

EVO S.R.L.



CODICE ELABORATO

C23EOSW002S003R00

PAGINA

1 di 56

AVAILABLE LANGUAGE: IT

**Regione Sardegna**

**Provincia di Sassari**

**Comune di Calangianus**

**“Impianto eolico di potenza nominale pari a 33 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW da realizzarsi nel Comune di Calangianus (SS)”**

**Relazione Geologica e Sismica**

Il tecnico

Geol. Agostino Scalercio



File:CS3EOSW002S003R00\_Relazione Geologica e Sismica.docx

|      |            |                 |               |             |             |
|------|------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| 00   | 09/02/2024 | Prima emissione | F.Castiglione | A.Scalercio | L.Sblendido |
| REV. | DATA       | DESCRIZIONE     | PREPARATO     | VERIFICATO  | APPROVATO   |

## Sommario

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>  | <b>3</b>  |
| 1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO.....                             | 4         |
| 1.3 SCOPO DEL LAVORO E METODOLOGIE DI INDAGINE .....                    | 5         |
| 1.4 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE .....                          | 5         |
| <b>2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO .....</b>                 | <b>8</b>  |
| <b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>                                 | <b>10</b> |
| 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE .....                | 10        |
| 3.2 ASSETTO GEOLOGICO STRATIGRAFICO-LOCALE .....                        | 19        |
| <b>4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>                            | <b>25</b> |
| 4.1 INQUADRAMENTO GENERALE E CARATTERI GEOMORFOLOGICI .....             | 25        |
| <b>5. VINCOLI TERRITORIALI.....</b>                                     | <b>32</b> |
| 5.1 PAI.....  | 32        |
| 5.3 PGRA .....  | 37        |
| <b>6. IDROGEOLOGIA .....</b>  | <b>38</b> |
| 6.1 CLIMA.....  | 38        |
| 6.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE .....                                  | 42        |
| <b>7. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>                                   | <b>45</b> |
| <b>8. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI .....</b>                       | <b>45</b> |
| 8.1 SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA.....                                   | 45        |
| 8.1.1 LE SORGENTI SISMOGENETICHE .....                                  | 45        |
| 8.1.2 ITHACA – DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI .....                       | 46        |
| 8.2 SISMICITÀ.....  | 48        |
| 8.3 MACROZONAZIONE SISMICA – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....         | 48        |
| <b>9. LIQUEFAZIONE.....</b>   | <b>50</b> |
| <b>10. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....</b>                                 | <b>51</b> |
| <b>11. CATEGORIA TOPOGRAFICA.....</b>                                   | <b>53</b> |
| <b>12. LITOSTRATIGRAFIA LOCALE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b> | <b>53</b> |
| <b>13. CONCLUSIONI.....</b>   | <b>55</b> |

## 1. PREMESSA

L'impianto eolico in progetto è costituito da 5 aerogeneratori (anche detti WTG) di potenza nominale unitaria pari a 6,6 MWp, per una potenza nominale complessiva pari a 33 MW. L'impianto è integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW e corredato dalle opere di connessione e dalle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dello stesso. Tutte le turbine e le opere di connessione ricadono all'interno dei confini comunali di Calangianus, in provincia di Sassari.

Per come riportato nella STMG (cod. pratica: 202303981), la centrale utente verrà *collegata in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN di Codrongianos e da collegare tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV alla nuova Stazione Elettrica di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" (prevista dal Piano di Sviluppo Terna).*

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 sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale, in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l'iniziativa, oltre a contribuire al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale, sarà a servizio dei futuri fabbisogni energetici comunali.

La presente relazione si completa con i seguenti allegati ed elaborati grafici, cui si rimanda per maggiori dettagli:

| Titolo               | Scala    |
|----------------------|----------|
| Carta Geolitologica  | 1:10.000 |
| Carta Geomorfologica | 1:10.000 |
| Carta Litotecnica    | 1:10.000 |

**Tabella 1: Allegati alla Relazione Geologica.**

Nel corpo della relazione viene descritto l'assetto geologico-litostратigrafico-idrogeologico, geomorfologico e sismico del sito destinato agli interventi in progetto.

La compatibilità degli interventi è stata verificata da un punto di vista ambientale nei confronti dell'assetto geomorfologico-idrogeologico del territorio, nonché con gli eventuali vincoli territoriali presenti, al fine di soddisfare gli adempimenti emergenti dalla normativa nazionale e regionale,

ovvero in rispetto al “Piano stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) e al Piano di Gestione del Rischio alluvioni (PGRA).

In fase esecutiva, le ipotesi e le prescrizioni contenute nella presente relazione dovranno essere necessariamente verificate. Se il confronto tra i dati forniti dalla presente relazione e quelli provenienti da osservazioni dirette dovesse evidenziare differenze sostanziali, nel pieno rispetto del D.M. 17/01/2018, le indagini dovranno essere necessariamente integrate e le opere adeguate alle eventuali criticità riscontrate.

## 1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL’IMPIANTO

Il parco eolico è costituito da cinque (5) aerogeneratori e relative opere di connessione e interessa il comune di Calangianus in provincia di Sassari.

L’impianto, proposto in aree distanti da centri abitati, si sviluppa altimetricamente tra le quote 640 e 760 m.s.l.m. circa.

Il progetto nel suo insieme prevede la realizzazione di:

- Fondazioni degli aerogeneratori;
- Piazzole di monitoraggio e manutenzione per ogni singolo aerogeneratore;
- Viabilità interna di impianto per consentire l’accesso alle singole piazzole sia per le fasi di cantiere che per le fasi di manutenzione;
- Eventuale adeguamento della viabilità esistente interna all’area di impianto per consentire la trasportabilità delle componenti;
- Elettrodotto MT (380kV) interranti interni all’impianto di connessione tra i singoli aerogeneratori e di veicolazione dell’energia prodotta dall’intero parco eolico SSE;
- Opere di connessione alla RTN (compresa la sottostazione elettrica e 380/150 kV);

Le coordinate degli aerogeneratori costituenti l’impianto, della cabina di raccolta e della Sottostazione di nuova realizzazione, espresse nel sistema di riferimento UTM-WGS84 (fuso32); risultano:

| COMUNE      | WTG | FOGLIO | PARTICELLA | UTM-WGS84 32N |         |
|-------------|-----|--------|------------|---------------|---------|
|             |     |        |            | EST           | NORD    |
| Calangianus | 1   | 34     | 223        | 523092        | 4532289 |
|             |     |        | 234        |               |         |
|             |     |        | 252        |               |         |
|             | 2   | 37     | 4          | 520447        | 4530252 |
|             | 3   | 34     | 252        | 522458        | 4531994 |
|             | 4   | 32     | 144        | 518809        | 4529721 |
| 5           | 37  | 142    | 519941     | 4529783       |         |

|  |          |    |     |        |         |
|--|----------|----|-----|--------|---------|
|  | SSE-BESS | 69 | 280 | 521548 | 4522631 |
|--|----------|----|-----|--------|---------|

**Tabella 2: Coordinate degli aerogeneratori.**

### 1.3 SCOPO DEL LAVORO E METODOLOGIE DI INDAGINE

L'obiettivo del lavoro è stato quello di fornire una visione d'insieme delle caratteristiche generali del sito investigato ed un modello geologico-tecnico di dettaglio; in particolare, lo studio è stato impostato seguendo quelle che sono le relative ministeriali e regionali, allo scopo di:

- definire le principali caratteristiche geologiche;
- definire i lineamenti geomorfologici del territorio e la loro tendenza evolutiva;
- definire le caratteristiche litostratigrafiche del sito in esame e le relative caratteristiche geotecniche;
- ricostruire lo schema di circolazione idrica sotterranea e superficiale, ovvero i caratteri idrogeologici e idraulici;
- definire il comportamento dei terreni nei confronti del rischio sismico.

Nella presente fase progettuale non vengono definite in maniera dettagliata le caratteristiche geometriche e geotecniche dei litotipi, dato che sarà approfondito nella fase successiva fase di progetto mediante una adeguata campagna di indagini geotecniche e geofisiche.

### 1.4 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- ✓ R.D.3267/23: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani";
- ✓ L. 08/08/1985 n. 431: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)";
- ✓ 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 Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

- ✓ L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ D.P.C.M. 23/03/1990: "Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ L. 07/08/1990 n.253: "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ L. 06/12/91 n. 394: "Legge quadro sulle aree protette";
- ✓ Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- ✓ 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).
- ✓ L. 05/01/1994 n. 37: "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche L. 5 gennaio 1994, n. 36. Disposizioni in materia di risorse idriche";
- ✓ D.P.R. 14/04/1994: "Delimitazione bacini";
- ✓ D.P.R. 18/07/1995: "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino";
- ✓ D.M. 14/02/1997: "Direttive tecniche per l'individuazione perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico";
- ✓ D.L. 11/06/1998, n. 180: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- ✓ L. 03/08/1998 n. 267: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- ✓ D.L. 11/05/99 n. 152: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva CEE 91/271 e 91/676";
- ✓ L. 13/07/1999 n. 226 (G.U. 14.07.1999, n. 112): "Conversione in legge, con

modificazioni, del decreto - legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile." (in vigore dal 15.7.1999);

- ✓ D.P.R 6 giugno 2001 n. 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- ✓ 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);
- ✓ Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 pubblicate sulla G.U. n° 29 del 04.02.2008;
- ✓ Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP;
- ✓ O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico";
- ✓ DM 17/01/2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- ✓ DGR n. 28/56 del 26.07.07 "Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici";
- ✓ DGR n. 3/17 del 16.1.2009, "Modifiche allo "Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici (DGR n. 28/56 del 26.07.07)";
- ✓ DGR n. 27/16 del 1.6.2011, "Linee guida attuative del decreto del Ministero per lo Sviluppo Economico del 10.9.2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", e modifica della Delib. G.R. n. 25/40 dell'1.7.2010";
- ✓ DGR n. 45/34 del 12 novembre 2012, "Linee guida per la installazione degli impianti eolici nel territorio regionale di cui alla Delib. G.R. n. 3/17 del 16.1.2009 e s.m.i.";
- ✓ DGR n. 40/11 del 07.08.2015, "Individuazione delle aree e dei siti non idonei all'installazione degli impianti alimentati da fonti di energia eolica";
- ✓ Delibera Consiglio Regionale 27/11/2020 "Individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili".

È necessario ricordare che le norme stesse tengono conto del fatto che la fase di progetto non è sufficiente per definire nei dettagli la reale situazione geologico-tecnica. È necessario pertanto che, in base a quanto disposto dalle norme medesime, sia da eseguirsi, in relazione alle esigenze della fase costruttiva, il controllo delle ipotesi di progetto attraverso i dati ottenuti con verifiche nel corso dei lavori, adottando il cosiddetto "Metodo Osservazionale", volto al controllo e all'eventuale

modifica di quelle variabili di progetto sensibili alle caratteristiche geologiche e geotecniche effettivamente riscontrate.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

L'area oggetto del presente studio ricade integralmente nel territorio comunale di Calangianus, alle località Alvicosu, Pudistaiu, Tana e Pinu Toltu; le aree sono comprese fra le quote 640 e 740 m.s.l.m.

Il Centro abitato più prossimo alle aree di impianto è quello di Calangianus (2,5 km circa ad ovest). Nell'elaborazione del presente lavoro è stato necessario avvalersi di carte topografiche, tecniche e tematiche e in particolare sono state utilizzati i livelli WMS disponibili sul sito del GeoPortale Nazionale, i livelli WMS, WFS e gli shapefile disponibili sul SITR della Regione Sardegna, ivi comprese le tematiche della pericolosità e del rischio idraulico e da frana.

Per l'area in oggetto è disponibile la cartografia geologica CarG in scala 1.50.000, poiché ricadente interamente nel Foglio 443 "Tempio Pausania", mentre per l'intera regione sono disponibili i relativi informativi in formato shapefile forniti dalla Regione Sardegna, liberamente scaricabili e utilizzati in questa sede in ambiente GIS.

Di seguito un elenco delle fonti cartografiche.

- Servizi vettoriali Sardegna: <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>
- Servizi raster Sardegna: <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserverraster/ows>
- Geoportale Nazionale, servizi di scaricamento dati vettoriali WFS: [Servizio di scaricamento WFS - Geoportale Nazionale \(minambiente.it\)](#)
- GeoPortale Nazionale, servizi di scaricamento dati raster WCS: [Servizio di scaricamento WCS - Geoportale Nazionale \(minambiente.it\)](#)
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 ISPRA: [CartoWeb \(isprambiente.it\)](#)
- Cartografia [CARG-ISPRA 443 Tempio Pausania \(isprambiente.gov.it\)](#)

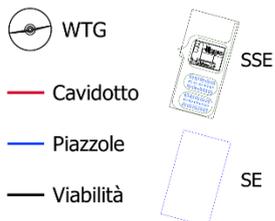


Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area di impianto e delle opere di connessione su base Carta Topografica d'Italia in scala 1:100.000, da GeoPortale Nazionale.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE

L'inquadramento geologico che qui segue riprende largamente quanto riportato nelle note illustrative del Foglio Geologico CarG 443, "Tempio Pausania", che comprende l'intera area di impianto e le cui note descrivono anche il quadro generale del settore.

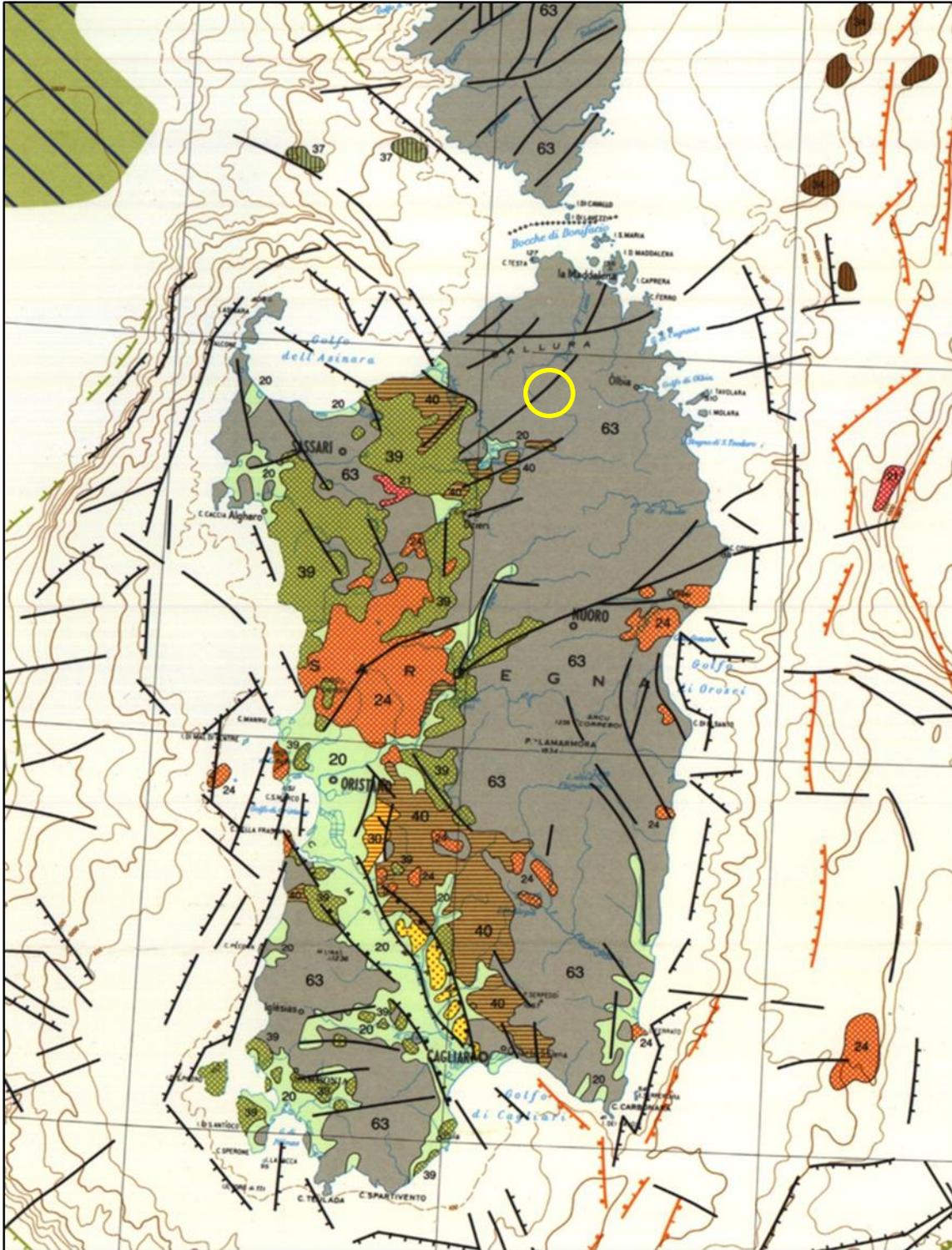
La Sardegna è usualmente divisa in tre complessi: il basamento metamorfico ercinico, il complesso intrusivo tardo-ercinico, le coperture sedimentarie e vulcaniche tardo-erciniche, mesozoiche e cenozoiche.

Il basamento sardo è un segmento della catena ercinica sud-europea, considerata una catena collisionale, con subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal Siluriano, e collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo durante il Devoniano e il Carbonifero. In Sardegna la geometria collisionale della catena ercinica è ancora ben riconoscibile. Secondo alcuni autori il margine armoricano sovrascorso è rappresentato dal complesso metamorfico di alto grado che affiora nella Sardegna settentrionale, mentre il margine del Gondwana subdotto è rappresentato da un complesso metamorfico di basso e medio grado, a sua volta suddiviso in Falde interne e Falde esterne, che affiora nella Sardegna centrale e sud-orientale. I due complessi sono separati dalla Linea Posada-Asinara, lungo la quale si rinvencono relitti di crosta oceanica.

Alla strutturazione collisionale segue nel tardo-ercinico un'evoluzione caratterizzata da: collasso gravitativo della catena, metamorfismo di alto T/P, messa in posto delle plutoniti che formano il Batolite sardo-corso.

Dopo l'Orogenesi ercinica altri settori di crosta sono stati incorporati nella catena pirenaica, nelle Alpi e nell'Appennino, mentre il settore di crosta che attualmente costituisce il Blocco sardo-corso non è stato coinvolto in eventi orogenici di qualche rilevanza. Le deformazioni più importanti sono di carattere trascorrente e si manifestano tra l'Oligocene ed il Miocene.

La successione stratigrafica attualmente riconosciuta parte dal Mesozoico e tali successioni appartengono alla piattaforma connessa con l'evoluzione del margine passivo sud-europeo, costituita prevalentemente da calcari e da dolomie. I depositi più diffusi, riferiti al Terziario, sono rappresentati da vulcaniti e da sedimenti clastici e carbonatici. Le vulcaniti sono costituite da lave andesitiche alternate a flussi piroclastici saldati e non saldati a chimismo riolitico e riodacitico.



 Area di interesse

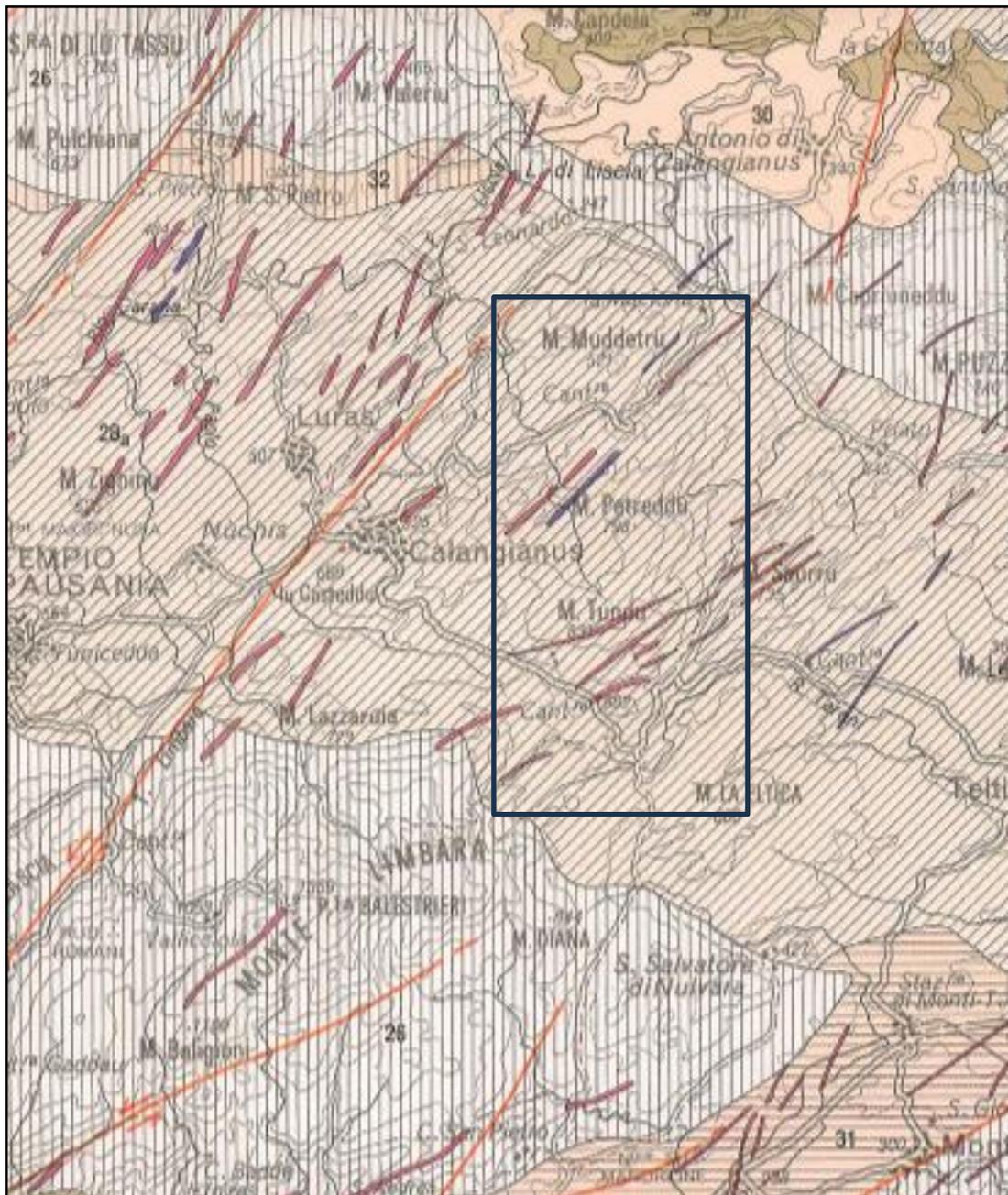
Figura 2: Synthetic Structural-Kinematic Map of Italy- Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR-scala 1:500.000



Figura 3: Legenda della Synthetic Structural-Kinematic Map of Italy-Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR-scala 1:500.000

Nella Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000 a cura del Comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna (edizione 1996) l'area rientra nell'area Basamento Ercinico, Complesso Plutonico del Carbonifero superiore – Permiano (29<sub>a</sub> monzograniti inequigranulari).

I complessi plutonici sono attraversati da cortei filoniani a chimismo variabile, ma con una generale orientazione sud-ovest – nord-est.



Area di progetto

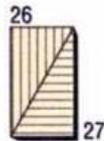
Figura 4: Carta geologica della Sardegna in scala 1:200.000; comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica della Sardegna (1996).

## BASAMENTO ERCINICO

### HERCYNIAN BASEMENT

#### Complesso plutonico del Carbonifero sup. - Permiano

##### *Upper Carbonifous - Permian plutonic complex*



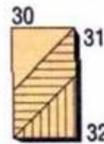
Leucograniti equigranulari (Gallura: Limbara; Sarrabus: Rio Picocca, San Vito; Sulcis), etc. **26**.  
Leucograniti a Grit (Baronie: P.ta Tepilora), etc. **27**.

*Equigranular leucogranites (Gallura: Limbara; Sarrabus: Rio Picocca, San Vito; Sulcis), etc. 26.*  
*Grit bearing leucogranites (Baronie: P.ta Tepilora), etc. 27.*



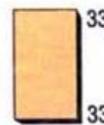
Monzograniti equigranulari (Goceano: Buddusò, Bortamelone; Gallura: Costa Paradiso), etc. **28<sub>b</sub>**. Monzograniti inequigranulari (Gallura: Calangianus, Arzachena; Barbagia: Olzai), etc. **28<sub>a</sub>**. Sieniti sodiche (Sarrabus: Villasimius) **29**.

*Equigranular monzogranites (Goceano: Buddusò, Bortamelone; Gallura: Costa Paradiso), etc. 28<sub>b</sub>.*  
*Inequigranular monzogranites (Gallura: Calangianus, Arzachena; Barbagia: Olzai), etc. 28<sub>a</sub>.*  
*Sieniti sodiche (Sarrabus: Villasimius) 29.*



Granodioriti, monzogranitiche equigranulari (Marghine: Bortolana; Gallura: S. Antonio; Barbagia: Gavoi), etc. **30**. Granodioriti, monzogranitiche inequigranulari (Gallura: Monti; Barbagia: Orotelli), etc. **31**. Granodioriti tonalitiche (Barbagia: Mamoiada; Ogliastra: Villagrande; Goceano: Benetutti), etc. **32**.

*Equigranular monzogranitic granodiorites (Marghine: Bortolana; Gallura: S. Antonio; Barbagia: Gavoi), etc. 30.*  
*Inequigranular monzogranitic granodiorites (Gallura: Monti; Barbagia: Orotelli), etc. 31.*  
*Tonalitic granodiorites (Barbagia: Mamoiada; Ogliastra: Villagrande; Goceano: Benetutti), etc. 32.*

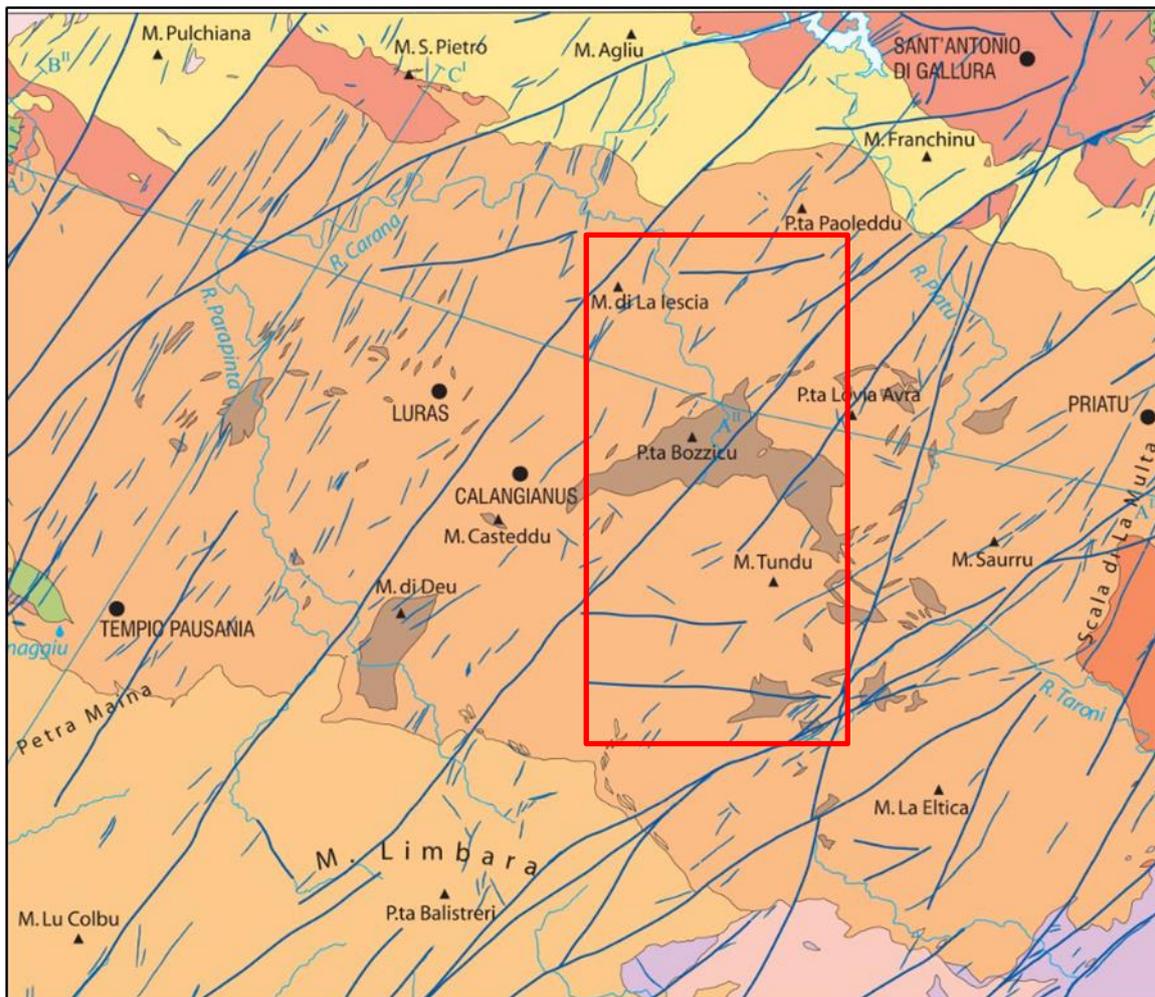


Tonaliti (Goceano: Burgos, Serra d'Orotelli; Mandrolisai: Ortueni), etc. **33<sub>b</sub>**. Gabbri e masse gabbro-tonalitiche (Gallura: P.ta Falcone, Bortigadas; Goceano: Osidda; Sarrabus: Solanas), etc. **33<sub>a</sub>**.

*Tonalites (Goceano: Burgos, Serra d'Orotelli; Mandrolisai: Ortueni), etc. 33<sub>b</sub>.*  
*Gabbros and gabbro-tonalitic bodies (Gallura: P.ta Falcone, Bortigadas; Goceano: Osidda; Sarrabus: Solanas), etc. 33<sub>a</sub>.*

Figura 5: Legenda della carta geologica della Sardegna rappresentante il Basamento Ercinico comprendente il complesso plutonico permo-carbonifero; Comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotecnica della Sardegna (1996).

I terreni paleozoici vengono distinti in Unità su base genetica e in base alla posizione tettono-stratigrafica.



**Figura 6: Foglio geologico CarG 1:50.000 “Tempio Pausania”, comprendente l'intero impianto (riquadro in rosso) e legenda annessa in cui vengono riportate le informazioni dell'area sulle Unità tettono-stratigrafiche.**

Le unità tettono-stratigrafiche di maggiore ordine gerarchico sono raggruppate secondo l'ordine stratigrafico, dal basso verso l'alto, in:

- Basamento metamorfico paleozoico;

- Corteo filoniano
- Depositi quaternari dell'area continentale;

### **BASAMENTO METAMORFICO PALEOZOICO**

Le unità del basamento presenti nell'area di diretto interesse, distingue su base petrografica, e in un suo intorno sono le seguenti:

#### **Complesso Granitoide della Gallura**

- Unità Intrusiva di Tempio Pausania (Facies Monte di La Jescia)
- Unità Intrusiva di Tempio Pausania (Facies Punta Lovia Avra)
- Unità Intrusiva di Tempio Pausania (Facies Punta Bozzico)

#### **CORTEO FILONIANO**

Nel basamento cristallino è rappresentata la varietà di litotipi che caratterizzano il corteo filoniano tardo-paleozoico, con un ampio spettro compositivo e da rapporti complessi con le rocce incassanti. Sono presenti filoni di vario chimismo:

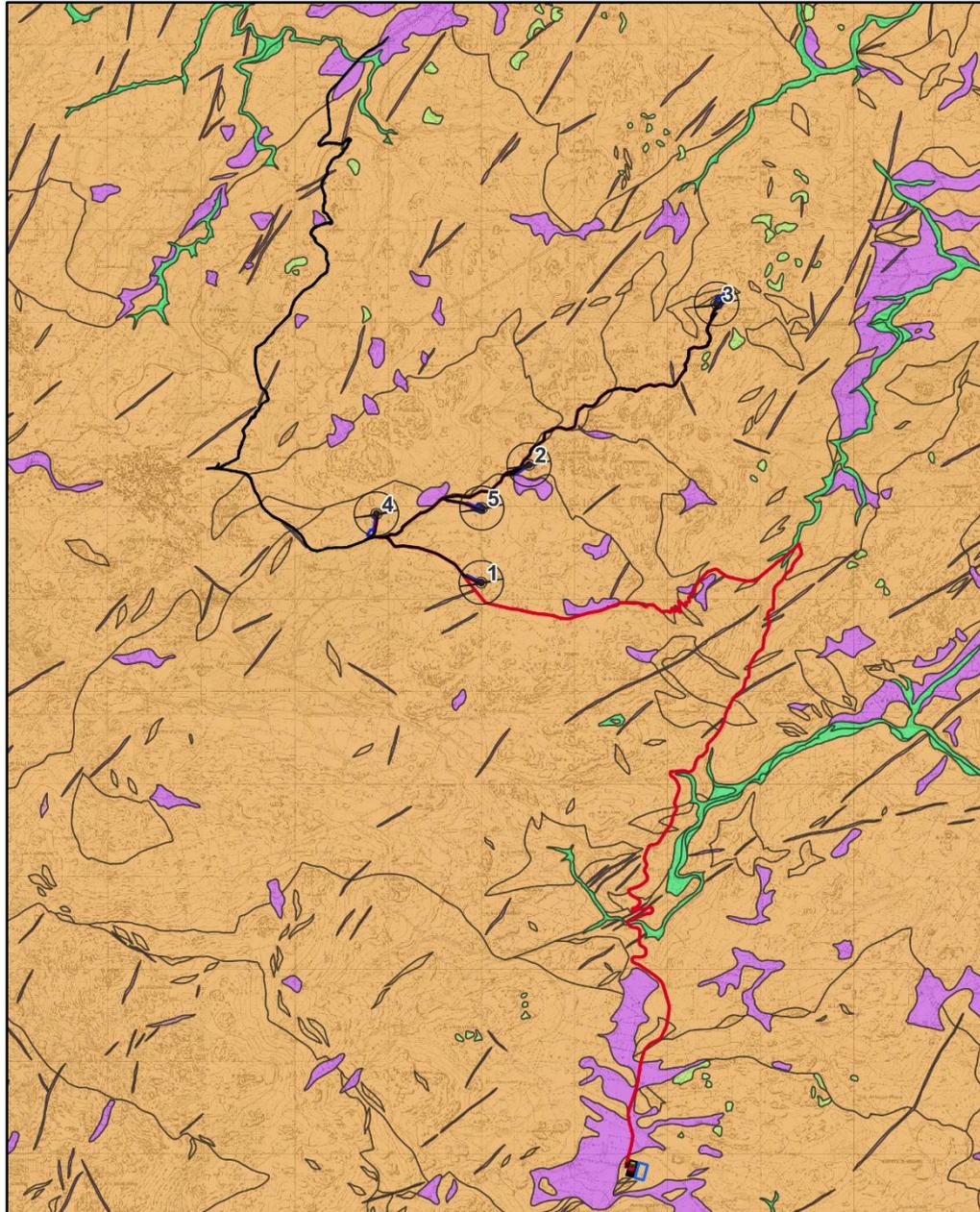
- fb – filoni basaltico-olivini e trachibasaltici (filoni a composizione basica e serialità transizionali);
- fr – filoni riolitici (filoni e ammassi a composizione acida e serialità calcicalina),
- fq – filoni idrotermali a quarzo prevalente.

#### ***Depositi quaternari dell'area continentale***

Si tratta di depositi di origine fluviale, in parte terrazzati, a granulometria molto variabile e di depositi di origine gravitativa, sia di tipo detritico, sia di tipo franoso in senso stretto, con questi ultimi nettamente subordinati rispetto a quelli detritici. I depositi di tipo alluvionale sono presenti anche nell'area di impianto e costituiscono i prodotti presenti in corrispondenza del reticolo idrografico. La granulometria è generalmente medio-fine, ma possono essere presenti anche elementi clastici di dimensione decimetrica. Vengono distinti:

- depositi antropici
- depositi alluvionali
- depositi eluvio-colluviali
- depositi di versante
- depositi alluvionali terrazzati
- depositi di frana

a seguire si riporta uno stralcio in ambiente GIS in cui vengono riportate le Unità Strutturali nell'intorno dell'area di progetto, da cui si evince che gli aerogeneratori e le piazzole ricadono interamente all'interno del Complesso Granitoide della Gallura.



**Figura 7: Carta delle Unità Strutturali; Shapefile in ambiente GIS.**



**Figura 8: Affioramento del Complesso Granitico della Gallura (Unità intrusiva di Tempio Pausania). Il complesso granitico, in parte ricoperto da vegetazione presenta fratturazione evidente e forme erosive derivanti dall'erosione a tafoni. La fratturazione è prevalentemente sub-verticale.**



**Figura 9:** Blocchi di granito di colore grigio alterati, facente parte dell'Unità intrusiva di Tempio Pausania (Complesso Granitoide della Gallura), composta leucograniti a grana fine. I blocchi, localmente arrotondati e ricoperti da licheni, presentano fratturazione pervasiva a prevalente medio angolo. L'alterazione chimico-fisica ha prodotto queste tipiche forme arrotondate a blocchi sovrapposti denominate 'Thor'.

### 3.2 Assetto geologico stratigrafico-locale

Il dettaglio delle condizioni geologiche può essere desunto facilmente attraverso la sovrapposizione fra il layout di progetto e gli shapefile dei tematismi CarG disponibile nel Portale Cartografico della Regione Sardegna, dettagliando quindi le singole facies in cui sono suddivise le Unità Strutturali, come visibile nello stralcio a seguire.

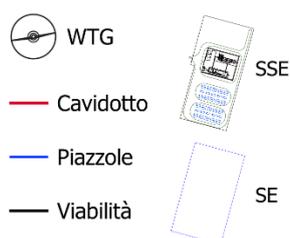
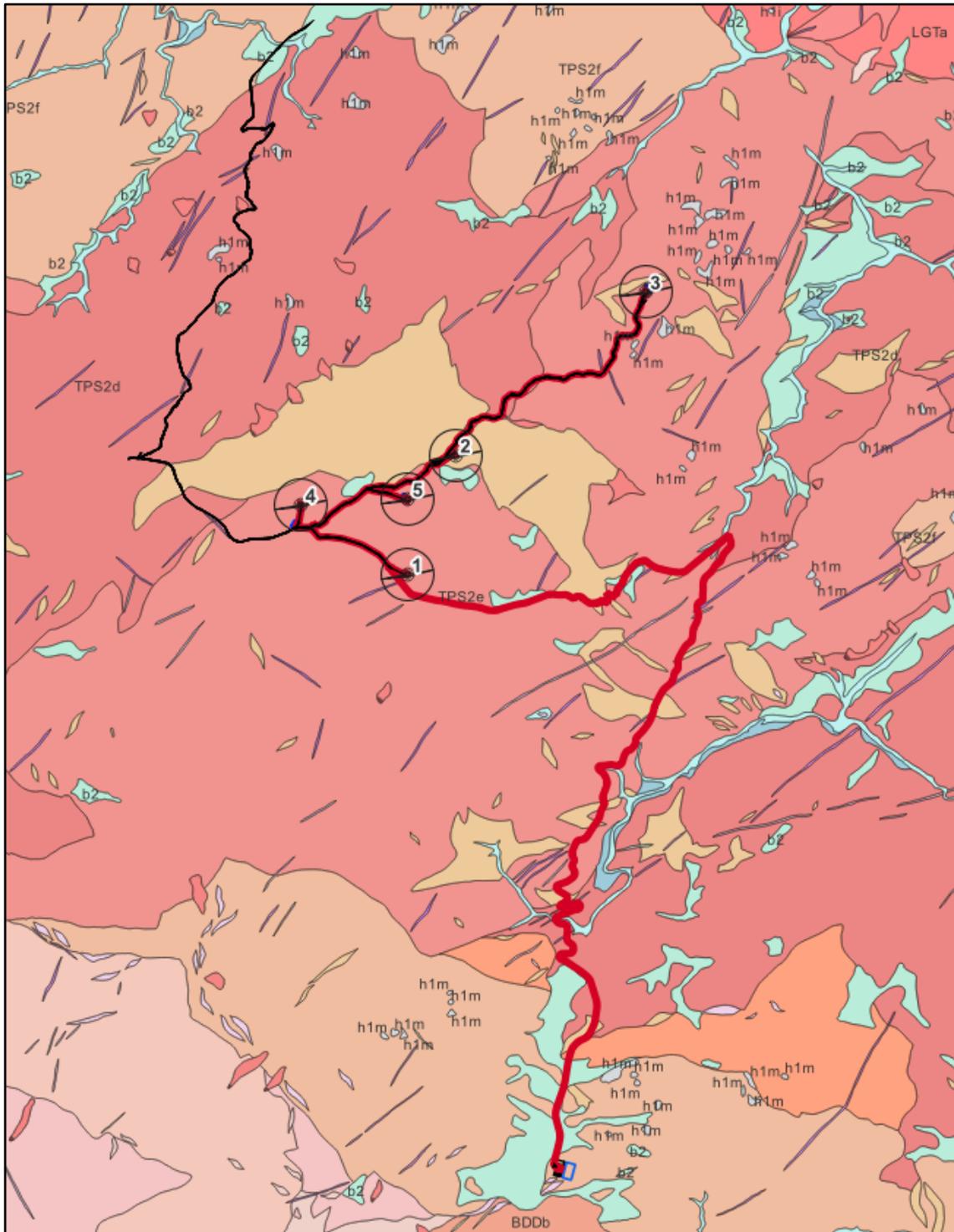


Figura 10: Carta Litologica (Fonte: SITR Sardegna ed elaborazione in ambiente GIS). Per la legenda vedi testo a seguire.

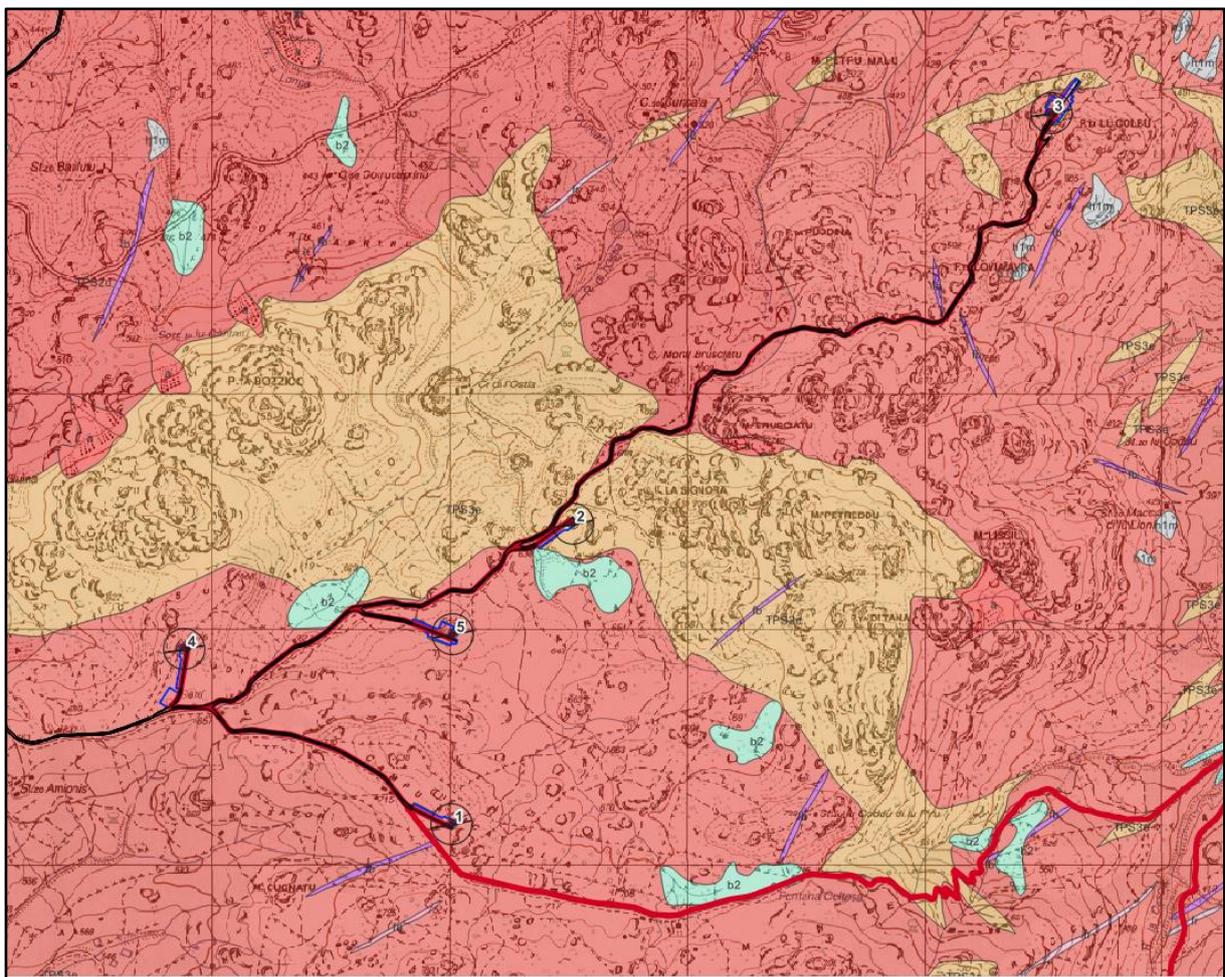
**b2-** Coltri eluvio-colluviali**a** - Depositi di versante**a1a** - Depositi di frana**ba** - Depositi alluvionali**fb** - Filoni basaltici a serialità transizionale, di composizione basaltica olivinica e trachibasaltica**fd** - filoni idrotermali**fr**- Filoni e stoks di composizione dacitica e riodacitica**h1m** - Depositi antropici**LGTa** - Facies Monte Franchinu (Unità intrusiva di Luogosanto). Monzograniti moderatamente inequigranulari.**LGTe** - Facies Monti di Cogna (Unità intrusiva di Luogosanto). Leucograniti a grana fine**LG Tf** - Facies Montiggiu Santu (Unità intrusiva di Luogosanto). Sieniti inequigranulari**TPS2d** - Facies Monte di La Jescia (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari con rari fenocristali di K-feldspato**TPS2e** - Facies Punta Lovia Avra (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari con fenocristali eudrali di K-feldspato**TPS2f** - Facies Punta Paoleddu (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari con abbondanti fenocristalli di K-feldspato**TPS3d** - Facies Punta Balistreri (Subunità intrusiva di Monte Limbara – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Leucograniti porfirici a grana fine**TPS3e** - Facies Punta Bozzico (Subunità intrusiva di Monte Limbara – Unità intrusiva di Tempio Pausania) Leucograniti a grana fine**TPS3f** - Facies Monte La Eltica- (Subunità intrusiva di Monte Limbara – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Ammassi aplo-pegmatitici

Il contesto geologico puntuale dell'area d'impianto è caratterizzato dai seguenti terreni, distinti da quelli più recenti a quelli più antichi:

- **b2** - Coltri eluvio-colluviali. Olocene
- **a2** - Depositi di versante. Olocene
- **fb** - Filoni basaltica a serialità transizionale, di composizione basaltica olivinica e trachibasaltica.

- **TPS2d** – Facies monte di La Jescia (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari con rari cristalli di K-feldspato. Carbonifero Sup – Permiano.
- **TPS3e** – Facies Punta Bozzico (Subunità intrusiva di Monte Limbara – Unità intrusiva di Tempio Pausania) Leucograniti a grana fine. Carbonifero superiore - Permiano.

Qui di seguito si riporta un dettaglio dell'area di impianto, per verificare i litotipi interessati da principali interventi di progetto.



 Cavidotto


 Viabilità


 Piazzole

**Figura 11: Dettaglio delle caratteristiche litologiche dell'area d'impianto.**

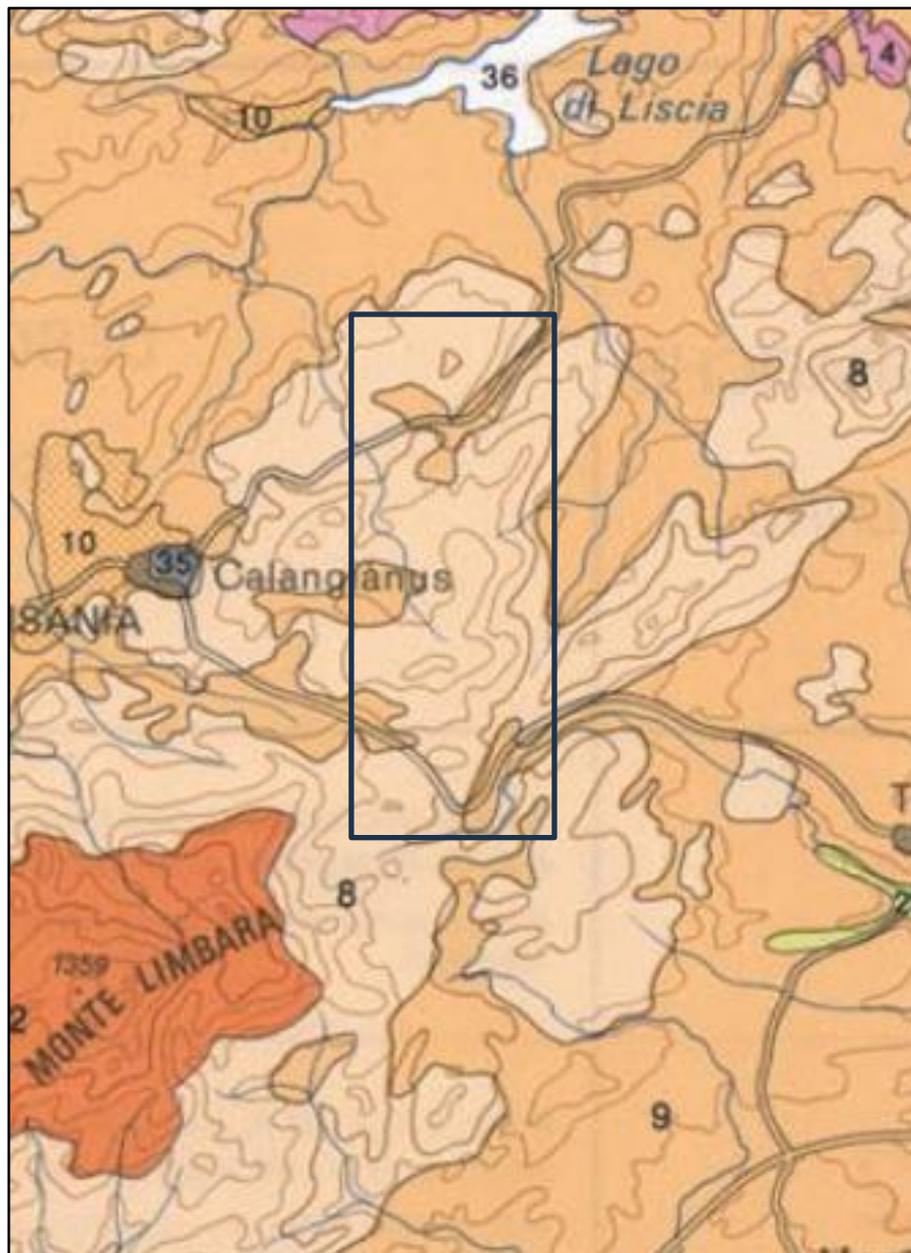
Facendo riferimento allo stralcio cartografico appena proposto, gli aerogeneratori e le relative

piazzole ricadono nei seguenti contesti geologici:

- **WTG1** - Facies Punta Lovia Avra (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari, con fenocristalli euedrali di Kfs aventi taglia compresa tra 1 e 5 cm. Carbonifero Sup.-Permiano.
- **WTG2** - Facies Punta Bozzico (Subunità intrusiva di Monte Limbara -Unità intrusiva di Tempio Pausania). Leucograniti a grana fine. Carbonifero sup.- Permiano
- **WTG3** - Facies Punta Lovia Avra (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari, con fenocristalli euedrali di K-feldspato aventi taglia compresa tra 1 e 5 cm. Carbonifero Sup.-Permiano
- **WTG4** - Facies Punta Lovia Avra (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari, con fenocristalli euedrali di K-feldspato aventi taglia compresa tra 1 e 5 cm. Carbonifero Sup.-Permiano.
- **WTG5** - Facies Punta Lovia Avra (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari, con fenocristalli euedrali di K-feldspato aventi taglia compresa tra 1 e 5 cm. Carbonifero Sup.-Permiano.

Da quanto riportato è quindi evidente che tutte le piazzole, sono caratterizzati da terreni a carattere litoide, da semiduri a duri, per cui in fase di realizzazione degli scavi è da attenersi una forte resistenza all'escavazione. Tale fattispecie potrebbe necessitare dell'utilizzo di martelloni o altre attrezzature atte alla rottura di rocce di elevata resistenza.

La Sardegna è dotata di una cartografia pedologica ad ampia scala, che di seguito si riporta, nella quale si può osservare che l'intera zona è caratterizzata sostanzialmente da due classi di suolo, riportati con la numerazione 8 e 9, suoli evolventisi su rocce effusive intrusive granitoidi, ovvero rocce granitoidi affioranti (8) e suoli poco evoluti (9).



| <b>C</b> Paesaggi su rocce intrusive (graniti, granodioriti, leucograniti, ecc.) del Paleozoico e relativi depositi di versante<br>Landscapes on intrusive rocks (granites, granodiorites, leucogranites, etc.) of the Paleozoic and their slope deposits |  |  |
|---|--|--|
| 8   | Rock outcrop<br>Lithic Xerorthents   | Rock outcrop<br>Eutric, Dystric e Lithic Leptosols                               |
| 9   | Typic, Dystric e Lithic Xerorthents<br>Typic, Dystric e Lithic Xerochrepts<br>Rock outcrop | Eutric, Dystric e Lithic Leptosols<br>Eutric e Dystric Cambisols<br>Rock outcrop |



Area di interesse

Figura 12: Stralcio carta dei suoli della Sardegna e relativa legenda (A. Aru et alii, 1989). L'area è caratterizzata esclusivamente da due tipologie pedologiche, legate all'evoluzione del complesso intrusivo granitoide, in cui l'evoluzione aumenta dall'elemento 8, roccia nuda in affioramento a 9, nel quale aumenta il grado di pedogenesi dell'ammasso.

#### 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

##### 4.1 inquadramento generale e caratteri geomorfologici

L'area in cui si colloca il progetto, nel contesto dell'interno gallurese, è costituita da una serie di alture di tipo collinare a dominanza granitica su un paesaggio di pendenza moderata ma che presentano in alcuni casi pareti verticali o subverticali. Frequenti sono anche le presenze di terrazzi morfologici, di torrioni e pinnacoli (es. M.te di la Signora, nei pressi di P.ta Bozzicu), "thor", "boulders" o "boulies". I rilievi principali presenti nell'intorno dell'area d'impianto sono il Monte La signora (706), Monte Petreddu (798m) e il Monte Brusciatu (740m). Nella zona d'impianto si imposta il fiume denominato Riu La Longa con aste fluviali di ordine Strahler 1,2 e 3.

L'aerogeneratore 1 è collocato in località Campu Spicatoglia, in una zona di crinale con quota variabile da circa 700 a circa 730 m, in cui sono presenti morfologie tipiche degli altipiani sardi di tipo granitico, con roccioni e *thor* diffusi.

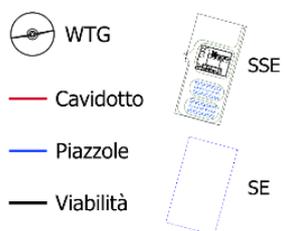
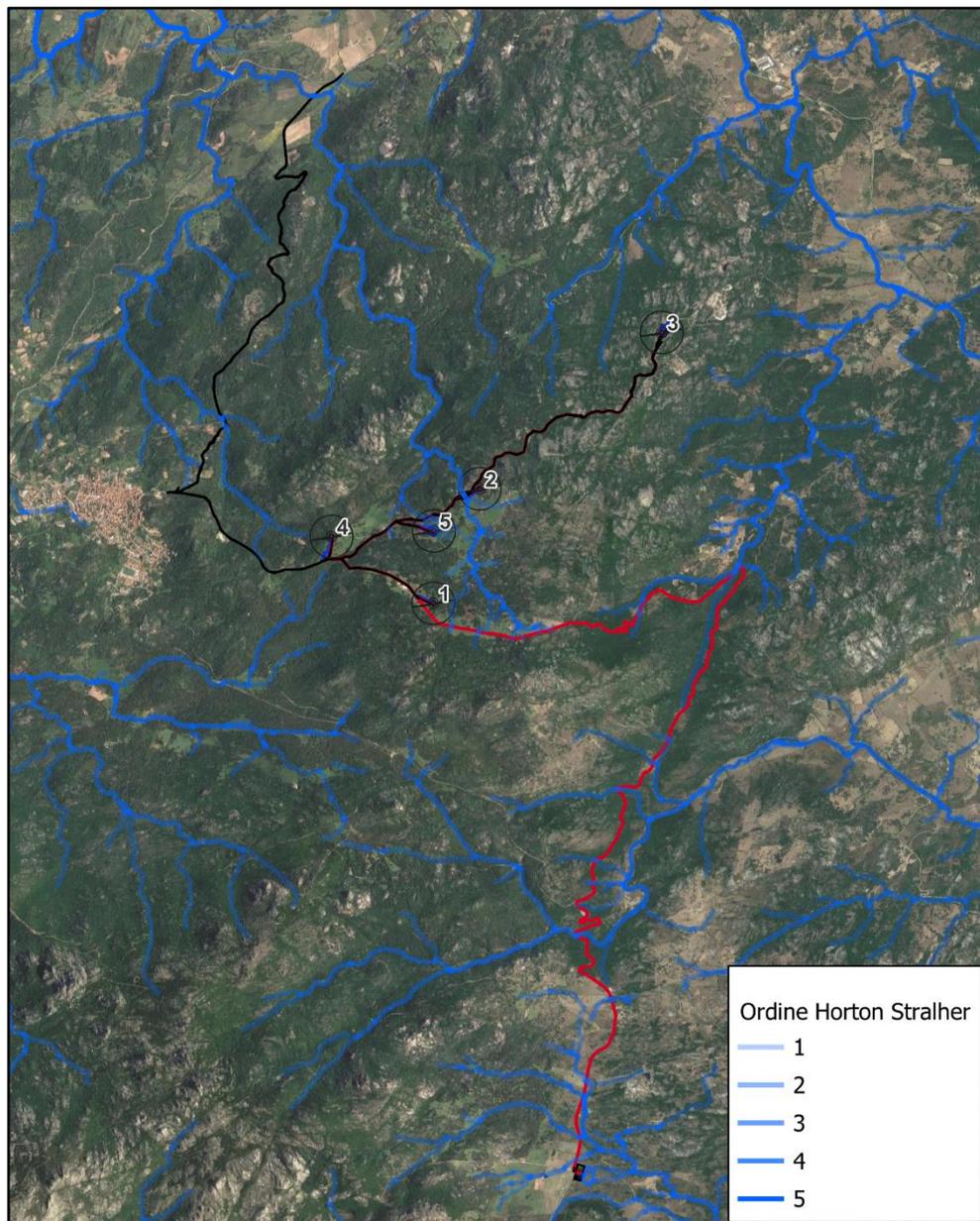
L'aerogeneratore 2 è posto in un contesto di versante a bassa pendenza in destra idrografica del Riu La Longa, a ovest dell'altura denominata La Signora, che culmina a circa 725 m, mentre l'aerogeneratore è collocato a circa 630 m; anche in questo caso sono presenti vari roccioni e domi di esfoliazione.

L'aerogeneratore 3 è posto nella località Pinu Toltu, poco a nord-ovest del picco denominato Punta Lu Colbu, alla quota di circa 590 m, come le altre WTG sono presenti in zona una serie di alture rocciose di sviluppo verticale anche di poche decine di metri. In questo settore, e in particolare a nord-ovest della piazzola di progetto, sono presenti alcune aree di cava per l'estrazione del granito

L'aerogeneratore 4 è posto in località Alvicosu e Pudistai su un crinale piuttosto stretto orientato nord-sud, a quota di circa 650 m.s.l.m.; in questo caso gli affioramenti rocciosi sono posti prevalentemente a nord dell'area della piazzola.

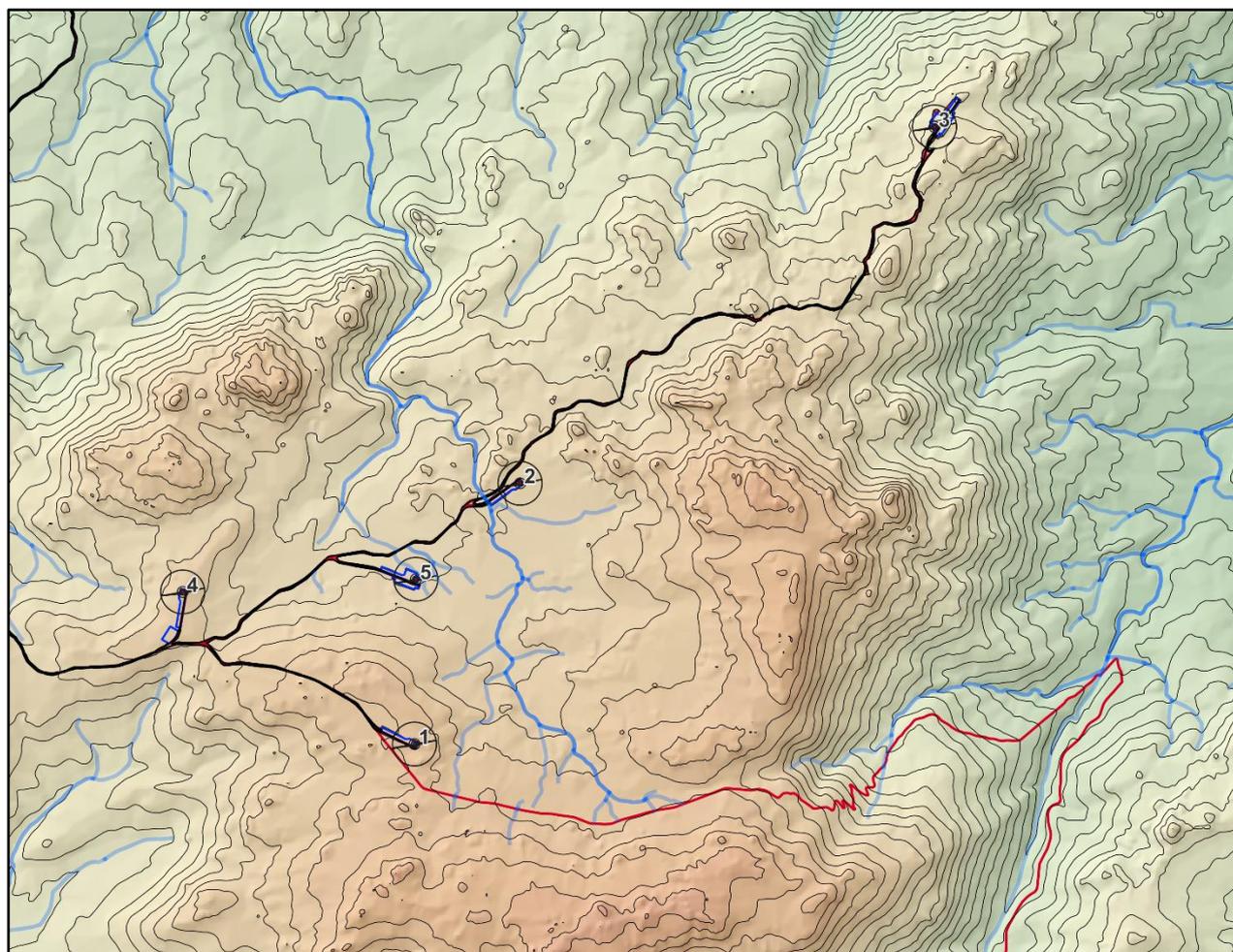
L'aerogeneratore 5 si trova in un contesto lievemente differente, su versante aperto in sinistra idrografica del Riu La Longa, in un'area di bassa pendenza.

La sottostazione elettrica è posta in località Lu Rustu, nel contesto tipicamente vallivo del Riu Su Gaddalzu, fra le alture di Punta Coniditta a sud-est e di Punta Raigheddu a nord-ovest.



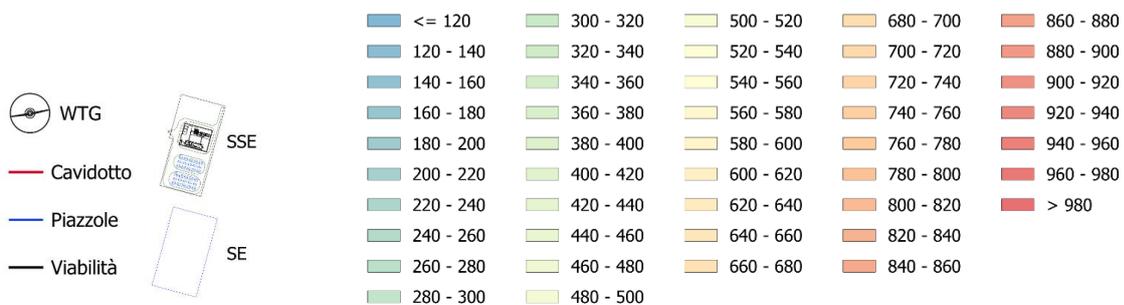
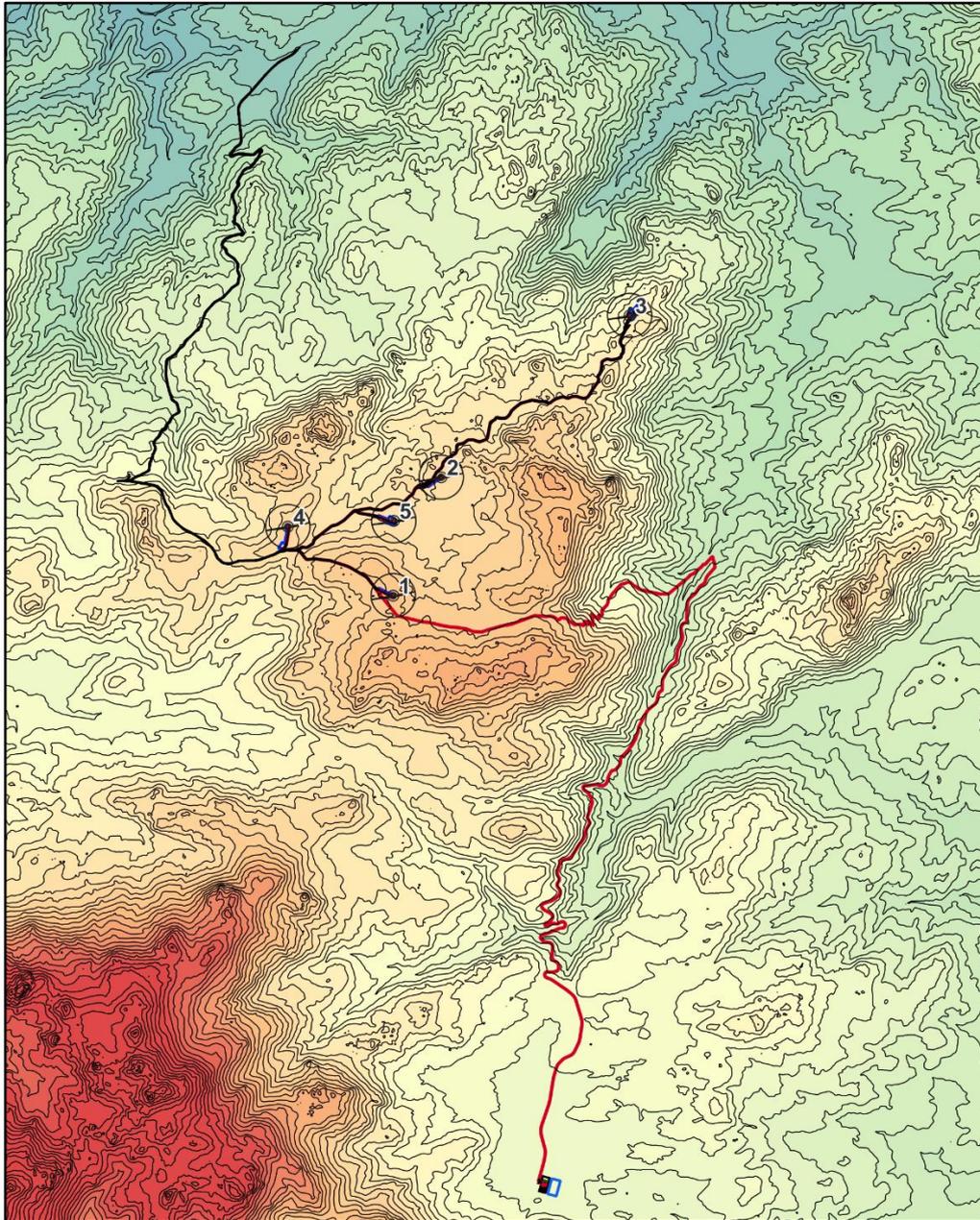
**Figura 13: Reticolo idrografico dell'intera area; nella figura, elaborate in ambiente GIS, vengono riportati gli ordini Horton-Strahler secondo quanto riportato nel SITR della Regione Sardegna.**

Le componenti morfologiche dell'area di messa in posa degli aerogeneratori possono essere messe in risalto tramite il modello di elevazione digitale DTM e il rilievo ombreggiato di seguito riportato.



**Figura 14: Area degli aerogeneratori. Elaborazione in ambiente GIS con sovrapposizione del modello del suolo ombreggiato su DTM in falsi colori. Le curve di livello hanno equidistanza 20 m.**

L'area di progetto presenta delle pendenze poco acclivi, con un leggero aumento nella porzione orientale nell'intorno delle WTG 3 e 1. Un analogo discorso può essere fatto lungo tutto il tragitto del cavidotto fino alla stazione elettrica, in cui si può osservare (Figura 15) un aumento delle pendenze nella parte centrale che decresce fino all'arrivo della stazione elettrica.

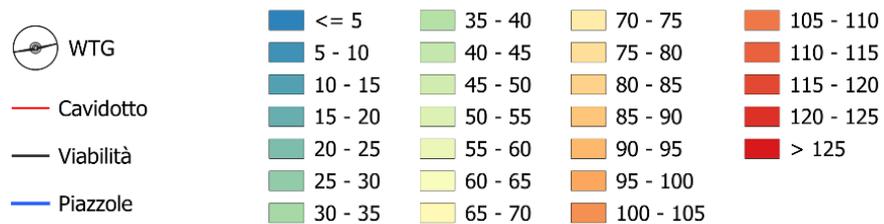
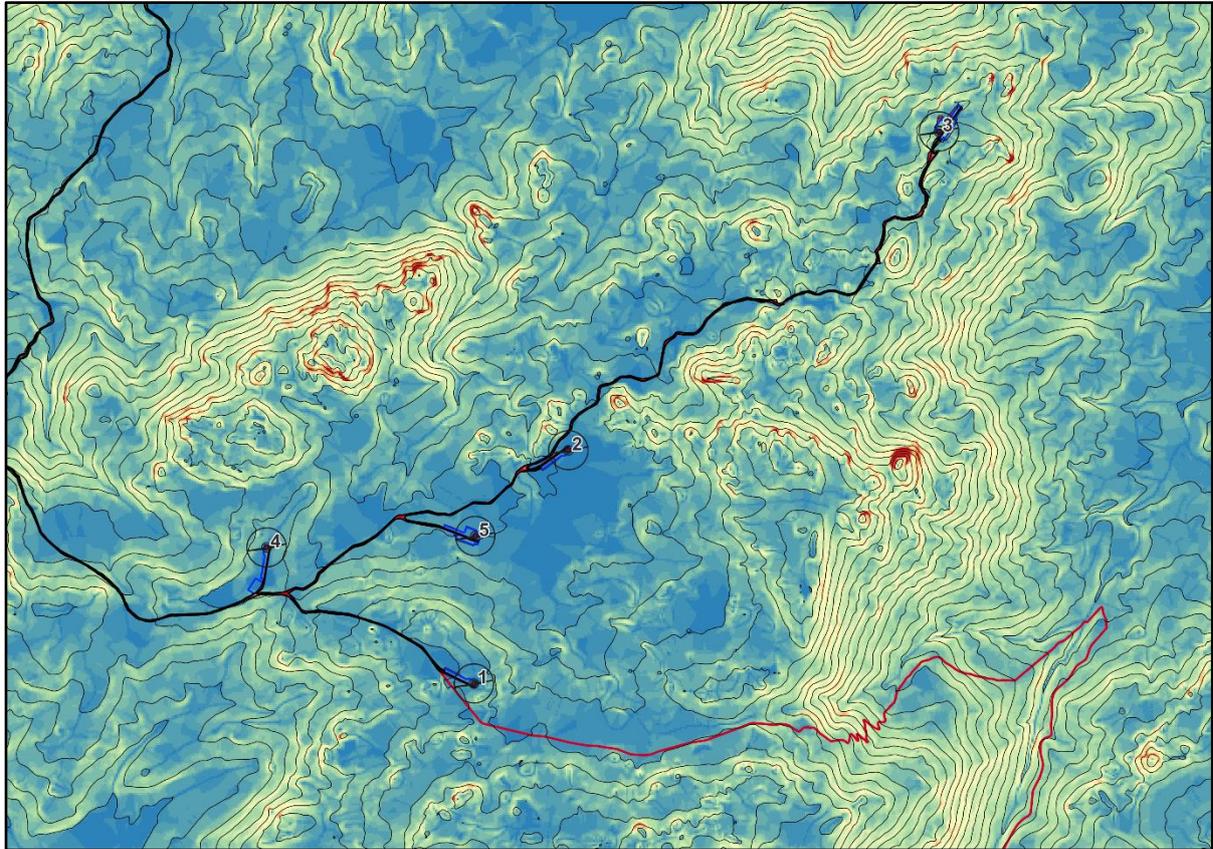


**Figura 15: Modello DTM passo 20 m del Portale Nazionale dell'intera area d'impianto; i toni caldi indicano le maggiori elevazioni. Risulta evidente la grande elevazione (nei toni del rosso) di un complesso granitoide costituito da più alture a sud dell'area d'impianto, mentre nella parte centrale dell'immagine (toni rosso-giallo) in cui sono presenti gli aerogeneratori l'elevazione risulta leggermente più modesta.**



**Figura 16: Visuale panoramica situata nel Complesso intrusivo della Gallura (Unità intrusiva di Tempio Pausania). Il paesaggio si presenta con una morfologia caratterizzata da pendenze moderate, localmente più accentuate in corrispondenza di alti morfologici costituiti da affioramenti di graniti spesso in forma di Thor o di semplici affioramenti per erosione differenziale privi di copertura vegetale.**





**Figura 18: Carta delle pendenze con dettaglio sull'area degli aerogeneratori. Come si può osservare dalla figura gli aerogeneratori si impostano su un'area a pendenza da bassa a moderata (toni azzurro-giallo).**

## 5. VINCOLI TERRITORIALI

### 5.1 PAI

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato PAI), D.L 279/2000, convertito con modificazioni della L.365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa del rischio idrogeologico del territorio; esso ha valore di piano sovraordinato e prevale sullo strumento urbanistico locale. Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio di competenza dell'ABR (in questo caso Distretto Sardegna) adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti e al pericolo di frana, all'assetto idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo di inondazione e all'assetto della costa, relativo alla dinamica delle linee di rive e al pericolo dell'erosione costiera.

I tematismi del vigente piano sono disponibili sul sito istituzionale del GeoPortale della Sardegna <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows> e sono stati caricati in ambiente GIS per la sovrapposizione e visualizzazione unitaria ad altri layers.

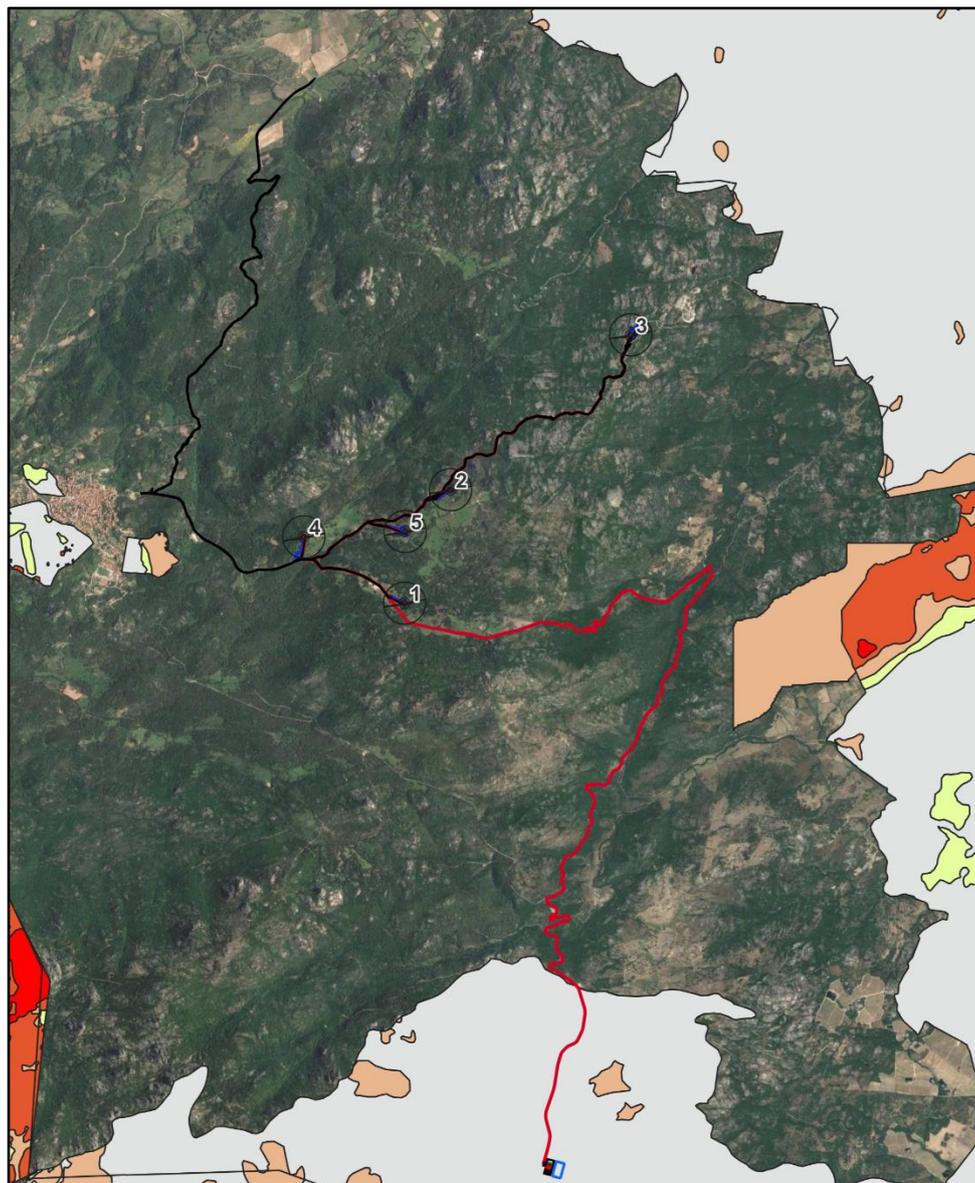


Figura 19: Elaborazione in ambiente GIS con i tematismi delle aree a pericolo geomorfologico. Fonte <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>. Le aree di posa degli aerogeneratori e della viabilità non rientrano nella perimetrazione PAI per il rischio geomorfologico, mentre la SSE e il tratto terminale del cavidotto ricadono nella perimetrazione delle aree a pericolosità Hg0, ovvero non soggette a frana.

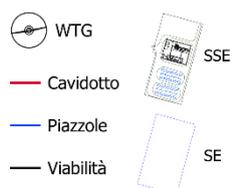
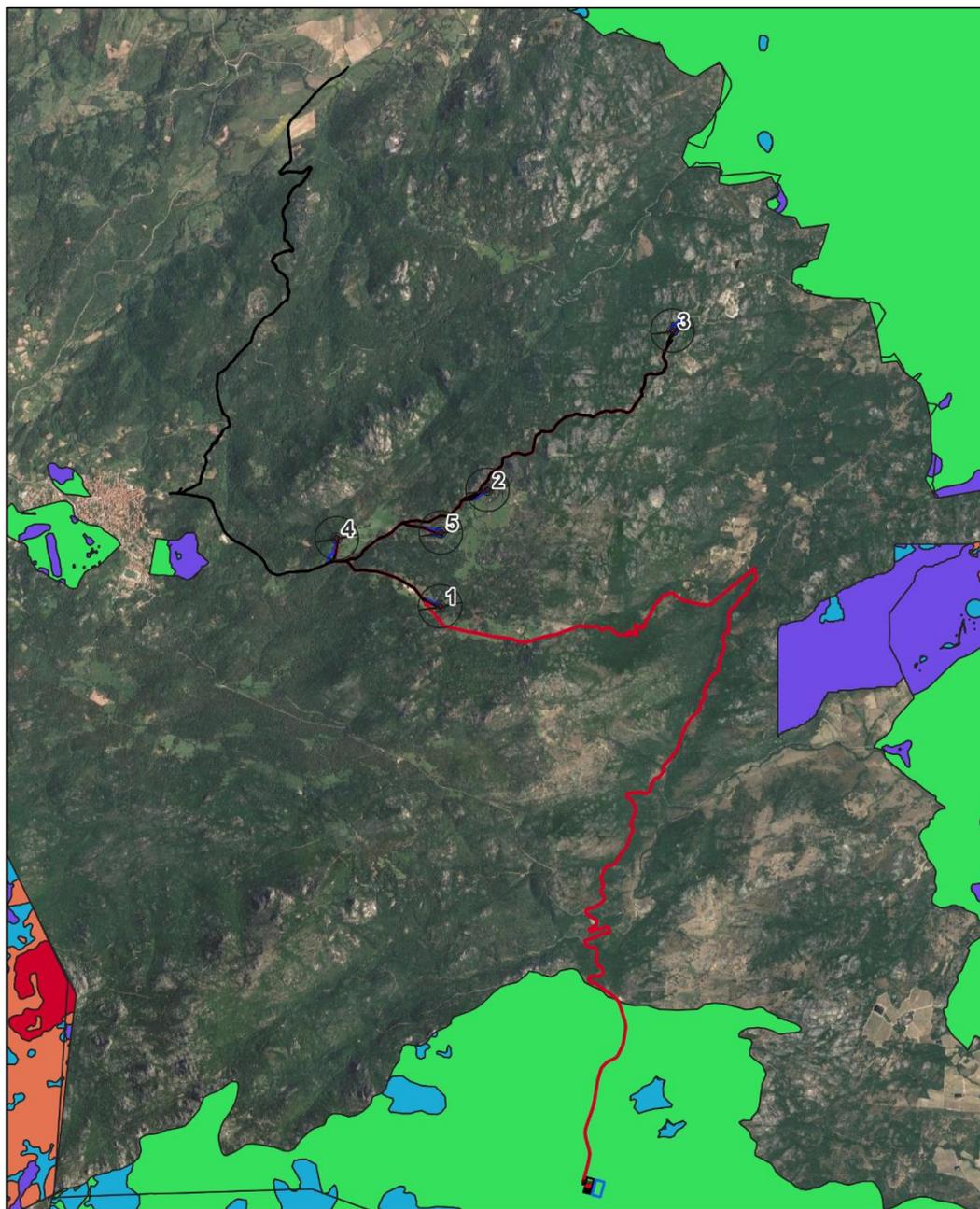


Figura 20: Elaborazione in ambiente GIS con i tematismi delle aree a rischio geomorfologico. Fonte <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>. L'area di posa degli aerogeneratori non ricade nella perimetrazione PAI per il rischio geomorfologico, mentre la SSE e il tratto terminale del cavidotto ricadono nella perimetrazione delle aree a rischio Rg0.

Appare di immediata evidenza che la viabilità e l'area di posa degli aerogeneratori non rientra nella perimetrazione PAI per il rischio geomorfologico, mentre la SSE e parte del cavidotto ricadono in

aree classificate a rischio Rg0, ovvero Rischio nullo.

Anche per quanto attiene il rischio idraulico le aree di progetto non sono interessate da perimetrazione di pericolosità e quindi di rischio. Tutte le aree perimetrare a pericolo/rischio idraulico sono esterne all'area di impianto, interessando solo in piccola parte un tratto di viabilità, ricadendo in area R1, ovvero a rea a rischio moderato.

Di seguito si riportano elaborazioni in ambiente GIS in cui sono visibili le perimetrazioni della pericolosità e del rischio rispetto al layout di progetto, comprese le opere di connessione e la viabilità di impianto.

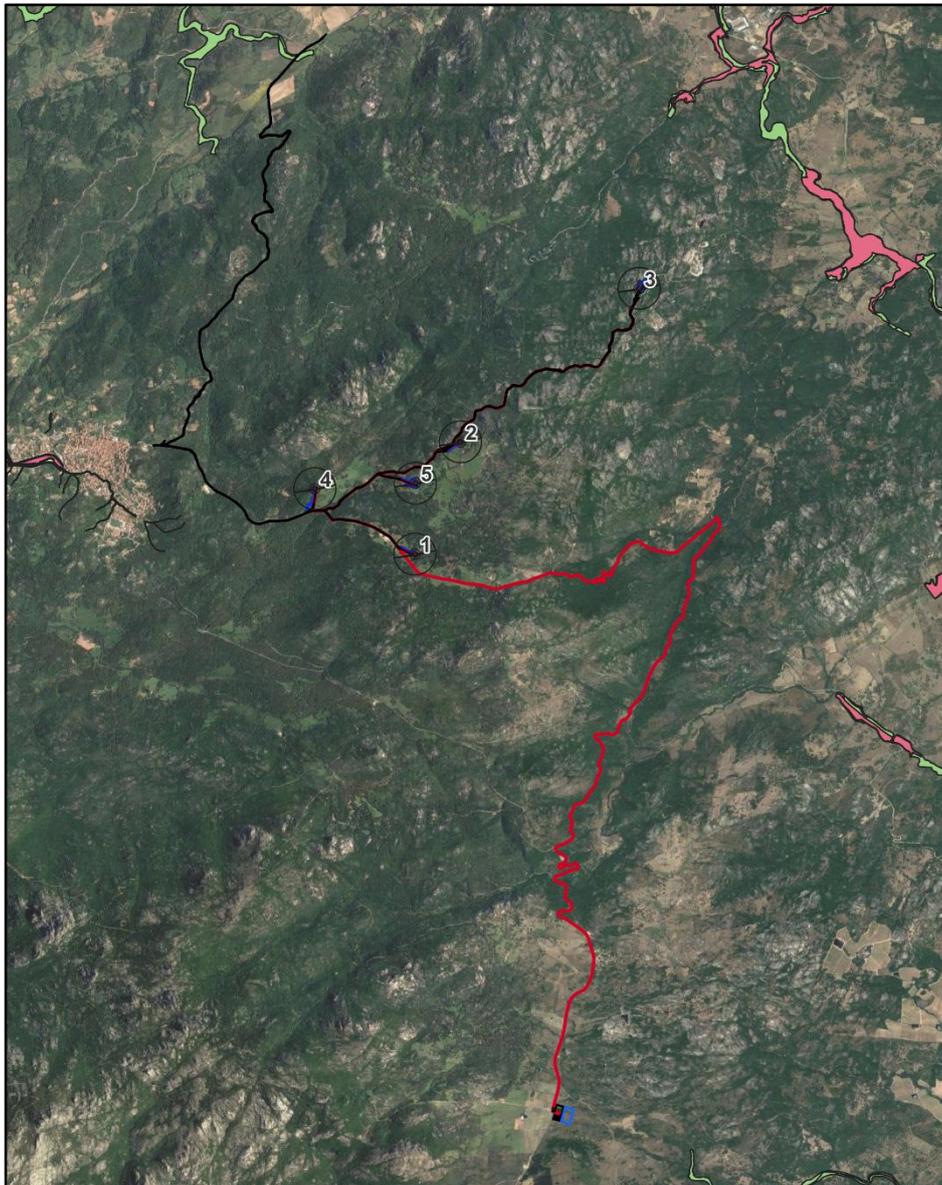
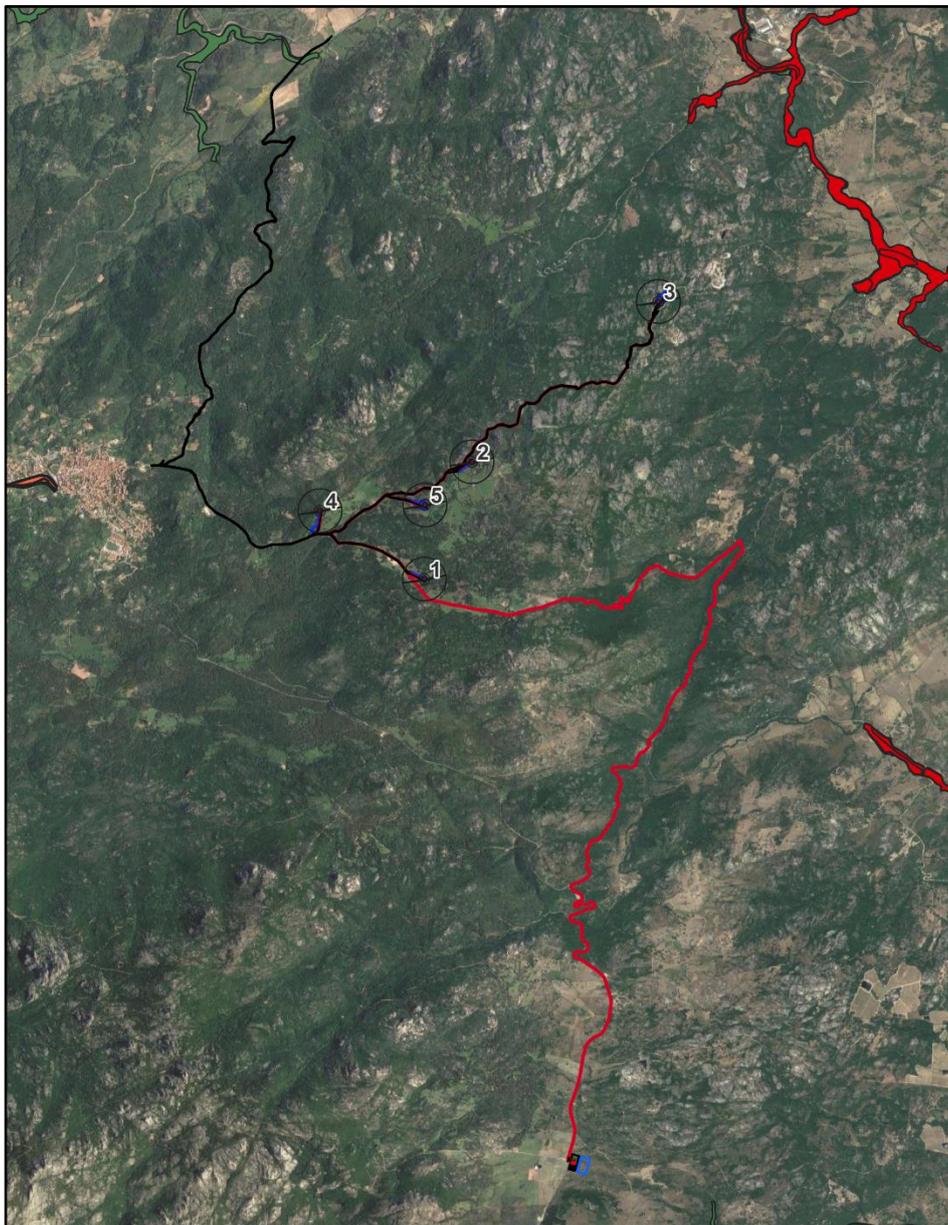




Figura 21: Perimetrazione dell'area a rischio idraulico. Fonte [Strumenti - Sardegna Geoportale \(regione.sardegna.it\)](http://Strumenti - Sardegna Geoportale (regione.sardegna.it)). Tutte le aree sono esterne all'area di progetto e all'opera di connessione, eccetto un piccolo tratto di viabilità, ricadente in area R1.



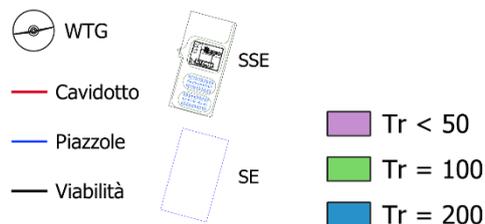
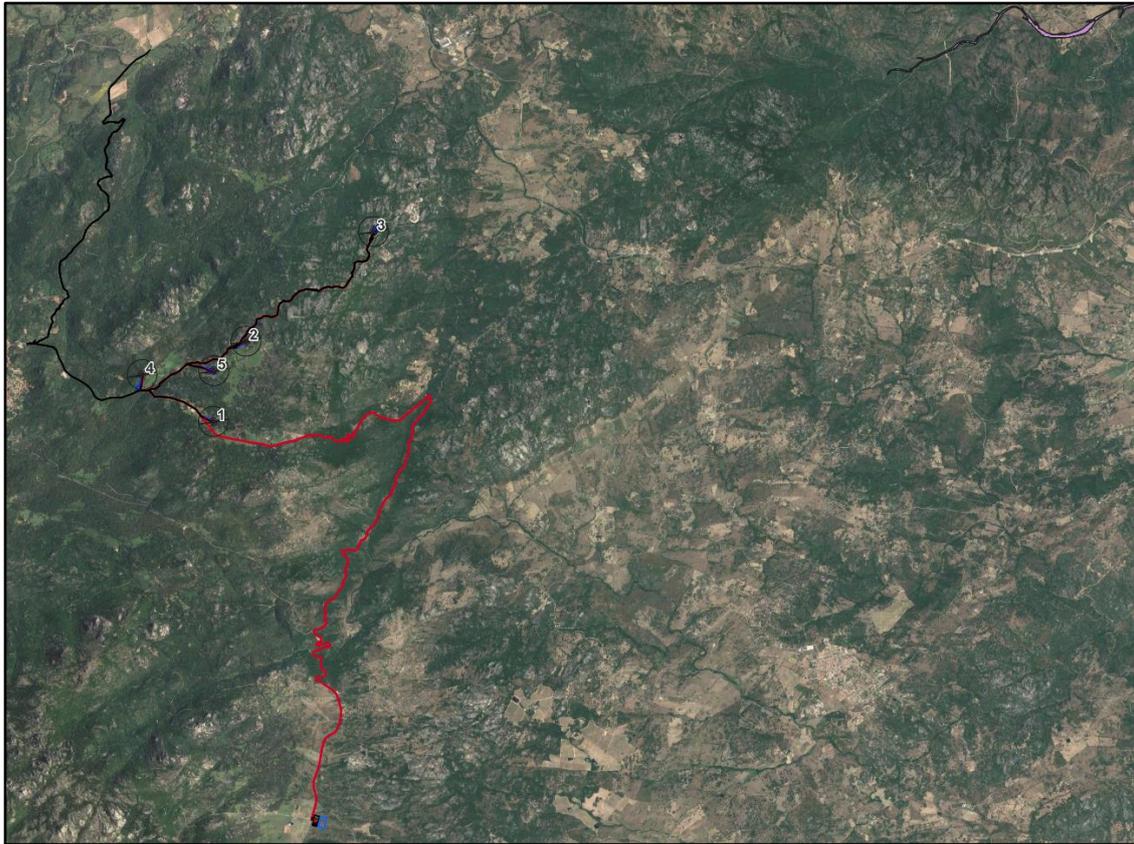


**Figura 22: Perimetrazione dell'area a pericolosità idraulica. Fonte [Strumenti - Sardegna Geoportale \(regione.sardegna.it\)](http://Strumenti - Sardegna Geoportale (regione.sardegna.it)). Tutte le aree sono esterne all'area di progetto e all'opera di connessione, eccetto un piccolo tratto di viabilità, ricadente in area a pericolosità idraulica moderata (Hi1).**

### 5.3 PGRA

Il piano di Gestione del Rischio Alluvioni riporta le aree a rischio alluvionamento per differenti tempi di ritorno, individuando quindi areali a pericolosità alta, media e bassa. Le aree a pericolosità bassa sono quelle che necessitano di più alti tempi di ritorno per causare una sommersione da parte dell'onda piena.

Le aree di progetto sono situate tutte molto lontane dalle aree perimetrare nell'ambito del PGRA, corrispondenti unicamente alla valle del Riu Batiti. Tutti i fossi minori presenti nell'area d'impianto e in un suo immediato intorno non definiscono aree considerate a rischio alluvionamento ai sensi del vigente PGRA del distretto Sardegna, così come mostrato dallo stralcio di seguito riportato, elaborato in ambiente GIS.



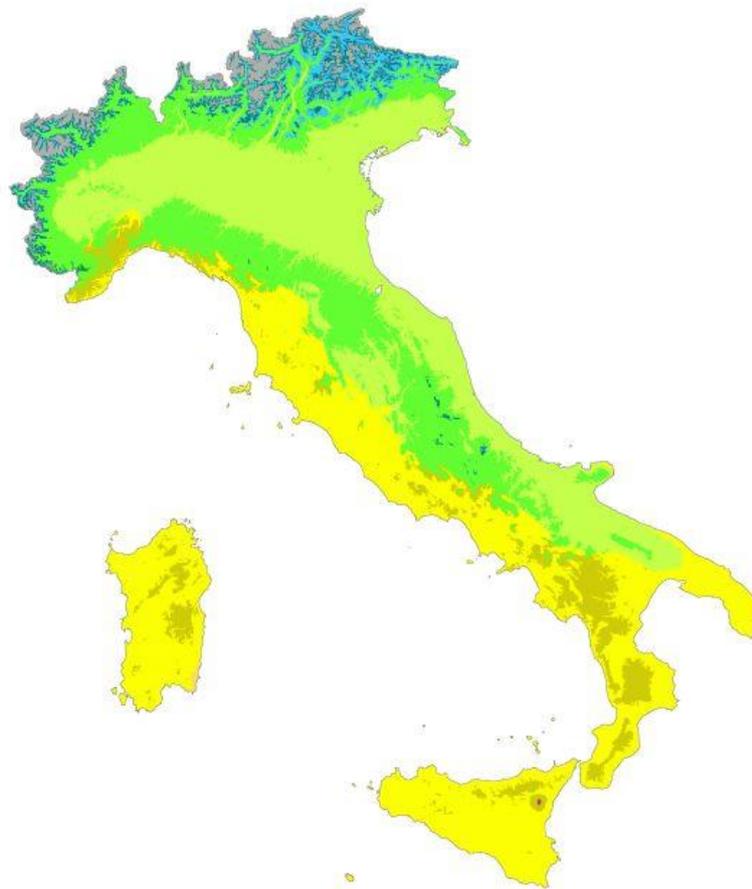
**Figura 23: Inquadramento in ambiente GIS dell'area di progetto e di un suo intorno con sovrapposizione del PGRA. Solo sull'asta del Riu Batiti nella parte in alto a destra dell'immagine, a notevole distanza dell'area di progetto viene riportata un'area perimetrata ai sensi del PGRA.**

## 6. IDROGEOLOGIA

### 6.1 CLIMA

L'area in esame presenta un tipico clima mediterraneo con inverno mite ed estate calda e secca, ma con una tendenza negli ultimi anni a una certa tropicalizzazione del clima; nella classificazione di Köppen attuale, desunta da [worldclim.org](http://worldclim.org), l'area è caratterizzata da clima mediterraneo a estate calda (Csa, Hot Summer Mediterranean).

## Köppen climate types of Italy



### Köppen climate type

|   |   |
|---|---|
|  EF (Ice-cap)                                |  Cfb (Oceanic)                   |
|  ET (Tundra)                                 |  Cfa (Humid subtropical)         |
|  Dfc (Subarctic)                             |  Csb (Warm-summer mediterranean) |
|  Dfb (Warm-summer humid continental)         |  Csa (Hot-summer mediterranean)  |
|  Dsc (Dry-summer subarctic)                  |  BSk (Cold semi-arid)            |
|  Dsb (Warm-summer mediterranean continental) |  BSh (Hot semi-arid)             |
|  Cfc (Subpolar oceanic)                      |   |

\*Isotherm used to separate temperate (C) and continental (D) climates is  $-3^{\circ}\text{C}$   
Data source: Climate types calculated from data from WorldClim.org

**Figura 24: classificazione climatica dell'Italia secondo il metodo di Köppen (Fonte: [worldclim.org](http://worldclim.org)).**

Elementi di climatologia e di distribuzione delle temperature, delle piogge e della evapotraspirazione potenziale sono riportati in varie fonti, fra cui Sardegna-Clima.it, in cui possono anche essere reperiti i dati di pioggia giornaliera per singola stazione a partire dagli anni '20.

La Sardegna possiede un regime pluviometrico tipicamente dipendente dall'assetto altimetrico, con carichi medi di pioggia superiori a 1000 mm esclusivamente nelle dorsali montuose e in alcune di alta collina. La maggior parte delle aree costiere ha una pluviometria media annuale compresa fra 500 e 750 mm, così come pure le principali aree vallive interne, mentre le rimanenti aree interne mostrano carichi compresi fra 750 e 1000 mm. Solo poche aree (Campidano, porzioni

dell'Arburese, estese aree della costa meridionale e piccole porzioni della costa settentrionale) presentano una media annuale inferiore a 500 m.

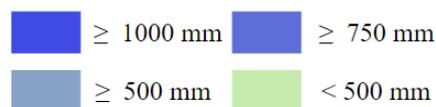
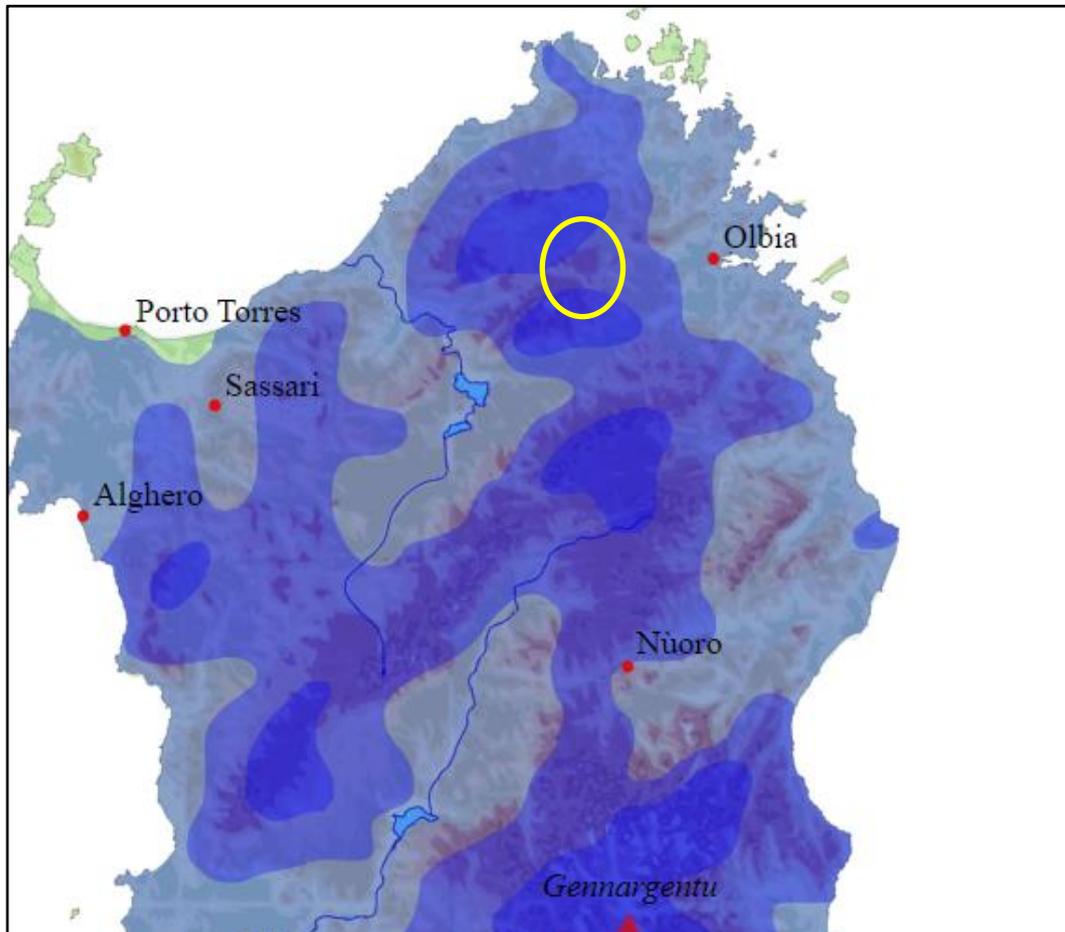


Figura 25: Dati pluviometrici elaborati da Sardegna-clima.it su dati del servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](http://Dati Climatici (sardegna-clima.it)). Il cerchio in giallo indica l'area di progetto.

A seguire si riportano elaborazioni pluviometriche e termometriche (Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](http://Dati Climatici (sardegna-clima.it))), nelle quali vengono dettagliate le condizioni climatiche della Sardegna settentrionale, in cui è molto evidente la zona umida e fredda del Limbara.

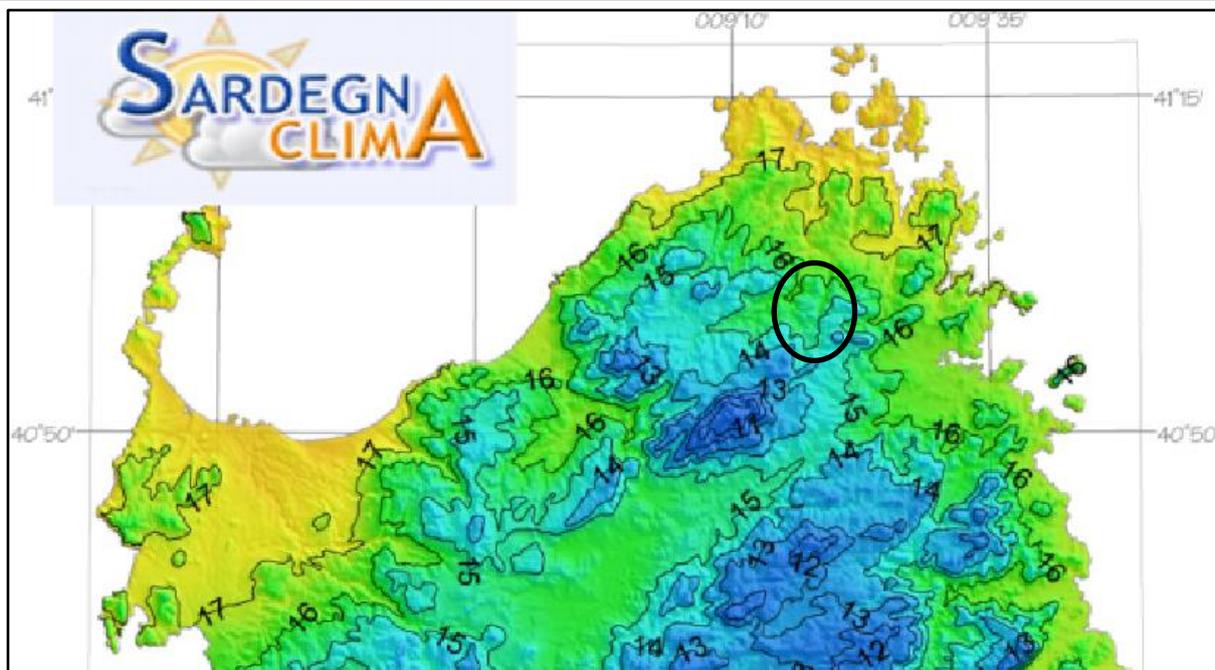


Figura 26: Dati termometrici elaborati da Sardegna-clima.it su dati del Servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](http://Dati Climatici (sardegna-clima.it)). Il cerchio in nero indica l'area di progetto

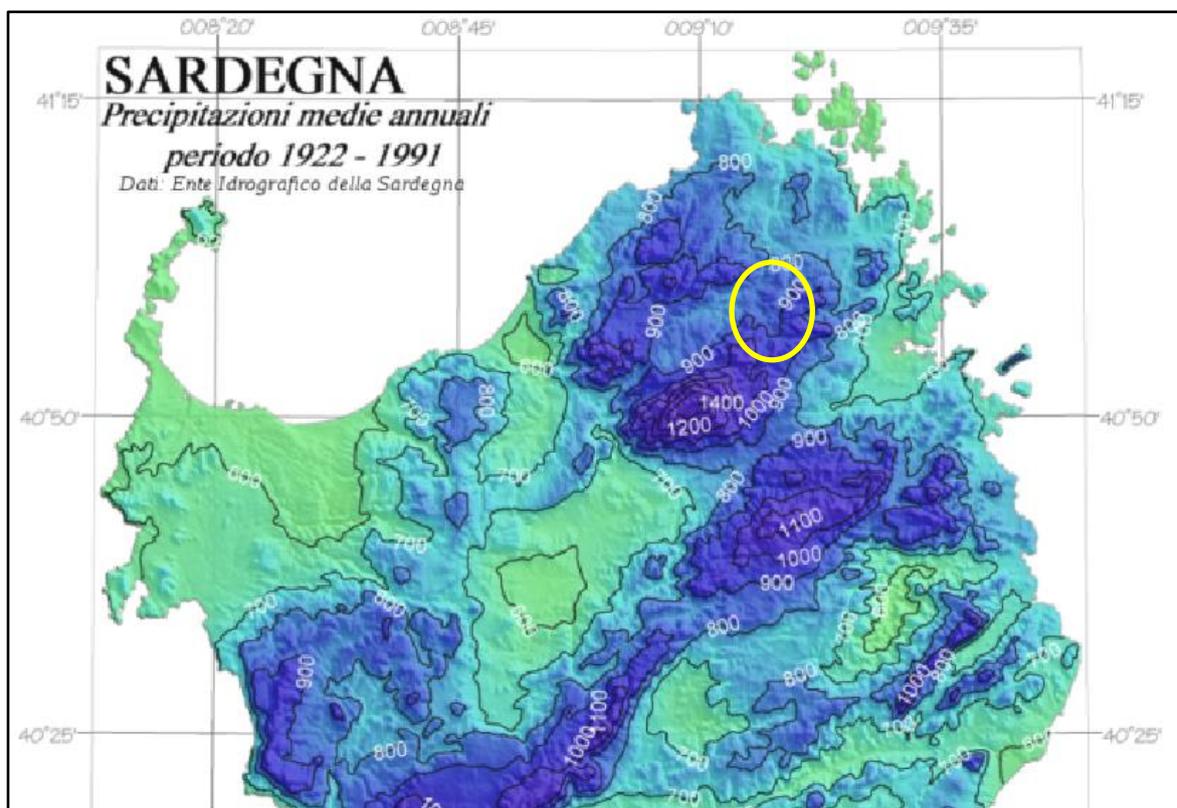


Figura 27: medie pluviometriche elaborate da Sardegna-clima.it su dati del Servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](http://Dati Climatici (sardegna-clima.it)). Il cerchio in giallo indica l'area di progetto

## 6.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

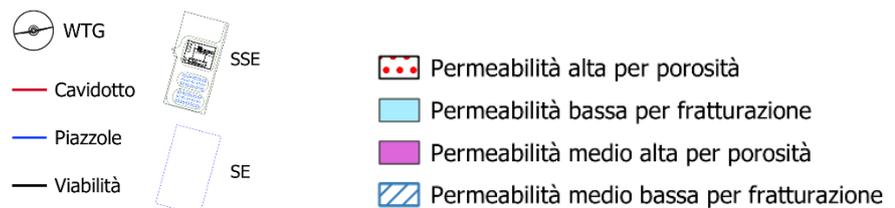
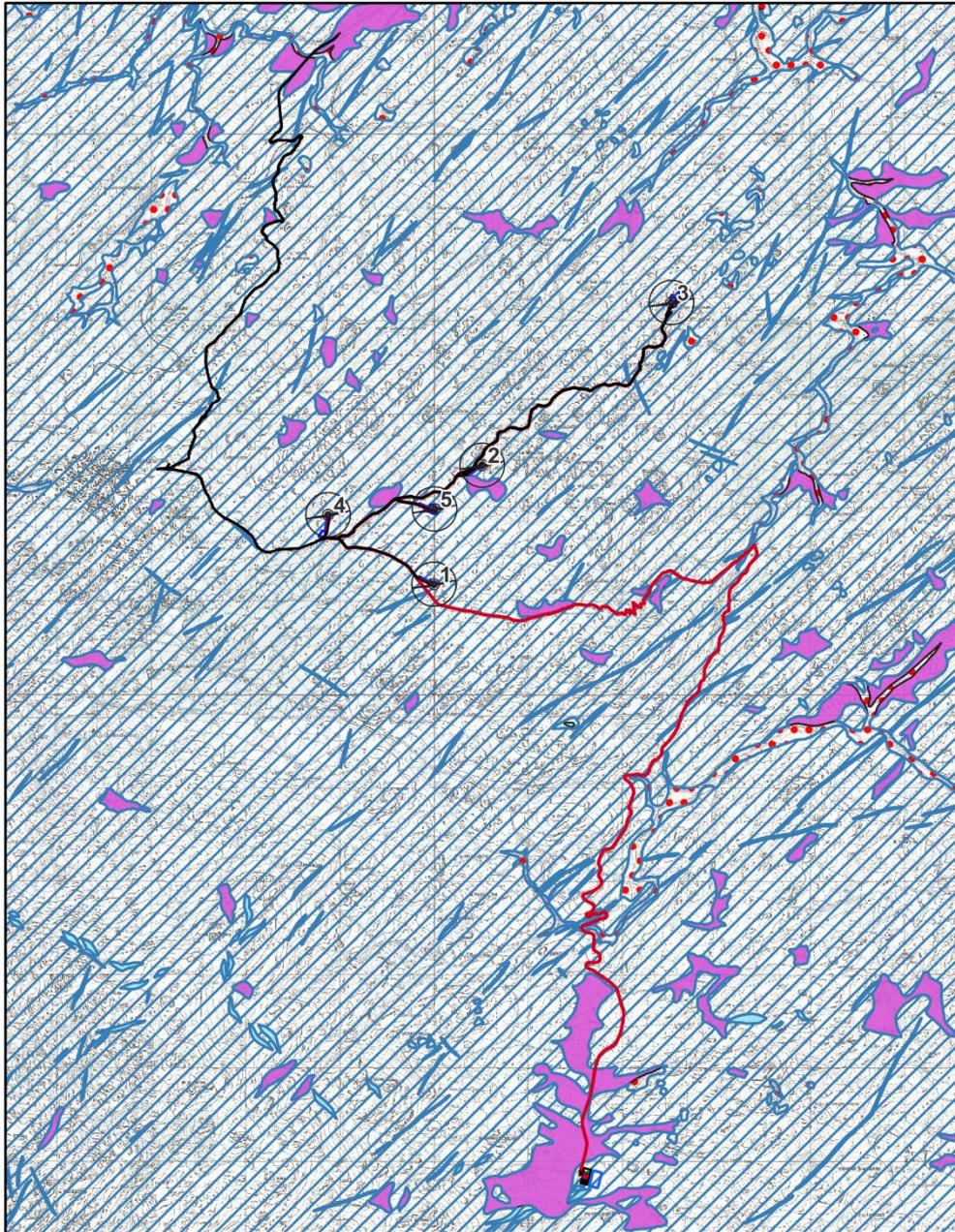
I fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea sono molteplici, ma tutti riconducibili alle caratteristiche idrologiche dei terreni; queste ultime sono stimate in fase di rilevamento in maniera qualitativa. Com'è noto le proprietà idrogeologiche dei terreni valutabili qualitativamente durante le fasi di rilevamento di campagna sono: il tipo di permeabilità, identificabile nella natura genetica dei meati (primaria o per porosità, e secondaria o per fessurazione), ed il grado di permeabilità relativa, definibile in prima analisi attraverso le categorie elevato, medio, scarso e impermeabile a cui sono associabili ampi intervalli di variazione del valore della conducibilità idraulica.

L'ottimo portale cartografico della Regione Sardegna riporta anche una suddivisione dei complessi idrogeologici, nel quale sono tematizzati sia la tipologia di permeabilità, suddivisa in carsismo/fratturazione, fratturazione e porosità; mentre da un punto di vista quantitativo vengono distinti i valori di permeabilità bassa, medio-bassa, media, medio-alta e alta.

Grazie ai tematismi messi a disposizione dalla Regione Sardegna è stato quindi possibile meglio discriminare il comportamento idrogeologico dei terreni. Dall'osservazione della cartografia l'area risulta dominata in maniera massiccia da terreni permeabili per fratturazione, con permeabilità medio-bassa, mentre solo localmente si riscontra un aumento del grado di permeabilità, in corrispondenza degli assi vallivi e del loro modesto materasso alluvionale.

In generale quindi la circolazione idrica avviene prevalentemente per fratturazione e risente della rete di discontinuità; solitamente tale rete è più fitta in superficie (minore spaziatura delle fratture, maggiore apertura e pervasività delle stesse) mentre decresce con l'aumentare del carico litostatico. A profondità di qualche decina di metri tutte le discontinuità sono chiuse, eccetto quelle maggiori, legate alla presenza di lineamenti tettonici.

La morfologia superficiale incide in maniera non trascurabile sulle capacità di infiltrazione in falda, poiché terreni a bassa pendenza consentono tempi di stazionamento più lunghi dei filetti fluidi e quindi una maggior probabilità di infiltrazione in falda, mentre i settori a più elevata pendenza permettono un ruscellamento più rapido e minore potenziale di infiltrazione, consentendo quindi ai filetti fluidi di raggiungere in breve tempo le aste drenanti più prossime.



**Figura 28: Carta delle permeabilità dell'impianto e di un intorno significativo. Tematismi a partire da quelli disponibili nel Geodatabase della Regione Sardegna.**

L'unico pozzo per acqua, riportato nei database di ISPRA più prossimo all'area di progetto, si trova ad una distanza di circa 3,5 km ad ovest della WTG1, in cui è presente una falda ad una profondità di 15 m.

| Dati generali  | Ubicazione indicativa dell'area d'indagine  |
|--|---|
| Codice: 170524<br>Regione: SARDEGNA<br>Provincia: OLBIA-TEMPIO<br>Comune: CALANGIANUS<br>Tipologia: PERFORAZIONE<br>Opera: POZZO PER ACQUA<br>Profondità (m): 26,00<br>Quota pc slm (m): 489,00<br>Anno realizzazione: 2003<br>Numero diametri: 0<br>Presenza acqua: SI<br>Portata massima (l/s): 0,300<br>Portata esercizio (l/s): 0,200<br>Numero falde: 1<br>Numero filtri: 0<br>Numero piezometrie: 1<br>Stratigrafia: SI<br>Certificazione(*): SI<br>Numero strati: 3<br>Longitudine WGS84 (dd): 9,178767<br>Latitudine WGS84 (dd): 40,913439<br>Longitudine WGS84 (dms): 9° 10' 43.56" E<br>Latitudine WGS84 (dms): 40° 54' 48.39" N<br><br>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia |  |

#### FALDE ACQUIFERE

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Lunghezza (m) |
|-------|-------------------|------------------|---------------|
| 1     | 15,00             | 26,00            | 11,00         |

#### MISURE PIEZOMETRICHE

| Data rilevamento | Livello statico (m) | Livello dinamico (m) | Abbassamento (m) | Portata (l/s) |
|------------------|---------------------|----------------------|------------------|---------------|
| ago/2003         | 12,00               | 20,00                | 8,00             | 0,200         |

#### STRATIGRAFIA

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Spessore (m) | Età geologica | Descrizione litologica                                    |
|-------|-------------------|------------------|--------------|---------------|---|
| 1     | 0,00              | 9,00             | 9,00         |               | SABBIE LIMOSE E GHIAIOSE                                  |
| 2     | 9,00              | 15,00            | 6,00         |               | GRANITI ARENIZZATI, SABBIE LIMOSE E GHIAIOSE E CIOTTOLOSE |
| 3     | 15,00             | 26,00            | 11,00        |               | GRANITI FRATTURATI, ROCCIA COMPATTA                       |

Figura 29: Database perforazioni di ISPRA - monografia di pozzo per acqua nel circondario dell'area di progetto (circa 3,5 km a ovest della WTG1). La falda è stata riscontrata a 15 m di profondità.

## 7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nella presente fase progettuale non sono disponibili indagini geognostiche, demandate alla fase successiva.

## 8. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI

### 8.1 SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA

Come ampiamente noto la Sardegna è priva di sorgenti sismogenetiche note, con una sismicità storica pressoché assente, legata esclusivamente al risentimento locale di sismi a grande distanza.

#### 8.1.1 LE SORGENTI SISMOGENETICHE

Il primo passo per la definizione dell'azione sismica è quella di individuare le "sorgenti sismiche capaci" caratterizzanti l'area di studio. Per il presente studio si è fatto riferimento al DISS 3.3.0 (Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy) che individua per l'area oggetto del presente studio le sorgenti sismogenetiche.

Dall'osservazione della cartografia su WebGis è possibile osservare che l'area sarda non è caratterizzata dalla presenza di sorgenti sismogenetiche; le sorgenti all'intorno sono posizionate a centinaia di chilometri e le più prossime sono **Northern Africa offshore East** (magnitudo massima 7,0), e la **Southern Tyrrhenian** (magnitudo massima 6,5), seguono quindi tutte le sorgenti sismogenetiche appenniniche e del Nordafrica. A causa della grande distanza nessuna di queste sorgenti è in grado di indurre deformazioni significative nel territorio o danni nel patrimonio antropico di qualche rilievo.

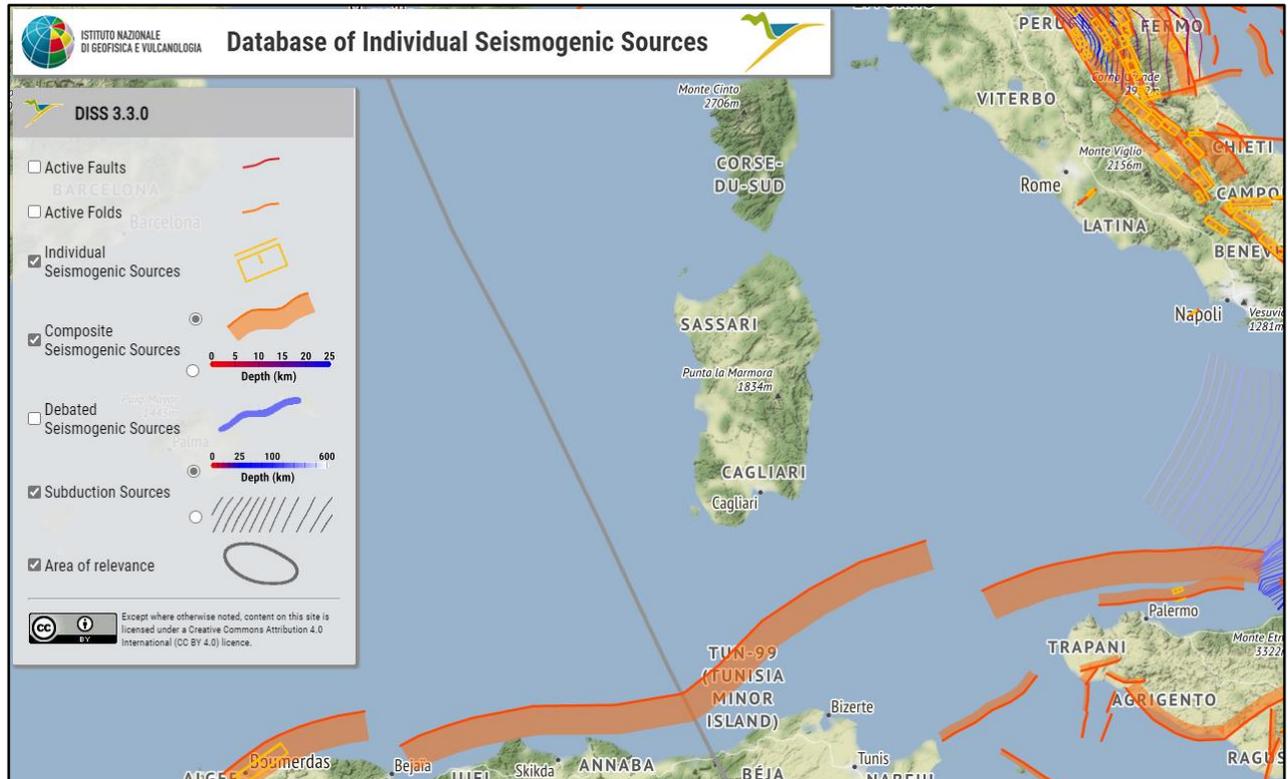


Figura 30: Le Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno della Sardegna contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy"; per l'ubicazione dell'area in esame (progetto DISS 3.3.0. - [DISS - Mapper \(ingv.it\)](http://DISS-Mapper(ingv.it))).

### 8.1.2 ITHACA – DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI

Il catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) colleziona le informazioni disponibili sulle faglie capaci, cioè le faglie con attività almeno pleistocenica che potenzialmente possono creare deformazione tettonica permanente in superficie, che interessano il territorio italiano. ITHACA è uno strumento fondamentale per l'analisi di pericolosità ambientale e sismica, per la comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, per la pianificazione territoriale e per la gestione delle emergenze di Protezione Civile.

L'area di progetto non è interessata da faglie capaci, che in Sardegna sono presenti esclusivamente nella zona sud-occidentale e in particolare nel Campidano, come ben visibile nello stralcio riportato.



Area di interesse

Kinematics

-  Unknown
-  Normal Fault
-  Oblique Fault
-  Reverse Fault
-  Strike Slip

Figura 31: Faglie capaci presenti in Sardegna, contenute nel database ITHACA (GeoMapView, ISPRA- [Viewer Progetto ITHACA \(isprambiente.it\)](#))

## 8.2 SISMICITÀ

Per l'esame della sismicità storica vengono usualmente utilizzate le informazioni reperibili nel database INGV del progetto Emidius ([https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)), nel quale sono riportati i risentimenti macrosismici dei terremoti per ciascuna località italiana.

Per la località di Calangianus viene riportato un solo record, relativo a un modesto sisma dell'anno 2000 con epicentro nel Tirreno.

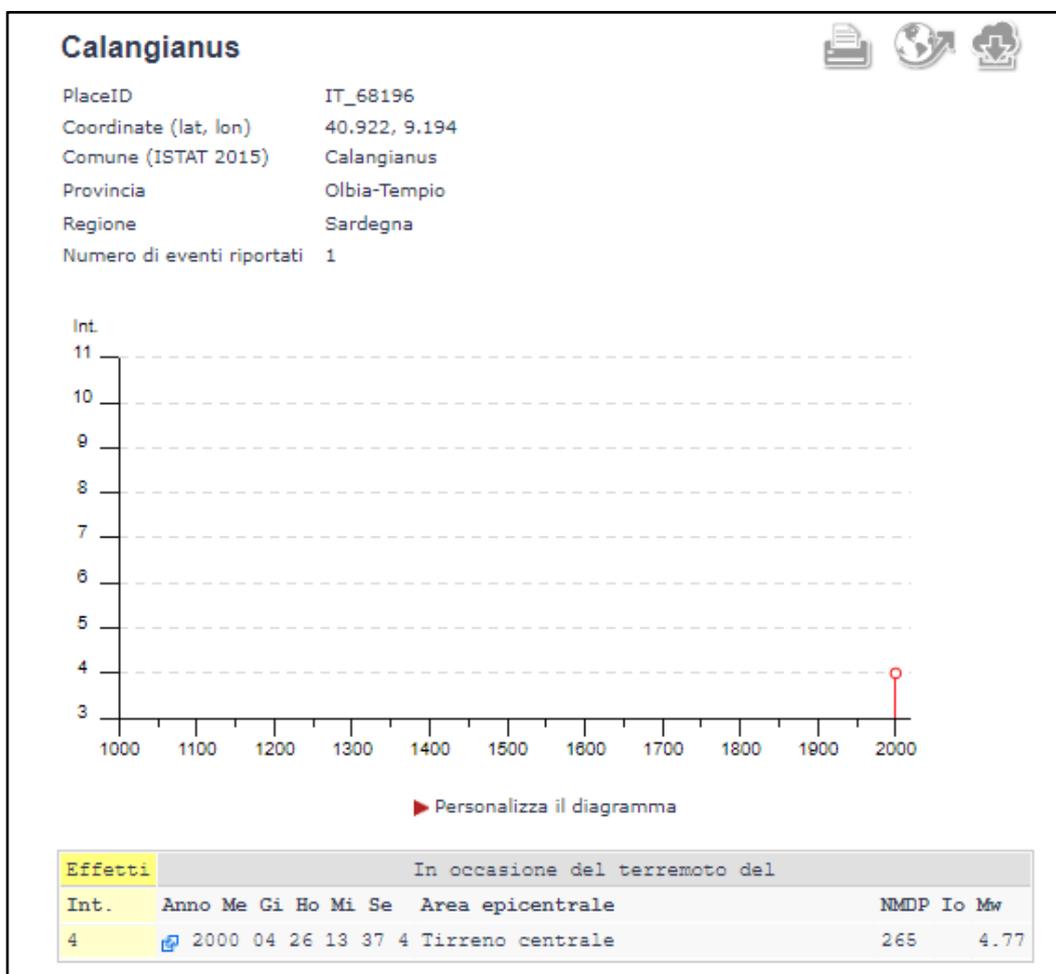


Figura 32: Storia sismica di Calangianus; in ordinata: Intensità al sito (Us); in ascissa: anni; in alto formato tabellare; presente unico evento con intensità locale pari a 4 della scala MCS. Fonte [CPTI15-DBMI15 v3.0 \(ingv.it\)](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/v3.0/).

## 8.3 MACROZONAZIONE SISMICA – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In data 24 ottobre 2005 entra in vigore il D.M. 14/09/2005 “Norme Tecniche per le Costruzioni”. La norma suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di parametro  $a_g$ , che rappresenta l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. L'area in esame ricade nel comune di Calangianus.

| Zona sismica | Fenomeni riscontrati   | Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni |
|--------------|--|---|
| 1            | Zona con pericolosità sismica <b>alta</b> .<br>Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.            | $a_g \geq 0,25g$  |
| 2            | Zona con pericolosità sismica <b>media</b> , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.                                  | $0,15 \leq a_g < 0,25g$   |
| 3            | Zona con pericolosità sismica <b>bassa</b> , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.  | $0,05 \leq a_g < 0,15g$   |
| 4            | Zona con pericolosità sismica <b>molto bassa</b> .<br>E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse. | $a_g < 0,05g$   |

Figura 33: Livello di pericolosità delle zone sismiche suddivise in relazione all'accelerazione di pico su terreno rigido (NTC 2018).

Le accelerazioni  $a_g$  attese su suolo di categoria A, in tutta l'area di impianto (e in generale in tutta la Sardegna), rientrano nel range 0,025-0,050 g.

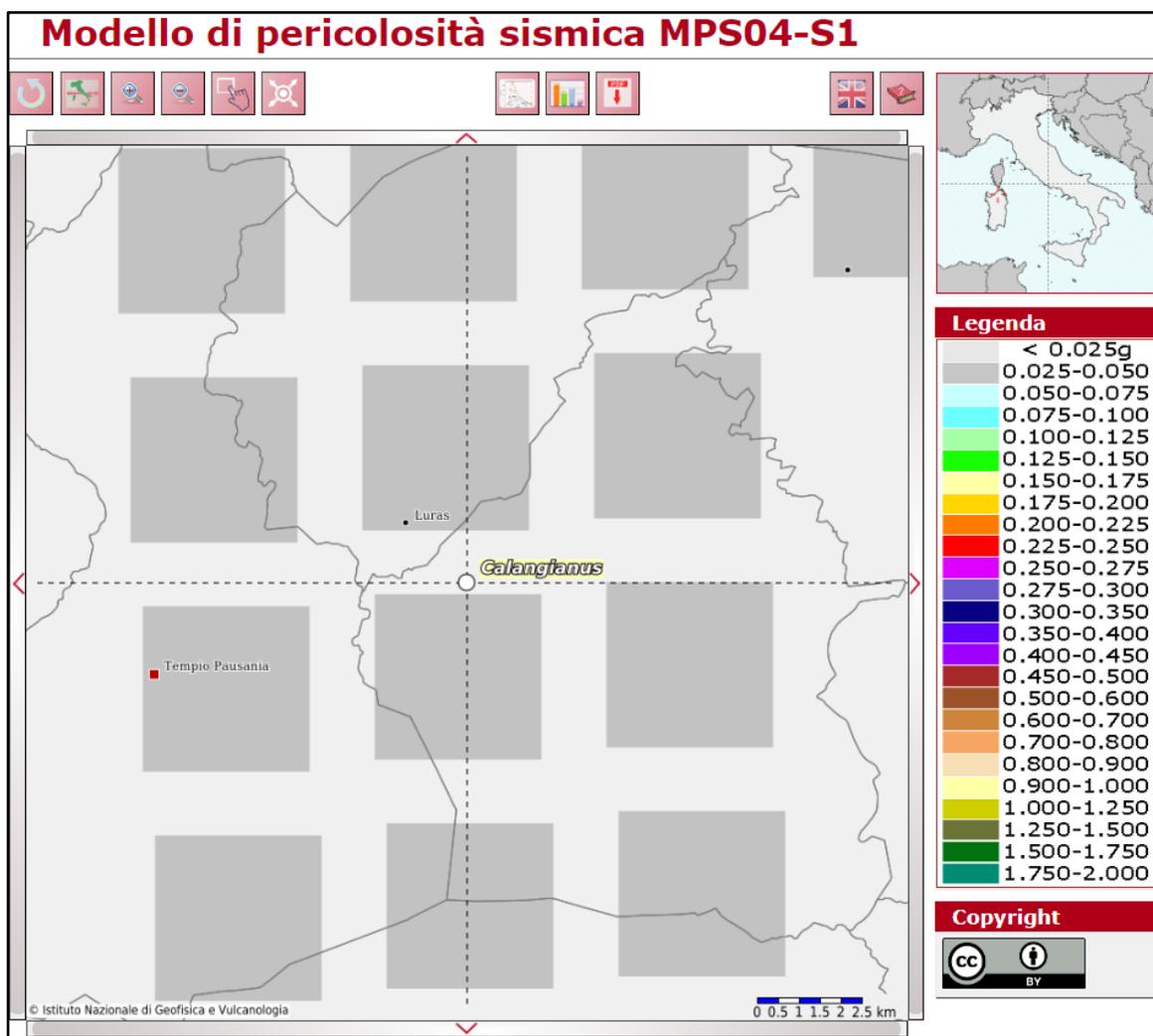


Figura 34: Accelerazioni al suolo attese per suolo di categoria A nel Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 dell'Istituto Nazionale Italiano di Geofisica e Vulcanologia (Fonte: <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

## 9. LIQUEFAZIONE

Valutazioni circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche vanno svolte in presenza di terreni granulari saturi, con fuso granulometrico a dominanza sabbiosa. La liquefazione comporta 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.

L'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018), così come già indicato nelle NTC 2008, indica che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse quando 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)  $60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  (sinistra) e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$  (destra).

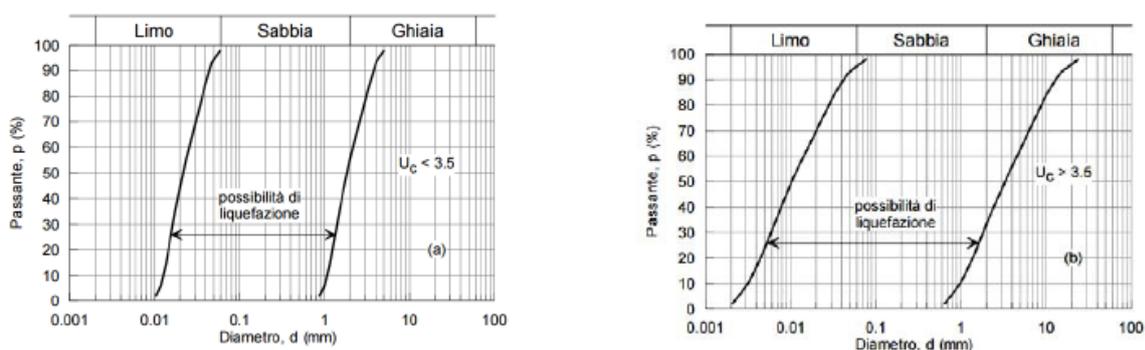


Figura 35: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ai sensi delle NTC 2018.

Alla luce delle caratteristiche sismiche dell'area, caratterizzata da sismicità molto bassa e delle caratteristiche litologiche dei terreni, prevalentemente granitici, si esclude che vi possano essere fenomeni di liquefazione dei sottofondi.

## 10. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio "Vs".

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

| Categoria | Descrizione   |
|-----------|---|
| <b>A</b>  | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m   |
| <b>B</b>  | 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.   |
| <b>C</b>  | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.  |
| <b>D</b>  | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s |
| <b>E</b>  | 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.   |

**Tabella 3: Categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC vigenti.**

La caratterizzazione di tale importante parametro di progetto è demandata alla successiva fase progettuale. Situazioni geologiche simili conducono solitamente a categoria di tipo B se con copertura rilevante oppure A se il complesso granitico è in affioramento o quasi (situazione prevalente). In linea generale si ritiene che la categoria prevalente possa essere la categoria A. Tali asserzioni saranno verificate mediante opportune tecniche geofisiche volte a determinare il profilo di velocità delle onde S.

## 11. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto attiene la categoria topografica, l'area ricade in un contesto collinare a bassa-moderata pendenza; alcune WTG sono poste in contesti di crinale, ma tali crinali presentano pendenza modeste e sempre inferiore a  $15^\circ$  e pertanto la categoria topografica è la T1.

| 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 $i > 30^\circ$                  |

Figura 36: Categorie topografiche ai sensi delle NTC 2018.

| WTG | Categoria topografica | Coefficiente di amplificazione topografica |
|-----|-----------------------|--|
| 1   | T1                    | 1  |
| 2   | T1                    | 1  |
| 3   | T1                    | 1  |
| 4   | T1                    | 1  |
| 5   | T1                    | 1  |

Tabella 4: Categoria topografica per tutte le WTG.

## 12. LITOSTRATIGRAFIA LOCALE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Non essendo disponibili in tale fase progettuale indagini geognostiche, è possibile fornire per i terreni in oggetto solamente delle valutazioni di larga massima delle caratteristiche geotecniche. In linea generale i terreni mostrano esclusivamente una tipologia granitoidale (Complesso Granitoidale della Gallura), ma in varie facies petrografiche, che non dovrebbero comportare significative variazioni di comportamento geomeccanico.

Al netto di coperture eluvio-colluviali modeste e locali la colonna litostratigrafica è ovunque caratterizzata da un orizzonte di alterazione superficiale da *weathering* di spessore attualmente non noto, costituito da rocce granitoidi tenere e localmente disgregate a causa dell'alterazione dei silicati e in particolare per l'idrolisi dei fillosilicati, che spesso comporta la perdita della coerenza

intergranulare.

Sarà precipuo compito delle indagini geognostiche verificare la geometria delle coperture eluvio-colluviali e lo stato di alterazione dei litotipi granitoidi. Il comportamento litoide dei terreni incide in maniera decisiva sulla progettazione della tipologia di fondazione e in linea di principio la tipologia di fondazione da adottare può essere anche di tipo superficiale.

Di seguito viene riportata una tabella con i principali valori geotecnici per i terreni previsti.

| Complesso                               | Descrizione  | Spessore Presunto (m) | $\phi$ (°) | C (kPa) | $c_u$ (kPa) | $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> ) |
|---|--|-----------------------|------------|---------|-------------|------------------------------|
| <i>Coltre eluvio-colluviale</i>         | Colluvium eterogeneo   | 0,5-1,0               | 22-26      | 0       | 0           | 1,6-1,7                      |
| <i>Granitoide molto alterato</i>        | Granodioriti e monzograniti molto alterati/fratturati          | 2-5                   | 32-36      | 0-4     | 0-10        | 2,2-2,4                      |
| <i>Granitoide integro/poco alterato</i> | Granodioriti e monzograniti poco alterati/fratturati o integri | Indef.                | 38-45      | 120     | 350         | 2,6-2,8                      |

Tabella 5: Parametri geotecnici di massima.

### 13. CONCLUSIONI

L'impianto eolico in progetto è costituito da 5 aerogeneratori (anche detti WTG) di potenza nominale unitaria pari a 6,6 MWp, per una potenza nominale complessiva pari a 33 MW. L'impianto è integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW e corredato dalle opere di connessione e dalle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dello stesso. Tutte le turbine e le opere di connessione ricadono all'interno dei confini comunali di Calangianus, in provincia di Sassari.

Per come riportato nella STMG (cod. pratica: 202303981), la centrale utente verrà *collegata in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN di Codrongianos e da collegare tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV alla nuova Stazione Elettrica di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" (prevista dal Piano di Sviluppo Terna).*

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.

Da un punto di vista geologico l'area è caratterizzata da terreni prevalentemente granitici, appartenenti al complesso granitoide della Gallura. Tale complesso è caratterizzato principalmente da una serie di unità intrusive con una composizione che varia da granodioriti, monzograniti a leucograniti. Oltre ai terreni granitici affioranti sono presenti in piccola parte litotipi dei cortei filoniani e localmente depositi alluvionali.

I terreni granitici affioranti presentano un certo grado di fratturazione e alterazione, in particolare a causa del detensionamento e del *weathering*, che interessano maggiormente la porzione superficiale. Localmente si possono osservare delle strutture denominate 'Thor,' forme arrotondate di natura residuale, derivanti dall'erosione differenziale fra cores di maggiore competenza e aree maggiormente *weathered*.

La morfologia locale è contraddistinta da pendenze moderata con alcuni alti morfologici maggiormente significativi, quali Monte Petreddu e Monte Brusciatu. L'area di progetto non presenta vincoli di natura geomorfologica, poiché non sono presenti fenomeni franosi, così come non sono presenti aree considerate a rischio alluvione e relative aree a vincolo ai sensi del PAI e del PGRA.

La Sardegna è caratterizzata da una sismicità assente o estremamente bassa, risentendo in maniera debole dei sismi a grande distanza. La categoria topografica, date le modeste pendenze che caratterizzano l'area, è la T1

**EVO S.R.L.**



*CODICE ELABORATO*

**C23EOSW002S003R00**

*PAGINA*

56 di/of 56

Non sono disponibili dati di tipo geofisico per la definizione della categoria di suolo di fondazione; tali dati saranno approfonditi in fase di progettazione esecutiva. In linea generale è possibile presumere che la posizione degli aerogeneratori possano ricadere nella categoria A. Tale litologia, di tipo monzogranitica e leucogranitica, ha un caratterere litoide, con resistenza piuttosto elevata. Tale condizione implica la possibilità che in fase esecutiva possano essere necessarie attrezzature di scasso per rocce dure.