

EVO S.R.L.



CODE

C23EOSW002S002R00

PAGE

1 di/of 32

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 SISMICA

Il Geologo

Dott. Agostino Scalercio



File:C23EOSW002S002R00\_Relazione sismica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	09/02/2024	Progetto definitivo	A. Scalercio	A. Scalercio	L. Splendido

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
1.1 GENERALITÀ .....	3
1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO .....	3
1.3 SCOPO DEL LAVORO E METODOLOGIE DI INDAGINE .....	4
1.4 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE .....	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO .....	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	8
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE .....	8
3.2 Assetto geologico stratigrafico-locale .....	17
4. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI.....	24
4.1. SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA.....	24
<b>4.1.1.</b> LE SORGENTI SISMOGENETICHE .....	24
<b>4.1.2.</b> ITHACA – DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI .....	25
4.2. SISMICITÀ STORICA .....	27
5. LIQUEFAZIONE .....	28
6. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	29
7. CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	31

## 1. PREMESSA

### 1.1 GENERALITÀ

La presente relazione ha lo scopo di illustrare il piano di dismissione dell'impianto eolico proposto dalla Società EVO S.r.l., costituito da cinque (5) aerogeneratori di potenza nominale unitaria pari a 6,6 MW, per una potenza nominale complessiva pari a 33 MW, a cui si integrano un sistema di accumulo di 25 MW e le relative opere di connessione alla RTN.

L'energia elettrica prodotta, riferita alla potenza di 58 MW, sarà convogliata dall'impianto, mediante cavi interrati di tensione 30 kV (MT), ad una Sottostazione Elettrica 150/30 kV e successivamente, in conformità alla Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) rilasciata da TERNA S.p.A., (Codice Pratica: 202306017) l'impianto sarà collegato a 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".

L'energia elettrica prodotta dall'impianto nel Comune di Calangianus in provincia di Sassari, Sardegna, 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. Nel corpo della relazione viene descritto l'assetto geologico-litostatigrafico-idrogeologico, geomorfologico e sismico del sito destinato agli interventi in progetto.

### 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 comprese fra i 590 m s.l.m. (WTG 3) e i 720 m s.l.m. (WTG 1).

Il progetto nel suo insieme prevede la realizzazione di:

- fondazioni degli aerogeneratori;
- piazzole di montaggio 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;

- elettrodotti MT (30 kV) interrati interni all'impianto di connessione tra i singoli aerogeneratori e di veicolazione dell'energia prodotta dall'intero parco eolico alla sottostazione elettrica;
- opere di connessione alla RTN (compresa la Sottostazione elettrica e 150/30 kV);
- sistema di accumulo BESS.

Le coordinate degli aerogeneratori costituenti l'impianto, della cabina di raccolta e della Sottostazione di nuova realizzazione, espresse nel sistema di riferimento UTM-WGS84 (fuso 32), risultano:

COMUNE	Centro WTG	CATASTO		UTM-WGS84 32N	
		<u>FOGLIO</u>	<u>PARTICELLA</u>	<u>EST</u>	<u>NORD</u>
Calangianus	1	7	14	519934	4528978
	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 1: Coordinate degli aerogeneratori**

### 1.3 SCOPO DEL LAVORO E METODOLOGIE DI INDAGINE

L'obiettivo del lavoro è stato quello di fornire le caratteristiche sismotettoniche di risposta sismica di base dell'area di progetto. A tale proposito si sono consultati i database disponibili sui siti istituzionali dell'ISPRA e di INGV, nei quali sono riportate le sorgenti sismogenetiche (progetto DISS), le faglie capaci (database ITHACA) e la sismicità storica (Database Emidius).

### 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:

- ✓ 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".
- ✓ 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. 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;
- ✓ 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.

## 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 \(isprambiente.gov.it\)](#)

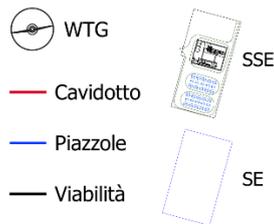


Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area di impianto e delle opere di connessione su base Carta Topografica d'Italia in scala 1:100.000, da GeoPortale Nazionale.

### 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.

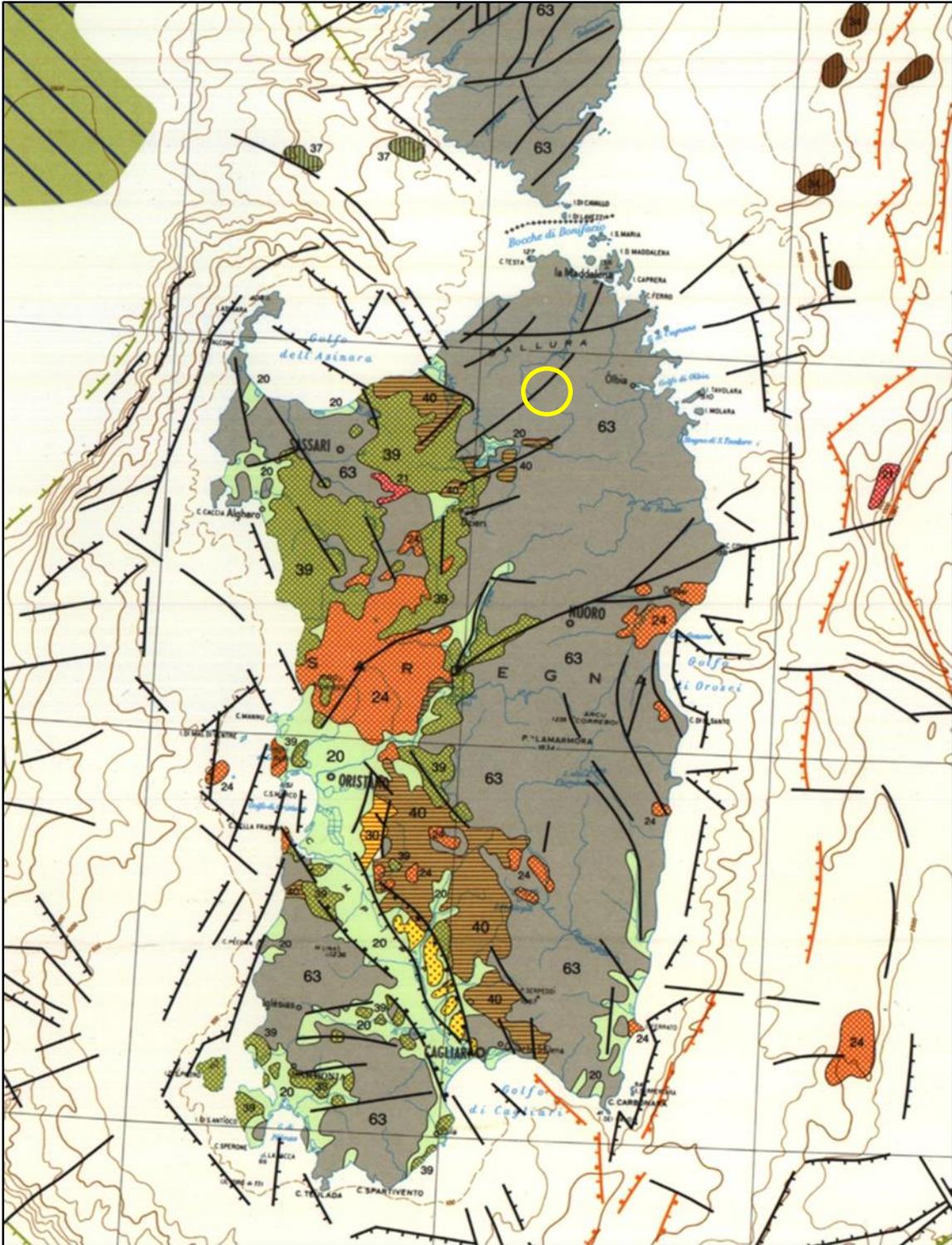
La Sardegna è usualmente divisa in tre complessi: il basamento metamorfico ercinico, il complesso intrusivo tardo-ercinico, le coperture sedimentarie e vulcaniche tardo-erciniche, mesozoiche e cenozoiche.

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

## POSTCOLLISIONAL EXTENSIONAL BASINS AND CORSICA-SARDINIA BLOCK

### MIDDLE PLIOCENE p.p. to RECENT (~2.4 to 0 Ma)

- 
 20 Continental and subordinate marine deposits, *Upper Pleistocene-Holocene*
- 
 21 Extension-related volcanic and subvolcanic bodies (alkaliolivinic and tholeiitic), *Pleistocene*
- 
 22 Subduction-related volcanic rocks (calcalkaline, shoshonitic) and high-potassium volcanics, mostly *Pleistocene*
- 
 23 Domains with hypothesized presence of oceanic crust (Marsili Basin), *uppermost Pliocene-Pleistocene p.p.*

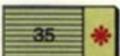
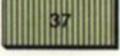
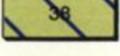
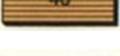
### EARLY PLIOCENE p.p. to MIDDLE PLIOCENE p.p. (~4.5 to ~2.4 Ma)

- 
 24 Extension-related volcanic rocks (alkaliolivinic, tholeiitic)

### TORTONIAN p.p. to MESSINIAN p.p. (~10 to ~6 Ma)

- 
 33 Extension-related volcanic rocks (Hyblean Region, Strait of Sicily)
- 
 34 North Tyrrhenian shallow plutonic bodies and minor volcanic rocks

### OLIGOCENE p.p. to TORTONIAN p.p. (~33 to ~10 Ma)

- 
 35 Vienna and Graz extensional basins (*Middle Miocene-Lower Pliocene*), including \* calcalkaline flows and pyroclastic rocks (*Middle Miocene*)
- 
 36 Intramontane basins, *Miocene*
- 
 37 Extension-related volcanics (tristanites, tholeiites), Western Mediterranean, *Lower Miocene*, 18 Ma
- 
 38 Domains with oceanic crust, *Aquitanian-Burdigalian p.p.* (most of the Western Mediterranean); *Middle Miocene?-Tortonian p.p.?* (SW of Sardinia)
- 
 39 Subduction-related volcanic rocks (calcalkaline, Sardinia), 30 to 13 Ma
- 
 40 Rhine-Bresse Graben system and deposits of the Western Sardinia Grabens, *Oligocene p.p.-Lower Miocene*

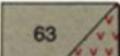
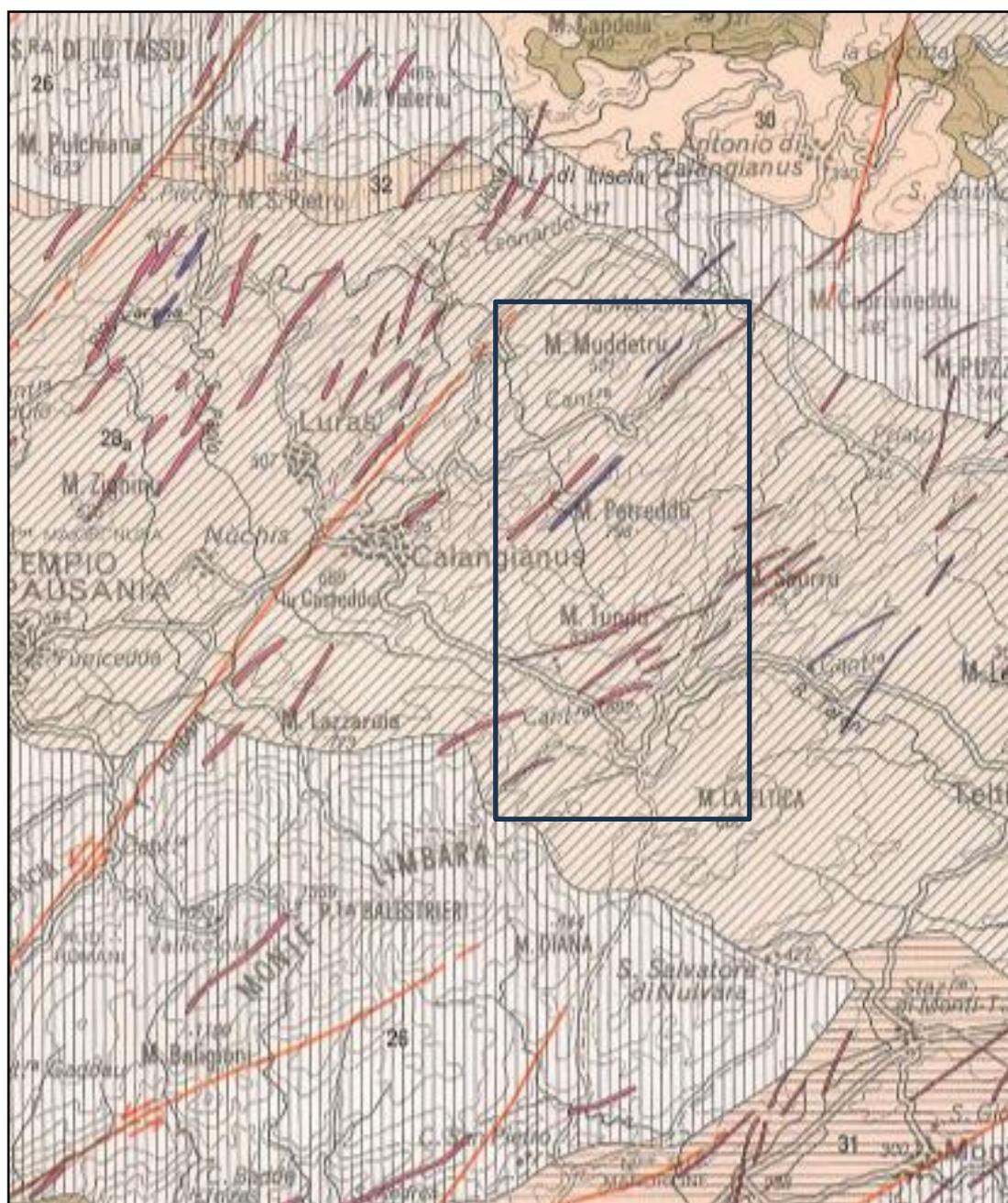
- 
 63 Foreland, including (v) Paleocene and Oligocene volcanic rocks (mainly basalts) and subvolcanic bodies of the Lessinian and Euganean areas

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.

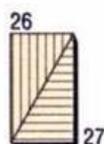


Area di progetto

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*



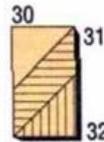
Leucograniti equigranulari (Gallura: Limbara; Sarrabus: Rio Picocca, San Vito; Sulcis), etc. 26.  
Leucograniti a Grt (Baronie: P.ta Tepilora), etc. 27.

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



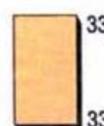
Monzograniti equigranulari (Goceano: Buddusò, Bortamelone; Gallura: Costa Paradiso), etc. 28<sub>b</sub>. Monzograniti inequigranulari (Gallura: Calangianus, Arzachena; Barbagia: Olzai), etc. 28<sub>a</sub>. Sieniti sodiche (Sarrabus: Villasimius) 29.

*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: Bolotana; 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: Bolotana; 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: Ortueri), etc. 33<sub>b</sub>. Gabbri e masse gabbro-tonalitiche (Gallura: P.ta Falcone, Bortigiadas; Goceano: Osidda; Sarrabus: Solanas), etc. 33<sub>a</sub>.

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

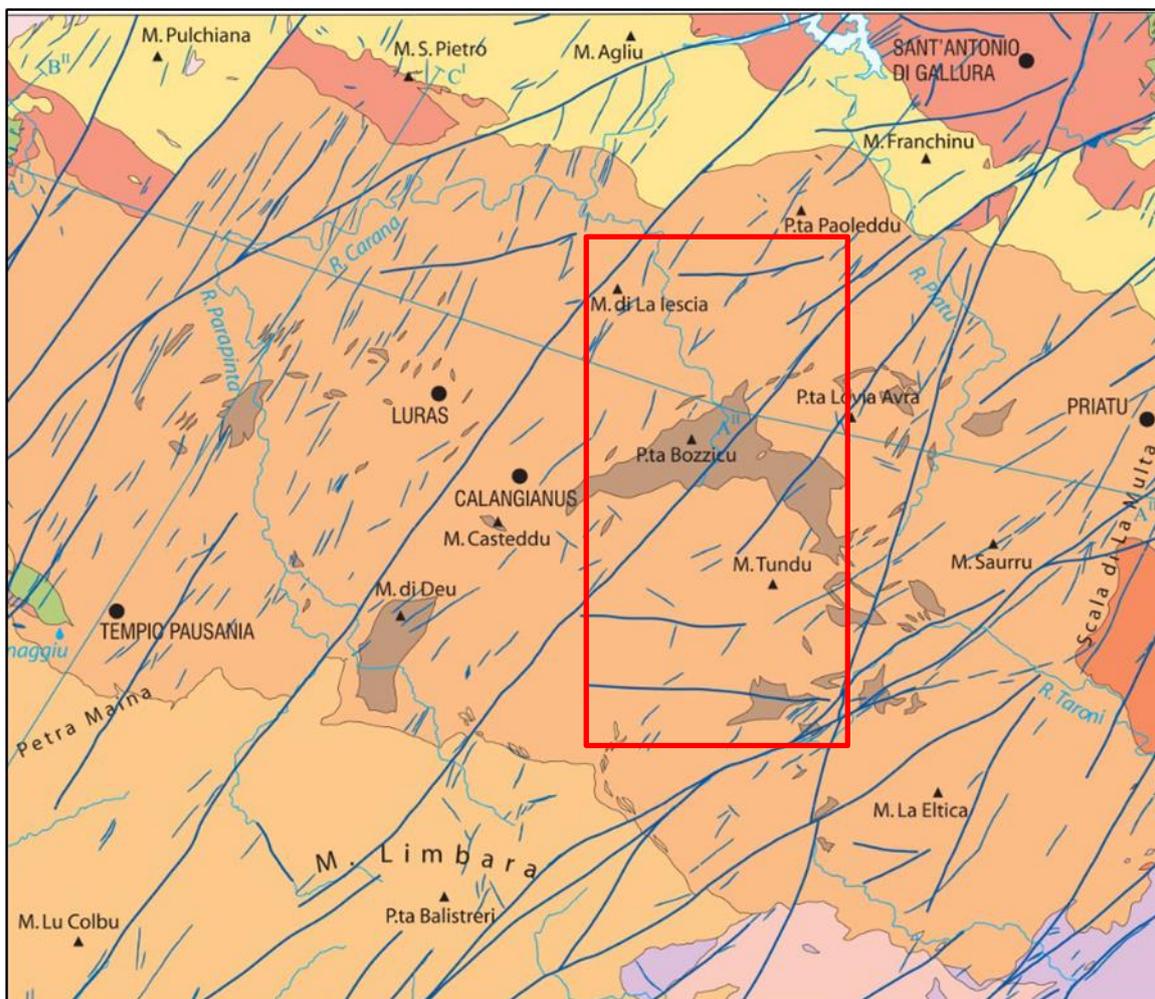


Figura 6: Foglio geologico CarG 1:50.000 "Tempio Pausania", comprendente l'intero impianto (riquadro in rosso) e legenda annessa in cui vengono riportate le informazioni dell'area sulle Unità tettono-stratigrafiche.

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.

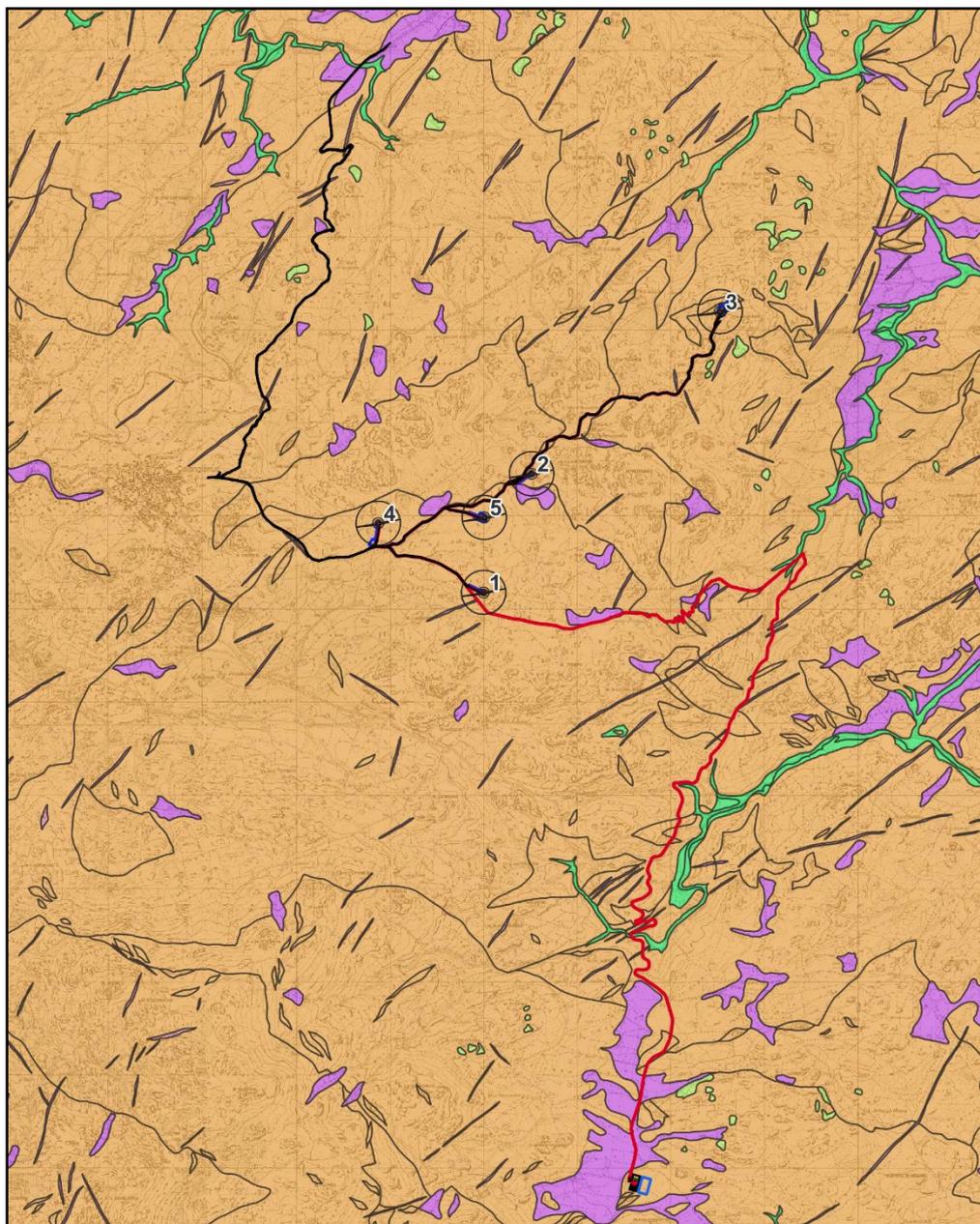




Figura 7: Carta delle Unità Strutturali; Shapefile in ambiente GIS.



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.

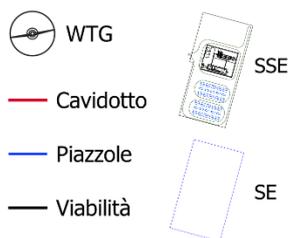
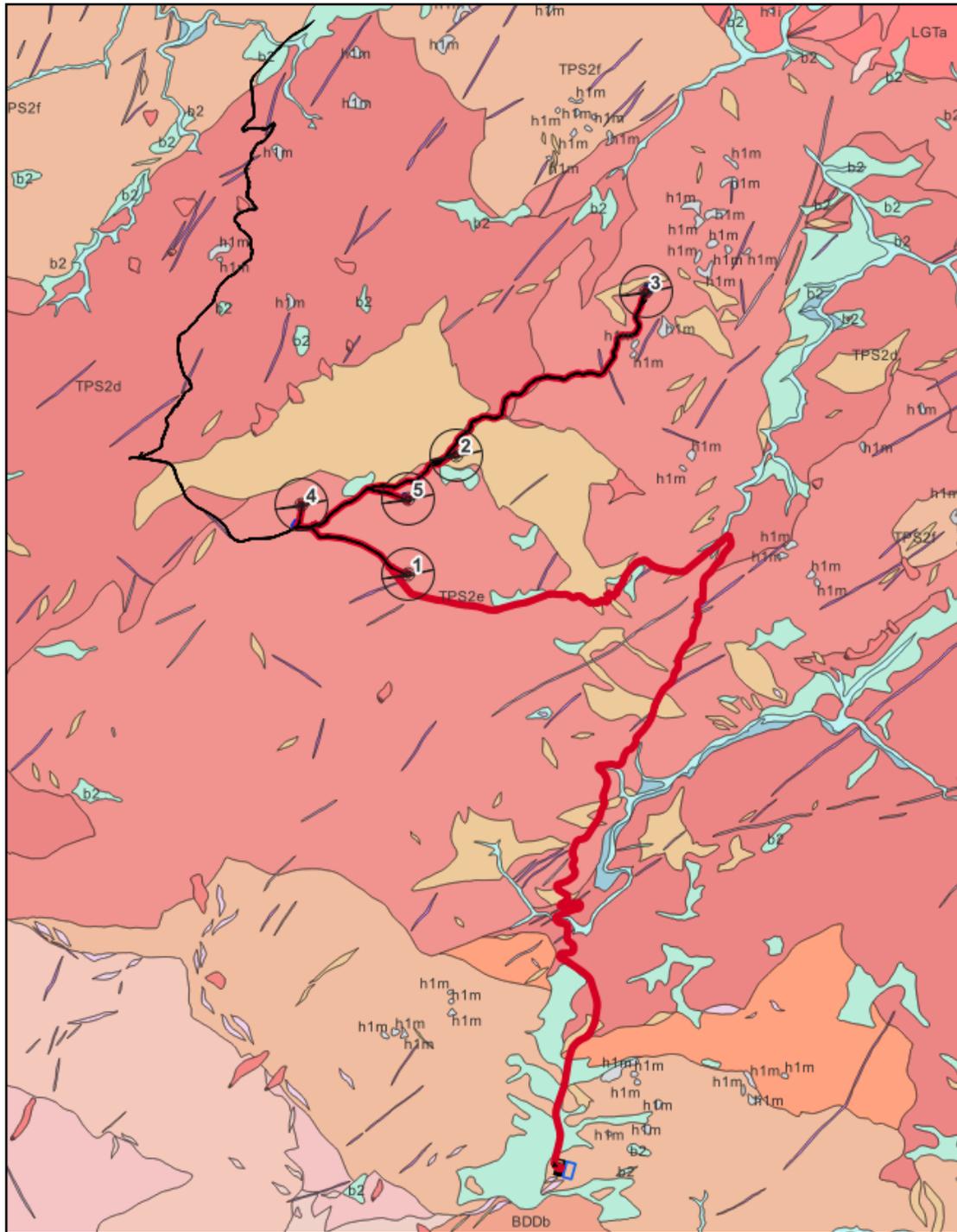


Figura 10: Carta Litologica (Fonte: SITR Sardegna ed elaborazione in ambiente GIS). Per la legenda vedi testo

**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 Cognu (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

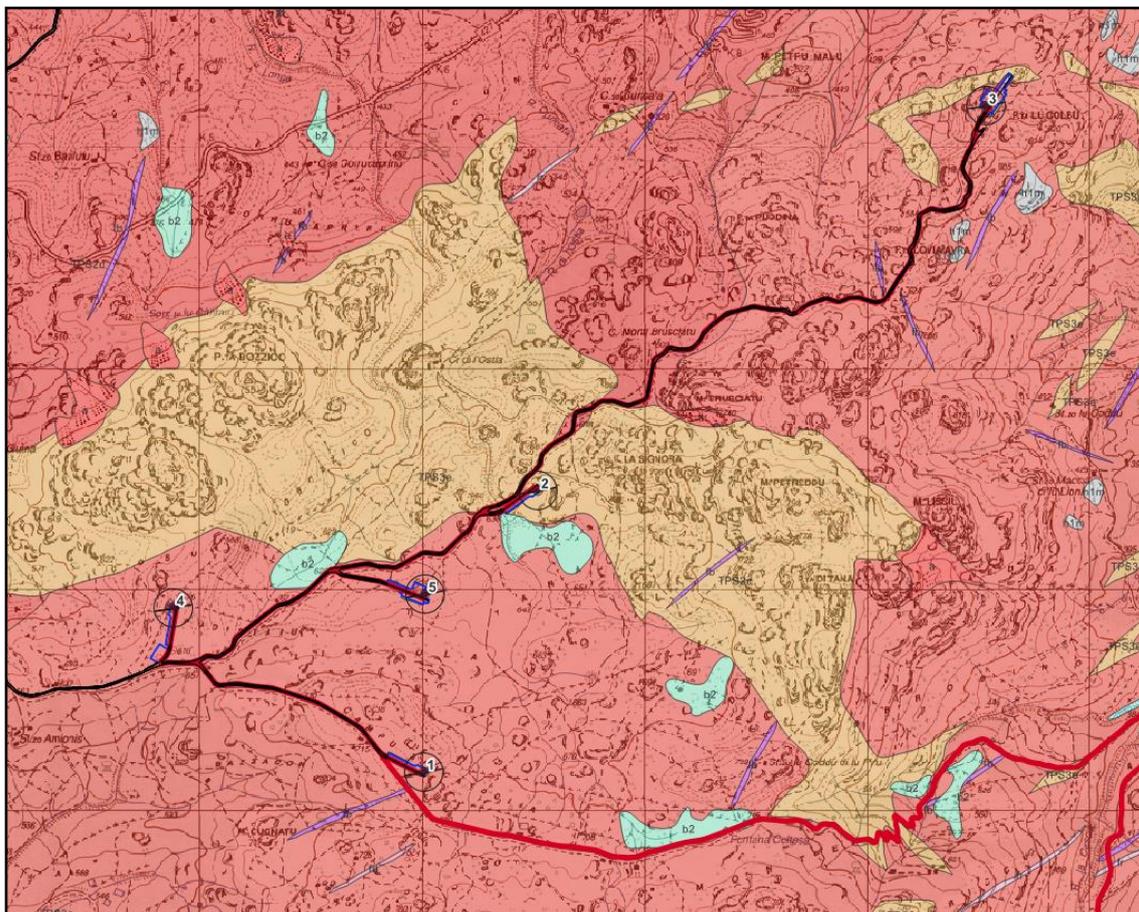
**TPS3f** - Facies Monte La Eltica- (Subunità intrusiva di Monte Limbara – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Ammassi aplo-pegmatitici

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.



WTG

— 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:

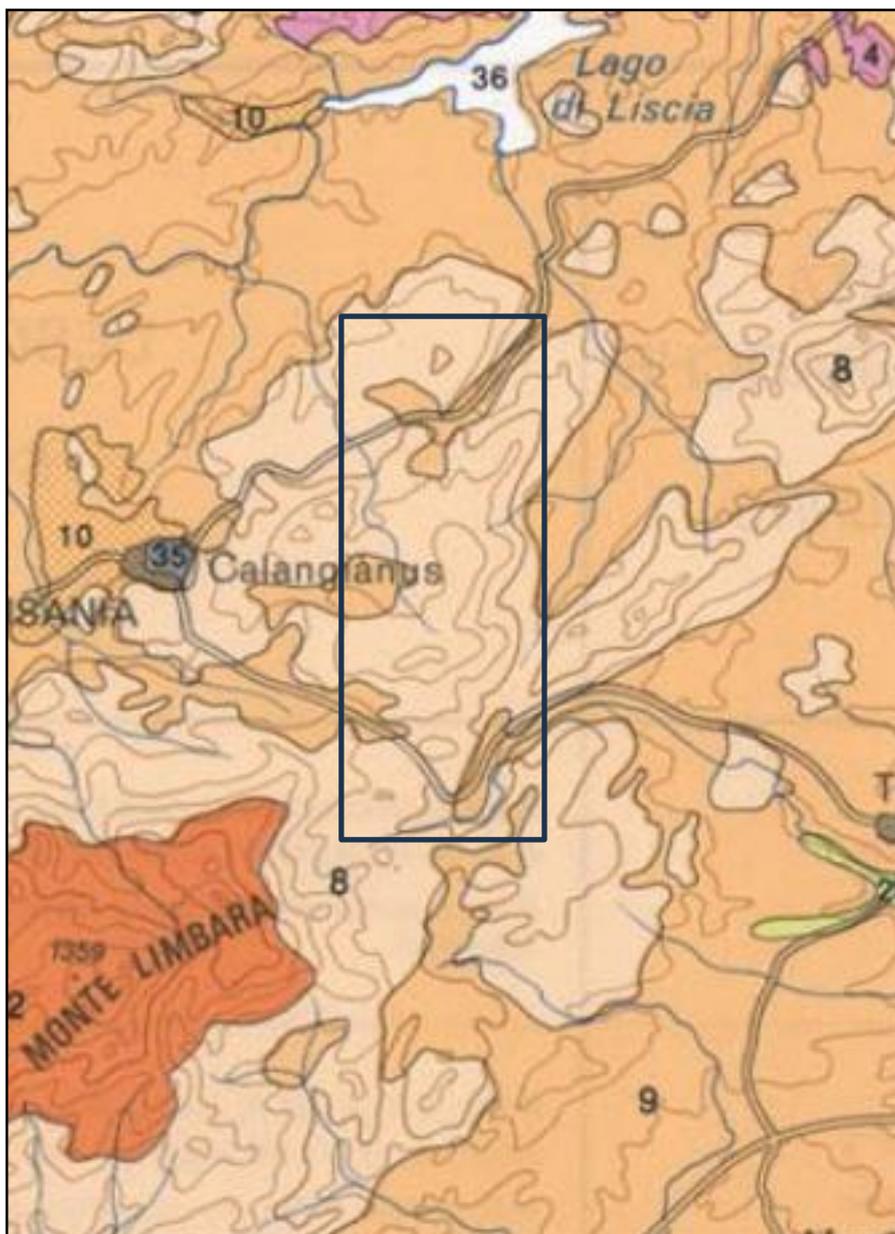
- **WTG1** - Facies Punta Lovia Avra (Subunità intrusiva di Catala – Unità intrusiva di Tempio Pausania). Monzograniti inequigranulari, con fenocristalli euedrali di Kfs aventi taglia compresa tra 1 e 5 cm. Carbonifero Sup.-Permiano.
- **WTG2** - Facies Punta Bozzico (Subunità intrusiva di Monte Limbara -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 Landscapes on intrusive rocks (granites, granodiorites, leucogranites, etc.) of the Paleozoic and their slope deposits		
8	Rock outcrop Lithic Xerorthents	Rock outcrop Eutric, Dystric e Lithic Leptosols
9	Typic, Dystric e Lithic Xerorthents Typic, Dystric e Lithic Xerochrepts Rock outcrop	Eutric, Dystric e Lithic Leptosols Eutric e Dystric Cambisols 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. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI

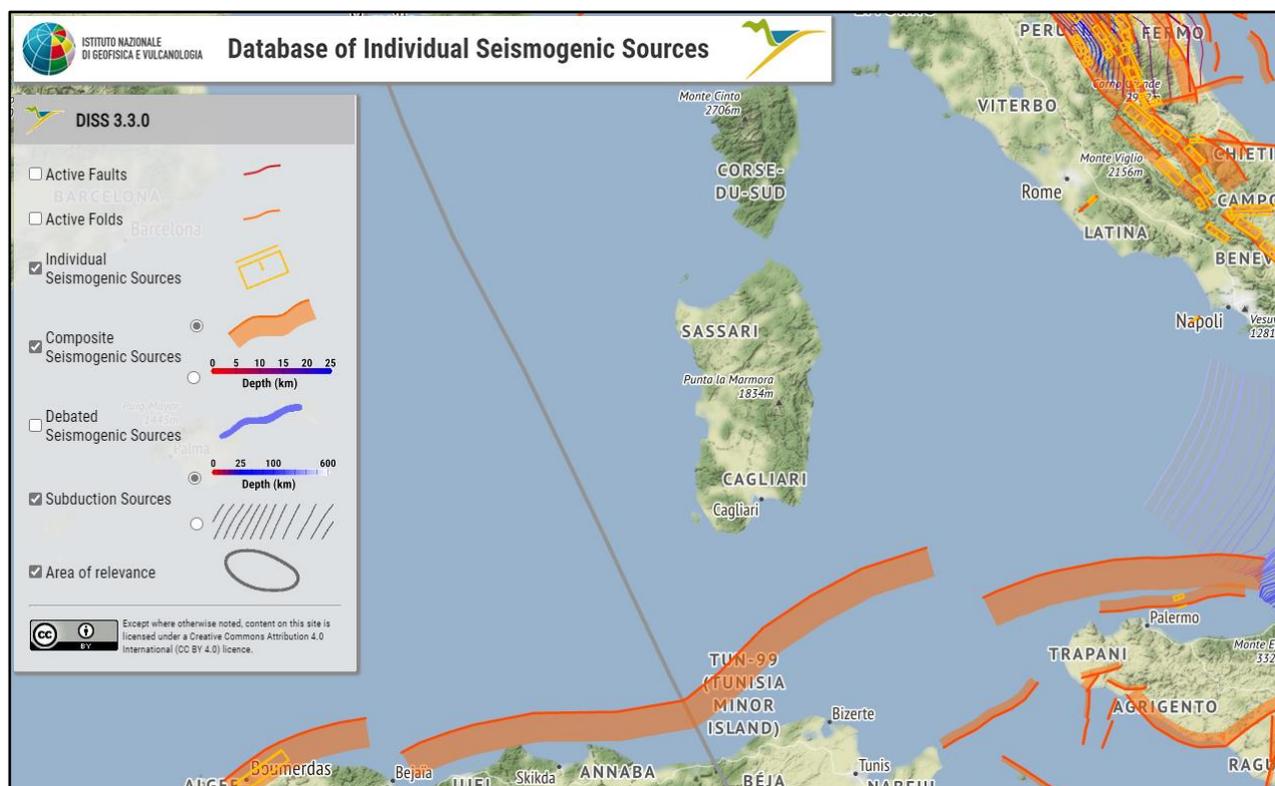
### 4.1. SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA

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.

#### 4.1.1. 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 sismogeniche; 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 13: 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://diiss-mapper.ingv.it)).**

#### 4.1.2. 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 14: Faglie capaci presenti in Sardegna, contenute nel database ITHACA (GeoMapView, ISPRA- [Viewer Progetto ITHACA \(isprambiente.it\)](#))

#### 4.2. SISMICITÀ STORICA

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> . 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> . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

**Figura 15: 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.

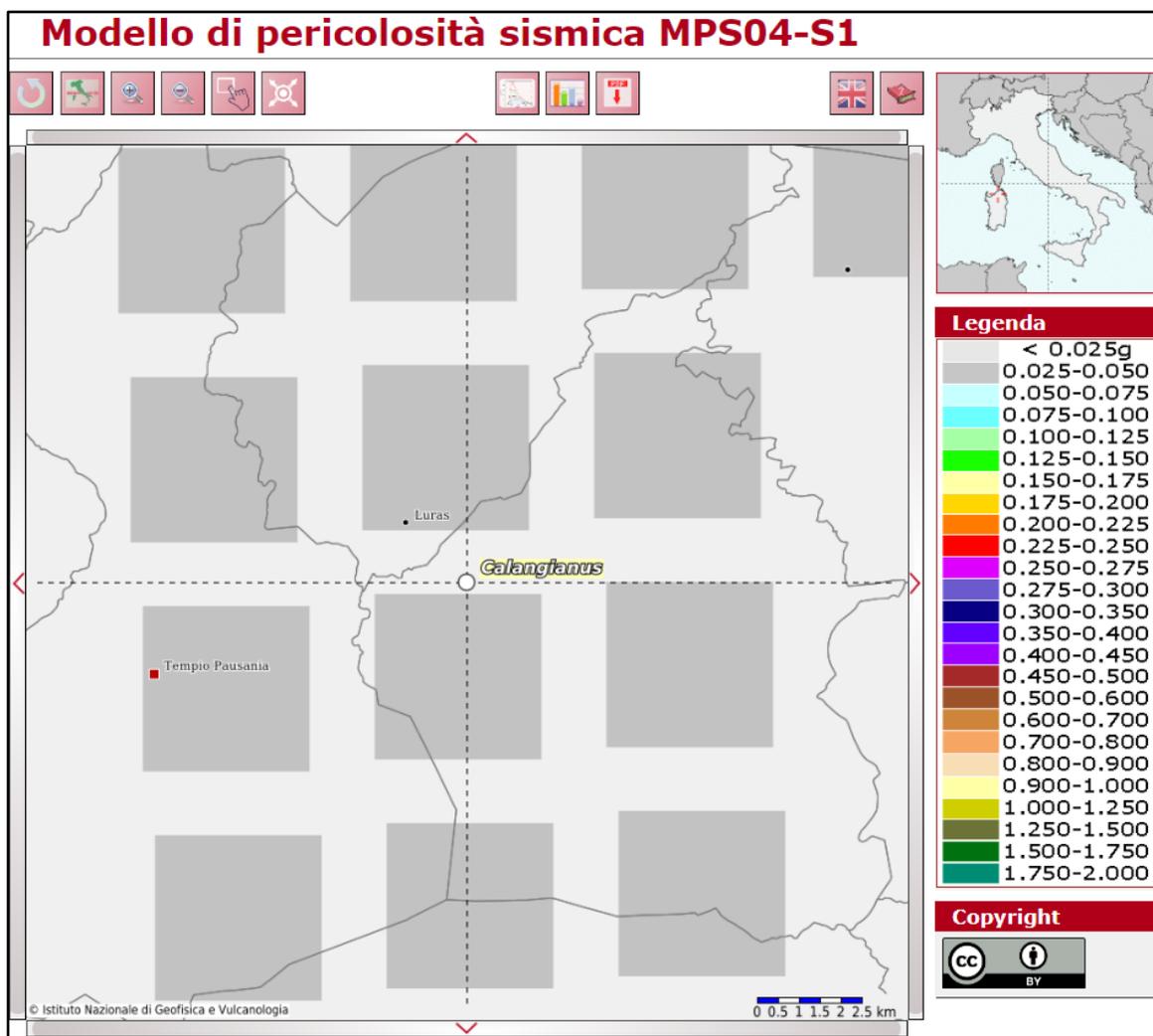


Figura 16: Accelerazioni al suolo attese per suolo di categoria A nel Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 dell'Istituto Nazionale Italiano di Geofisica e Vulcanologia (Fonte: <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

## 5. 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).

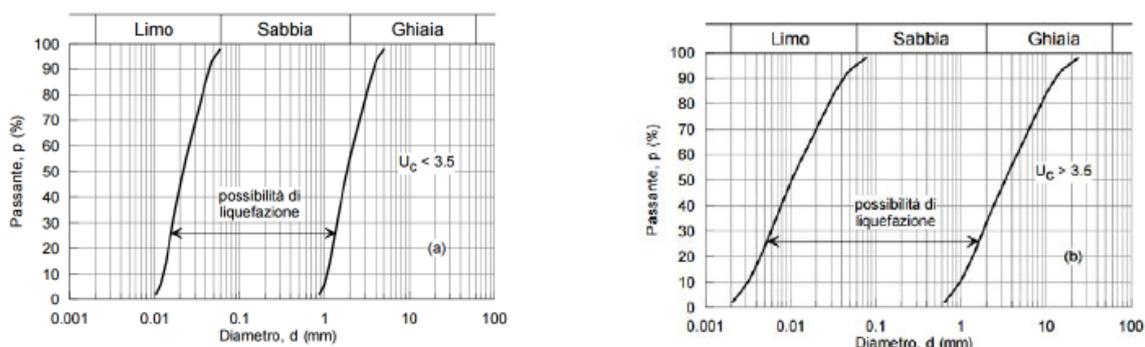


Figura 17: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ai sensi delle NTC 2018.

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.

## 6. 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 VS 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>	Depositati 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>	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
<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 2: 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.

## 7. 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° e pertanto la categoria topografica è la T1.

EVO S.R.L.



CODE

C23EOSW002S002R00

PAGE

32 di/of 32

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 18: 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 3: Categoria topografica per tutte le WTG.

Il Geologo

Dott. Agostino Scalercio

