

ANT S.r.l.



CODICE

C23ANTW001A001R00

PAGE

1 di/of 62

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Regione Sardegna

Provincia di Sassari

Comune di Sant'Antonio di Gallura

Impianto eolico di potenza nominale pari a 59,4 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 11,88 MW da realizzarsi nel Comune di Sant'Antonio di Gallura

### RELAZIONE GEOLOGICA

Il Geologo

Dott. Agostino Scalercio



File: C23ANTW001A001R00\_Relazione geologica .pdf

REV.	DATA	DESCRIZIONE	PREPARATO	VERIFICATO	APPROVATO
00	16/10/2023	Prima Emissione	A. Scalercio	D. Morelli	L.Sblendido

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 2 di/of 62

## SOMMARIO

1. PREMESSA .....	3
1.1 GENERALITÀ .....	3
1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO .....	4
1.3 SCOPO DEL LAVORO E METODOLOGIE DI INDAGINE .....	5
1.4 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE .....	5
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO .....	8
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	10
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE .....	10
3.2. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LOCALE .....	21
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	28
4.1. INQUADRAMENTO GENERALE E CARATTERI GEOMORFOLOGICI .....	28
5. VINCOLI TERRITORIALI .....	37
5.1. PAI .....	37
5.2. PGRA .....	41
5.3. STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE .....	42
6. IDROGEOLOGIA .....	43
6.1. CLIMA .....	43
6.2. ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE .....	47
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	50
8. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI .....	50
8.1. SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA .....	50
<b>8.1.1. LE SORGENTI SISMOGENETICHE .....</b>	<b>50</b>
<b>8.1.2. ITHACA – DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI .....</b>	<b>51</b>
8.2. SISMICITÀ STORICA .....	52
8.3. MACROZONAZIONE SISMICA - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	53
9. LIQUEFAZIONE .....	55
10. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	56
10.1 CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	57
11. LITOSTRATIGRAFIA LOCALE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	58
12. CONCLUSIONI .....	60

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 3 di/of 62

## 1. PREMESSA

### 1.1 GENERALITÀ

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le caratteristiche geologiche dell'area dell'impianto eolico proposto dalla Società ANT S.r.l., costituito da nove (9) aerogeneratori di potenza nominale unitaria pari a 6,6 MW, per una potenza nominale complessiva pari a 59,4 MW, a cui si integrano un sistema di accumulo di 11,88 MW e le relative opere di connessione alla RTN.

L'energia elettrica prodotta, riferita alla potenza di 71,28 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: 202301817), l'impianto sarà collegato alla Rete di Trasmissione (RTN) antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione a 380/150/36 kV da collegare tramite un nuovo elettrodotto a 380 kV al futuro ampliamento della SE RTN di Codrongianos e da raccordare alla linea 150 kV della RTN "Olbia – Siniscola 2".

L'energia elettrica prodotta dall'impianto nel Comune di S. Antonio di Gallura 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.

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

PROGETTO DEFINITIVO	
Titolo	Scala
C23ANTW001A003T00_Carta Geolitologica	1:10.000
C23ANTW001A004T00_Carta Geomorfologica	1:10.000
C23ANTW001A002T00_Carta Litotecnica	1:10.000

**Tabella 1: Allegati alla Relazione Geologica ed elaborati di riferimento**

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

È stata verificata la compatibilità degli interventi da un punto di vista ambientale e 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 ottemperanza al "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)".

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 4 di/of 62

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 nove (9) aerogeneratori e relative opere di connessione e interessa il comune di S. Antonio di Gallura in provincia di Sassari.

L'impianto, proposto in aree distanti da centri abitati, si sviluppa altimetricamente tra le quote comprese fra i 398 m s.l.m (WTG 2) e i 449 m s.l.m. (WTG 6).

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 SSE
- 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:

<u>COMUNE</u>	<u>WTG</u>	<u>FOGLIO</u>	<u>PARTICELLA</u>	<u>UTM-WGS84 32N</u>	
				<u>EST</u>	<u>NORD</u>
Sant'Antonio di Gallura (sez. A)	1	18	85	529015,3	4536357,18
	2	18	79	528257,79	4536207,21
	3	18	10	527766,74	4535830,92
	4	18	49	528541	4535569,49
	5	18	138	527693,4	4535357,61
	6	18	105	528358,94	4535105,59
	7	18	47	527915,45	4534713,83
	8	17	103	526943,17	4535124,44

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 5 di/of 62

	9	17	106	526858,93	4534585,29
	SSE-BESS	26	378	525098.00	4533246.70

**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 direttive 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 successiva fase di progetto mediante una adeguata campagna di indagini geognostiche.

### 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".

ANT S.r.l.		CODICE <b>C23ANTW001A001R00</b>
		PAGE 6 di/of 62

- ✓ 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);

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i>
		<b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i>
		7 di/of 62

- ✓ 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.

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i>
		<b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i>
		8 di/of 62

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

L'area oggetto del presente studio ricade integralmente nel territorio comunale di Sant'Antonio di Gallura, alle località Macchia di Campi e Paparu, e le aree sono comprese fra le quote 400 e 450 m circa s.l.m.

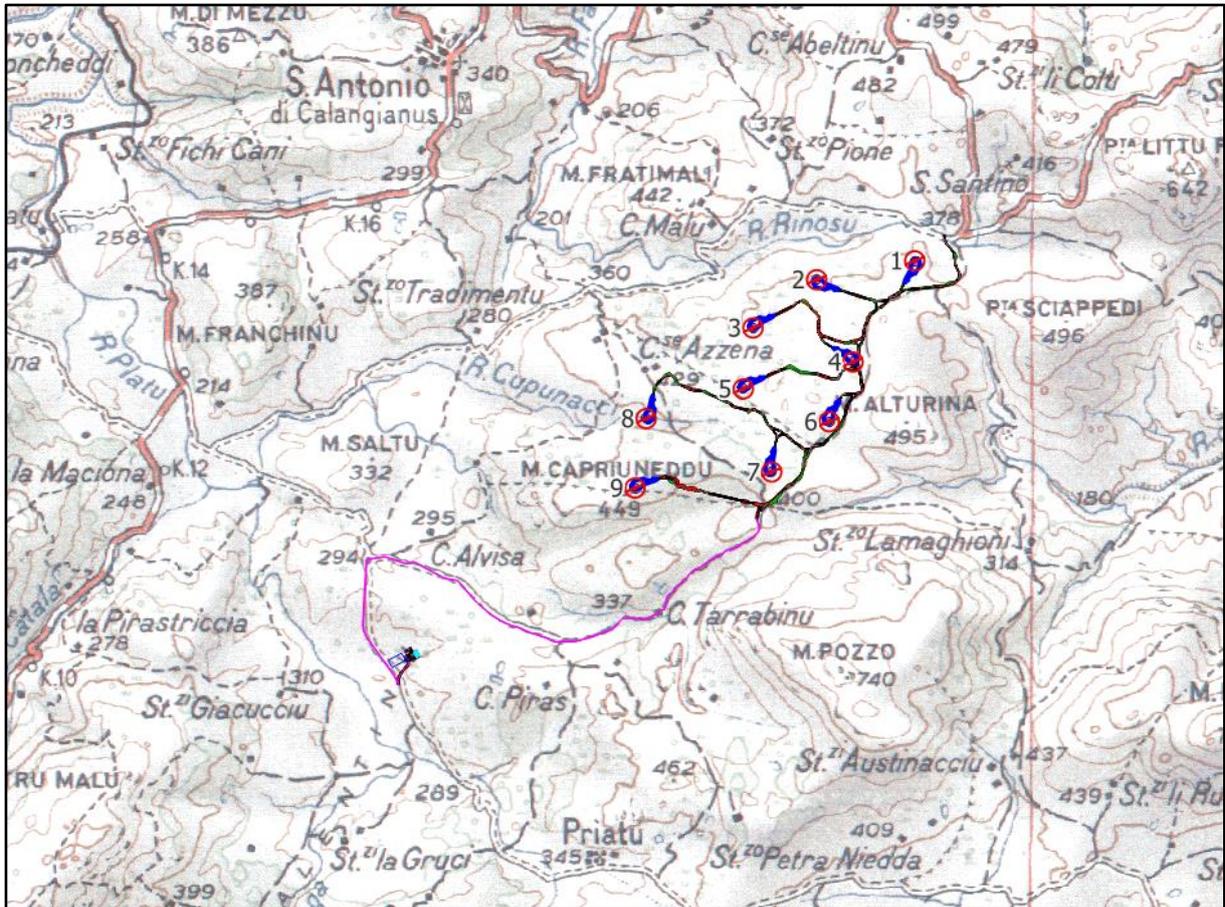
I centri abitati più prossimi alle aree di impianto sono quelli di Sant'Antonio di Gallura (2,9 km circa a nord-ovest) e di Priatu, frazione del medesimo comune, posto circa 2,8 km a sud.

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 solo in minima parte la cartografia geologica CarG in scala 1:50.000, poiché ricadente parzialmente nel foglio del Foglio 443 "Tempio Pausania", mentre per l'intera regione sono disponibili i relativi livelli 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 consultazione WMS: [Servizio WMS - Geoportale Nazionale \(minambiente.it\)](#)
- 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 \(isprambiente.it\)](#)



WTG

— Piazzole

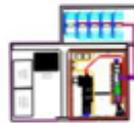
— Cavidotto

— Viabilità interna

□ Stazione di nuova realizzazione

■ Scavi

■ Riporti



SSE

Figura 1: Inquadramento territoriale (non in scala) dell'area di impianto e del cavidotto su base Carta Topografica d'Italia in scala 1:100.000, da GeoPortale Nazionale.

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 10 di/of 62

### **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 parte dell'impianto e le cui note descrivono anche il quadro generale dell'area.

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.

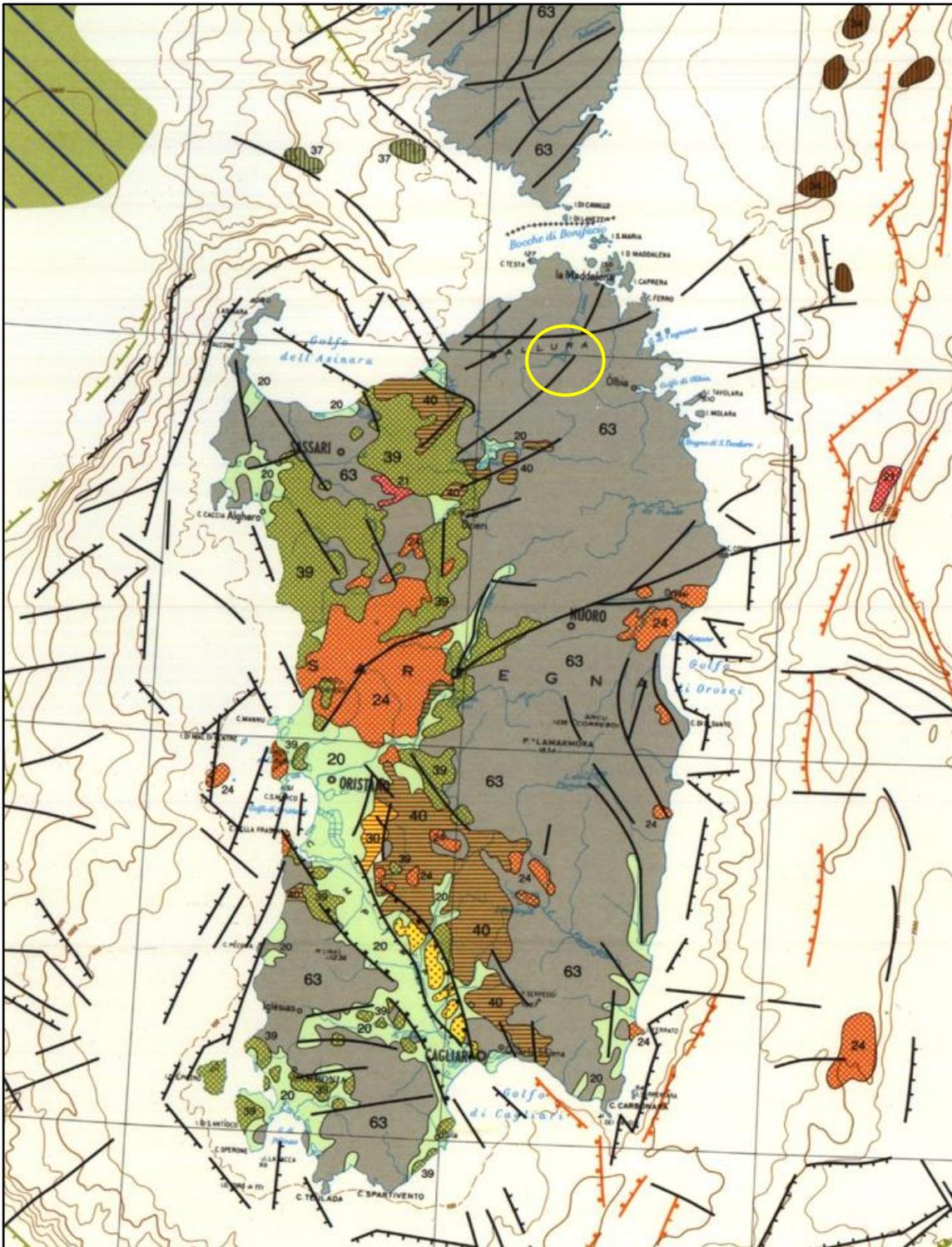


Figura 2: Synthetic Structural-Kinematic Map of Italy– Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR – scala 1:500.000



Area di interesse

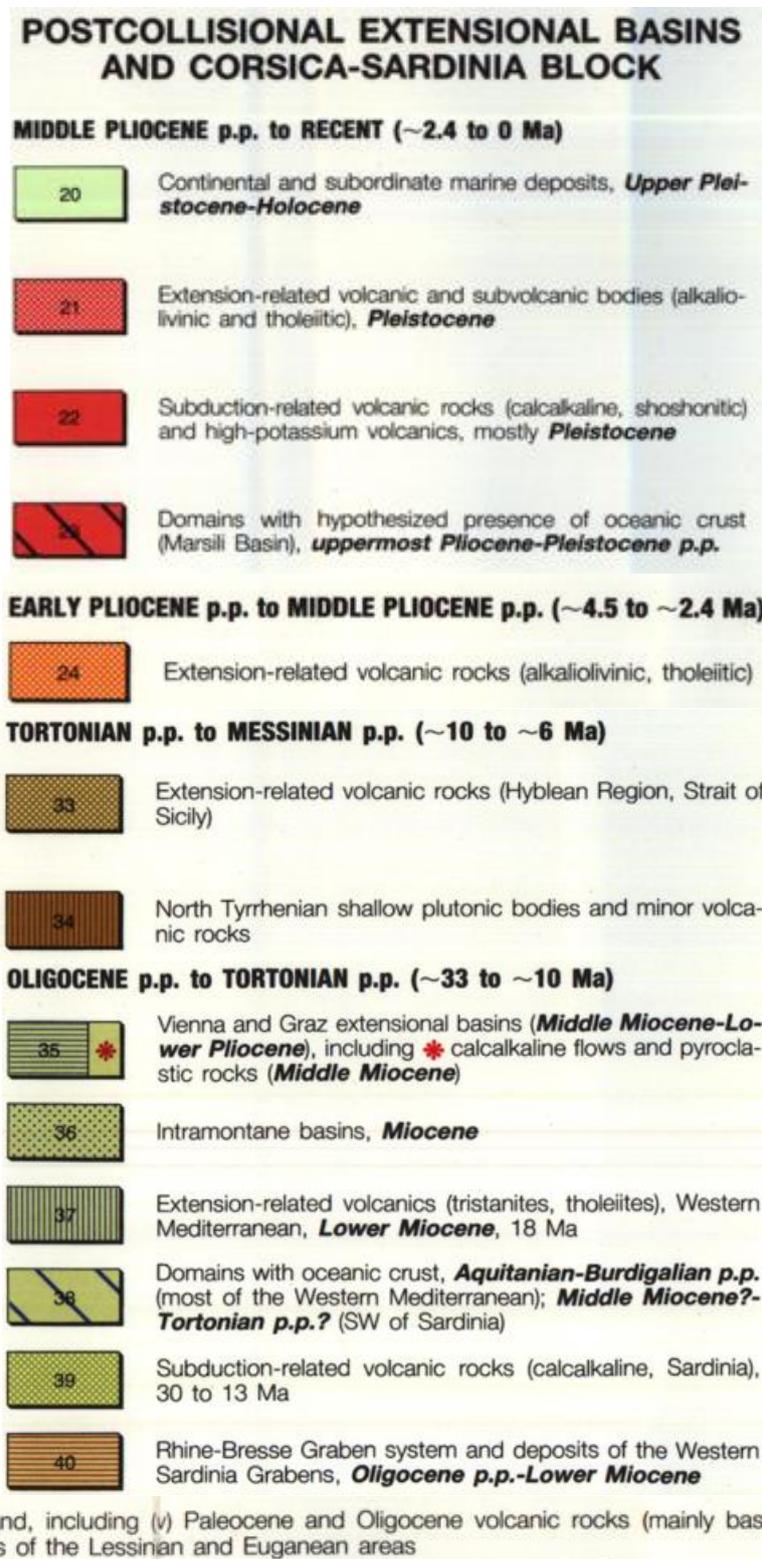


Figura 3: Legenda della Synthetic Structural-Kinematic Map of Italy – Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR – scala 1:500.000

della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna (edizione 1996) l'area rientra nell'area del Basamento Ercinico, Complesso Plutonico del Carbonifero superiore – Permiano (26-leucograniti equigranulari e 30-Granodioriti e monzograniti equigranulari).

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

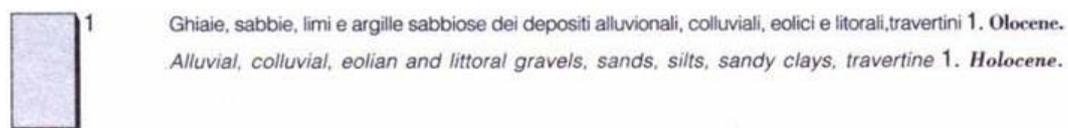
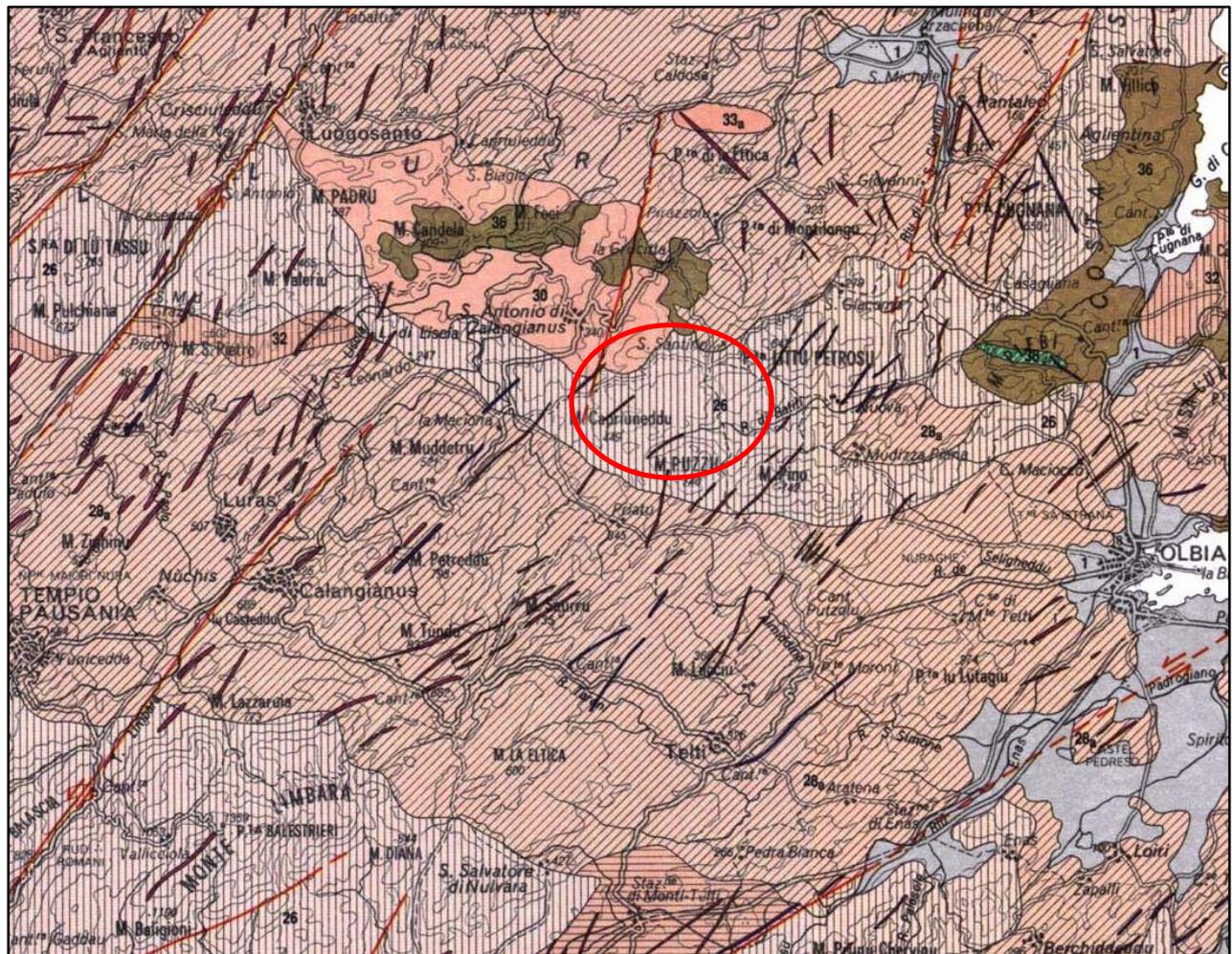


Figura 4: Carta geologica della Sardegna in scala 1:200.000 e legenda rappresentante ghiaie, sabbie, limi e argille dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali, travertini posti a sud-est e nord-est della carta; Comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotecnica della Sardegna (1996).

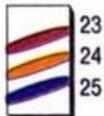


Area di interesse

## BASAMENTO ERCINICO HERCYNIAN BASEMENT

### COMPLESSO INTRUSIVO INTRUSIVE COMPLEX

#### Complesso filoniano del Carbonifero sup. - Permiano *Upper Carboniferous - Permian dyke complex*



Principali filoni di porfidi granitici e ammassi di micrograniti, principali filoni aplitici e pegmatitici (Sarrabus; Ogliastra; Gallura; etc.) **23**.

Principali filoni di quarzo (Sulcis; etc.) **24**.

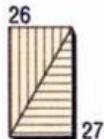
Principali corpi filoniani a composizione prevalentemente basaltica, ad affinità calcalcalina e subordinatamente shoshonitica (Baronie; etc.) **25**.

*Main porphyritic-microgranite dykes, microgranite domes, aplitic and pegmatitic dykes (Sarrabus; Ogliastra; Gallura; etc.) 23.*

*Main quartz dykes (Sulcis; etc.) 24.*

*Main calcalcaline and shoshonitic basaltic dykes (Baronie; etc.) 25.*

#### Complesso plutonico del Carbonifero sup. - Permiano *Upper Carbonifous - Permian plutonic complex*



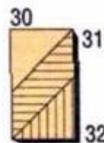
Leucograniti equigranulari (Gallura: Limbara; Sarrabus: Rio Picocca, San Vito; Sulcis), etc. **26**.  
Leucograniti a Grt (Baronie: P.ta Tepilora), etc. **27**.

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



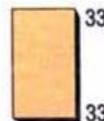
Monzograniti equigranulari (Goceano: Buddusò, Bortamelone; Gallura: Costa Paradiso), etc. **28<sub>b</sub>**. Monzograniti inequigranulari (Gallura: Calangianus, Arzachena; Barbagia: Olzai), etc. **28<sub>a</sub>**.  
Sieniti sodiche (Sarrabus: Villasimius) **29**.

*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**.

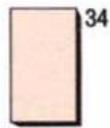
*Equigranular monzogranitic granodiorites (Marghine: Bolotana; Gallura: S. Antonio; Barbagia: Gavoi), etc. 30.*  
*Inequigranular monzogranitic granodiorites (Gallura: Monti; Barbagia: Orotelli), etc. 31.*  
*Tonalitic granodiorites (Barbagia: Mamoiada; Ogliastra: Villagrande; Goceano: Benetutti), etc. 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>.* *Gabbroes and gabbro-tonalitic bodies (Gallura: P.ta Falcone, Bortigiadas; Goceano: Osidda; Sarrabus: Solanas), etc. 33<sub>a</sub>.*

ANT S.r.l.	 WE ENGINEERING	CODICE <b>C23ANTW001A001R00</b>
		PAGE 15 di/of 62



34

Granitoidi a Crd (Barbagia: Rio Isalle) **34**.  
*Crd-bearing granitoids (Barbagia: Rio Isalle) 34.*



35

Granitoidi foliati, principalmente granodioriti tonalitiche fino a tonaliti (Goceano: Pattada; Gallura: Bortigiadas, N.ghe Ola; Baronia: M. Senes, etc.) **35**.  
*Foliated granitoids, mostly tonalitic granodiorites and tonalites (Goceano: Pattada; Gallura: Bortigiadas, N.ghe Ola; Baronia: M. Senes, etc) 35.*

### COMPLESSO MIGMATITICO ERCINICO HERCYNIAN MIGMATITIC COMPLEX



36

Migmatiti leucocratiche, nebuliti, agmatiti, gneiss, talora con lenti a silicati di calcio (Gallura: Golfo Aranci, Palau, Tarra Padedda; Baronia: Brunella, Straula; Asinara) **36**. ? **Precambriano**.  
*Leucocratic migmatites, nebulites, agmatites, gneisses, with calc-silicate lenses (Gallura: Golfo Aranci, Palau, Tarra Padedda; Baronia: Brunella, Straula; Asinara) 36. ? Precambrian.*



37

38

Ortogneiss granodioritici e monzogranitici (Asinara; Baronia: Tanaunella, P. Ottiolu; Gallura: Valle del Liscia, Tarra Padedda) **37**. Anfiboliti e anfiboliti ultramafiche con relitti di paragenesi granulitiche, derivate da complessi basici stratificati (Gallura: M. giu Nieddu; Asinara: P. Scorno; etc.) **38**. ? **Precambriano**.  
*Granodioritic and monzogranitic orthogneisses (Asinara; Baronia: Tanaunella, P. Ottiolu; Gallura: Valle del Liscia, Tarra Padedda) 37. Amphibolites and ultramafic amphibolites with granulitic relics derived from layered basic complexes (Gallura: M. giu Nieddu; Asinara: P. Scorno; etc.) 38. ? Precambrian*

Figura 5: Legenda della carta geologica della Sardegna rappresentante il Basamento Ercinico suddiviso in complesso intrusivo (complesso filoniano e complesso plutonico) e complesso migmatitico Ercinico; Comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotecnica della Sardegna (1996).

Nell'area del Foglio 443 "Tempio Pausania" affiorano diffusamente i termini del basamento paleozoico, che vengono distinti in Unità su base genetica e in base alla posizione tettono-strutturale.



<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 17 di/of 62

Le unità tettonostratigrafiche 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, distinte su base petrografica, e in un suo intorno sono le seguenti:

**Complesso Granitoide della Gallura**

- Unità Intrusiva di Luogosanto (facies Montiggiu Santu, facies Stazzo Vitedda, facies Monte Pulchiana, facies Monte Agliu, facies Monte Franchinu).
- Unità Intrusiva di Sant'Antonio di Gallura (facies Sant'Antonio di Gallura)
- Unità Intrusiva di Arzachena (Sub-Unità Intrusiva di Monte Tiana-Facies Arzachena, Facies San Pantaleo)
- Unità Intrusiva di Monte Limbara
  - Sub-unità Intrusiva di Monte Limbara (facies Monte La Eltica, facies Punta Bozzicu, facies Punta Balistreri, facies Vallicciola, facies Monte di Li Conchi, facies Monte San Giorgio)
  - Sub-unità intrusiva di Monte Catala (facies Punta Pauleddu, facies Punta Lovia Avra, facies di Monte La Jescia, facies Giacone, facies Rinaggiu, facies Riu Pedralzu)
  - Sub-unità intrusiva di Bortigiadas (facies Stazzo Spina, facies di Punta Capragia, facies San Pancrazio, facies di Punta Cuccaro Santu)



**Figura 7: Ammasso granitico 150 m nord-est dell'aerogeneratore WGT 2, facente parte del Complesso Granitoide della Gallura (Unità Intrusiva di Arzachena), costituita da leucomonzograniti biotitici rosati equigranulari. Il complesso granitico, in parte coperto da vegetazione presenta fratturazione evidente e forme erosive derivanti dall'esfoliazione cipollare e dall'erosione a tafoni.**



Figura 8: Blocchi di granito di colore grigio alterati, posti in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG 7 facente parte dell'unità intrusiva di Luogosanto (Complesso Granitoido della Gallura), composta da monzograniti moderatamente inequigranulari, a tendenza leucocrata. I blocchi, localmente molto arrotondati e ricoperti da licheni, presentano fratture verticali e orizzontali. L'alterazione chimico-fisica ha prodotto queste tipiche forme arrotondate a blocchi sovrapposti denominate 'Thor'.

- **COMPLESSO METAMORFICO DI ALTO GRADO (COMPLESSO MIGMATITICO)**

**Gruppo di Cugnana**

- Diatessiti di Cala Capra (Migmatiti diatessitiche scistose)

- **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-olivinici e trachibasaltici (filoni a composizione basica e serialità

<b>ANT S.r.l.</b>		CODICE <b>C23ANTW001A001R00</b>
		PAGE 20 di/of 62

transizionali);

- **fr** – filoni riolitici (filoni e ammassi a composizione acida e serialità calcalcalina);
- **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 tipi 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 e in piccola parte interessano i sedimenti alluvionali.

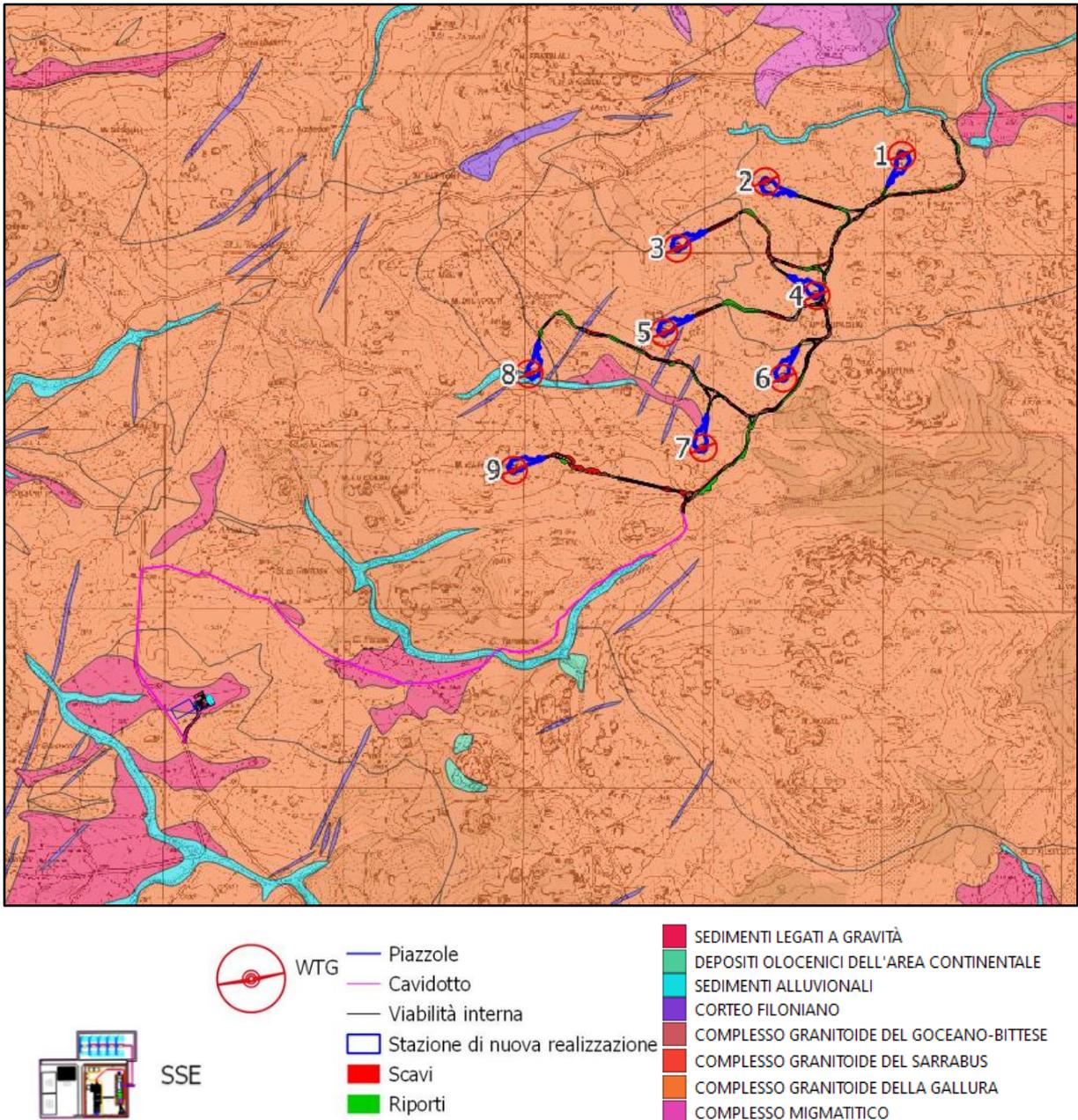


Figura 9: Carta delle Unità strutturali con legenda annessa; elaborazione in ambiente GIS (Fonte <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>)

### 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 disponibili nel Portale Cartografico della Regione Sardegna, dettagliando quindi le singole facies in cui sono suddivise le Unità Strutturali, come visibile nello stralcio che a seguire si riporta.

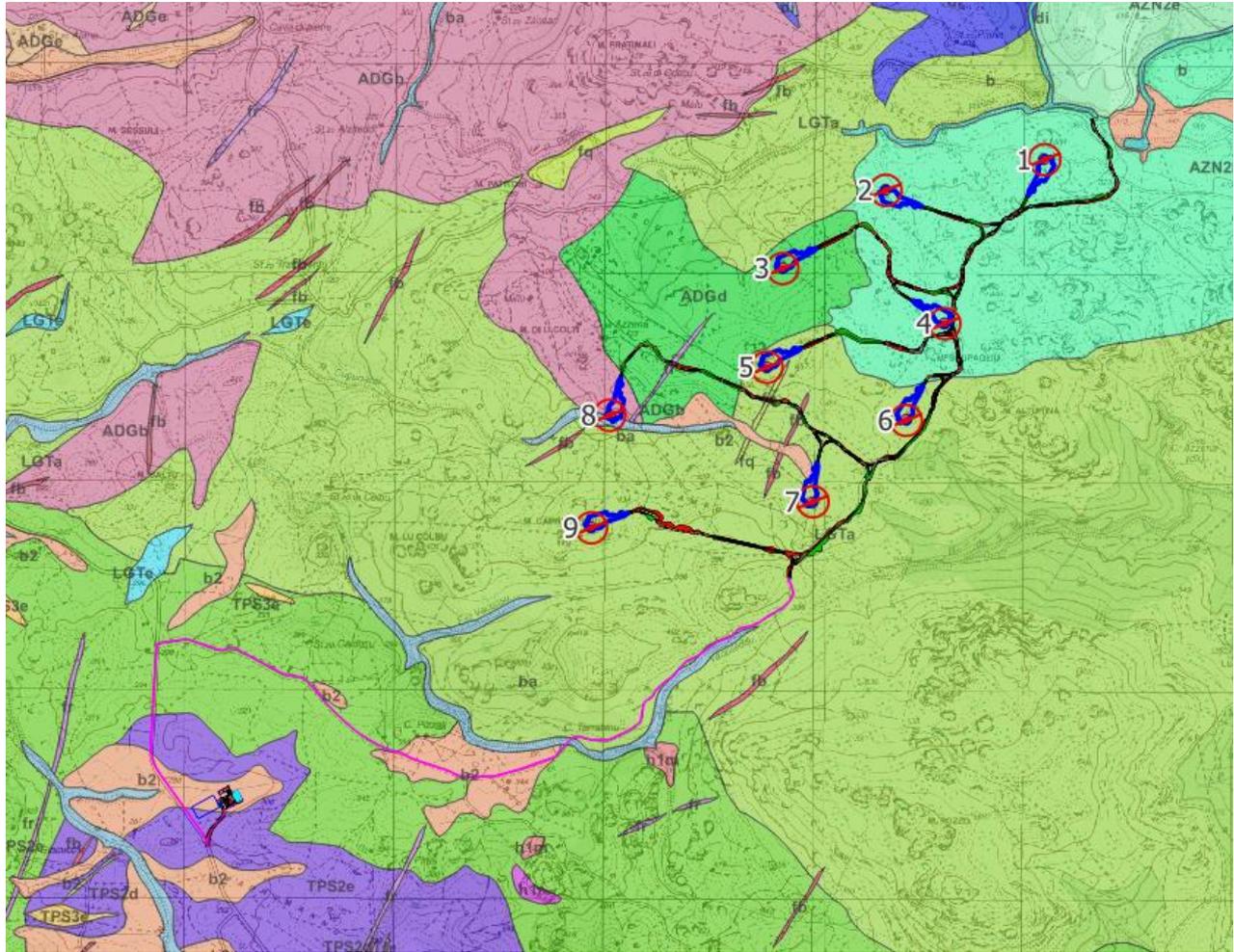


Figura 10: Carta Litologica (Fonte SITR Sardegna ed elaborazione in ambiente GIS).

**b** - Depositi alluvionali.

**ba** - Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie.

**fq** - Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati.

**fb** - Filoni basaltici porfirici di composizione basaltica olivinica e trachibasaltica.

**Fr** - Filoni e stocks di composizione dacitica e riodacitica.

**LGTa** - Facies Monte Franchinu (U. I. di Luogosanto). Monzograniti moderatamente inequigranulari.

**ADGb** - Facies S. Antonio di Gallura (U. I. di S. Antonio di Gallura). Granodioriti inequigranulari.

**ADGd** - Facies S. Maria delle Grazie (U. I. di S. Antonio di Gallura). Granodioriti monzogranitici equigranulari.

**AZN2h** - Facies San Pantaleo (SubU. I. Monte Tiana–U. I. di Arzachena). Leucomonzograniti biotitici equigranulari.

<b>ANT S.r.l.</b>		CODICE <b>C23ANTW001A001R00</b>
		PAGE 23 di/of 62

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

- **b**-Depositi alluvionali. *Olocene*
- **ba**-Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. *Olocene*
- **fq**-Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite, talora anche con solfuri metallici (Pb, Zn, Cu, Fe, etc). *Carbonifero Sup. - Permiano*
- **fb**-Filoni basaltici a serialità transizionale, di composizione basaltica olivinica e trachibasaltica, a struttura porfirica per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx, tessitura intersertaleofitica. *Carbonifero Sup. - Permiano*
- **fr**-Filoni e stocks di composizione dacitica e riodacitica, a serialità calcalcalina, a struttura da porfirica a microporfirica, talora granofirica, con fenocristalli di Qtz, Fsp, Bt e tessiture isotrope talora fluidali. *Carbonifero Sup. - Permiano*
- **LGTa** - Facies Monte Franchinu (Unità Intrusiva di Luogosanto). Monzograniti moderatamente inequigranulari, a tendenza leucocrata, con fenocristalli di Kfs fino a 1,5 cm. *Carbonifero Sup. - Permiano*
- **ADGb** - Facies S. Antonio di Gallura (Unità Intrusiva di S. Antonio di Gallura). Granodioriti inequigranulari, con fenocristalli di Kfs di taglia compresa fra 0,5 e 5 cm. *Carbonifero Sup. - Permiano*
- **ADGd** - Facies S. Maria delle Grazie (Unità Intrusiva di S. Antonio di Gallura). Granodioriti monzogranitiche equigranulari. *Carbonifero Sup. - Permiano*
- **AZN2h** - Facies San Pantaleo (Subunità intrusiva di Monte Tiana – Unità Intrusiva di Arzachena). Leucomonzograniti biotitici rosati equigranulari. *Carbonifero Sup. - Permiano*

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

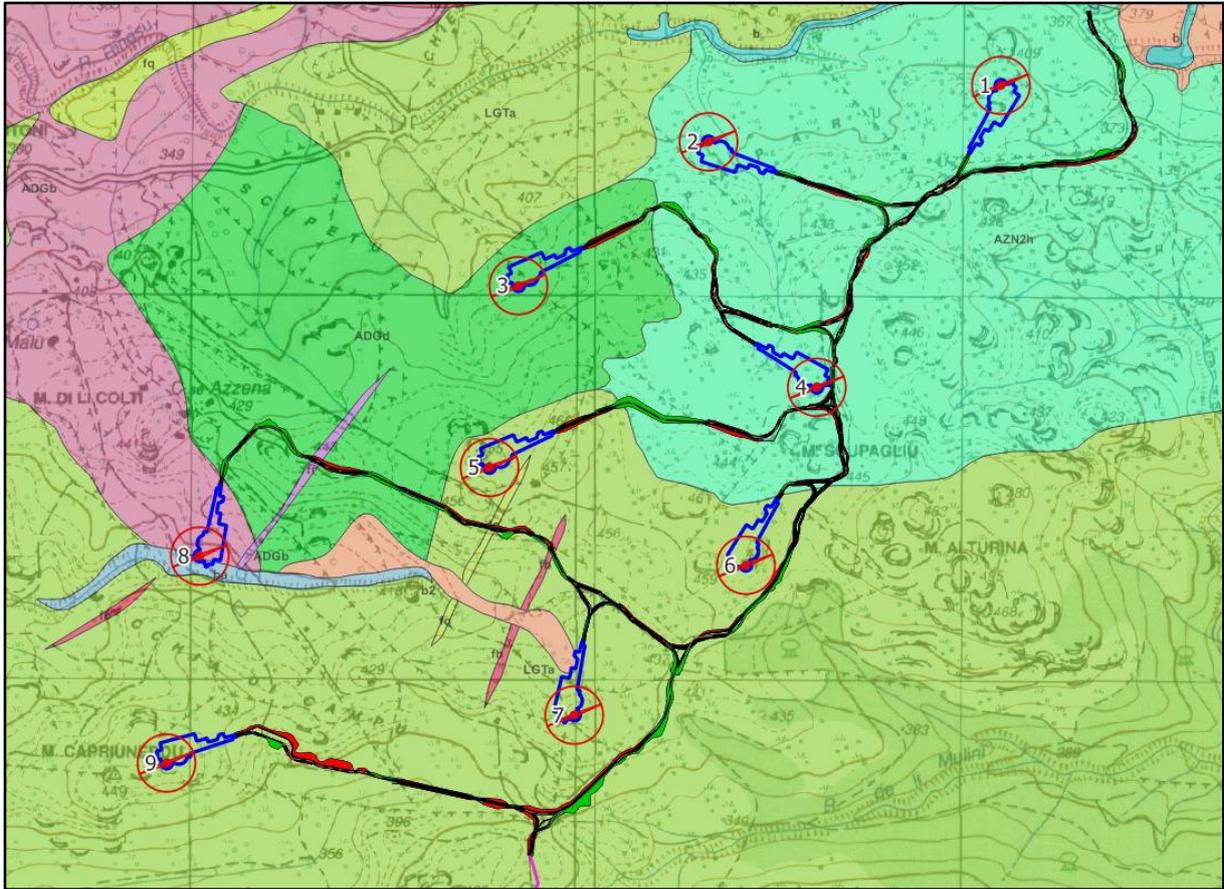


Figura 11: dettaglio delle caratteristiche geolitologiche delle aree di impianto: WTG3, 4, 5 – Facies di San Pantaleo

Facendo riferimento allo stralcio cartografico appena proposto, gli aerogeneratori e le relative piazzole ricadono nei seguenti contesti geologici:

- **WTG1**      Facies Monte Franchinu (Unità Intrusiva di Luogosanto). Monzograniti moderatamente inequigranulari, a tendenza leucocrata, con fenocristalli di Kfs fino a 1,5 cm.
- **WTG2**      Facies Monte Franchinu (Unità Intrusiva di Luogosanto). Monzograniti moderatamente inequigranulari, a tendenza leucocrata, con fenocristalli di Kfs fino a 1,5 cm.
- **WTG3**      Facies San Pantaleo (Subunità intrusiva di Monte Tiana – Unità Intrusiva di Arzachena). Leucomonzograniti biotitici rosati equigranulari. Intera piazzola.
- **WTG4**      Facies San Pantaleo (Subunità intrusiva di Monte Tiana – Unità Intrusiva di Arzachena). Leucomonzograniti biotitici rosati equigranulari. Intera piazzola.
- **WTG5**      Facies Monte Franchinu (Unità Intrusiva di Luogosanto). Monzograniti

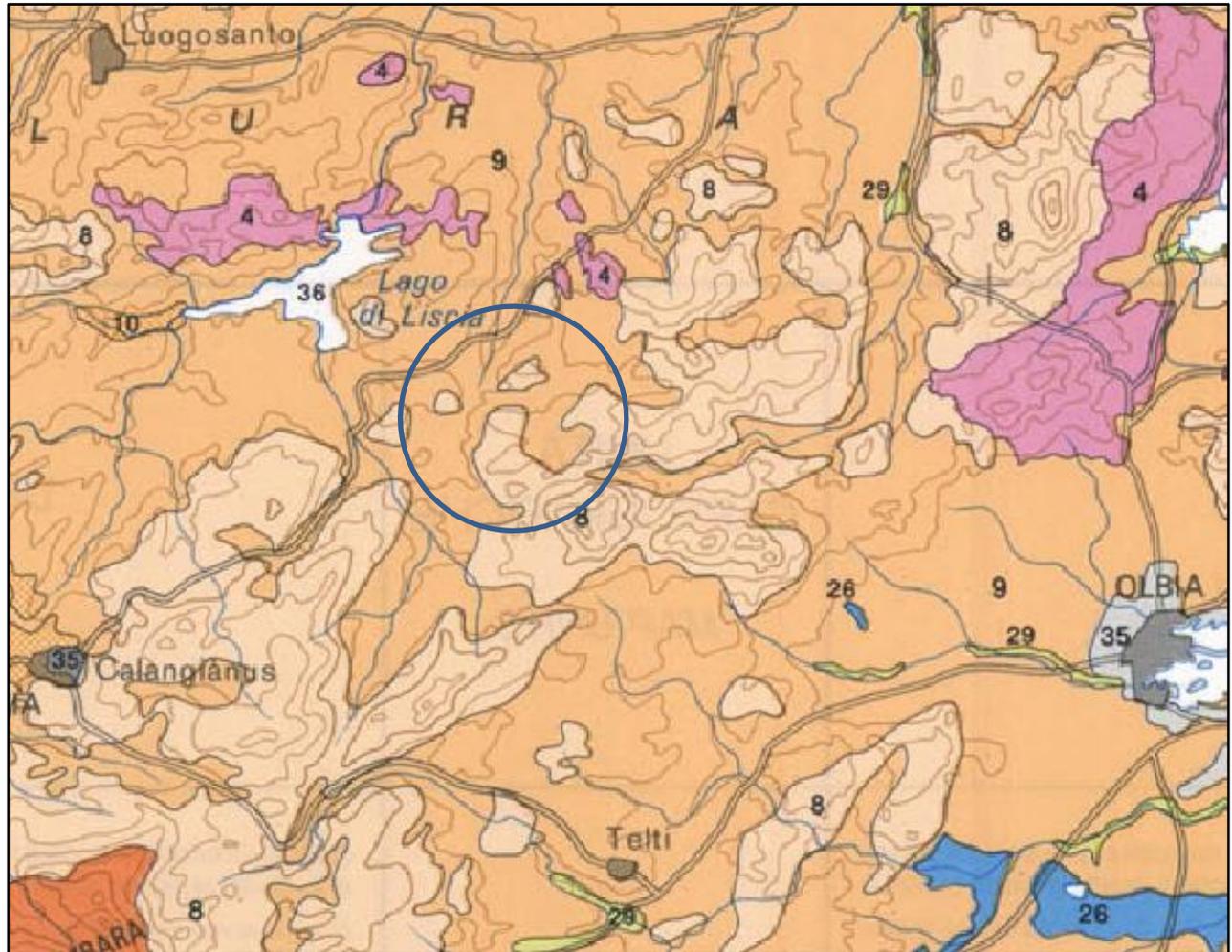
<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 25 di/of 62

moderatamente inequigranulari, a tendenza leucocrata, con fenocristalli di Kfs fino a 1,5 cm. In parte sono presenti anche Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite, talora anche con solfuri metallici (Pb, Zn, Cu, Fe, etc).

- **WTG6**          Facies Di Santa Maria delle Grazie (Unità Intrusiva di Luogosanto). Monzograniti moderatamente inequigranulari, a tendenza leucocrata, con fenocristalli di Kfs fino a 1,5 cm. Intera piazzola.
- **WTG7**          Facies Monte Franchinu (Unità Intrusiva di Sant'Antonio di Gallura). Monzograniti moderatamente inequigranulari, a tendenza leucocrata, con fenocristalli di Kfs fino a 1,5 cm. La piazzola oltre alla suddetta litologia ricade in piccola parte a circa 110 m a nord dello stesso aerogeneratore su coltri eluvio – colluviali.
- **WTG8**          Facies S. Antonio di Gallura (Unità intrusiva di S. Antonio di Gallura). Granodioriti inequigranulari, con fenocristalli di Kfs di taglia compresa tra 0.5 e 5 cm. La piazzola oltre alla suddetta Facies ricade in piccola parte, sui depositi alluvionali con ghiaie da grossolane a medie.
- **WTG9**          Facies Monte Franchinu (Unità Intrusiva di Luogosanto). Monzograniti moderatamente inequigranulari, a tendenza leucocrata, con fenocristalli di Kfs fino a 1,5 cm. Intera piazzola.

Da quanto riportato è quindi evidente che quasi tutte le piazzole, sono caratterizzati da terreni a carattere litoide, da semiduri a duri, per cui in fase di realizzazione degli scavi è da attendersi una forte resistenza all'escavazione. Tale fattispecie potrebbe necessitare dell'utilizzo di martelloni o altre attrezzature atte alla rottura di rocce di elevata resistenza. Per contraltare, tali terreni consentono l'adozione di tipologie di fondazione di tipo superficiale, date le grandi capacità di portanza. Per le piazzole dell'aerogeneratore WTG8, essendo caratterizzata da terreni a carattere litoide e in piccola parte da depositi alluvionali e coltri eluvio – colluviali, in fase di realizzazione è da attenersi una resistenza forte e localmente moderata, che potrebbe ingenerare cedimenti differenziali in fondazione.

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

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. Il cerchio indica l'area di progetto.



Figura 13: Orizzonte eluviale A situato circa 550 m a sud dell'aerogeneratore WTG 1, costituito sia da sostanza organica decomposta che da sostanze minerali derivanti dall'alterazione della roccia a causa dei processi di eluviazione.



Figura 14: Suolo situato a circa 85 m a sud dall'aerogeneratore WTG 7, all'interno di una sughereta in cui è

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 28 di/of 62

visibile l'orizzonte eluviale A.

## **4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

### **4.1. INQUADRAMENTO GENERALE E CARATTERI GEOMORFOLOGICI**

L'area in cui si colloca il progetto è posta nel contesto dell'interno gallurese, costituito da una serie di alture di tipo collinare a dominanza granitica, che spiccano su un paesaggio di moderata pendenza, con rilievi sostanzialmente piuttosto arrotondati, ma che presentano spesso pareti verticali o subverticali, sovente con tipica erosione per esfoliazione cipollare, dando luogo a morfologie a "domo", tipici fenomeni delle rocce intrusive isotrope oppure a thor, con giustapposizione di blocchi più o meno arrotondati. I picchi granitoidi presentano altezza variabile da circa 50 a circa 100 m al di sopra del paesaggio circostante, con buon rilievo morfologico. I rilievi principali presenti nell'intorno dell'area di impianto sono il Monte Fratimali (439 m), il Monte Alturina (495 m), il Monte Capriuneddu (449 m); più a sud si eleva un gruppo di alture culminanti nel rilievo del Monte Pozzo (740 m), che rappresenta una delle propaggini più settentrionali della Dorsale del Limbara.

Gli aerogeneratori 1, 2 e 3 sono posti nella località Li Paparu, sul versante che sovrasta il Riu Rinosu; poco più a sud è posto l'aerogeneratore 4, posto immediatamente a nord di Monte Scupagliu. Poco a sud del Monte Scupagliu è invece posto l'aerogeneratore 6. Gli aerogeneratori 5 e 7 sono posti nell'area di blanda dorsale posta fra il Riu de li Mulini a sud e il Riu Rinosu a nord. L'aerogeneratore 8 è posto in località Macchia di Campu, immediatamente a nord del tratto prossimale del Riu Cupunacci, circa 900 m a ovest della sorgente. L'aerogeneratore 9 è invece collocato nelle vicinanze del Monte Cupriueddu, posto fra il citato Riu Cupunacci (a nord) e il Fosso Vaccosu.

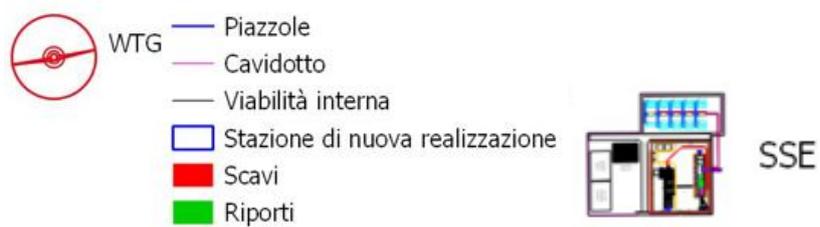
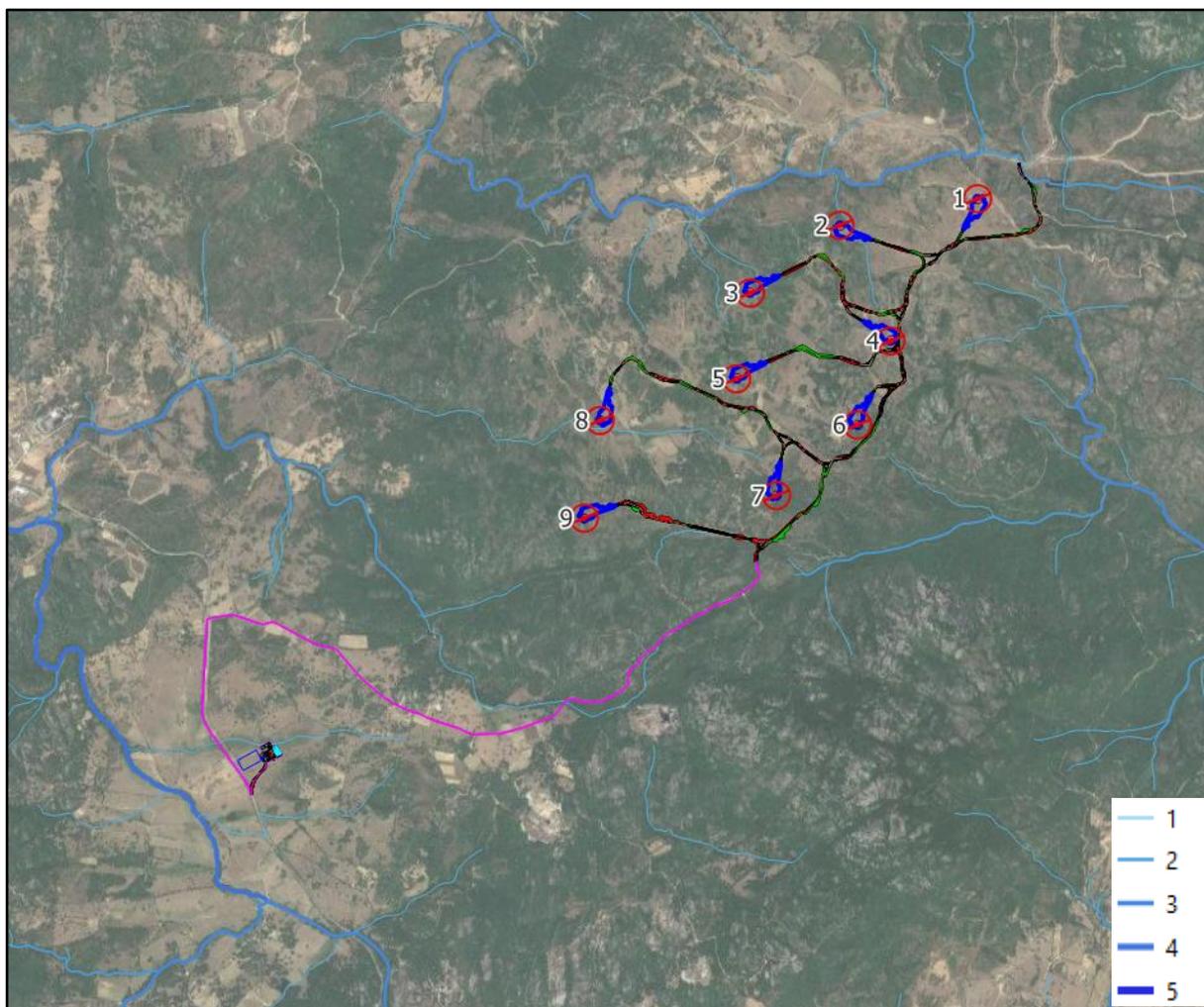
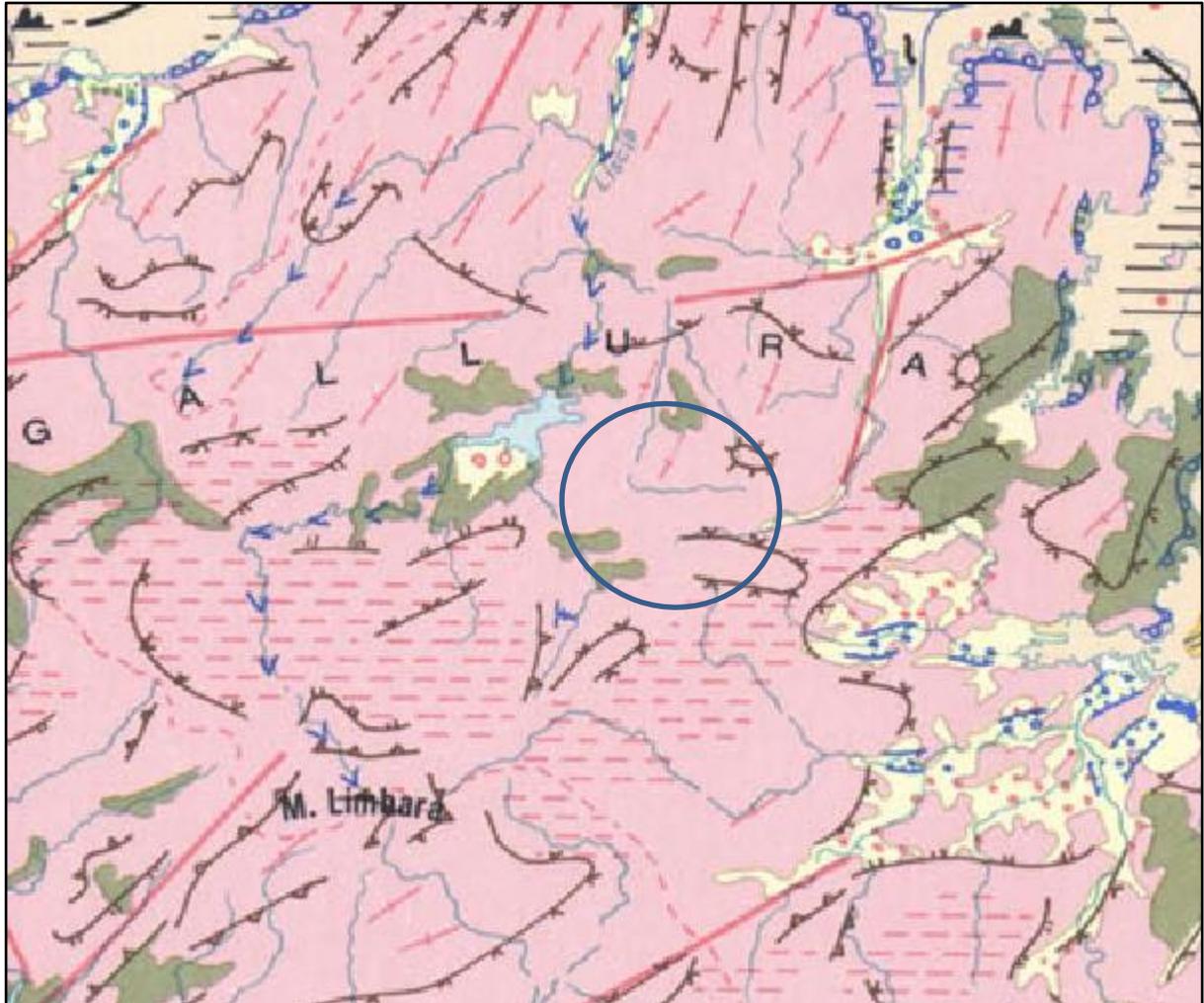


Figura 15: Reticolo idrografico dell'intera area; nella figura, elaborate in ambiente GIS, vengono riportati gli ordini Horton-Strahler secondo quanto riportato nel SITR della Regione Sardegna. Appare evidente che l'area è caratterizzata da 3 bacini idrografici principali: Riu di Batiti a est, Riu Rinosu a nord e Riu Platu a ovest.



**Forme e depositi di versante**  
*Slope landforms and deposits*

	<b>Orlo di scarpata</b> <i>Edge of scarp</i>
	<b>Rottura di pendio convessa</b> <i>Convex nickpoint</i>
	<b>Rottura di pendio concava</b> <i>Concave nickpoint</i>
	<b>Rilievo isolato, inselberg</b> <i>Isolated hill, inselberg</i>
	<b>Falda, deposito di glacis (Pleistocene)</b> <i>Talus cone, glacis deposits</i>
	<b>Morfologia carsica</b> <i>Karst forms</i>
	<b>Ruscigliamento diffuso</b> <i>Slope wash</i>

**Depositi superficiali**  
*Superficial deposits*

	<b>Sabbie di spiaggia (Olocene)</b> <i>Beach sands</i>
	<b>Sabbie eoliche (Olocene)</b> <i>Eolian sands</i>
	<b>Depositi per gravità (Olocene)</b> <i>Talus heaps</i>
	<b>Alluvioni (Olocene)</b> <i>Alluvial deposits</i>
	<b>Arenarie e conglomerati di spiaggia (Pleistocene sup.)</b> <i>Beach sandstones and conglomerates</i>
	<b>Arenarie eoliche (Pleistocene sup.)</b> <i>Eolian sandstones</i>
	<b>Alluvioni (Pleistocene)</b> <i>Alluvial deposits</i>
	<b>Depositi per gravità (Pleistocene)</b> <i>Talus heaps</i>

**Litologie del substrato**  
*Bedrock*

	<b>Calcari, dolomie</b> <i>Limestones, dolomites</i>
	<b>Marne, marne arenacee, calcareniti marnose</b> <i>Marls, sandy marls, marly calcarenites</i>
	<b>Arenarie, conglomerati</b> <i>Sandstones, conglomerates</i>
	<b>Scisti, scisti arenacei, argilloscisti, metamorfiti</b> <i>Shales, arenaceous shales, mudstones, metamorphic rocks</i>
	<b>Roce intrusiva</b> <i>Intrusive rocks</i>
	<b>Roce effusive acide</b> <i>Acid effusive rocks</i>
	<b>Roce effusive basiche</b> <i>Basic effusive rocks</i>

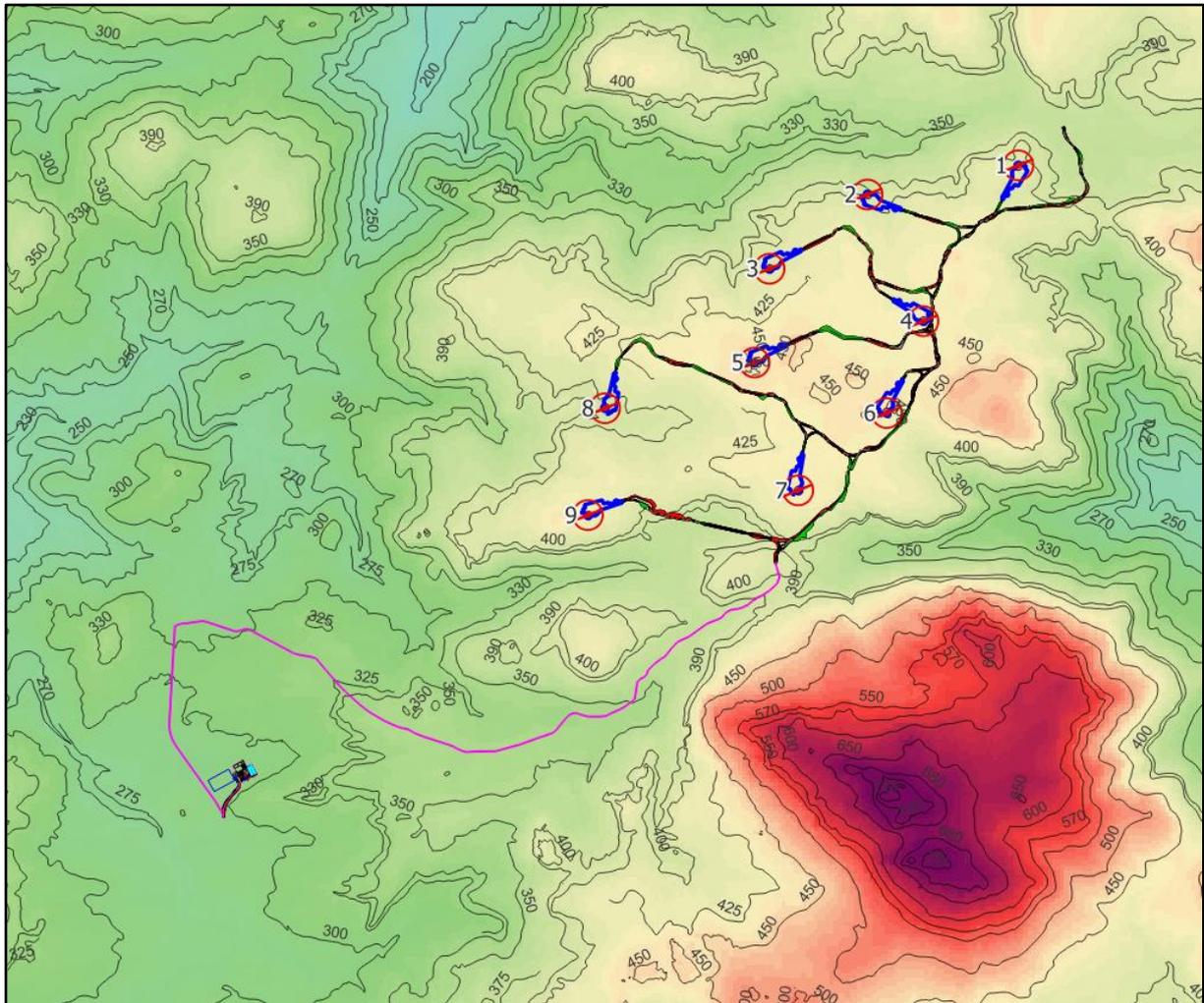
Figura 16: Stralcio Carta Geomorfologica della Sardegna marina e continentale con legenda annessa (A. Ulzega, 1984). Il cerchio indica l'area di progetto.



**Figura 17: Affioramento del Complesso Granitico della Gallura (Unità intrusiva Arzachena) situato ad una distanza di 350 m sud dell'aerogeneratore WTG 4. Il complesso presenta in maniera evidente più sistemi di joints, con una netta prevalenza di sistemi ad alto angolo e a spaziatura di ordine decimetrico. Alla fratturazione meccanica, derivante dalla tettonica e dai fenomeni di unloading si sovrappone l'alterazione chimica, in particolare a carico dei fillosilicati e in parte dei tetrossilicati, che conferisce una colorazione giallastra all'ammasso, la cui colorazione viene inoltre mascherata dalla copertura dei licheni. I fenomeni di alterazione risultano più efficaci in corrispondenza dei sistemi di joints a maggior grado di apertura.**



**Figura 18: Affioramento del complesso granitico della Gallura (Unità intrusiva Arzachena) situato ad una distanza di circa 350 m a sud dell'aerogeneratore WTG4. Il complesso come nella figura precedente presenta numerosi sistemi di fratture ad alto angolo e localmente spaziature dell'ordine dei centimetri. Oltre alla fratturazione di tipo meccanica è molto evidente l'alterazione chimica che conferisce al complesso granitico una colorazione di tipo giallastro. In corrispondenza di fratture con grado di fratturazione maggiore l'alterazione risulta maggiormente più spinta.**



Altitudine [m.s.l.m]



WTG

— Piazzole

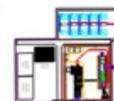
— Cavidotto

— Viabilità interna

□ Stazione di nuova realizzazione

■ Scavi

■ Riporti



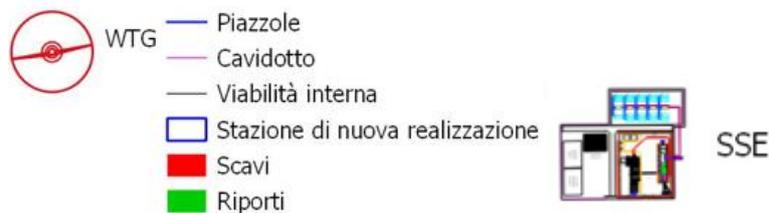
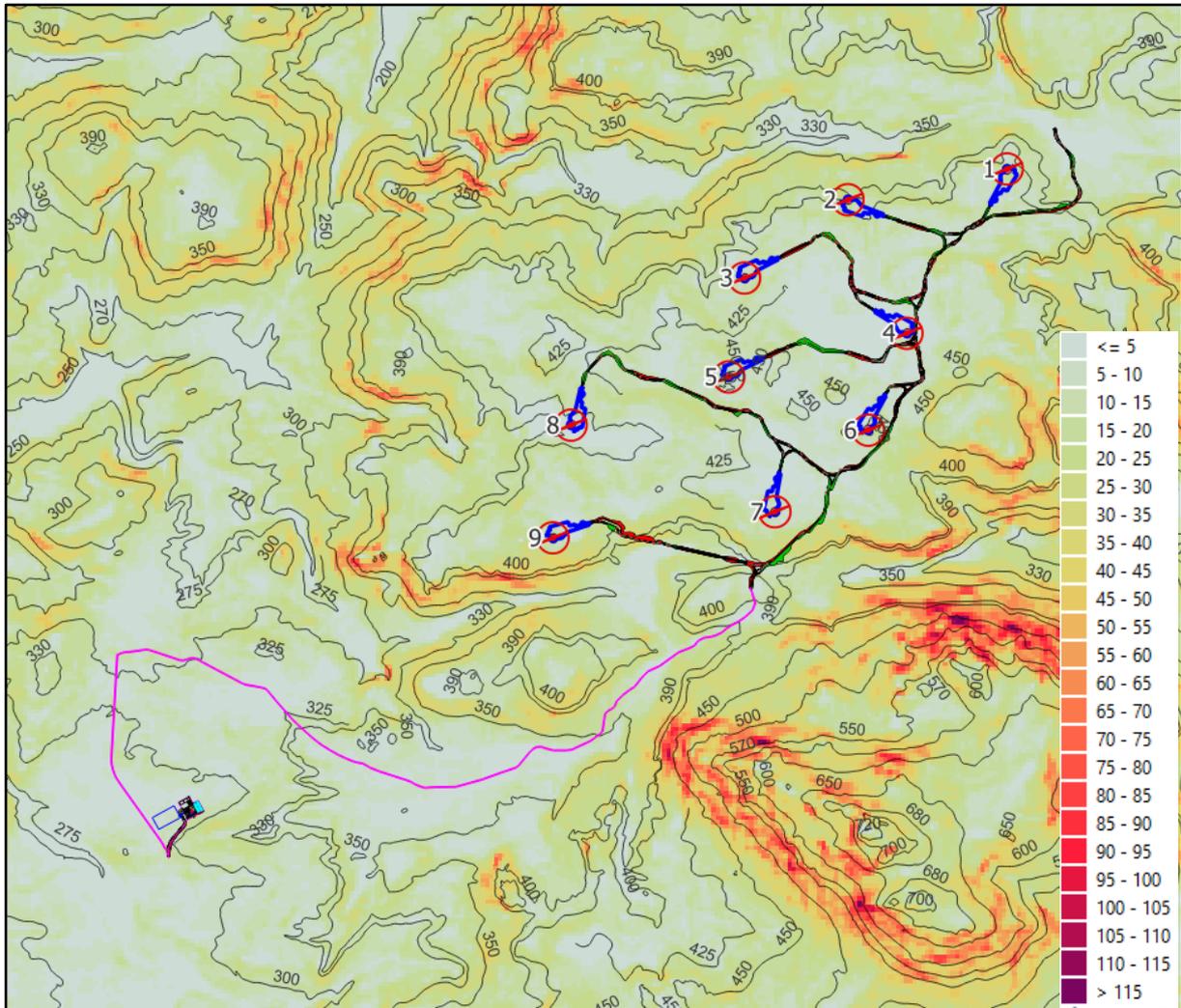
SSE

Figura 19: Modello digitale di elevazione del suolo del settore in oggetto; i toni caldi indicano le maggiori elevazioni. Tematismi in ambiente GIS a partire dal DTM 5k della Sardegna. Risulta evidentissima la grande

elevazione (nei toni del rosso) del Monte Pozzo, mentre nella parte centrale dell'immagine (toni giallo-verdi) in cui sono presenti tutti gli aerogeneratori l'elevazione risulta più modesta.

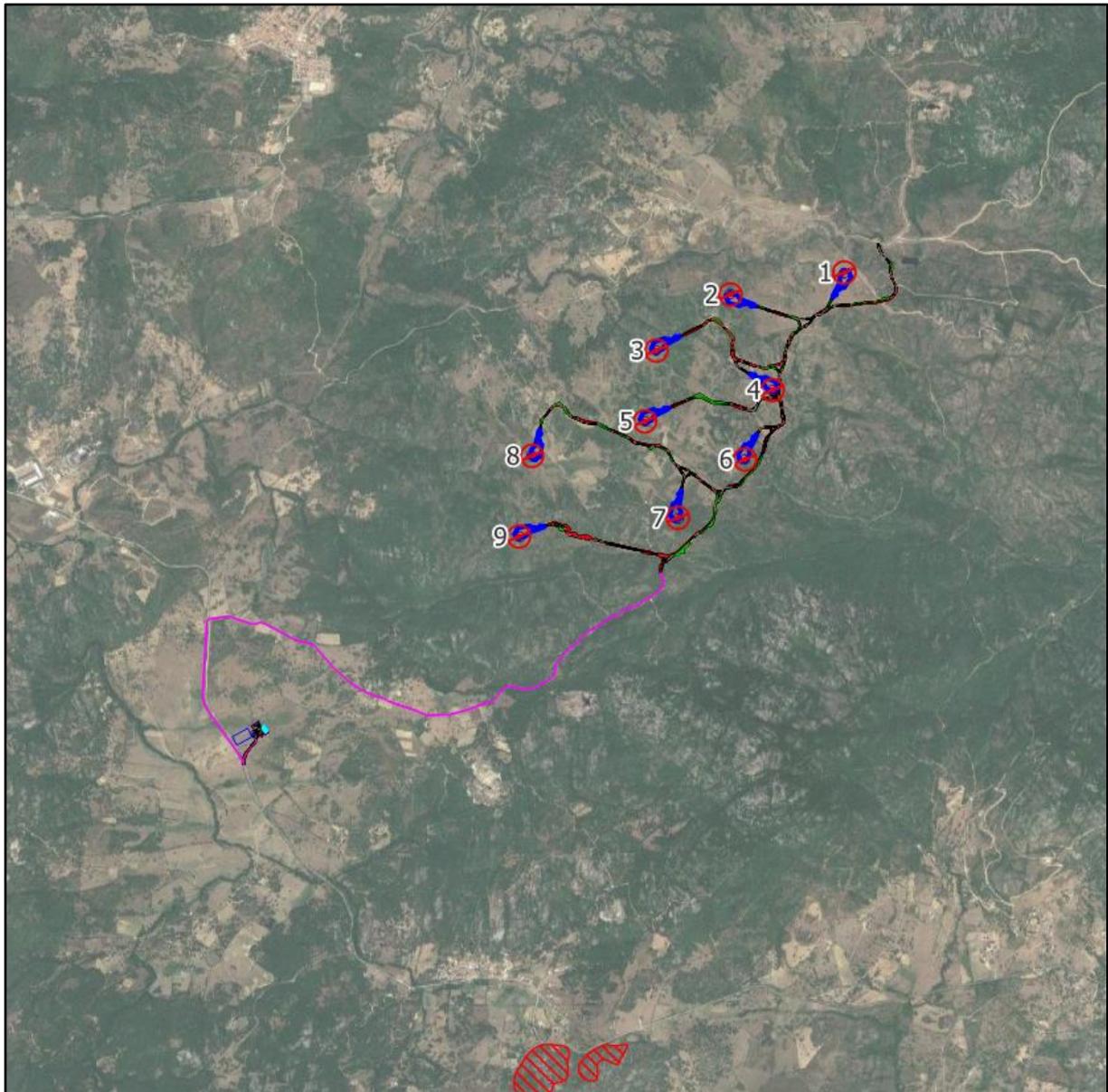


**Figura 20: Roccia granitica facente parte dell'Unità intrusiva di Arzachena alterata (Complesso intrusivo della Gallura), in affioramento circa 350 m a sud dell'aerogeneratore WGT4. La morfologia superficiale presenta pendenze moderate, con alti morfologici costituiti da affioramenti di graniti spesso in forma di Thor o di semplici affioramenti per erosione differenziale privi di copertura vegetale a causa dell'assenza o dell'esiguità della copertura pedogenetica.**



**Figura 21: Carta delle pendenze dell'area; i toni caldi indicano le pendenze maggiori. Appare chiaro che l'area è caratterizzata da pendenze generalmente basse e moderate in tutto il settore centrale, con aumenti localizzati, che circoscrivono in parte l'area d'interesse e più diffusamente nelle adiacenze del Monte Pozzo a sud.**

Per quanto riguarda i fenomeni gravitativi occorre dire che l'area si presenta sostanzialmente stabile e la presenza di fenomeni franosi è legata all'evoluzione morfologica dei rilievi granitici, con fenomeni di erosione esfoliativa e di crollo nei settori più verticali. Il database IFFI riporta solamente pochi fenomeni, posti molto a sud dell'area di progetto, di cui si riporta a seguire stralcio in ambiente GIS del livello WMS del GeoPortale Nazionale.



**Figura 22: Delimitazione dei fenomeni gravitativi del database IFFI secondo quanto riportato nel database WMS del GeoPortale Nazionale. Le aree in retinato rosso corrispondono aree caratterizzate da crolli e ribaltamenti; non sono segnalati fenomeni con ulteriori cinematiche.**

Area soggetta a franosità diffusa

 Crolli e Ribaltamenti

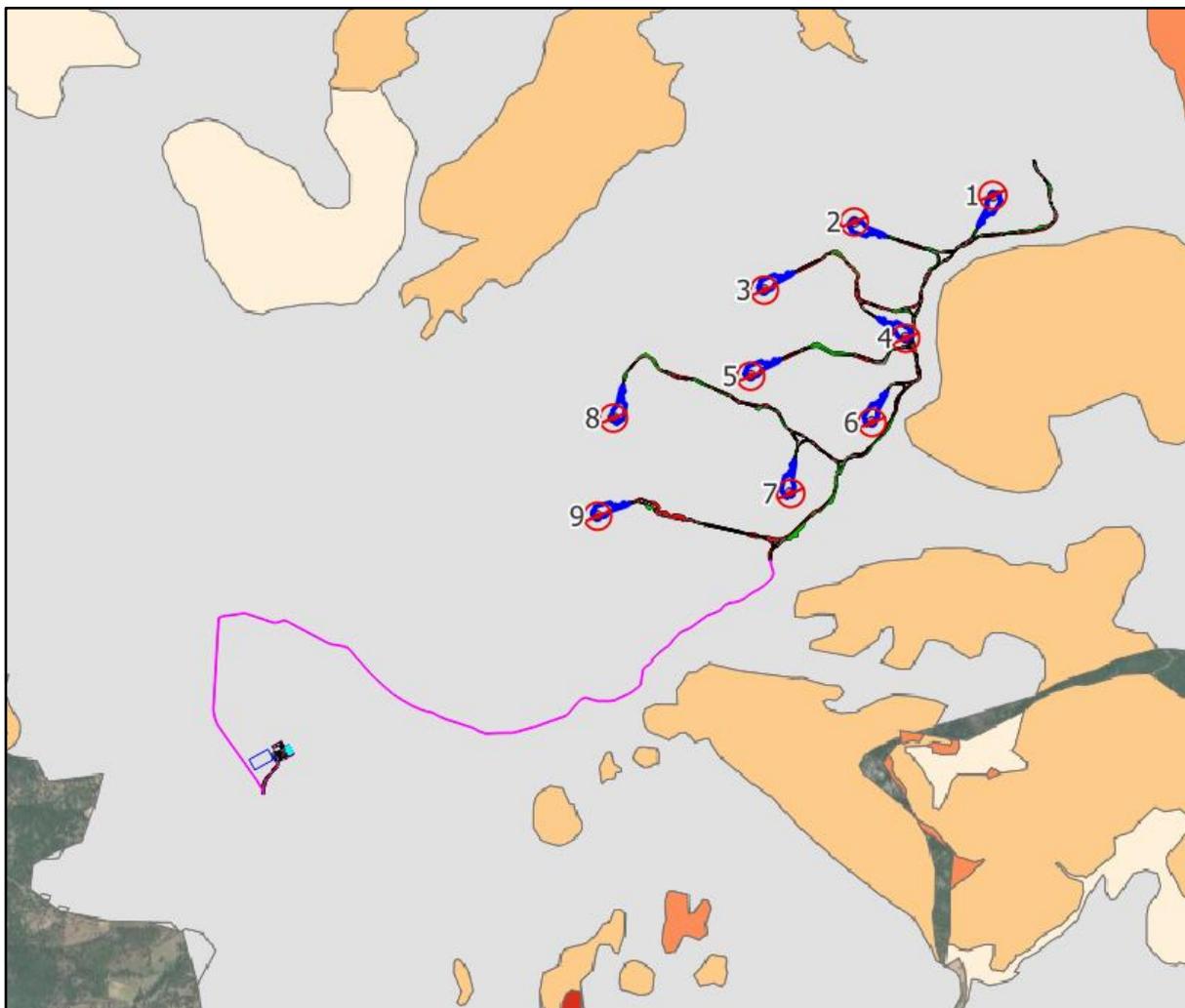
## 5. VINCOLI TERRITORIALI

### 5.1. PAI

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato PAI), del 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 unitamente ad altri layers.



- Hg0 - (Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi)
- Hg1 - (Aree a pericolosità da frana Moderata)
- Hg2 - (Aree a pericolosità da frana Media)
- Hg3 - (Aree a pericolosità da frana Elevata)
- Hg4 - (Aree a pericolosità da frana Molto elevata)

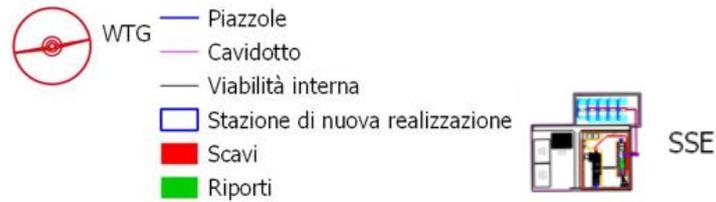
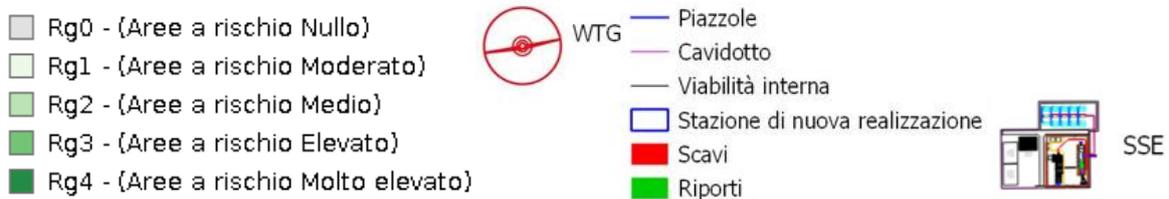


Figura 23: Elaborazione in ambiente GIS con i tematismi delle aree a pericolo geomorfologico. Fonte <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>. Tutte le aree di impianto ricadono in aree non soggette a potenziali fenomeni franosi.



<b>ANT S.r.l.</b>		<b>CODICE</b> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<b>PAGE</b> 39 di/of 62

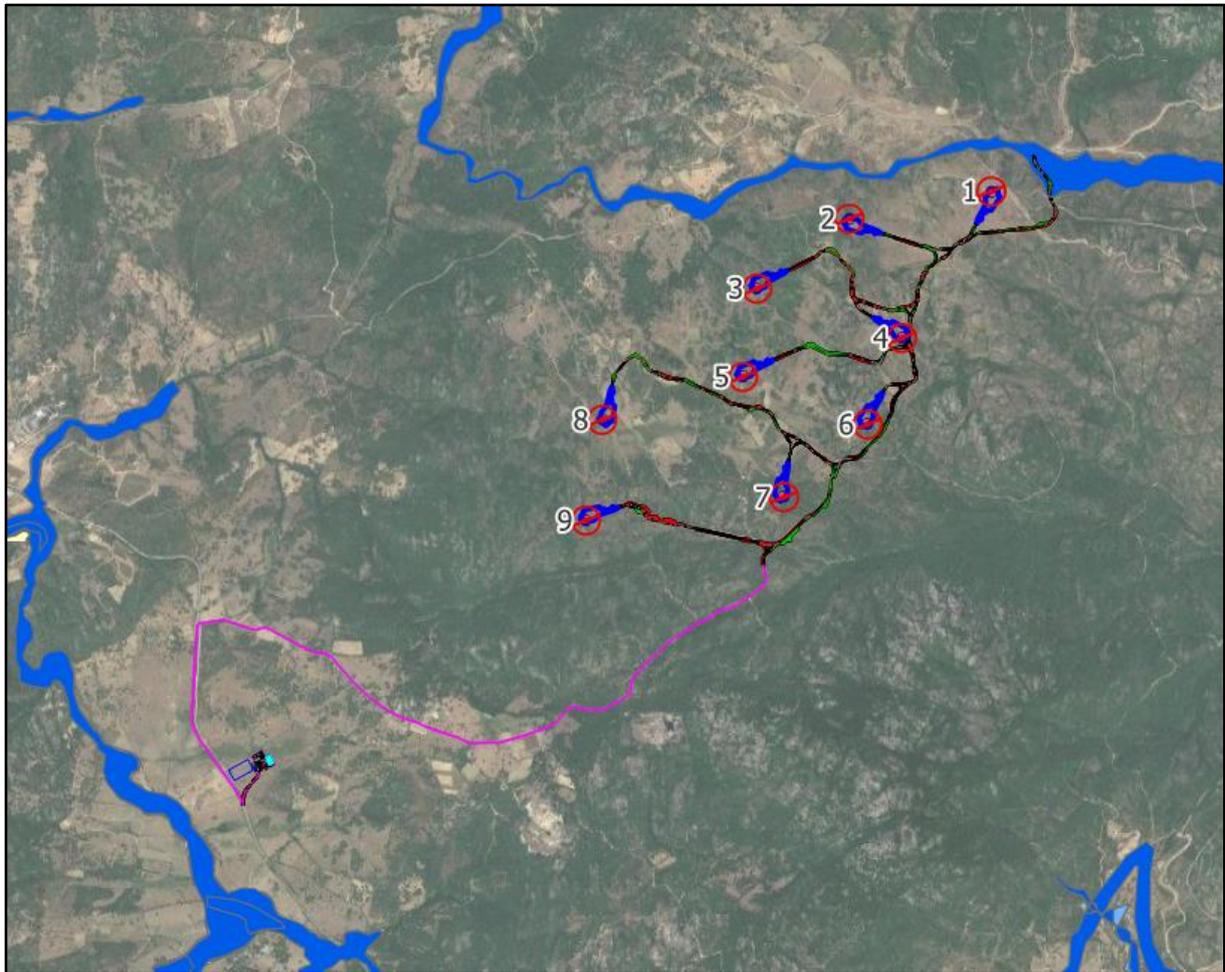


**Figura 24: Elaborazione in ambiente GIS con i tematismi delle aree a rischio geomorfologico. Fonte <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>. Tutte le aree di impianto ricadono in aree a rischio nullo.**

Appare di immediata evidenza che tutte le aree di progetto ricadono in aree non soggette a potenziali fenomeni franosi e che quindi 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 totalmente esterne all'area di impianto e non interessano nemmeno viabilità e opere di connessione. Le aree perimetrare corrispondono a quelle delle principali aste fluviali, mentre tutto il reticolo idrografico minore risulta completamente privo di perimetrazioni di pericolosità/rischio riguardo questa tematica.

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. Solo un piccolo tratto di viabilità interessa la perimetrazione di pericolosità/rischio, ricadendo in area R1.



- Hi\* - (Aree da modellazione 2D con  $V_p \leq 0,75$ )
- Hi0 - P0 (Tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i Tr)
- Hi1 - P1 (Aree a pericolosità idraulica Moderata o Fascia geomorfologica)
- Hi2 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Media)
- Hi3 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Elevata)
- Hi4 - P3 (Aree a pericolosità idraulica Molto elevata)



Figura 25: Perimetrazione delle aree a rischio alluvione secondo quanto riportato dal PAI – Autorità di Bacino della Regione Sardegna. Fonte [Strumenti - Sardegna Geoportale \(regione.sardegna.it\)](http://Strumenti - Sardegna Geoportale (regione.sardegna.it))

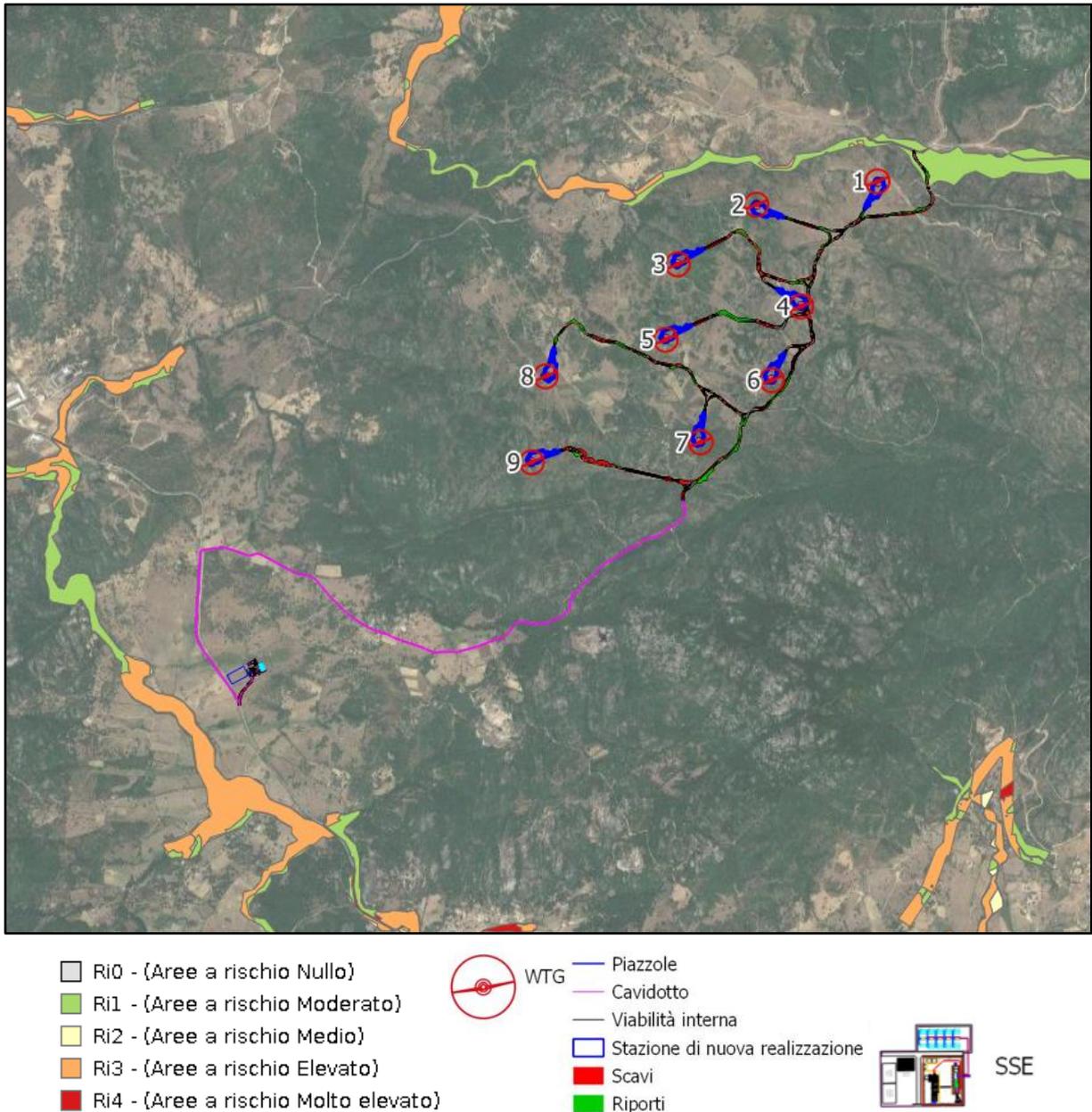


Figura 26: Perimetrazione delle aree a rischio idraulico. Fonte [Strumenti - Sardegna Geoportale \(regione.sardegna.it\)](http://Strumenti - Sardegna Geoportale (regione.sardegna.it)). Tutte le aree sono esterne all'area di progetto e non interessano viabilità di accesso e connessione, eccettuato un piccolo tratto di viabilità, ricadente in area R1.

## 5.2. 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 causarne la sommersione da parte dell'onda di 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 presente nell'area di impianto

<b>ANT S.r.l.</b>		<b>CODICE</b> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<b>PAGE</b> 42 di/of 62

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.

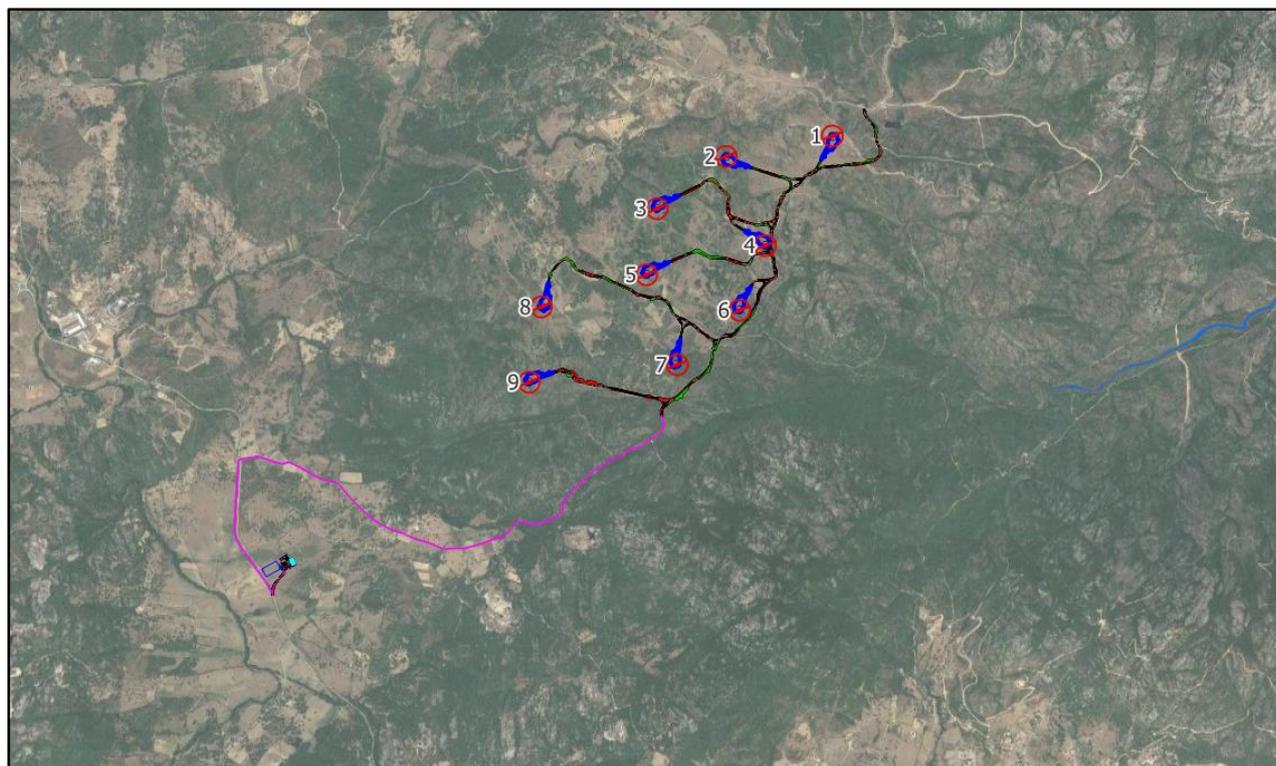


Figura 27: Inquadramento in ambiente GIS dell'area di progetto e di un suo intorno con sovrapposizione dei tematismi del PGRA. Fonte [Strumenti - Sardegna Geoportale \(regione.sardegna.it\)](http://Strumenti - Sardegna Geoportale (regione.sardegna.it)); solo sull'asta del Riu Batiti, nella parte destra dell'immagine, riporta un'area perimetrata ai sensi del PGRA.

### 5.3. STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

Il comune di Sant'Antonio di Gallura non possiede uno strumento urbanistico recente, essendo in vigore ancora il Programma di Fabbricazione del 1988, privo di un apparato cartografico moderno e della trasposizione sulla cartografia di scala comunale dell'apparato vincolistico degli ultimi 35 anni. Nella cartografia disponibile ([Norme di attuazione PdiF - Programma di fabbricazione 1 | Comune di Sant'Antonio di Gallura \(santantoniodigallura.ot.it\)](http://Norme di attuazione PdiF - Programma di fabbricazione 1 | Comune di Sant'Antonio di Gallura (santantoniodigallura.ot.it))) è disponibile unicamente un elaborato di zonizzazione, in cui l'area di progetto rientra in "Zone di pregio naturalistico, geomorfologico, paesaggistico".

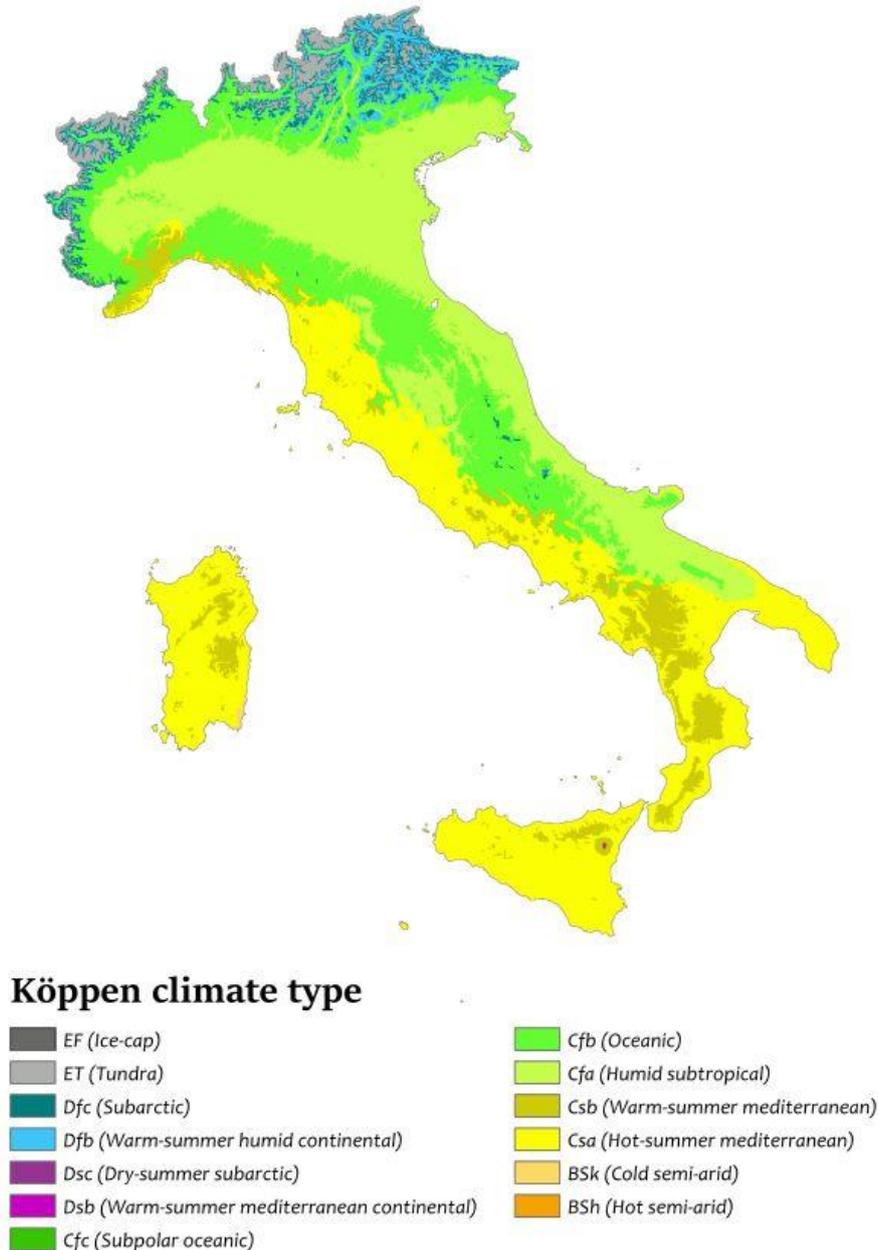
ANT S.r.l.		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 43 di/of 62

## 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 dalla pagina internet [worldclim.org](http://worldclim.org), l'area è caratterizzata da clima Mediterraneo a estate calda (Csa, Hot Summer Mediterranean).

## Köppen climate types of Italy



\*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 28: Classificazione climatica dell'Italia secondo il metodo di Köppen (fonte 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.

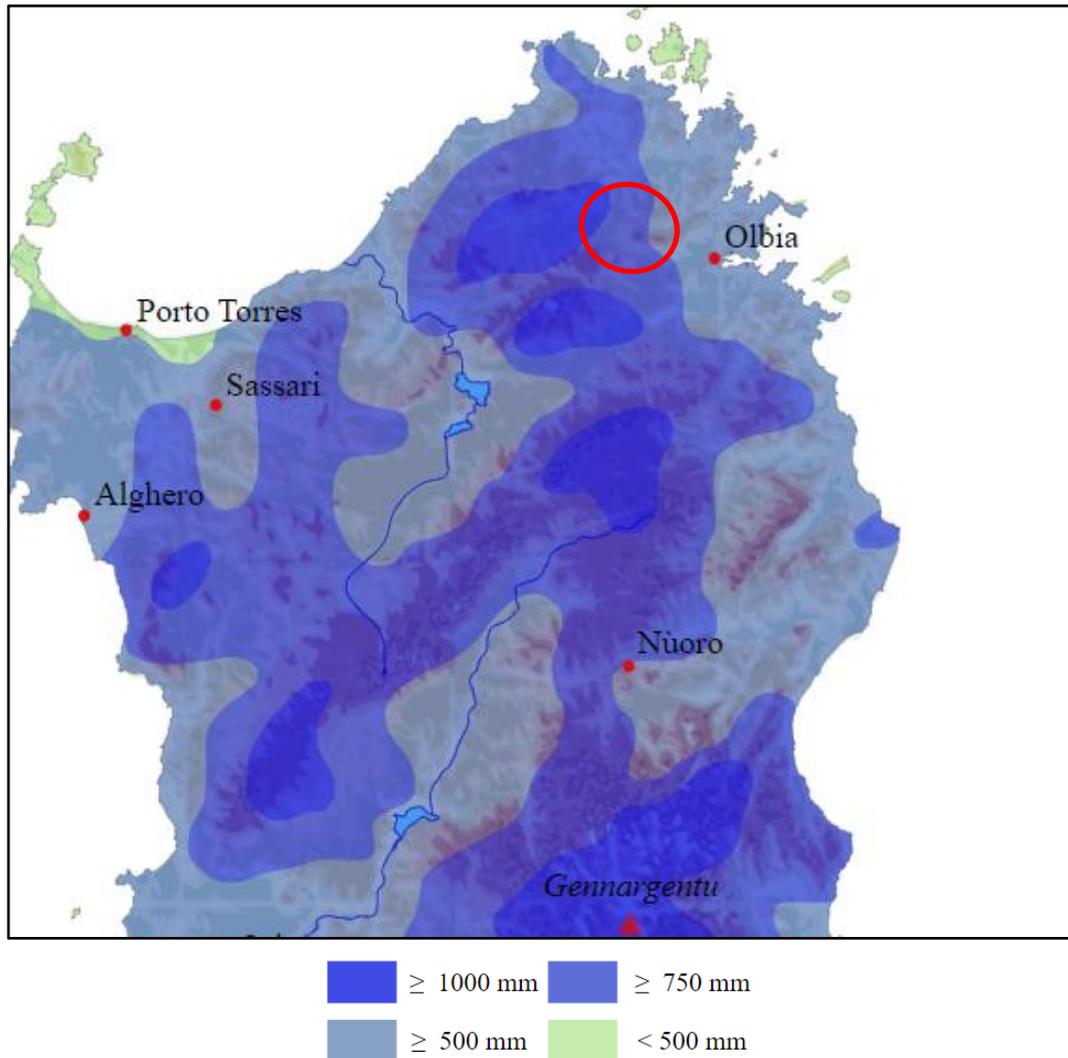


Figura 29: Dati pluviometrici elaborati da Sardegna-clima.it su dati del Servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](#). Il cerchio indica l'area di progetto.

A seguire si riportano elaborazioni pluviometriche e termometriche (Fonte [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.

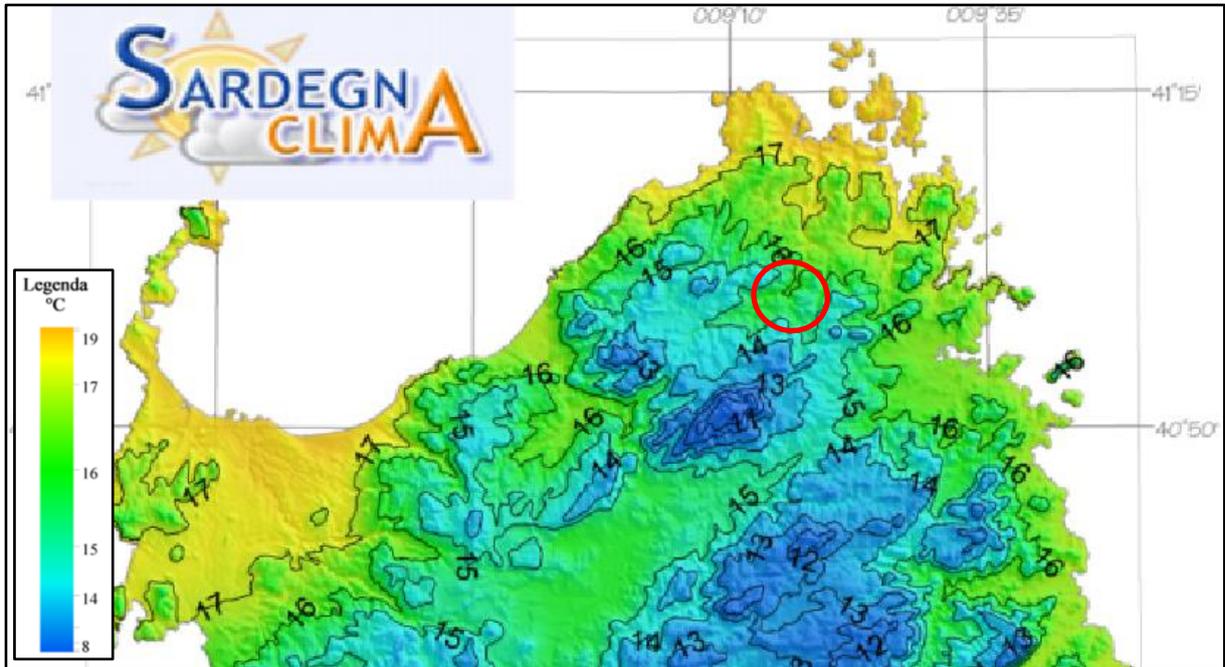


Figura 30: Dati termometrici elaborati da Sardegna-clima.it su dati del Servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](#).

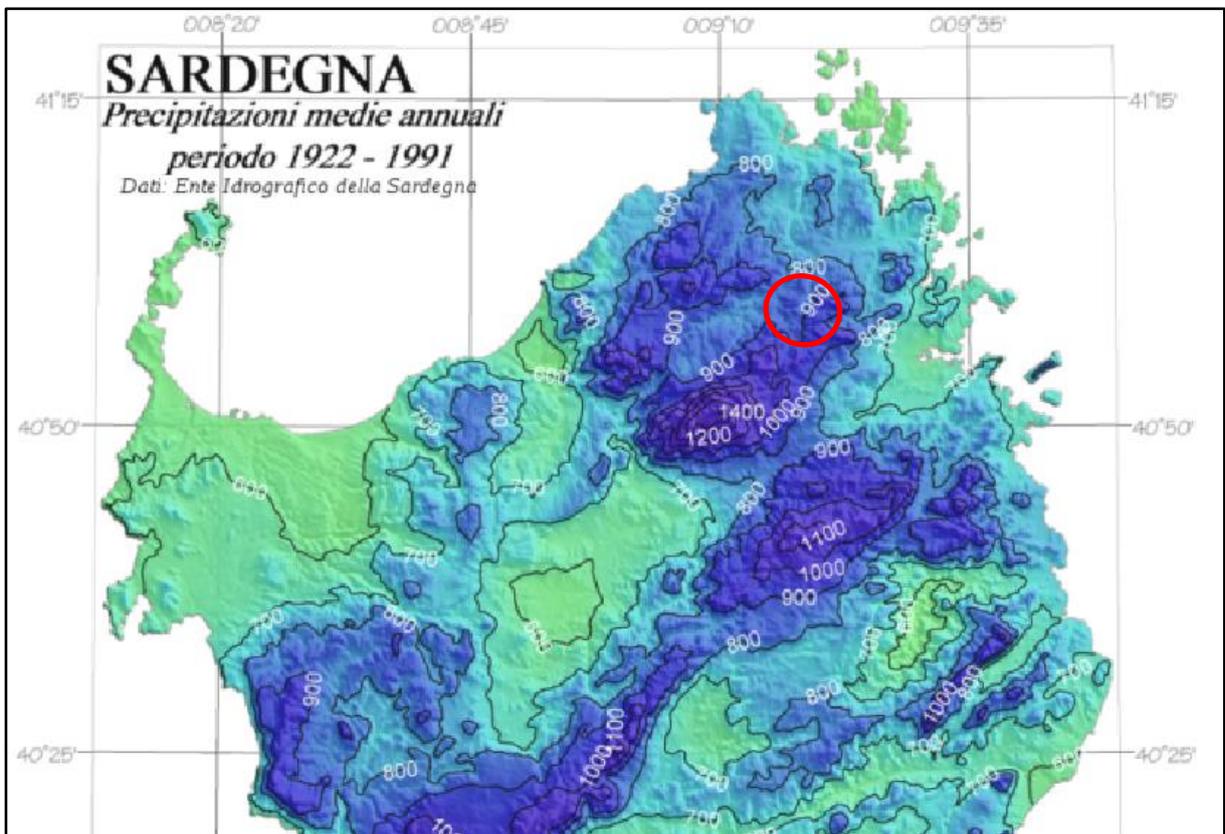


Figura 31: medie pluviometriche elaborate da Sardegna-clima.it su dati del Servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](#).

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 47 di/of 62

## 6.2. ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

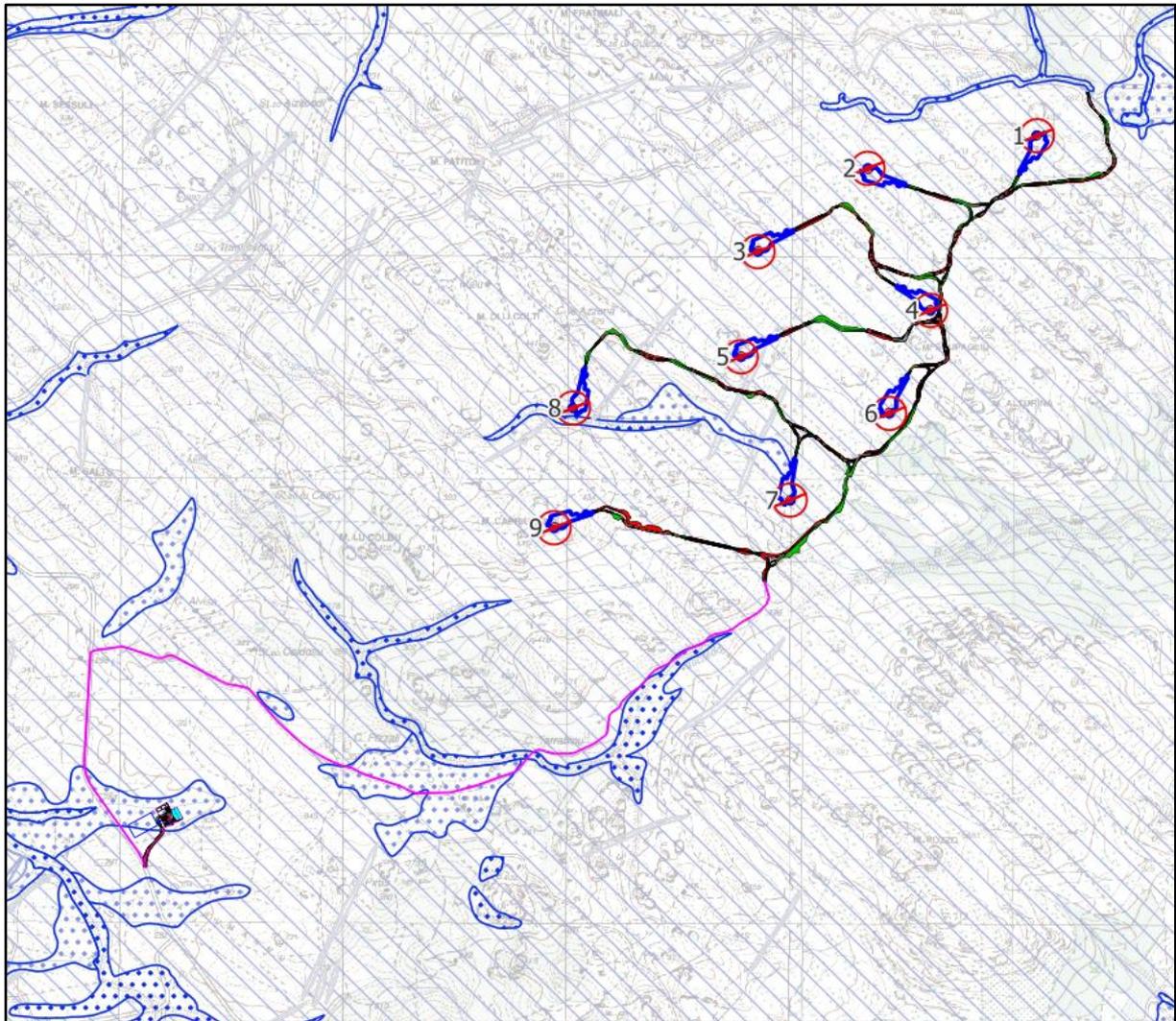
I fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea sono molteplici, ma tutti riconducibili alle caratteristiche idrologiche dei terreni; queste ultime sono stimate in fase di rilevamento in maniera qualitativa. Com'è noto le proprietà idrogeologiche dei terreni valutabili qualitativamente 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.



-  Permeabilità alta per carsismo e fratturazione
-  Permeabilità alta per porosità
-  Permeabilità medio-alta per carsismo e fratturazione
-  Permeabilità medio-alta per fratturazione
-  Permeabilità medio-alta per porosità
-  Permeabilità media per carsismo e fratturazione
-  Permeabilità media per porosità
-  Permeabilità media per fratturazione
-  Permeabilità medio-bassa per fratturazione
-  Permeabilità medio-bassa per porosità
-  Permeabilità bassa per fratturazione
-  Permeabilità bassa per porosità



WTG

— Piazzole

— Cavidotto

— Viabilità interna

 Stazione di nuova realizzazione Scavi Riporti

SSE

Figura 32: Carta della permeabilità dell'impianto e di un intorno significativo. Tematismi a partire da quelli disponibili nel Geodatabase della Regione Sardegna.

Molto probabilmente è presente una falda freatica a pelo libero ospitata al di sopra dell'interfaccia fra rocce molto fratturate e rocce poco fratturate, dove esiste un forte contrasto di permeabilità; in

<b>ANT S.r.l.</b>		<b>CODICE</b> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<b>PAGE</b> 49 di/of 62

talune situazioni geologiche è possibile che le falde siano più di una, poiché le fasce di alterazione/fratturazione sono spesso discontinue e possono ospitare falde più o meno consistenti. L'unico pozzo per acqua presente nel circondario dell'area di progetto, riportato nei database di ISPRA, presenta due falde, di cui la prima è ospitata all'interno di una di queste fasce di alterazione. A seguire si riporta la monografia di tale pozzo, nel quale la prima falda è stata riscontrata a 16 m di profondità.

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<b>Codice:</b> 172511 <b>Regione:</b> SARDEGNA <b>Provincia:</b> OLBIA-TEMPIO <b>Comune:</b> SANT'ANTONIO DI GALLURA <b>Tipologia:</b> PERFORAZIONE <b>Opera:</b> POZZO PER ACQUA <b>Profondità (m):</b> 60,00 <b>Quota pc slm (m):</b> 480,00 <b>Anno realizzazione:</b> 1996 <b>Numero diametri:</b> 1 <b>Presenza acqua:</b> SI <b>Portata massima (l/s):</b> 0,100 <b>Portata esercizio (l/s):</b> ND <b>Numero falde:</b> 2 <b>Numero filtri:</b> 0 <b>Numero piezometrie:</b> 1 <b>Stratigrafia:</b> SI <b>Certificazione(*):</b> SI <b>Numero strati:</b> 3 <b>Longitudine WGS84 (dd):</b> 9,342381 <b>Latitudine WGS84 (dd):</b> 40,992600 <b>Longitudine WGS84 (dms):</b> 9° 20' 32.58" E <b>Latitudine WGS84 (dms):</b> 40° 59' 33.37" N  (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

#### DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	60,00	60,00	200

#### FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	16,00	25,00	9,00
2	50,00	60,00	10,00

#### MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
lug/1996	15,00	ND	ND	ND

#### STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	5,00	5,00	PALEOZOICO	ARENIZZAZIONE
2	5,00	16,00	11,00	PALEOZOICO	MIGMATITI PIU' O MENO ALTERATE
3	16,00	60,00	44,00	PALEOZOICO	MIGMATITI PIU' COMPATTE TALVOLTA FRATTURATE ATTRAVERSATE DA FILONI LAMPROFIRICI

**Figura 33: Database perforazioni di ISPRA – monografia di pozzo per acqua nel circondario dell'area di progetto (circa 1,5 km a nord della WTG 1). La falda è stata riscontrata a 16 m di profondità.**

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 50 di/of 62

Non si hanno informazioni sulla circolazione profonda e in assenza di interpretazione e dati alternativi si ipotizza che gli spartiacque superficiali corrispondano agli spartiacque della circolazione idrica profonda.

## **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**

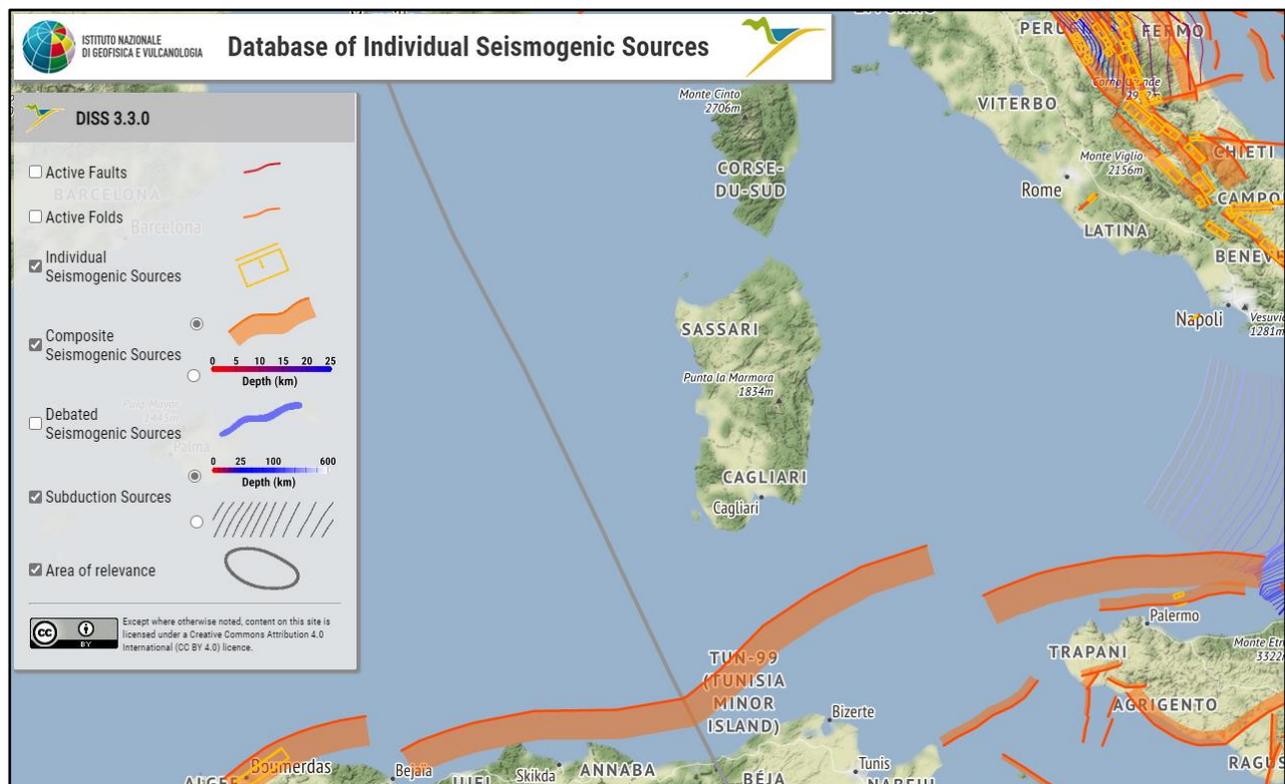
Come ampiamente noto la Sardegna è priva di sorgenti sismogenetiche note, con una sismicità storica pressoché assente, legata esclusivamente al risentimento locale di sismi a grande distanza.

#### **8.1.1. LE SORVENTI 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 3.2.1 (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.

<b>ANT S.r.l.</b>	 WE ENGINEERING	CODICE <b>C23ANTW001A001R00</b>
		PAGE 51 di/of 62

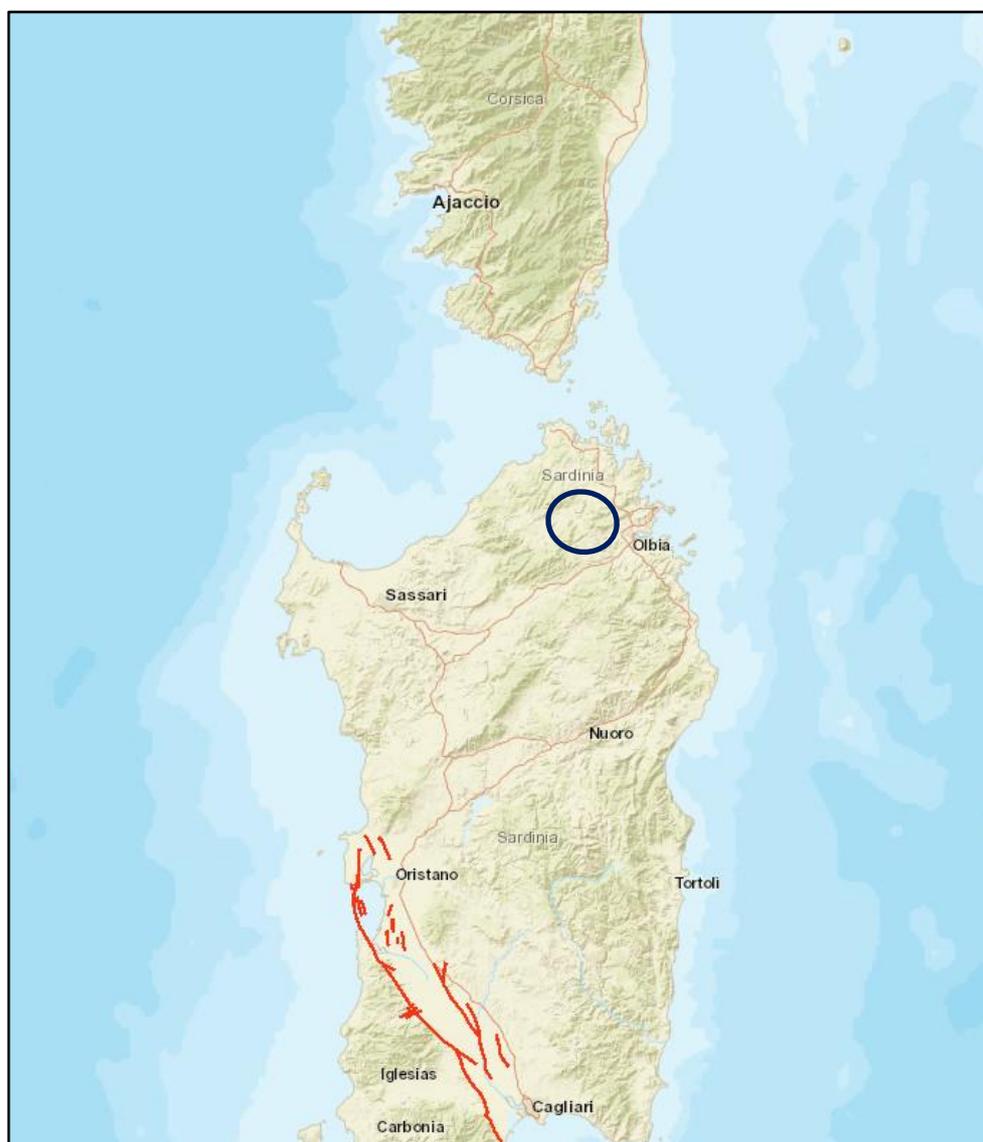


**Figura 34: Le Sorgenti Sismogenetiche nell’intorno della Sardegna contenute nella nuova versione del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy”; per l’ubicazione dell’area in esame (progetto DISS 3.3.0. - [DISS - Mapper \(ingv.it\)](http://DISS-Mapper.ingv.it)).**

### 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.



## Kinematics

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



Area di interesse

Figura 35: Le faglie capaci presenti in Sardegna, contenute nel database ITHACA (GeoMapView, ISPRA - [Viewer Progetto ITHACA \(isprambiente.it\)](http://www.isprambiente.it))

## 8.2. SISMICITÀ STORICA

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.

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 53 di/of 62

Per la località di Sant’Antonio di Gallura non esistono dati e la località più prossima in cui sono riportate informazioni è Tempio Pausania, con un solo record, relativo a un modesto sisma dell’anno 2000 con epicentro nel Tirreno.

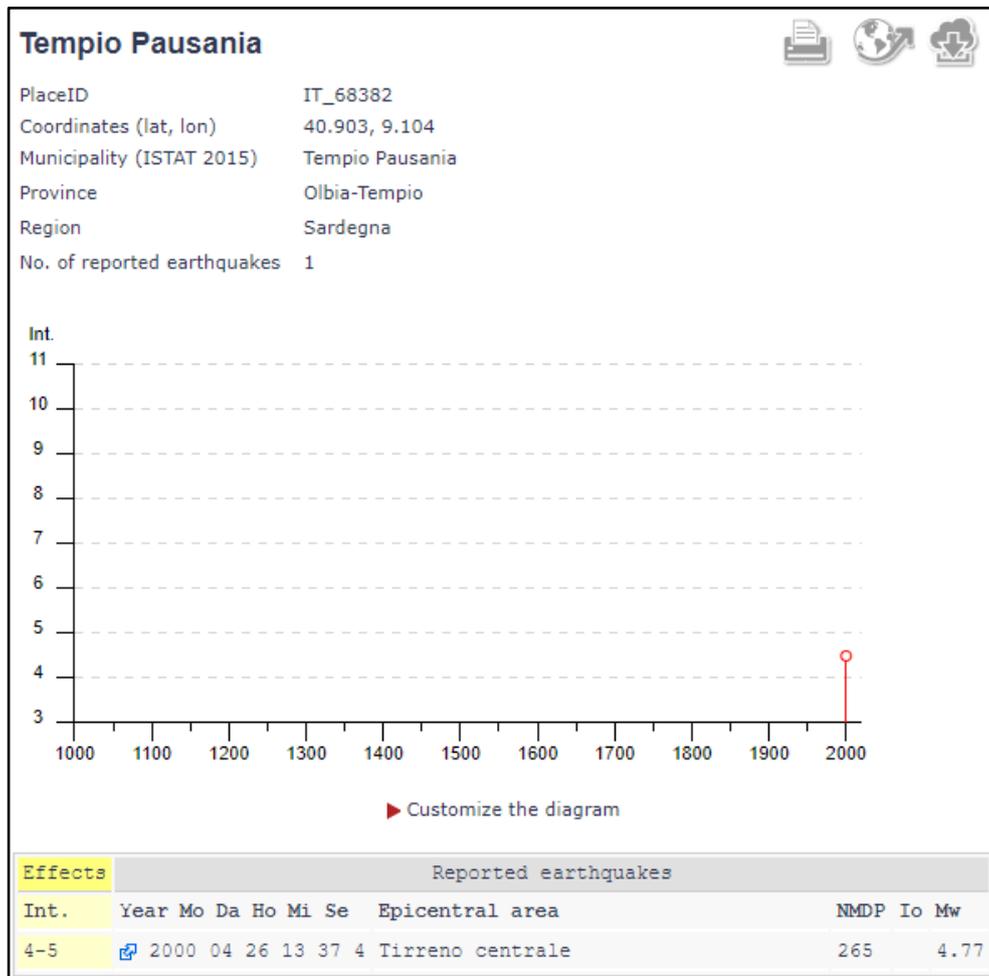


Figura 36: Storia sismica di Tempio Pausania; in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni; in alto in formato tabellare; sono presenti solo tre sismi, con un unico evento che ha raggiunto intensità locale pari a 4,5 della scala MCS. Fonte [CPT115-DBMI15 v3.0 \(ingv.it\)](http://CPT115-DBMI15 v3.0 (ingv.it)).

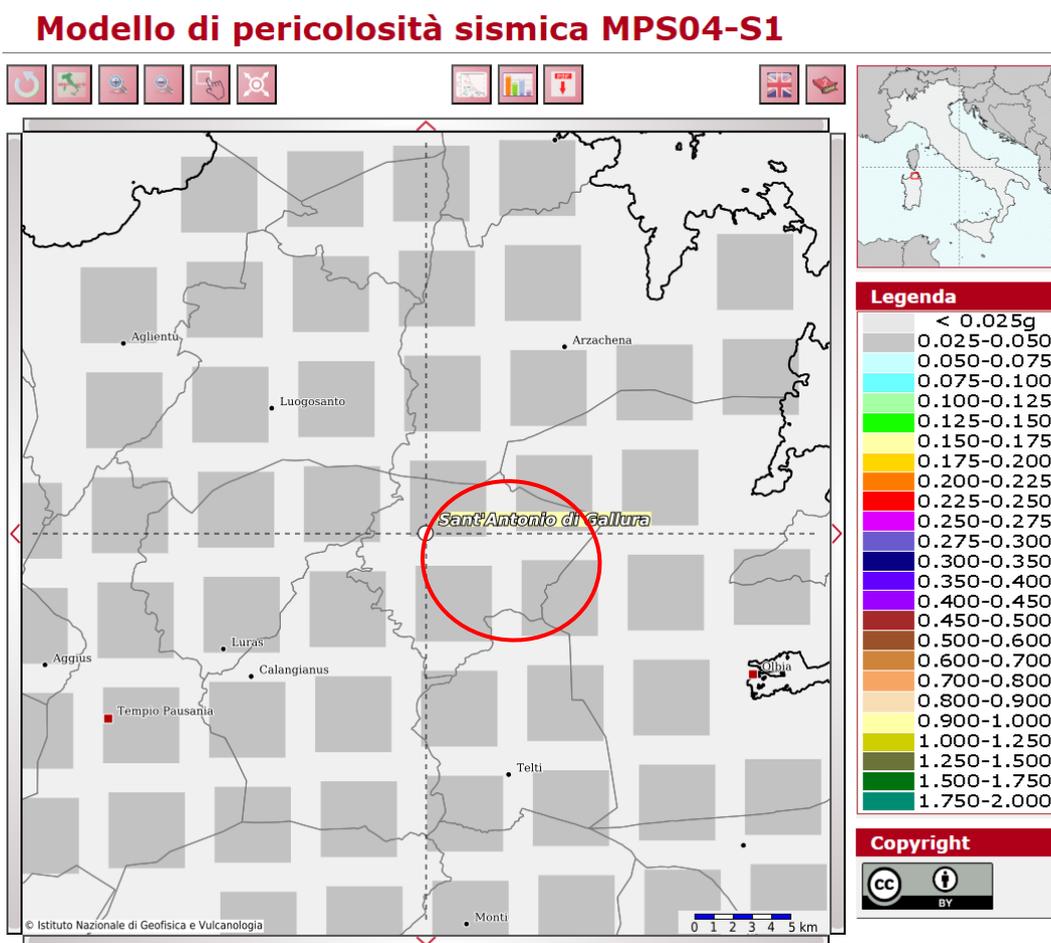
### 8.3. MACROZONAZIONE SISMICA - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

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 Sant’Antonio di Gallura.

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 37: Livello di pericolosità delle zone sismiche suddivise in relazione all'accelerazione di picco 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 38: 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 [Modello di pericolosità sismica MPS04 \(ingv.it\)](http://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  $qc_{1N} > 180$  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  $qc_{1N}$  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).

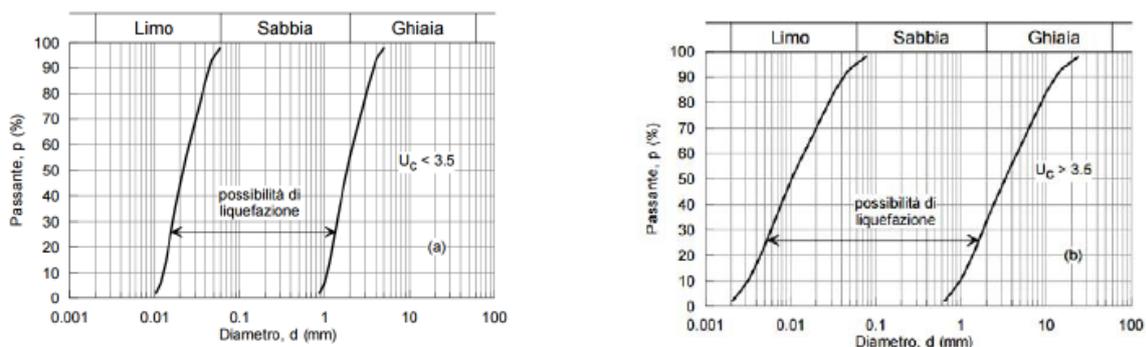


Figura 39: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ai sensi delle NTC 2018

<b>ANT S.r.l.</b>		CODICE <b>C23ANTW001A001R00</b>
		PAGE 56 di/of 62

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 VS non inferiore a 800 m/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.

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 57 di/of 62

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: Categorie 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.

### 10.1 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto attiene la categoria topografica, l'area ricade in un contesto collinare a bassa-moderata pendenza e pertanto la categoria topografica è la T1, come da tabella seguente.

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 40: Categorie topografiche ai sensi delle NTC 2018**

WTG	Categoria topografica	Coefficiente di amplificazione topografica
-----	-----------------------	---

ANT S.r.l.		CODICE <b>C23ANTW001A001R00</b>
		PAGE 58 di/of 62

1	T1	1
2	T1	1
3	T1	1
4	T1	1
5	T1	1
6	T1	1
7	T1	1
8	T1	1
9	T3	1,2

**Tabella 4: Categoria topografica per tutte le WTG**

A tutte le WTG, eccettuata la 9, si attribuisce la medesima categoria T1, nonostante la collocazione in area di dorsale per alcune WTG, poiché la dorsale è molto blanda e il risalto morfologico rispetto ai fondovalle circostanti è parimenti modesto.

## 11. 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 granitoida (Complesso Granitoida 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

ANT S.r.l.		CODICE <b>C23ANTW001A001R00</b>
		PAGE 59 di/of 62

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.

<i>Complesso</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Spessore presunto (m)</i>	$\phi$ (°)	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	<i>Indef.</i>	38-45	120	350	2,6-2,8

**Tabella 5: Parametri geotecnici di massima**

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 60 di/of 62

## **12. CONCLUSIONI**

La presente relazione ha lo scopo di illustrare il piano di dismissione dell'impianto eolico proposto dalla Società ANT S.r.l., costituito da nove (9) aerogeneratori di potenza nominale unitaria pari a 6,6 MW, per una potenza nominale complessiva pari a 59,4 MW, a cui si integrano un sistema di accumulo di 11,88 MW e le relative opere di connessione alla RTN.

L'energia elettrica prodotta, riferita alla potenza di 71,28 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: 202301817), l'impianto sarà collegato alla Rete di Trasmissione (RTN) antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione a 380/150/36 kV da collegare tramite un nuovo elettrodotto a 380 kV al futuro ampliamento della SE RTN di Codrongianos e da raccordare alla linea 150 kV della RTN "Olbia – Siniscola 2".

L'energia elettrica prodotta dall'impianto nel Comune di S. Antonio di Gallura 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.

Il parco eolico è costituito da nove (9) aerogeneratori e relative opere di connessione e interessa il comune di S. Antonio di Gallura in provincia di Sassari.

L'impianto, proposto in aree distanti da centri abitati, si sviluppa altimetricamente tra le quote comprese fra i 398m s.l.m (WTG 2) e i 449 m s.l.m. (WTG 6).

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 SSE
- 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:

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 61 di/of 62

<u>COMUNE</u>	<u>WTG</u>	<u>FOGLIO</u>	<u>PARTICELLA</u>	<u>UTM-WGS84 32N</u>	
				<u>EST</u>	<u>NORD</u>
Sant'Antonio di Gallura (sez. A)	1	18	85	529015,3	4536357,18
	2	18	79	528257,79	4536207,21
	3	18	10	527766,74	4535830,92
	4	18	49	528541	4535569,49
	5	18	138	527693,4	4535357,61
	6	18	105	528358,94	4535105,59
	7	18	47	527915,45	4534713,83
	8	17	103	526943,17	4535124,44
	9	17	106	526858,93	4534585,29
	SSE-BESS	26	378	525098.00	4533246.70

**Tabella 6: Coordinate degli aerogeneratori.**

Da un punto di vista geologico l'area è caratterizzata da terreni prevalentemente granitici, appartenenti al complesso granitico 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 moderate con alcuni alti morfologici maggiormente significativi, quali Monte Altamura, Monte Pozzo e Monte Capriuneddu. L'area di progetto non presenta circolazione idrica superficiale significativa, ma molte valli a conca. 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.

L'intera area sarda è caratterizzata da una sismicità assente o estremamente bassa, risentendo in maniera debole dei sismi a grande distanza. La categoria di sottosuolo di fondazione ipotizzabile, sulla scorta delle caratteristiche litologiche, è la categoria A, mentre la categoria topografica, date le modeste pendenze che caratterizzano l'area, è la T1.

Non sono disponibili dati di tipo geofisico per la definizione della categoria di suolo di fondazione;

<b>ANT S.r.l.</b>		<i>CODICE</i> <b>C23ANTW001A001R00</b>
		<i>PAGE</i> 62 di/of 62

tali dati saranno approfonditi in fase di progettazione esecutiva. In linea generale è possibile presumere che le posizioni degli aerogeneratori possano ricadere nelle categorie A (prevalente) oppure B. La litologia prevalente, ovvero quella prevalentemente monzogranitica, ha un carattere spiccatamente litoide, anche con resistenza piuttosto elevata. Tale condizione implica la possibilità che in fase esecutiva possano essere necessarie attrezzature di scasso per rocce dure.

Con ogni probabilità la tipologia di fondazione da adottare può essere di tipo superficiale.