle prove di laboratorio – La Corte 3.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	Peso specifico $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità	Porosità	Saturazione	WI (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				TD	
								%	%	%						Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	φ' (°)	c' (kPa)
La Corte 3	S26_Pz	C1	1.80	2.30	25.50	26.84	19.89	69.40	41.00	98.70	59.3	35.5	23.8	1.420	18.3	0.00	8.83	40.76	50.40	27	25
		Crim1	4.00	4.30	24.70	27.17	19.47	74.00	42.50	90.60	37.8	30.7	7.1	1.846	20.7	13.68	44.52	23.66	18.15	27	23
		Crim2	7.70	8.00	20.80	26.87	19.20	69.00	40.80	81.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18.7	5.01	55.64	31.90	7.45	32	20

La Masw MW10 non riscontra un substrato sismico ( $V_s < 800$  m/s) sino alla massima profondità indagata. Il parametro di riferimento è perciò la  $V_{s30}$  che ha un valore di 337 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo B. Le velocità sono crescenti regolarmente verso il basso.

### 8.9. LOTTI LA CORTE 4 E LA CORTE 5

Nei lotti La Corte 4 e La Corte 5 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- sondaggio S25\_Pz spinto alla profondità di 10 m da p.c.;
- prove penetrometriche dinamiche DPSH34 – DPSH35 – DPSH36;

La stratigrafia del sondaggio rileva, al di sotto di 0.50 m di terreno vegetale, la presenza di materiale costituito da limo sabbioso debolmente argilloso fino alla profondità di 5.5 m da pc., al

di sotto del quale è presente, fino all'intera profondità investigata, materiale litoide costituito da metarenarie, quarziti e metapeliti.

La falda non è stata rilevata (> 10 m da p.c.).

Le resistenze al pocket penetrometer risultano comprese tra 2 e > 6 Kg/cm<sup>2</sup>.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc i cui risultati sono riportati in Tabella 8.35.

**Tabella 8.35 Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc – La Corte 4 e La Corte 5.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	K (m/s)
La Corte 5	S25	4.19-4.44	Limo argilloso e sabbioso	4.49x10 <sup>-4</sup>

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia sono riepilogati in Tabella 8.36.

**Tabella 8.36 Risultati delle prove SPT – La Corte 4 e La Corte 5.**

Lotto	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	N <sub>SPT</sub>	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)
S25	La Corte 5	3.0	Limo argilloso	23			86.0	
		6.3	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				
		8.0	Metarenarie, quarziti e metapeliti	Rif.				

Si evidenzia che 2 delle 3 prove SPT eseguite sono andate a Rifiuto e ciò è da imputare alla presenza di materiale litoide affiorante e subaffiorante costituito da metarenarie, quarziti e metapeliti.

I risultati delle prove DPSH sono riepilogati in Tabella 8.37; si evidenzia che le prove raggiungono la condizione di rifiuto ad una profondità di 1.6-3.6 m da p.c. a conferma della presenza, a pochi metri da p.c., del substrato roccioso.

**Tabella 8.37 Risultati delle prove DPSH – La Corte 4 e La Corte 5.**

Lotto	Indagine	Profondità (m)	Litologia	Note
La Corte 5	DPSH34	2.4	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.2 numero di colpi compreso tra 2 e 27 prima di andare a Rifiuto
La Corte 4	DPSH35	1.6	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 1.4 numero di colpi compreso tra 2 e 34 prima di andare a Rifiuto
	DPSH36	3.6	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 3.4 numero di colpi compreso tra 2 e 37 prima di andare a Rifiuto

La Tabella 8.38 riepiloga la tipologia di campione, le profondità di prelievo e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite. Granulometricamente i terreni presenti sono composti da sabbia e ghiaia con una presenza di limo e argilla nella porzione più superficiale, non o poco plastiche.

**Tabella 8.38 Risultati delle prove di laboratorio – La Corte 4 e La Corte 5.**

Lotti	Sondaggio	Campione	Da m		Wn (%)	Peso specifico vs (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume naturale γ (kN/m <sup>3</sup> )	Indice porosità %	Porosità %	Saturazione %	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	LR (%)	Granulometria				TD												
			2.70	3.00												29.00	27.05	18.66	87.10	46.50	90.10	52.7	40.8	11.8	1.003	26.6	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	φ (°)	c' (kPa)
			9.40	9.70												n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	61.63	34.36	42.72	17.60	23
La Corte 5	S25	Crim1	2.70	3.00	29.00	27.05	18.66	87.10	46.50	90.10	52.7	40.8	11.8	1.003	26.6	5.32	34.36	42.72	17.60	23	12											
		Crim2	9.40	9.70	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	61.63	36.80	1.57	0.00													

Nei lotti La Corte 4 e La Corte 5 non sono state eseguite indagini geofisiche, tuttavia, considerata l'omogeneità geologica con il lotti posti immediatamente a ovest, è stata utilizzata la Masw MW8

che riscontra un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) alla profondità di 4.60 m da p.c.. Il parametro di riferimento è perciò la  $V_{Seq}$  che ha un valore di 324 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo C. Le velocità sono crescenti regolarmente verso il basso.

### 8.10. CAVIDOTTI

In prossimità dei cavidotti sono state eseguite n° 13 prove DPSH contrassegnate dalle lettere da "A" a "P". Su 13 prove eseguite solo in un caso è stato possibile realizzare l'intera prova, prevista fino alla profondità di 3 m, mentre in tutti gli altri casi si sono palesate condizioni di rifiuto a profondità comprese tra 1.4 m e 3 m da p.c..

I risultati, riepilogati in Tabella 8.39, rilevano la presenza di terreni superficiali costituiti da limo argilloso sabbioso (area Scala Erre, Lipiani e La Corte) e da materiali litoidi riconducibili alla metarenarie affioranti nell'area di Palmadula e Canaglia, caratterizzati da un numero di colpi variabile da 1 a 33 prima di andare a Rifiuto.

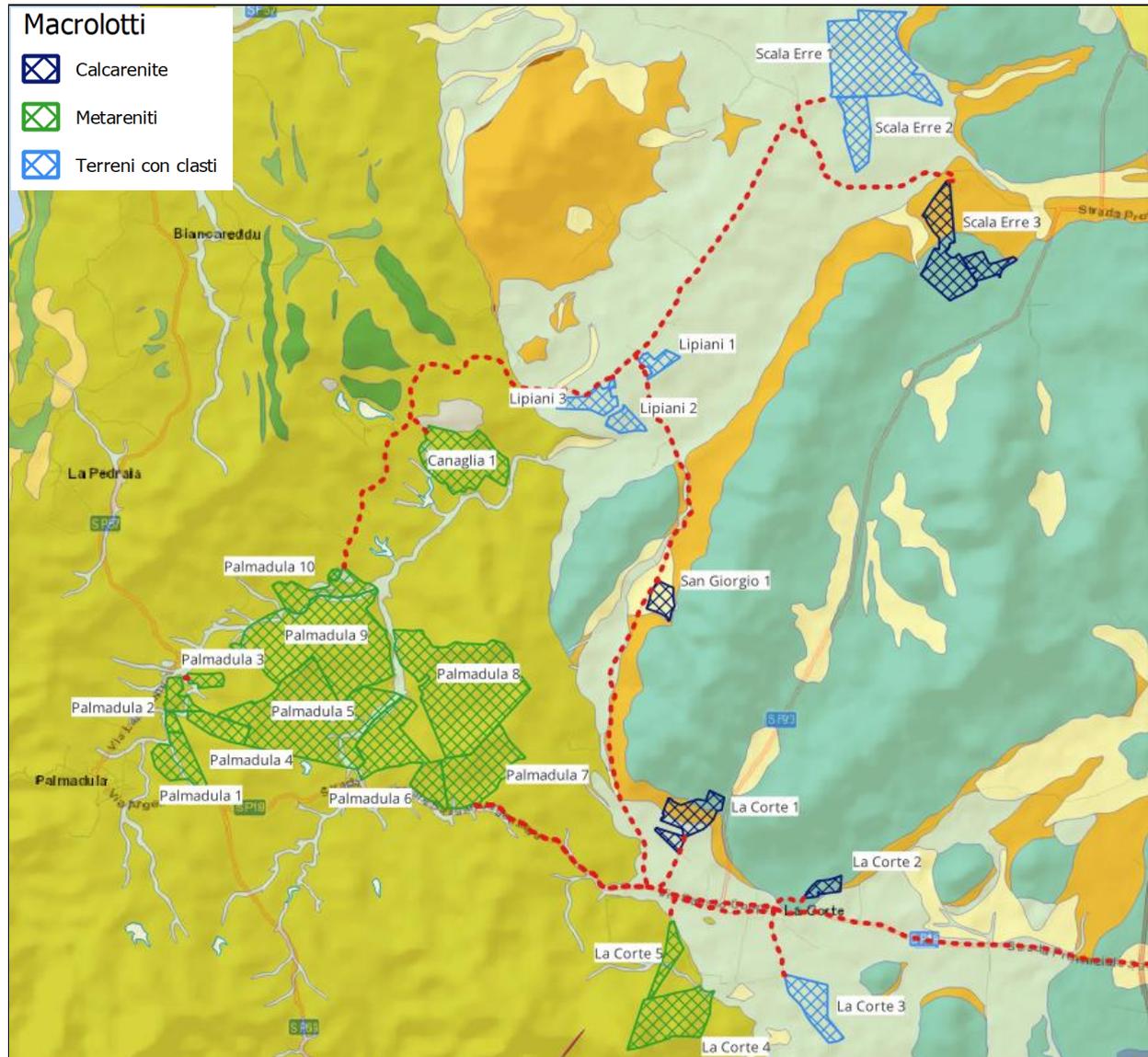
**Tabella 8.39 Risultati delle prove DPSH – Cavidotti.**

Indagine	Area	Profondità (m)	Litologia	Note
DPSH-A	Cavidotto- Scala Erre 1-2-3, Lipiani 1-2-3	3.0	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 3.0 numero di colpi compreso tra 1 e 8
DPSH-B		2.2	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 3 e 21 prima di andare a Rifiuto
DPSH-C		2.6	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 2.4 numero di colpi compreso tra 1 e 24 prima di andare a Rifiuto
DPSH-D	Cavidotto- Canaglia e Palmadula	2.2	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 3 e 26 prima di andare a Rifiuto
DPSH-E		1.8	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 1.6 numero di colpi compreso tra 3 e 33 prima di andare a Rifiuto
DPSH-F		1.4	Metareniti, quarziti, filladi	Da 0.2 a 1.2 numero di colpi compreso tra 2 e 23 prima di andare a Rifiuto
DPSH-G	Cavidotto La Corte 1-5, SE Olmedo	2.0	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 1.8 numero di colpi compreso tra 2 e 12 prima di andare a Rifiuto
DPSH-I		1.8	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 1.6 numero di colpi compreso tra 2 e 23 prima di andare a Rifiuto
DPSH-L		1.8	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 1.6 numero di colpi compreso tra 2 e 27 prima di andare a Rifiuto
DPSH-M		3.0	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 2.8 numero di colpi compreso tra 2 e 28 prima di andare a Rifiuto
DPSH-N		1.8	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 1.6 numero di colpi compreso tra 2 e 23 prima di andare a Rifiuto
DPSH-O		2.4	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 2.2 numero di colpi compreso tra 2 e 21 prima di andare a Rifiuto
DPSH-P		2.2	Limo argilloso sabbioso	Da 0.2 a 2.0 numero di colpi compreso tra 2 e 33 prima di andare a Rifiuto

## 9. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO

Sulla base delle indagini disponibili e coerentemente con la documentazione bibliografica reperito, per la definizione del modello geologico di riferimento l'area oggetto di intervento è stata suddivisa in 3 macrolotti ciascuno dei quali raggruppa, sulla base della litologia prevalente, i singoli lotti caratterizzati nel dettaglio al Capitolo 8.

In Figura 9.1 si riporta la loro suddivisione individuabile da colori diversi.



**Figura 9.1 – Suddivisione in macrolotti delle aree oggetto di intervento ai fini della loro caratterizzazione geotecnica. In figura sono riportati i nomi dei singoli lotti e ciascun macrolotto è identificato da un colore diverso.**

Sono stati così definiti 3 modelli stratigrafici e geotecnici di seguito descritti.

### TERRENI CON CLASTI: Lotti SCALA ERRE 1,2 - LIPIANI 1,2,3 - LA CORTE 3 - SE NORD

Le unità stratigrafiche e geotecniche individuate sono le seguenti:

- Copertura: presenta uno spessore variabile da 0 a 1 m ed è costituita da Limo argilloso sabbioso debolmente ghiaioso mediamente compatto;
- Unità C1.2 (Depositi terrigeni continentali di piana alluvionale): presente dalla profondità di 2 m fino alla massima profondità indagata pari a 10 m d p.c. ed è costituita da Limo argilloso sabbioso molto compatto con clasti poligenici eterometrici, sono inoltre presenti depositi di ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso limosa mediamente addensati e addensati.

La Tabella 9.1 riepiloga la caratterizzazione dei terreni attesi in corrispondenza delle aree d'interesse progettuale come risulta dall'insieme delle informazioni disponibili

**Tabella 9.1 Modello stratigrafico e geotecnico di riferimento – Scala Erre 1,2 - Lipiani 1,2,3 - La Corte 3 - Se Nord.**

Lotti SCALA ERRE 1,2 - LIPIANI 1,2,3 - LA CORTE 3 - SE NORD									
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	IP	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)
Copertura	da 0 a 2.0 m	Limo argilloso sabbioso debolmente ghiaioso mediamente compatto	20.0	20	5-10	28	80-100	15-20	1.00E-08
C1.2	da 2.0 a 10 m	Limo argilloso sabbioso molto compatto con clasti poligenici eterometrici. Presenti depositi di ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso limosa mediamente addensati e addensati	19.5	20	10-20	28	100-200	40-50	1.00E-08
Suolo di fondazione TIPO B		Scala Erre 1, 2 Lipiani 1,2,3 SE NORD							
Suolo di fondazione TIPO C		La Corte 3							
Falda: Non rilevata (>10 m da p.c.)									

La simbologia cui si è fatto riferimento è la seguente:

- $\gamma$  = peso di volume naturale del terreno [kN/m<sup>3</sup>]
- $I_p$  = Indice di plasticità [%]
- $c'$  = resistenza al taglio in condizioni drenate [Mpa]
- $\phi'$  = angolo di attrito in termini di sforzi efficaci [°]
- $C_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenata [Mpa]
- $E$  = modulo elastico del terreno [Mpa]
- $K$  = permeabilità [m/s]

Si precisa che la caratterizzazione geologico e geotecnica del presente macrolotto comprende anche l'area ove ricade la Stazione Elettrica Nord (SE Nord), ubicata in corrispondenza del Lotto Scala Erre 2.

### METARENITI: Lotti CANAGLIA 1 - PALMADULA 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 - LA CORTE 4,5 - SE SUD

Le unità stratigrafiche e geotecniche individuate sono le seguenti:

- Copertura: presenta uno spessore variabile da 0 a 1 m ed è costituita da Sabbia limoso argillosa debolmente ghiaiosa con clasti poligenici;
- Unità B2.1 (Rocce parametamorfiche terrigene): presente dalla profondità di 1 m fino alla massima profondità indagata pari a 10 m d p.c. ed è costituita da materiale litoide affiorante e subaffiorante costituito da metarenarie, quarziti e metapeliti.

La Tabella 9.2 riepiloga la caratterizzazione dei terreni attesi in corrispondenza delle aree d'interesse progettuale come risulta dall'insieme delle informazioni disponibili

**Tabella 9.2 Modello stratigrafico e geotecnico di riferimento – Canaglia 1 - Palmadula 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 - La Corte 4,5 - Se Sud.**

Lotti CANAGLIA 1 - PALMADULA 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 - LA CORTE 4,5 - SE SUD									
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	IP	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)
Copertura	da 0 a 1.0 m	Sabbia limoso argillosa debolmente ghiaiosa con clasti poligenici	19.0	12	10-15	26-28	100-150	20	1.00E-08
B2.1	da 1.0 a 10 m	Metareniti, quarziti e metapeliti	22.0		30-50	30-35		500	1.00E-08
Suolo di fondazione TIPO B		Canaglia 1 Palmadula 4, 5, 8, 9, 10 SE SUD							
Suolo di fondazione TIPO C		Palmadula 1, 2, 3, 6, 7 La Corte 4, 5							
Falda: Non rilevata (>10 m da p.c.)									

La simbologia cui si è fatto riferimento è la seguente:

- $\gamma$  = peso di volume naturale del terreno [kN/m<sup>3</sup>]
- $I_p$  = Indice di plasticità [%]
- $c'$  = resistenza al taglio in condizioni drenate [Mpa]
- $\phi'$  = angolo di attrito in termini di sforzi efficaci [°]
- $C_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenata [Mpa]
- $E$  = modulo elastico del terreno [Mpa]
- $K$  = permeabilità [m/s]

Si precisa che la caratterizzazione geologico e geotecnica del presente macrolotto comprende anche l'area ove ricade la Stazione Elettrica Sud (SE Sud), ubicata in corrispondenza del Lotto Palmadula 8.

### CALCARENITI: Lotti SCALA ERRE 3 - SAN GIORGIO 1 - LA CORTE 1,2

Le unità stratigrafiche e geotecniche individuate sono le seguenti:

- Copertura: presenta uno spessore variabile da 0 a 2.5 m ed è costituita da Sabbia limosa argillosa debolmente ghiaiosa;
- Unità C2.1 (Depositi carbonatici lacustri e lagunari): presente dalla profondità di 2.5 m fino alla massima profondità indagata pari a 10 m d p.c. ed è costituita da calcarenite fratturata ed alterata.

La Tabella 9.3 riepiloga la caratterizzazione dei terreni attesi in corrispondenza delle aree d'interesse progettuale come risulta dall'insieme delle informazioni disponibili.

**Tabella 9.3 Modello stratigrafico e geotecnico di riferimento – Scala Erre 3 - San Giorgio 1 - La Corte 1,2.**

Lotti SCALA ERRE 3 - SAN GIORGIO 1 - LA CORTE 1,2									
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	IP	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)
Copertura	da 0 a 2.5 m	Sabbia limosa argillosa debolmente ghiaiosa	19.5	18	10	27	100-120	20-30	1.00E-06
C2.1	da 2.50 a 10 m	Calcarenite fratturata e alterata	20.0	15	20	30-32		75-100	1.00E-04
Suolo di fondazione TIPO B		Scala Erre 3 San Giorgio 1 La Corte 1, 2							
Suolo di fondazione TIPO C		-							
Falda: Non rilevata (>10 m da p.c.)									

La simbologia cui si è fatto riferimento è la seguente:

- $\gamma$  = peso di volume naturale del terreno [kN/m<sup>3</sup>]
- $I_p$  = Indice di plasticità [%]
- $c'$  = resistenza al taglio in condizioni drenate [Mpa]
- $\phi'$  = angolo di attrito in termini di sforzi efficaci [°]
- $C_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenata [Mpa]
- $E$  = modulo elastico del terreno [Mpa]
- $K$  = permeabilità [m/s]

### CAVIDOTTI

Per quel che riguarda i cavidotti, i risultati delle prove DPSH hanno evidenziato la presenza di materiali molto consistenti lungo il tracciato degli stessi che si precisa ricade lungo percorsi stradali. In particolare, si evidenzia che per i cavidotti che attraversano l'area dei Lotti Palmadula e Canaglia si dovrà prevedere uno scavo 100% in roccia, mentre per i restanti lotti si può ipotizzare che circa il 10% dello scavo avvenga su materiali granulare mentre il restante 90% si dovrà prevedere in roccia.

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 53
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

## 10. INTERAZIONE OPERE TERRENI

Le aree d'interesse progettuale ricadono in un contesto agricolo e sono adibite in parte a pascolo e in parte a seminativo. Il soprassuolo si presenta più o meno vegetato a seconda del periodo stagionale.

Il progetto è stato sviluppato sulla base di una dettagliata campagna geognostica incentrata su n° 26 sondaggi a carotaggio continuo, 13 dei quali attrezzati con piezometro, prove in sito (n. 69 SPT e n. 26 Lefranc) e di laboratorio su n. 44 campioni geotecnici, n° 51 prove penetrometriche continue dinamiche (DPSH) e n° 10 indagini geofisiche tipo MASW.

Dal punto di vista geologico e geotecnico i terreni, caratterizzati da materiali granulari con presenza di clasti e da materiali litoidi quali calcareniti e metareniti, hanno buone caratteristiche di resistenza e deformabilità, fermo restando che la presenza di materiali litoide porta a consigliare di utilizzare tecniche di rivellazione per l'infissione di pali. Non si rinviene la presenza della falda freatica almeno fino alle profondità massime indagate pari a 10 m da p.c..

Per quanto riguarda possibili condizioni di potenziale pericolosità idraulica e geomorfologica, risultano condizioni di pericolosità idraulica elevata nell'intorno dei corsi d'acqua, con particolare riferimento al Flumen Santu; nel dettaglio, si evidenzia che parti limitate di alcuni lotti dell'area indentificata come Palmadula insistono su aree a Pericolosità elevata, come pure piccole porzioni dei Lotti Scala Erre 1, 2 e 3 ricadono su aree sempre a Pericolosità elevata.

Per quel che riguarda il rischio geomorfologico, si evidenzia che parte del lotto La Corte 4 ricade all'interno di un'area a pericolosità Hg3 (Elevata), mentre parte dei lotti Palmadula 8 e Canaglia 1 ricadono all'interno di aree a pericolosità Hg 2 (Media), molto probabilmente determinate dalla presenza di fenomeni di crollo di materiale litoide. Inoltre, aree a pericolosità Hg 1 (Moderata) sono presenti a "macchia di leopardo" all'interno dei lotti Palmadula, oltre che comprendere una parte del lotto Scala Erre 2. Dalla consultazione del catalogo IFFI non si evidenzia nelle aree di intervento la presenza di fenomeni franosi censiti.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico gli interventi in progetto non comportano significative ripercussioni sulla componente geologica, non determinano movimenti terra apprezzabili, non alterano la preesistente stabilità dei luoghi e non alterano negativamente la potenziale pericolosità geomorfologica delle aree né in fase di cantiere né a lavori ultimati. Se i lavori saranno correttamente eseguiti e gestiti i terreni interessati non andranno a subire denudazioni, perdita di stabilità o turbamento del regime delle acque.

In un approccio prudenziale si consiglia comunque di porre attenzione alla collocazione degli impianti in aree a pericolosità per frana che, come già ricordato, in questo caso si configura come potenziali crolli che potrebbero danneggiare gli impianti stessi; inoltre, si consiglia di garantire una fascia di rispetto attorno ai corsi d'acqua.

La pericolosità sismica è bassa. I Comuni di Sassari e Porto Torres nelle classificazioni precedenti al 2003 erano considerati non sismici; nella classificazione più recente ricadono in zona 4.

Da documentazione bibliografica non è presente una falda significativa e tale dato è confermato dal fatto che durante l'esecuzione dei sondaggi e dai dati piezometrici ricavati dai piezometri

	Rev. 0	Data Agosto 2023	El: BI028F-D-PAL-RT-03-r00	Pag. 54
			RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

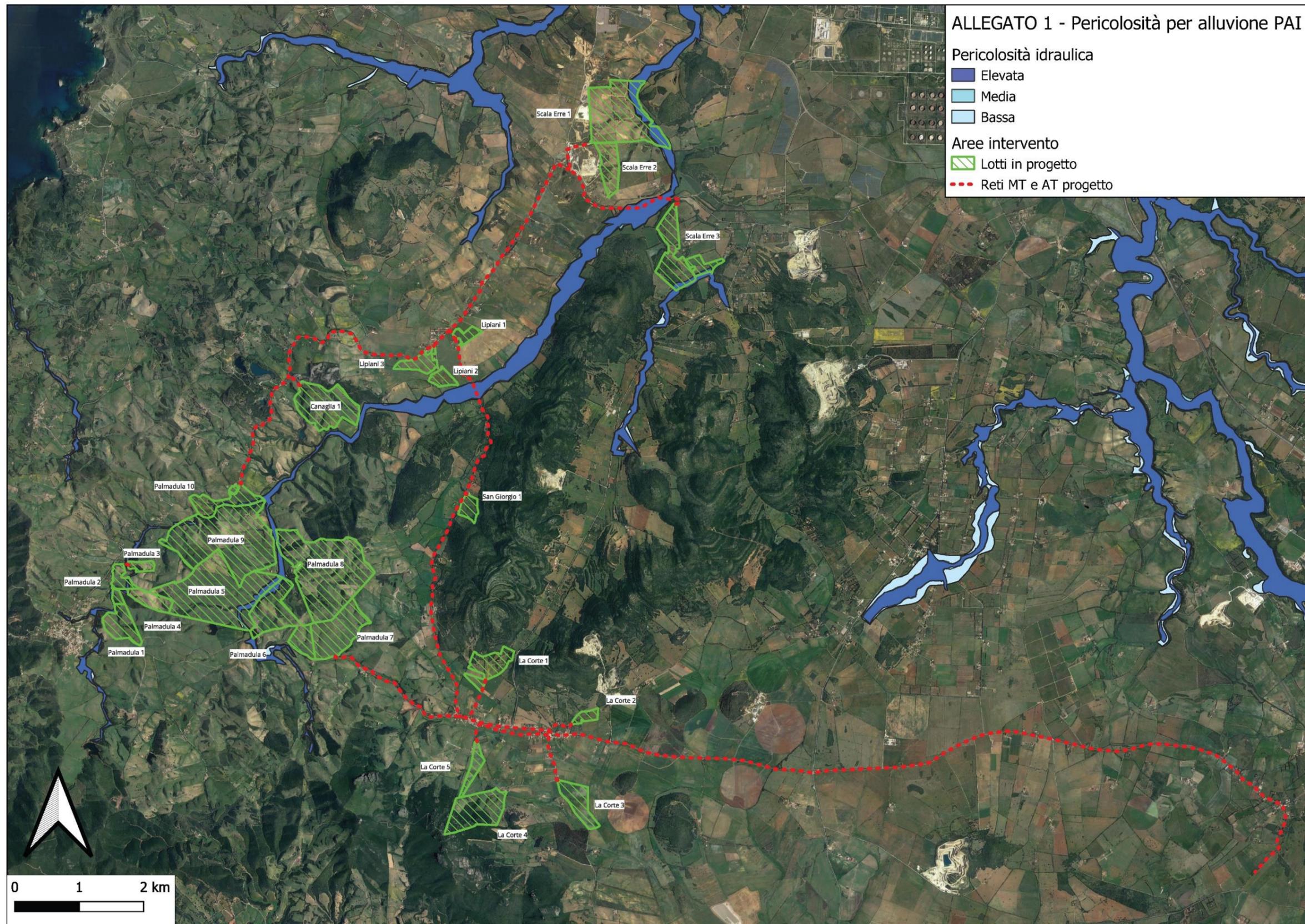
installati essa non è mai stata rinvenuta, almeno fino alla massima profondità investigata pari a 10 m dal p.c..

Da questo punto di vista la tipologia di opere in progetto (campo fotovoltaico a terra) risulta pienamente compatibile in quanto non ha alcuna connessione con l'ambiente idrico superficiale e profondo, le azioni in progetto non prevedono opere che possano in alcun modo alterare la qualità delle acque superficiali e profonde, non si prevedono movimenti terra che vadano a modificare gli impluvi esistenti, mentre i lavori e gli scavi si mantengono sempre al di sopra dei livelli di falda. L'unica possibile criticità potrebbe eventualmente derivare da sversamenti accidentali dovuti a mezzi d'opera in fase di costruzione, così come già oggi i medesimi sversamenti potrebbero essere legati all'impiego di mezzi agricoli.

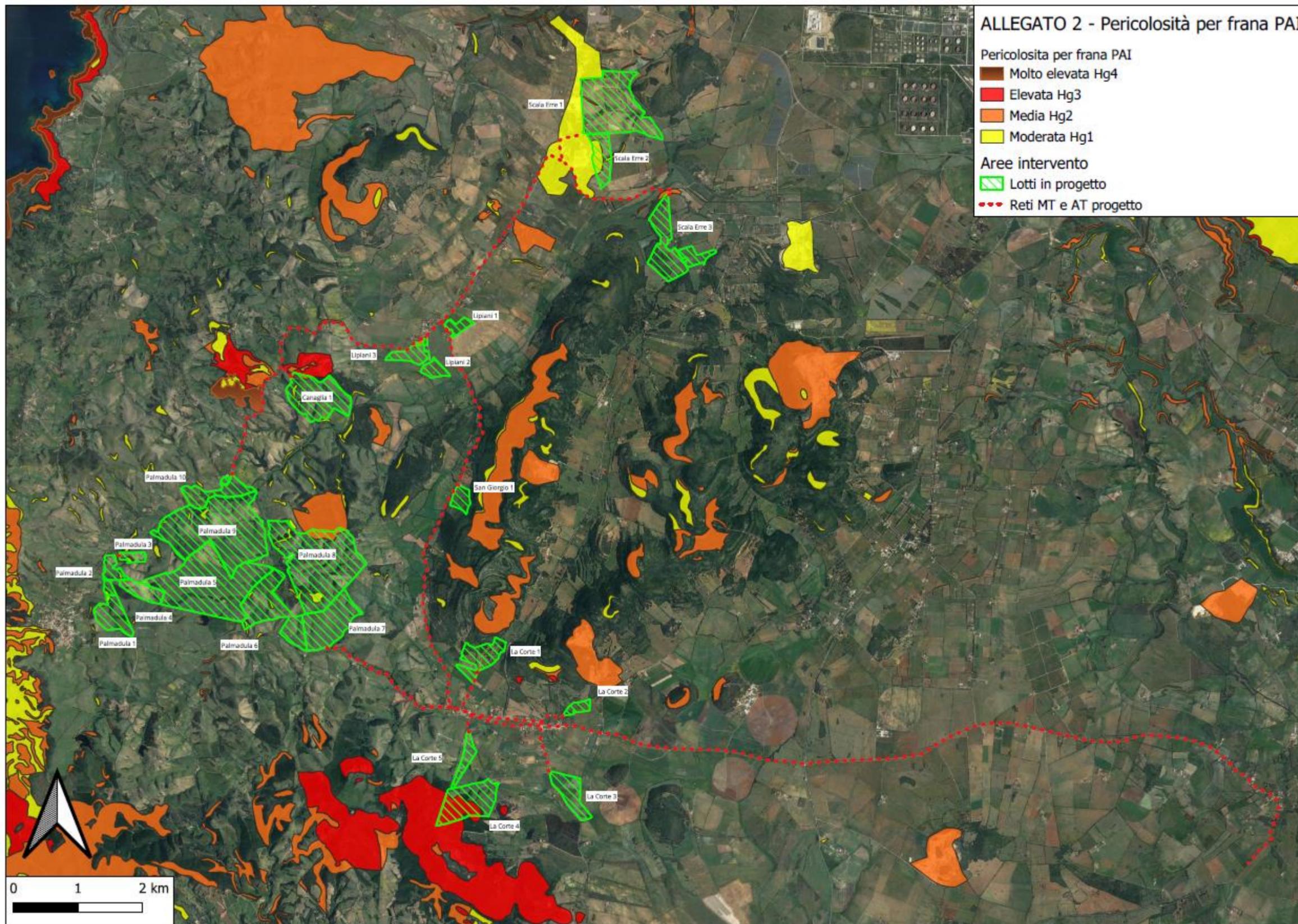
Le opere nel loro complesso sono concepite in maniera tale da poter essere interamente asportate ripristinando il naturale stato dei luoghi a fine vita utile dell'impianto. Dovranno essere in ogni caso adottati gli opportuni accorgimenti evitando di creare ostacoli al naturale deflusso delle acque, assicurando una corretta regimazione ed allontanamento delle acque meteoriche e ruscellanti, evitando movimenti terra e accumuli che possano arrecare condizioni di pregiudizio per la stabilità, garantendo il corretto compattamento di eventuali riporti, evitando di ridurre la sezione degli impluvi, fossi o altre linee di sgrondo.

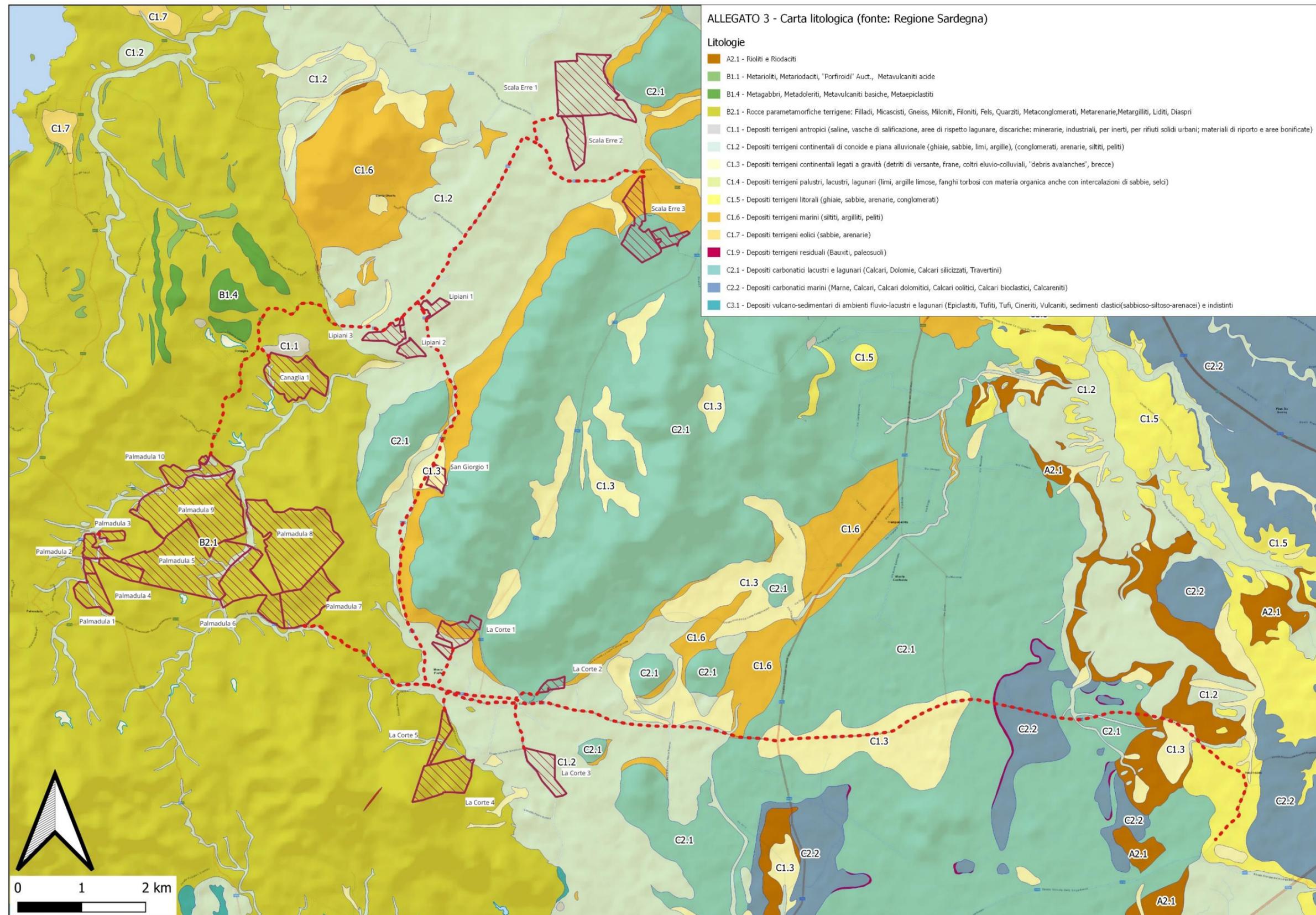
In base al quadro conoscitivo sopra esposto derivante dalla documentazione consultata, dagli strumenti di pianificazione territoriale disponibili, dalle indagini geognostiche eseguite e più in generale dagli approfondimenti progettuali svolti è possibile esprimere un giudizio di fattibilità dell'intervento, la cui incidenza sulla componente geologica può dirsi nel complesso modesta.

**ALLEGATO 1 – Pericolosità per alluvione PAI**

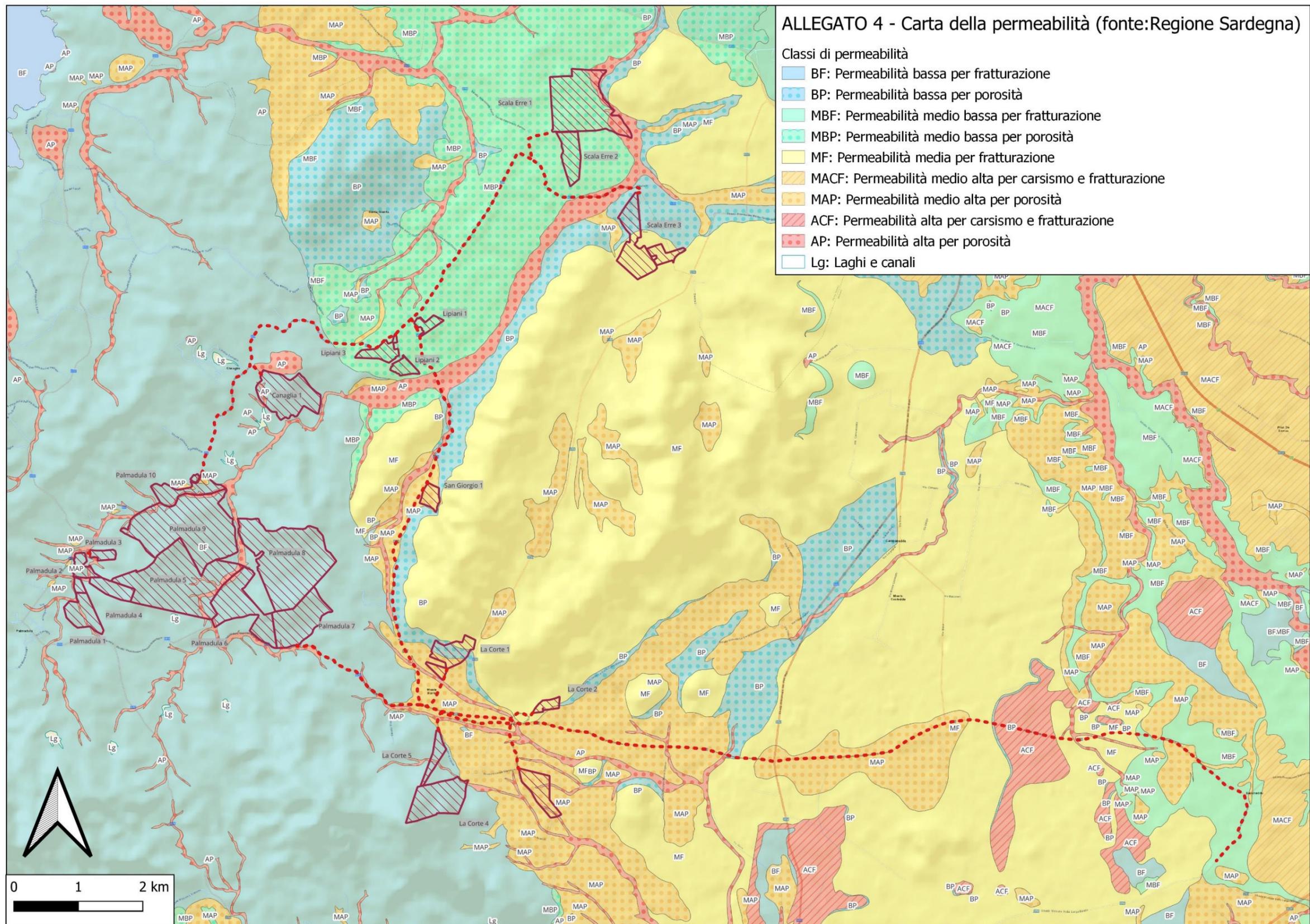


ALLEGATO 2 – Pericolosità per frana PAI



**ALLEGATO 3 – Carta litologica**


**ALLEGATO 4 – Carta della permeabilità**



## ALLEGATO 5 – Planimetria delle indagini geognostiche e geofisiche (3 tavole)

## ALLEGATO 5 - Planimetria delle indagini geognostiche e geofisiche 1/3

Indagini realizzate

● Sondaggio a carotaggio continuo

✕ DPSH

| MASW

Aree intervento

▨ Lotti in progetto

- - - Reti MT e AT progetto

