



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.057.00

PAGE

1 di/of 57

TITLE: RELAZIONE GEOLOGICA SISMICA

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Impianto Eolico Carbonia RELAZIONE GEOLOGICA SISMICA

Il Tecnico

Dott. Geol. Agostino Scalercio



File:GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.057.00_Relazione geologica sismica.pdf

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	15/12/2021		A.S.	A.S.	L.S.

ENEL VALIDATION

Centers of competence

PE

COLLABORATORS

VERIFIED BY

VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

Carbonia EO

ENEL CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	R	25	IT	W	15012	00	057	00

CLASSIFICATION

UTILIZATION SCOPE

This document is property of Enel Produzione S.p.a.. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Produzione S.p.a.



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.057.00

PAGE

2 di/of 57

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 GENERALITÀ.....	3
1.2 SCOPO DEL LAVORO E METODOLOGIE DI INDAGINE	3
1.3 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE	8
3.2. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LOCALE	16
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	33
4.1. INQUADRAMENTO GENERALE E CARATTERI GEOMORFOLOGICI	33
5. VINCOLI TERRITORIALI	38
6. IDROGEOLOGIA	41
6.1. CLIMA.....	41
6.2. ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	44
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	46
8. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI	46
8.1. SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA	46
8.1.1. LE SORGENTI SISMOGENETICHE	46
8.1.2. ITHACA – DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI	47
8.3 SISMICITÀ STORICA	48
8.4 MACROZONAZIONE SISMICA - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	49
9. LIQUEFAZIONE.....	50
10. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	52
10.1 CATEGORIA TOPOGRAFICA	53
11. LITOSTRATIGRAFIA LOCALE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	53
12. CONCLUSIONI.....	56



1. PREMESSA

1.1 GENERALITÀ

La presente relazione ha come finalità la caratterizzazione geologico-tecnica del sito interessato dal progetto dell'impianto Eolico CARBONIA e delle relative opere di connessione, proposto da ENEL GREEN POWER (EGP) nel territorio comunale di Carbonia (SU). Parte delle opere di connessione ricadono nel territorio comunali di Gonnese.

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

PROGETTO DEFINITIVO	
Titolo	Scala
GRE.EEC.D.25.IT.W.15012.00.067.00_Carta Geologica	1:10.000
GRE.EEC.D.25.IT.W.15012.00.063.00_Carta Geomorfologica	1:10.000
GRE.EEC.D.25.IT.W.15012.00.062.00_Carta Litotecnica	1:10.000
GRE.EEC.D.25.IT.W.15012.00.068.00_Carta Idrogeologica	1:10.000

Tabella 1 - Allegati alla Relazione Geologica

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)".

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 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.

1.3 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE

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

- ✓ R.D.3267/23: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani";
- ✓ L. 08/08/1985 n. 431: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)";
- ✓ Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- ✓ Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- ✓ L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ D.P.C.M. 23/03/1990: "Atto di indirizzo e coordinamento al fini della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ L. 07/08/1990 n.253: "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ L. 06/12/91 n. 394: "Legge quadro sulle aree protette";
- ✓ Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998);



- ✓ Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”. (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale);
- ✓ L. 05/01/1994 n. 37: “Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche L. 5 gennaio 1994, n. 36. Disposizioni in materia di risorse idriche”;
- ✓ D.P.R. 14/04/1994: "Delimitazione bacini";
- ✓ D.P.R. 18/07/1995: "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino”;
- ✓ D.M. 14/02/1997: "Direttive tecniche per l'individuazione perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico”;
- ✓ D.L. 11/06/1998, n. 180: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania”;
- ✓ L. 03/08/1998 n. 267: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania”;
- ✓ D.L. 11/05/99 n. 152: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva CEE 91/271 e 91/676”;
- ✓ L. 13/07/1999 n. 226 (G.U. 14.07.1999, n. 112): "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto - legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile." (in vigore dal 15.7.1999);
- ✓ D.P.R 6 giugno 2001 n. 380: “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”;
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- ✓ Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 pubblicate sulla G.U. n° 29 del 04.02.2008;
- ✓ Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP;
- ✓ O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico”;



- ✓ DM 17/01/2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- ✓ DGR n. 28/56 del 26.07.07 “Studio per l’individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici”;
- ✓ DGR n. 3/17 del 16.1.2009, “Modifiche allo “Studio per l’individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici (DGR n. 28/56 del 26.07.07)”;
- ✓ DGR n. 27/16 del 1.6.2011, “Linee guida attuative del decreto del Ministero per lo Sviluppo Economico del 10.9.2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", e modifica della Delib.G.R. n. 25/40 dell'1.7.2010”;
- ✓ DGR n. 45/34 del 12 novembre 2012, “Linee guida per la installazione degli impianti eolici nel territorio regionale di cui alla Delib.G.R. n. 3/17 del 16.1.2009 e s.m.i.”;
- ✓ DGR n. 40/11 del 07.08.2015, “Individuazione delle aree e dei siti non idonei all’installazione degli impianti alimentati da fonti di energia eolica”;
- ✓ Delibera Consiglio Regionale 27/11/2020 “Individuazione delle aree non idonee all’installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili”.

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

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

L’area oggetto del presente studio ricade nel territorio comunali di Carbonia (SU) a quote variabili fra circa 80 e circa 200 m per l’area di impianto, mentre le opere di connessione ricadono in parte anche nel territorio comunale di Gonnese, a quote comprese (nell’area esterna all’impianto) fra un massimo di circa 130 m e un minimo di circa 50 m.

I centri abitati maggiori posti all’intorno dell’area sono Portoscuso a ovest, Carbonia a sud-est e Gonnese a nord; alcuni centri minori (Bacu Abis, Nuraxi figus e Cortoghiana) sono più prossimi all’area e rappresentano vecchi villaggi minerari, oggi a carattere residenziale, che negli anni successivi alla chiusura delle attività minerarie hanno avuto un drastico calo della popolazione.

Nell’elaborazione del presente lavoro è stato necessario avvalersi di carte topografiche, tecniche e tematiche ed 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 pure disponibile la cartografia geologica CarG in scala 1:50.000, Foglio 555 "Iglesias" e 564 "Carbonia". Si sottolinea che nei livelli informativi forniti dalla Regione Sardegna c'è anche il tematismo della carta geologica in scala 1:50.000, in formato vettoriale.

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 \(isprambiente.it\)](#)

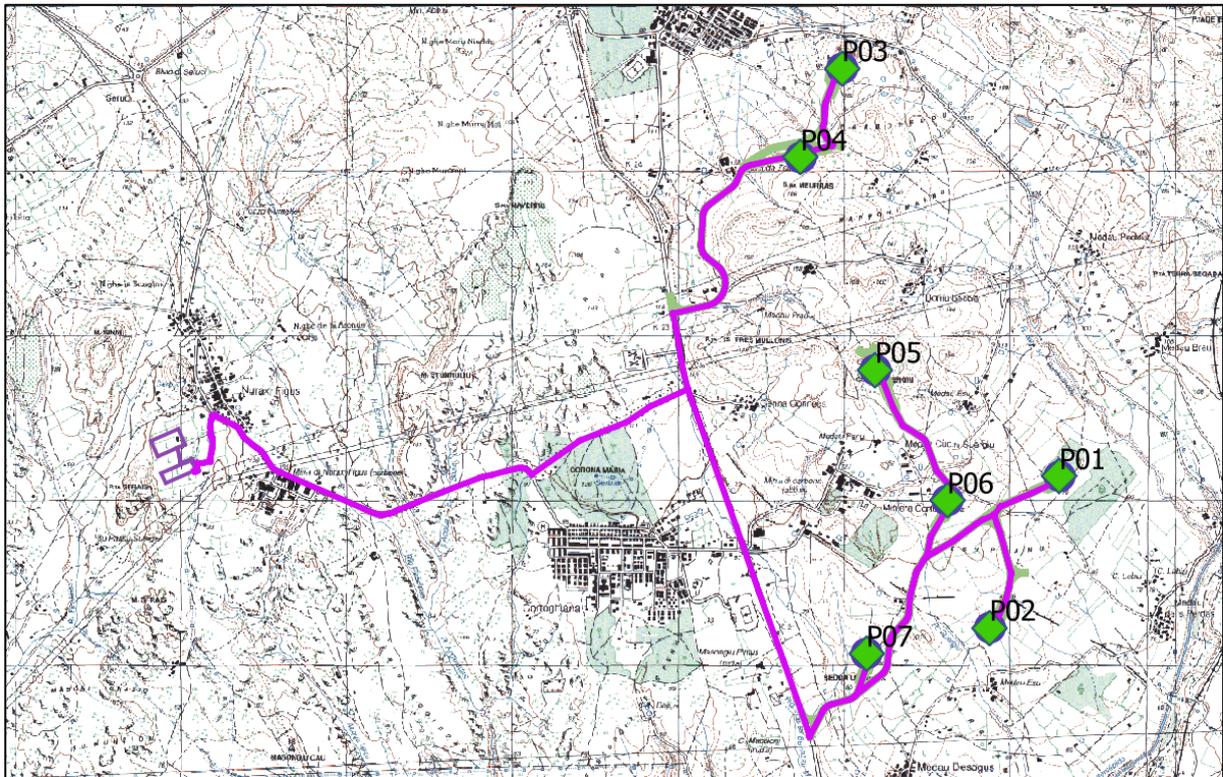


Figura 1: Inquadramento territoriale (non in scala) dell'area di studio su base Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000, da Geoportale Nazionale (con indicazione delle WTG e dei territori comunali).



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE

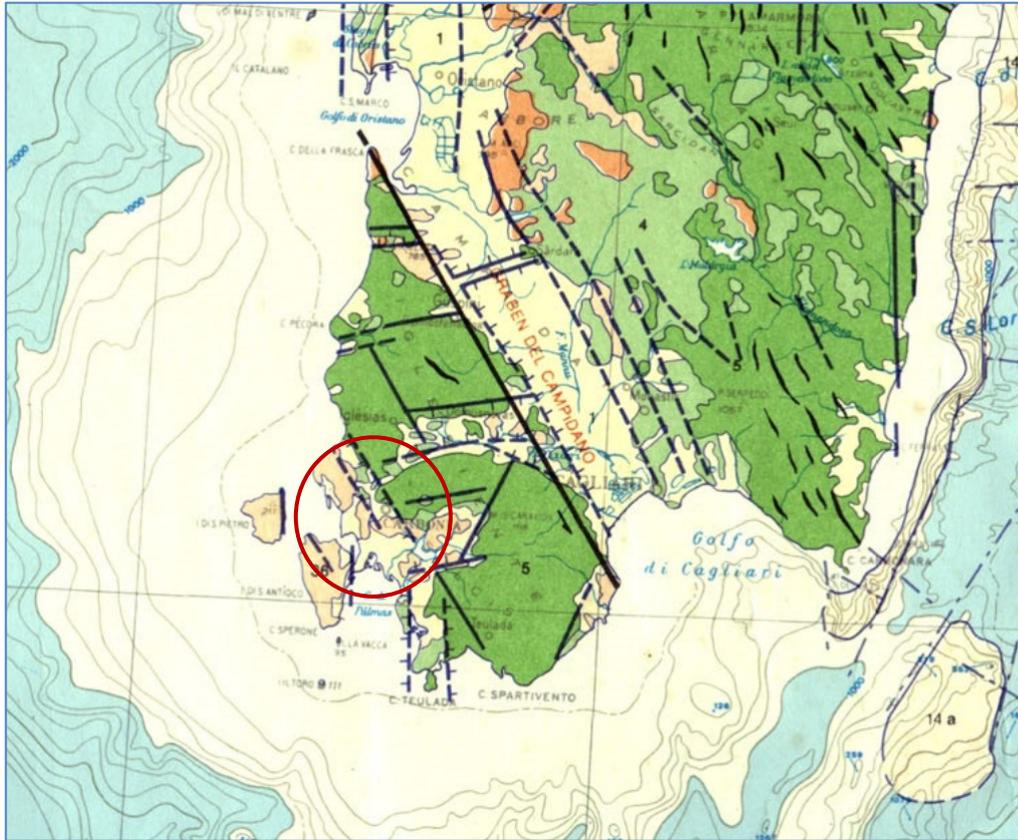
L'inquadramento geologico che qui segue riprende largamente quanto riportato nelle note illustrative del Foglio Geologico CarG 555, "Iglesias" e relativa bibliografia.

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 rinvergono 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.



UNITÀ ALPINE E SARDO-CORSE

- 4 5 **«Massiccio» sardo-corso, Maures-Esterel, Giura svizzero.** Nuclei cristallini prepermiiani (5) e coperture (4).
- 6 7 **«Zona dell'Inneso-elvetica» e «Zona ultraelvetica».** Massicci cristallini «esterni» precarboniferi (7) (Argentera, Pelvoux-Belledonne, M. Bianco-Aiguilles Rouges, Aar, Tavetsch, nuclei cristallini del M. Chétif e del Gottardo) e coperture (6).

MAGMATISMO POST-ERCINICO

Vulcanismo plio-pleistocenico legato ai processi di oceanizzazione del Mediterraneo occidentale

- a b 31 – Vulcaniti centrotirreniche. a) Seamounts in prevalenza tholeitici; b) ad affinità non determinata.
- 32 33 – Vulcaniti di margine di bacino (magmi in prevalenza «mediterranei»: sistema toscano-laziale-campano, I. Ponziane, ed I. Eolie p.p. (32); basamento andesitico delle Eolie (Alicudi, Filicudi, Panarea, Lipari p.p., Salina p.p.) (33).
- 34 – Vulcaniti basaltiche di piattaforma: Pantelleria, Linosa, Iblei, Etna, Ustica-Anchise, Sardegna p.p. Centri vulcanici sottomarini storici del Canale di Sicilia (Δ).
- 35 **Magmatismo acido mio-pliocenico appenninico:** plutoni dell'I. d'Elba, I. del Giglio, I. di Montecristo, di Gavorrano e vulcaniti dell'I. di Capraia, di S. Vincenzo e Roccastrada, di Montecatini e Orciatto, della Tolfa, del Ceriti e di Manzianna.
- 36 **Vulcanismo terziario contemporaneo a fasi compressive alpine:** Sardegna p.p. (andesiti-riodaciti); Calabria (limburgiti-andesiti, non cartografate).

Figura 2: Carta Tettonica d'Italia – Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR – sca 1:500.000

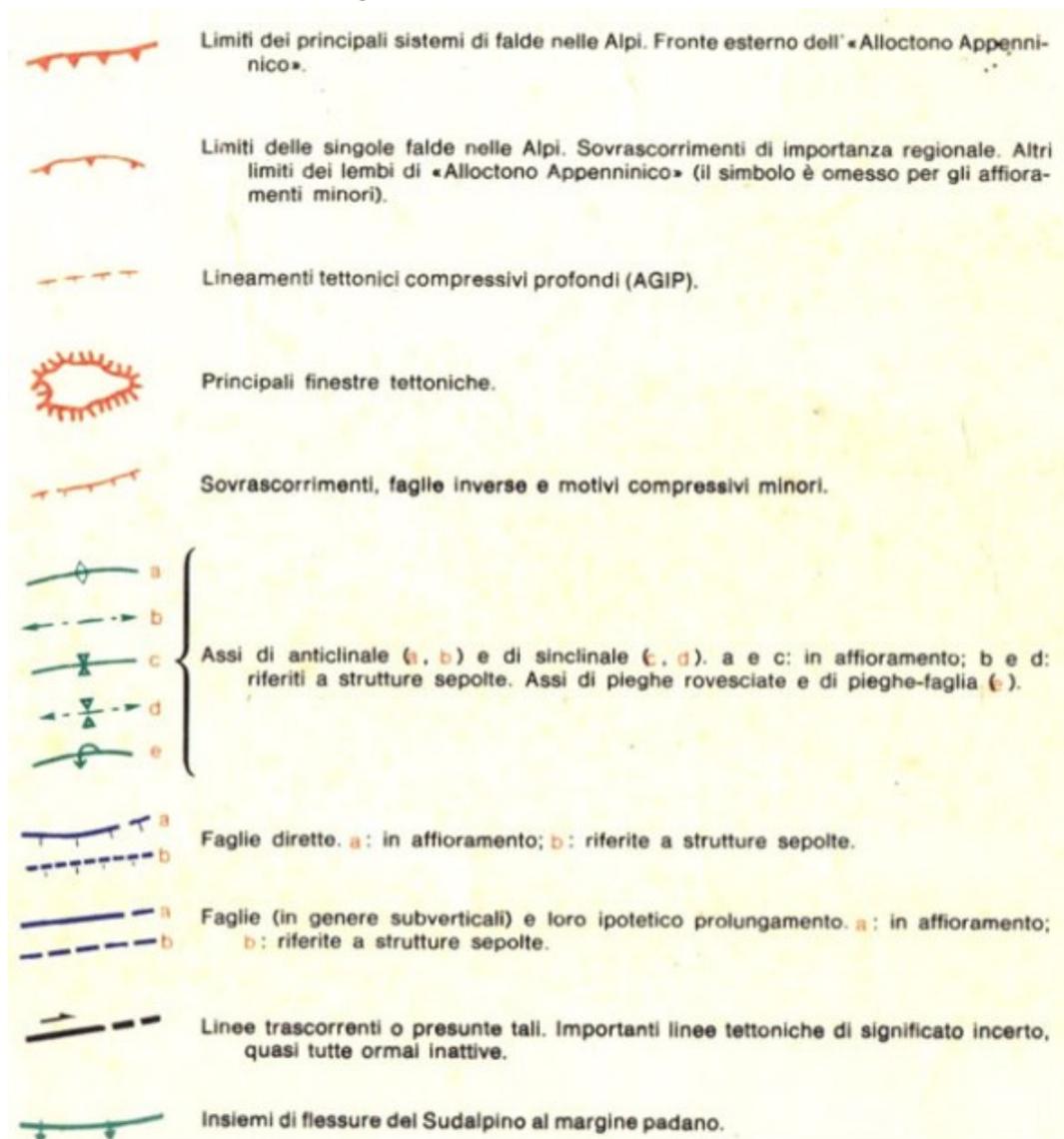


Figura 3: Legenda Carta Tettonica d'Italia – Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR – sca 1:500.000

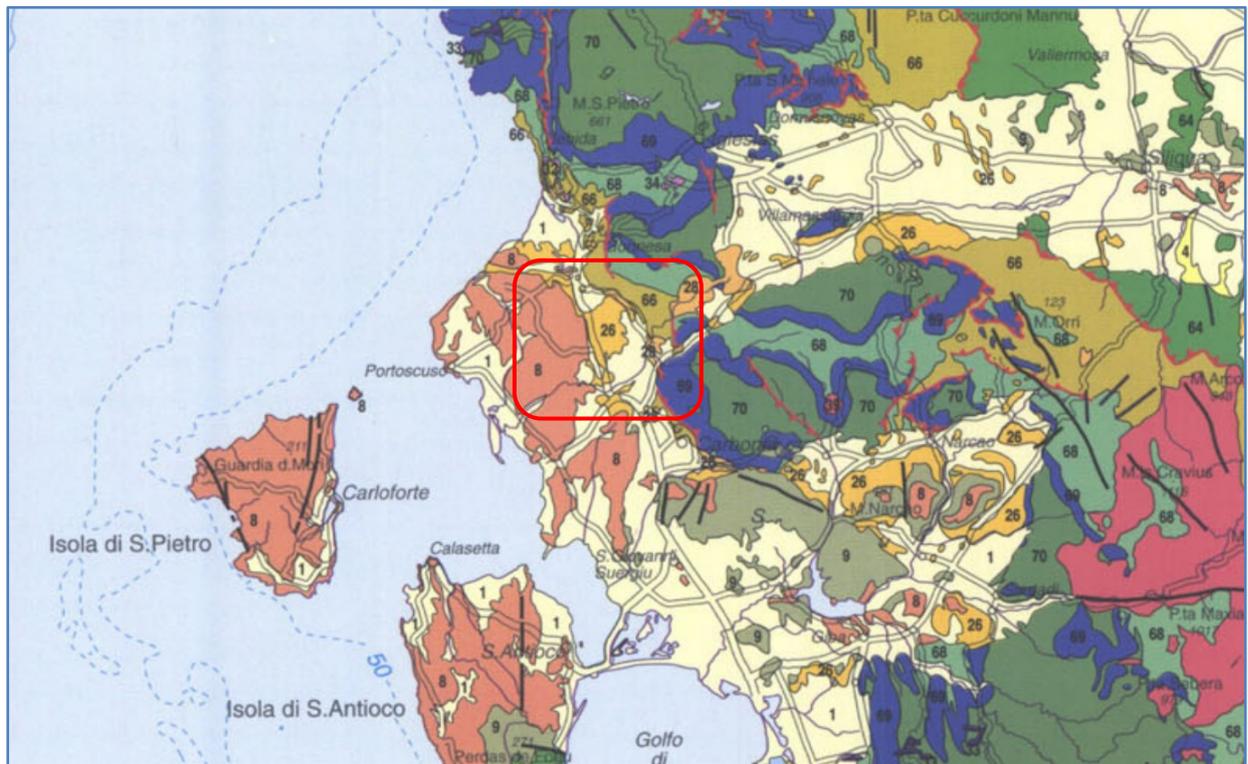


Figura 4: Stralcio Carta Geologica e strutturale della Sardegna e della Corsica; 1-Depositi alluvionali olocenici, 8-Rioliti e riolaciti ignimbriche burdigaliano-aquitaniene, 9-Andesiti e basalti burdigaliano-aquitaniene, 26-Conglomerati e breccie, marne, marne arenacee, calcari, tufiti marine del post-Eocene medio-Burdigaliano inferiore-medio, 38-Successioni vulcano-sedimentarie andesitiche, dacitiche e riolitiche del Paleozoico, 39-Leucomonzograniti a biotite del Paleozoico, 57-Paragneiss e micascisti paleozoici; 28-Calcarei, marne e argille con depositi di lignite, 33-Filoni basici: lamprofiri, deloriti e acidi calcalcalini 66-Metaconglomerati, metarenarie e metasiltiti dell'Ordoviciano-Devoniano, 68-Metacalcari nodulari, metareniti metasiltiti e metargilliti del Cambriano-Ordoviciano, 69-Metacalcari e metadolomie con archeociatidi, trilobiti ed echinodermi del cambriano inferiore, 70-Metarenarie alternate a siltiti, con lenti carbonatiche ad archeociatidi del Precambriano-Cambriano

Nella carta geologico-strutturale di Sardegna e Corsica l'area rientra in un settore complesso, con le unità metamorfiche paleozoiche, i terreni sedimentari di età terziaria, le serie vulcaniche burdigaliano-aquitaniene e i terreni quaternari continentali.

Nella più accurata 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 nel gruppo denominato 10a, ovvero la Formazione del Cixerri "Conglomerati, arenarie e siltiti argillose poggianti su calcari e argille di ambiente paralico del Luteziano" e 2 "Depositi plio-pleistocenici: Arenarie eoliche con cervidi e proboscidiati, Conglomerati, arenarie e biocalcareni con molluschi". La zona interessata dalle opere di connessione, posta più a ovest, rientra invece nel contesto contrassegnato dalla sigla 11, ovvero dal ciclo vulcanico calcalcalino oligomioceno, caratterizzato da prevalenti ignimbriti a chimismo riolitico, riolacitico, dacitico e comenditico e più raramente da colate, cupole di ristagno e talora prodotti freatomagmatici.

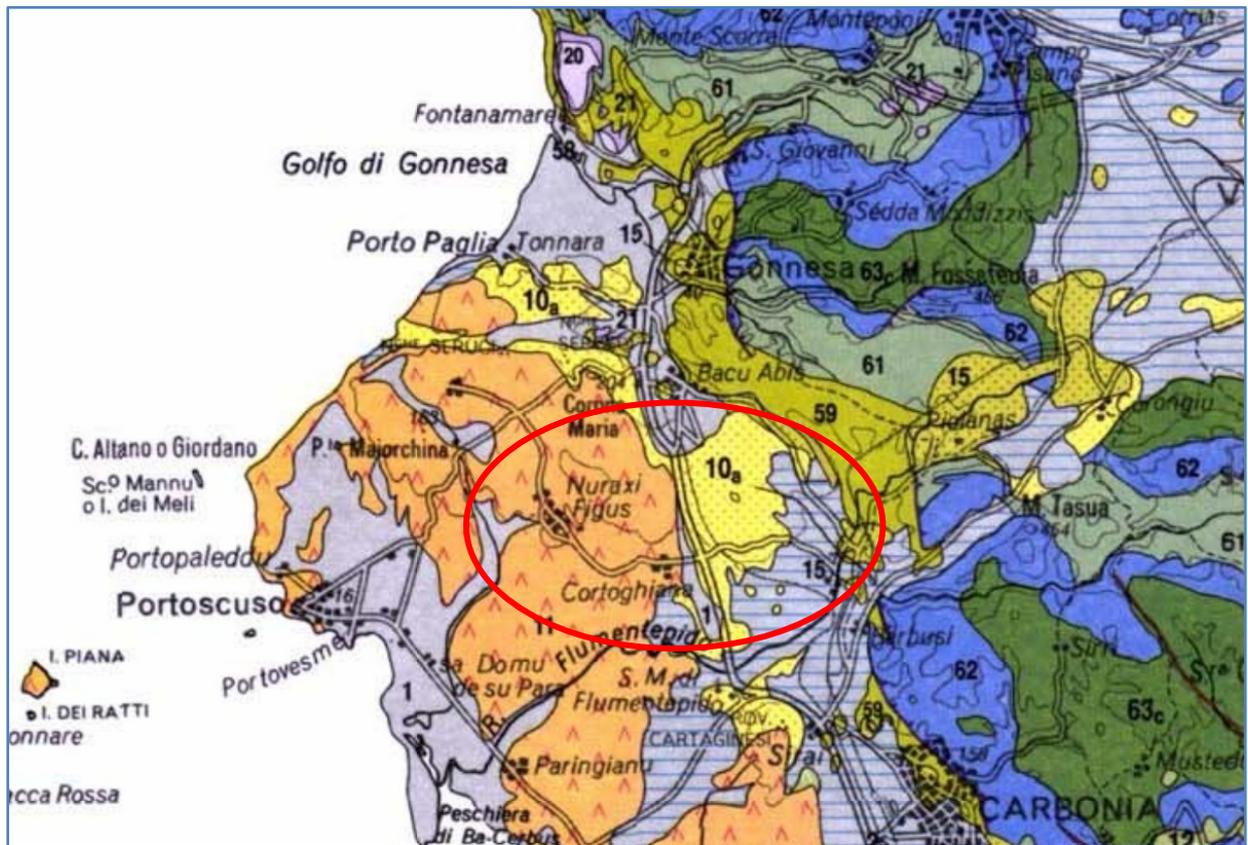
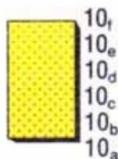


Figura 5: Stralcio Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000. Fonte [Cartografia geologica | Ordine Regionale dei Geologi della Sardegna](#).

Depositi continentali e successione marina Post Eocene medio - Miocene inf.
Post Middle Eocene - Lower Miocene continental and marine deposits



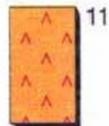
10_f
10_e
10_d
10_c
10_b
10_a

Conglomerati e arenarie continentali con banchi di selce, tufiti, tufi pomicei (Lacustre Auct. p.p.), con Piante (*Bombacoxylon owenii*, *Arganioxylon sardum*, *Pinuxylon zobelianum*, *Palmoxyylon sardum*, etc.) (Lago Ormodeo, Anglona) 10_f. **Burdigaliano**.

Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee, calcari sublitorali, con Foraminiferi planctonici, Molluschi pelagici (*Vaginella depressa*, *Clio triplicata*, etc.), Molluschi bentonici (*Pecten corsicanus*, *Ostreina neglecta*), Coralli hermatipici, Echinoidi, etc. (Molassa a *vaginella*, Arenarie di Gesturi, Formazione della Marmilla p.p. Auct.) (Anglona: Castelsardo; Sarcidano-Mandrolisai: Genoni, Asuni; Arburese: Funtanazza; etc.); marne argillose ittiolitiche, arenarie e siltiti con Molluschi bentonici (*Pereiraia gervaisi*, *Tympanotonos margaritaceus*) (formazione delle Marne di Ales Auct.) (Marmilla: Ales; Arburese: Funtanazza; etc.) 10_e. Calcari selciosi, siltiti, arenarie e conglomerati fluviali, con intercalazioni di tufi litoliti, con resti di Piante (*Glyptostrobus europaeus*, *Sequoia cf. sternbergi*, *Cinnamomophyllum scheuchzeri*, etc.), Ostracodi, Alghe (Characee), Molluschi (*Planorbis exiguus*, *Lymnaea pachigaster*, *Helix cf. ramondi*) (Lacustre p.p. Auct.) (Logudoro: Oschiri, Berchidda; Anglona; Arburese: Funtanazza; Nurra: Porto Conte) 10_d. Conglomerati fluviali, talora arrossati, a elementi di basamento cristallino (Logudoro: Piano Ladu; Anglona: Casteldoria); conglomerati poligenici continentali, arenarie e calcareniti con Nummuliti rimaneggiati (Baronie: M. Albo, La Caletta, M. Tuttavista; Barbagia: Lanaitto) 10_c. **Formazione di Ussana** - Conglomerati poligenici e arenarie continentali, con matrice argillosa rossastra; nella parte alta microconglomerati, arenarie e siltiti, litorali, con Ostreidi, Mitilidi, Ceritidi (Campidano: Monastir, Nuraminis); conglomerati fluviali (Marmilla: Trexenta; Sarrabus: M. Genis; Gerrei: S. Nicolò Gerrei; Sarcidano: Villanovatulo; etc.) 10_b. **Oligocene sup.- Aquitaniano**.

Formazione del Cixerri - Conglomerati, arenarie e siltiti argillose rossastra, continentali, poggianti sopra calcari e argille paralici con Carofite e Palinomorfi del Luteziano (Iglesiente: Tanca Aru, etc.) 10_a. **Post Eocene medio - Oligocene**.

Ciclo vulcanico calcalkalino oligo-miocenico (14 - 32 Ma) *Oligocene-Miocene calcalkaline volcanic cycle (14-32 Ma)*



11

Rioliti, riolaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate, a cui si associano prodotti freatomagmatici ("fall" e "surge"); talora livelli epiclastici intercalati (Sulcis; Mandrolisai; Allai, Asuni, Ruinas; Oristanese; Paulilatino; Valle del Tirso; Fordongianus; Logudoro; Anglona; Planargia) 11. **Oligocene sup. - Miocene inf. medio.**

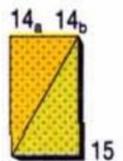
Ignimbrites, lava domes and rare lava flows of rhyolitic, rhyodacitic, dacitic and locally comenditic composition, with fall and surge deposits; intercalations of sedimentary and epiclastic deposits (Sulcis; Mandrolisai; Allai, Asuni, Ruinas; Oristanese; Paulilatino; Valle del Tirso; Fordongianus; Logudoro; Anglona; Planargia) 11. Upper Oligocene - Lower Middle Miocene.



12

Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeiitica e calcalkalina, talora brecciati, in colate, cupole di ristagno (Planargia; Montresta, Tresnuraghes; Oristanese; Bauladu; Marmilla; Aies; Sulcis; Narcao, S. Antioco); lave dacitiche e andesitiche in cupole e filoni (Valle del Cixerri; Campidano; Monastir; Planargia; C. Marargiu; Sulcis; Pula, Carbonia, Sarroch); andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalkalina alta in K a shoshonitica (Anglona); localmente gabbri e gabbronoriti in corpi ipoabissali (Arburese; M. Arcuentu, M. Nureci); quarzodioriti porfiriche (porfiriti di alghero Auct.), (Nurra; Calabona) 12. **Oligocene sup. - Miocene inf..**

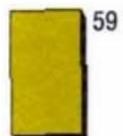
Successioni transizionali e marine del Paleocene Sup.- Eocene medio *Upper Paleocene-Lower Eocene transitional and marine successions*



15

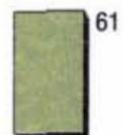
SUCCESSIONE DELLA SARDEGNA ORIENTALE (Sarrabus; Gerrei; Salto di Quirra; M.te Cardiga; Baronie; Orosei). Calcari, calcari marnosi e marne argillose sublitorali, con Coralli, Echinoidi, Nummuliti (*Nummulites biartzensis*, *N. leymeriei*, *N. murchisoni*), Assiline, Operculine, Discocycline (Calcari a Nummuliti Auct.) 14_b. Arenarie e conglomerati poligenici più o meno quarzosi fluvio-deltizi, con Ceritidi 14_a. **Ypresiano - Luteziano inf..**

SUCCESSIONE DEL SULCIS E DELLA TREXENTA (Sulcis: Terras de Collu; Trexenta: N.ghe Sioco; Iglesias: Gonnese). Calcari litorali e transizionali con Characee, Ostracodi, Alveolinidi della zona ad *Alveolina cucumiformis*, Orbitoliti e Milioliti (Miliolitico Auct.); calcari marnosi, marne e argille continentali e paralicco-transizionali con depositi di carbone, con Palinomorfi (*Corsinopolites ichnusae*, *Leiotriletes dorogensis*), Characee, Perissodattili (*Lophiodon sardus*, *Atalanodon monterini*), Alveolinidi (*Alveolina* cf. *subpyrenaica*, *A. lepidula*), Carofite (*Nitellopsis thaleri*) e Ostracodi (*Neocyprideis*) (Lignifero Auct.); alla base: arenarie e conglomerati di piana alluvionale 15. **Paleocene sup. - Eocene inf. medio.**



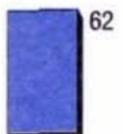
59

Metasiltiti e metarenarie con intercalazioni di metavulcaniti basiche e metatufiti, con Briozoi, Brachiopodi (*Nicolella actoniae*, *Dolerorthis maxima*, *Paurorthis gnoliana*, etc.), Tentaculiti litorali (*Cornulites*), Graptoliti (<*Glyptograptus*> cf. *tenuissimus*, etc.), Crinoidi, Trilobiti (*Ovalocephalus tetrasulcatus*, *Arthrorharchis tarda*) (formazione di M.te Orri, formazione di Portixeddu, formazione di Domusnovas, formazione di Rio San Marco Auct.); metaconglomerati con olistoliti di calcari e dolomie cambriani, metasiltiti e metarenarie rosso-violacee di piana da alluvionale a costiera (Puddinga, formazione di M.te Argentu Auct.) (Iglesiente: Portixeddu, Buggerru, Fluminimaggiore, P.ta S'Argiola, P.ta Su Amadori, Mason Porcus, R. Cannamenda, Caput Aquas, etc.) 59. **Caradoc-Ashgill.**



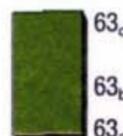
61

Formazione di Cabitza - Argilloscisti, metarenarie, metacalcari nodulari e metasiltiti con rare lenti calcaree, con Trilobiti (*Solenopleuroopsis* cf. *ribeiroi*, *Paradoxides mediterraneus*, *Corynexochus* sp., *Conocoryphe* cf. *brevifrons*, *Jincella* cf. *prantli*, *Bailiella* cf. *levyi*, *Micragnostus* sp.), Graptoliti bentonici (*Rhabdinopora flabelliformis*), Foraminiferi bentonici (*Hemisphaerammina* cf. *cecillalickeri*?), Spongari, Carpoidi, Hyolitidi, Brachiopodi, Incertae sedis (*Chancelloria marocczanza*, *C. sardinica*), Alghe (*Girvanella problematica*), Echinodermi, Acritarchi, (Scisti di Cabitza, Calcescisti, formazione di Campo Pisano Auct.) (Iglesiente: Cabitza, M.te S. Giovanni, Nebida, Campo Pisano, Gonnese, Villamassargia) 61. **Cambriano inf.- Ordoviciano inf..**



62

Formazione di Gonnese (Metallifero Auct.) - Metacalcari e metadolomie con rari Archeociati, Trilobiti, Echinodermi (Calcere cerotide, Dolomia grigia, formazione di San Giovanni Auct.) (Iglesiente: Is Ollastus, Acquacadda, S. Giovanni, etc.); metadolomie e metacalcari stromatolitici, con rari Archeociati (*Raseticyathus* sp., *Coscincyathus* sp.) (Dolomia rigata, formazione di Santa Barbara Auct.) (Iglesiente: Planu Sartu, Arcu Biasterria, S. Barbara, etc.) 62. **Cambriano inf..**


 63_c

 63_b

 63_a

Formazione di Nebida (Formazione delle Arenarie Auct.) - Metarenarie a cemento carbonatico, metadolomie, metacalcari oolitici e micritici, con Trilobiti (*Dolerolenus bifidus*, *Sardoredlichia laskei*, *Giordanella meneghini*), Archeociati (*Raseticyathus iglesiensis*), Alghe, Brachiopodi, Lingulidi, rari Hyolitidi ed Echinodermi (formazione di P.ta Manna, membro di P.ta Manna Auct.); arenarie e arenarie siltose con rare intercalazioni di calcari con Alghe (*Girvanella meneghini*, *Epiphiton*), Archeociati (*Raseticyathus iglesiensis*, *Inessocyathus spatiosus*, *Taylorcyathus vologdini*, *Coscincyathus elongatus*), Trilobiti (*Giordanella meneghini*, *Enantiaspis enantiopa*) (formazione di Matoppa, membro di Matoppa Auct.) (Sulcis; Iglesias) 63_c. **Cambriano inf..**

Filladi e metarenarie, talora con intercalazioni di metaconglomerati e di marmi spesso dolomitici (formazione di Bithia Auct.); metavulcaniti basiche (Sulcis) 63_b. ? **Precambriano - Cambriano inf..** Micascisti ad Andalusite (Scisti di M. Settiballas Auct.) (Sulcis) 63_a. ? **Precambriano.**

Figura 6: Legenda Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000; [Cartografia geologica | Ordine Regionale dei Geologi della Sardegna.](#)

A seguire si riporta estratto della cartografia CARG, Foglio 555 "Iglesias".

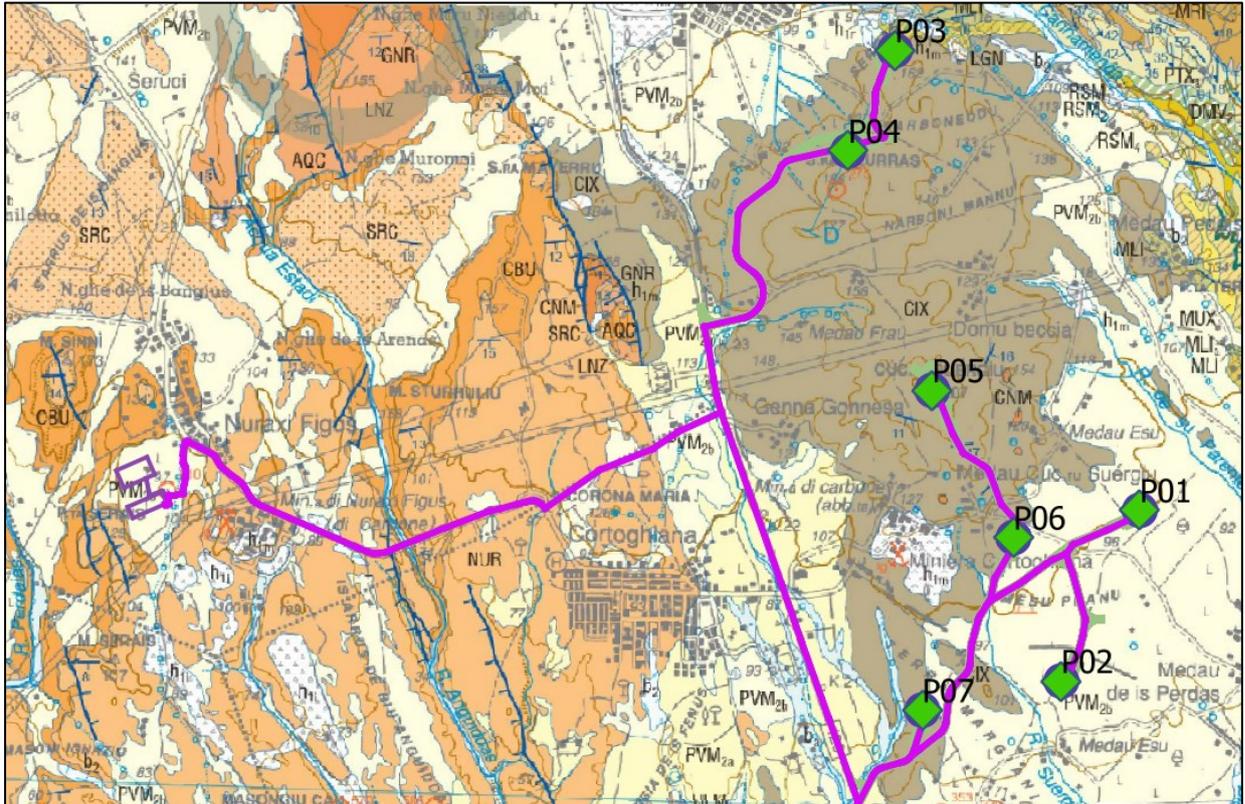


Figura 7: Stralcio cartografia CARG Foglio 555 "Iglesias". Fonte ISPRA [555 Iglesias \(isprambiente.gov.it\)](http://isprambiente.gov.it). Per la legenda si rimanda al testo riportato a seguire.

L'area si presenta piuttosto complessa come assetto tettonostratigrafico poiché comprende terreni che coprono un arco temporale molto ampio, con vicissitudini tettoniche e fasi genetiche diversificate. Le unità tettonostratigrafiche presenti nell'area sono le seguenti, riportate dalla più recente alla più antica. Le sigle riportate valgono come legenda della figura precedentemente riportata (figura 7).

- Depositi continentali dell'area continentale (Olocene)
 - ✓ h_n - depositi antropici (discariche industriali, riporti, discariche minerarie, bonifiche)
 - ✓ b_a - depositi alluvionali (ghiaie con subordinate sabbie e limi)
 - ✓ b_2 - coltri eluvio-colluviali (depositi fini frammisti a depositi grossolani)
 - ✓ a - depositi di versante
- Depositi pleistocenici
 - ✓ PVM-Sintema di Portovesme-subsintema di Portoscuso (ghiaie alluvionali terrazzate, sabbie eoliche, detriti di versante e breccie, corpi di frana con accumuli caotici e blocchi)
- Successioni vulcano-sedimentarie terziarie (Miocene inferiore-medio)
 - ✓ CBU – Rioliti di Monte Crobu (Depositi piroclastici da flusso da densamente saldati a

non saldati (tufi, tufi a lapilli e tufi-breccia), a tussitura porfirica e a composizione riolitica.

Alla base brecce poligeniche

- ✓ NUR - Rioliti di Nuraxi (depositi piroclastici di flusso intensamente saldati, porfirici, a composizione riolitica, con livello vitrofirico alla base)
 - ✓ SRC - Rioliti di Seruci (depositi piroclastici di flusso intensamente saldati, porfirici, a composizione riolitica, spesso con depositi da caduta e con livello vitrofirico alla base)
 - ✓ ACQ - Daciti di Acqua Sa Canna (depositi piroclastici di flusso non saldati e depositi di caduta a composizione dacitica; in alternanza conglomerati conglomerati e arenacei vulcanoclastici)
 - ✓ LNZ - Rioliti di Lenzu (depositi piroclastici di flusso densamente saldati a composizione dacitica con depositi di caduta alla base)
 - ✓ CNM - Daciti di Corona Maria (Depositati piroclastici da flusso da densamente saldati a non saldati, porfirici, a composizione dacitica, spesso con vetro vitrofirico; talora alla base sono presenti depositi da caduta e paleosuoli)
- Successione sedimentaria paleogenica
- ✓ CIX - Formazione del Cixerri (arenarie quarzoso-feldspatiche, marne, argille siltose e conglomerati poligenici, conglomerati e arenarie quarzose, liditi e calcari lacustri)
 - ✓ LGN - Lignifero (Alternanze ritmiche di argille spesso carboniose, marne, calcari, arenarie con abbondante materia organica e depositi di lignite)
 - ✓ MLI - Miliolitico (Clacari e calcari arenacei, spesso ricchissimi in miliolidi; alla base talora conglomerati a clasti di quarzo e liditi)
- Successione sedimentaria mesozoica (*Triassico inferiore-medio*)
- ✓ BUN - Bundsandstein (conglomerati e brecce da granosostenuti a matrice-sostenuti, alternati ad arenarie grossolane)
- Basamento metamorfico paleozoico – successione post-Discordanza Sarda
- ✓ FLU - Formazione di Fluminimaggiore (alternanza di calcari nodulari scuri e metapeliti scure riccamente fossilifere); *Siluriano inferiore-Devoniano inferiore*
 - ✓ RSM - Formazione di Rio San Marco (metargilliti, metasiltiti, metarenarie, alternanze ritmiche parallele e torbiditiche, metabrecce, metaconglomerati); *Ordoviciano superiore*
 - ✓ PTX - Formazione di Portixeddu (metasiltiti e metargilliti e con rari noduli fosfatici e intercalazione metavulcanoclastica) *Ordoviciano superiore*
 - ✓ AGU - Formazione di Monte Argentu “Puddinga” (metasiltiti, metapeliti, metaconglomerati, megabrecce poligeniche ed eterometriche); *Ordoviciano medio-superiore*

Alla scala di dettaglio le formazioni presenti nell'area e su cui saranno realizzate le WTG di progetto sono le seguenti:

- P01, P02: PVM2b – Sintema di Portovesme-subsintema di Portoscuso – litofacies delle sabbie e arenarie eoliche.

Sabbie e arenarie medie e grossolane di origine eolica con subordinati detriti e depositi alluvionali, con spessori fino a circa 30 m. La stratificazione è incrociata concava e planare, con evidenti superfici di erosione e riattivazione; sono arrangiati in paleo-campi dunari indicanti direzione dei venti dominanti da nord-ovest, talvolta addossate ai rilievi. Tali depositi sono spesso intercalati a sedimenti alluvionali o detritici di altre litofacies del subsintema di Portoscuso.

Tale litotipo caratterizza, oltre che molti tratti di cavidotto, anche l'area di realizzazione della sottostazione utente.



Figura 9: Dintorni dell'area di realizzazione della sottostazione utente, con visibili prodotti prevalentemente sabbiosi rimaneggiati dalle lavorazioni agrarie, appartenenti al subsintema di Portoscuso del Sintema di Portovesme, caratterizzato da sabbie e arenarie di origine eolica. Coordinate 450914.50 m E- 4341051.59 m N.



Figura 10: Area immediatamente a sud della WTG P01, con visibili prodotti prevalentemente sabbiosi rimaneggiati dalle lavorazioni agrarie, appartenenti al subsistema di Portoscuso del Sintema di Portovesme, caratterizzato da sabbie e arenarie di origine eolica, e con frazioni eluvio-colluviali. Coordinate 456249.24 m E- 4340910.40 m N.

- P03, P04, P05, P06, P07: CIX – Formazione del Cixerri

Tale formazione poggia sia direttamente sul basamento metamorfico paleozoico, sia sulle formazioni del Miliolitico e del Lignitifero; essa risulta intrusa da filoni andesitici ipoabissali di età oligo-aquitana ed è ricoperta dalle vulcaniti o dai conglomerati età pleistocenica. Dal basso verso l'alto è stato riconosciuto un trend evolutivo che da depositi in genere medio-fini porta a sedimenti a grana più grossa. Le frazioni conglomeratiche caratterizzano prevalentemente gli orizzonti di tetto. il contenuto fossilifero è in genere molto scarso e la datazione della formazione possiede un certo grado di incertezza, con parte delle faune di età oligocenica e filoni intrusivi di età prevalentemente aquitana. L'ambiente deposizionale delle porzioni basali è rappresentativo di una piana alluvionale ampia e a meandri, a bassa energia, che passa verso l'alto a un ambiente a canali intrecciati, con maggior energia dell'ambiente deposizionale.

Litologicamente la formazione è quindi caratterizzata da arenarie quarzoso-feldspatiche, marne, calcari, argille siltose e conglomerati poligenici poco evoluto nella parte alta, argille siltose, arenarie quarzose e marne nella parte medio-bassa, alla base conglomerati a clasti di quarzo e

lidi, arenarie quarzose e talvolta calcari di ambiente lacustre nella parte bassa. Spessore affiorante complessivo di circa 100 m.

Le WTG P06 e P07 ricadono nei pressi del contatto con il subsistema di Portoscuso.



Figura 11: Formazione del Cixerri, affiorante a est della WTG P05 (coordinate 455424.16 m E- 4341877.70 m N). Litofacies delle arenarie, qui debolmente cementate.



Figura 12: Formazione del Cixerri, affiorante a est della WTG P05. Litofacies delle arenarie, qui ben cementate e in parte conglomeratiche, con buona resistenza meccanica. Coordinate 455422.64 m E- 4341867.38 m N.



Figura 13: Formazione del Cixerri nella litofacies arenacea tenera, affiorante sul terreno denudato a circa 150 m di distanza dalla WTG P06 alle coordinate 455390.54 m E- 4340869.75 m N. La freccia gialla indica la posizione della WTG P06.

Per quanto attiene il tracciato dei cavidotti esso ricade sostanzialmente nelle formazioni di origine vulcanica delle Rioliti di Nuraxi, subordinatamente Rioliti di Seruci e raramente nelle Rioliti di Monte Crobu, nonché, in larghi tratti nel già citato Sintema di Portovesme e ovviamente della Formazione del Cixerri.

Le Rioliti di Seruci affiorano diffusamente in tutto il settore compreso fra la strada statale 126 dell'Iglesiente e l'area costiera. Le Rioliti sono costituite da depositi di caduta nella parte basale e da depositi da flusso in facies ignimbritica spesso densamente saldati, appartenenti alle ignimbriti di alto grado, che si formano quando il flusso ignimbrítico ha ancora temperatura sufficientemente alta da saldare fra loro buona parte degli ejecta. Si tratta di una formazione complessa, formata da più flussi ignimbríticos impilati in tempi molto brevi. Le Rioliti di Seruci poggiano sulle Daciti di Acqua Sa Canna, sulla quale giace il corpo principale, litoide e di aspetto massivo, posto al di sopra del livello vitrofirico basale, di spessore molto contenuto (1 m circa). La struttura è eutassitica, in particolare a causa di frammenti pomiceci "a fimma" grigi e nerastri schiacciati e diasproidi, più evidenti e abbondanti nella porzione superiore. In generale il colore è bruno rossiccio. Verso l'alto aumentano anche i fenocristalli liberi, in particolare di plagioclasio e sanidino. Lo spesso varia da un minimo di circa 9-10 m a un massimo di circa 40 m, sia in



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.057.00

PAGE

22 di/of 57

affioramento, sia sulla base di dati di perforazione. L'età di tali depositi piroclastici è compresa fra il Burdigaliano superiore e il Langhiano.

Le Rioliti di Monte Crobu affiorano diffusamente in larghi settori del Sulcis-Iglesiente, ma hanno importanza in affioramento contenuta nei riguardi del tracciato dei cavidotti, che la intercettano solo per brevi tratti; essa poggia sulle Rioliti di Seruci e presentano solitamente colorazione da bruno giallastra a grigio bruna. In letteratura è ormai riconosciuta come appartenere sostanzialmente a un unico evento piroclastico, con caratteristiche di Ignimbrite di Bassa Temperatura e di Ignimbrite di Alta Temperatura, che da quindi luogo a depositi sia poco saldati sia densamente saldati. La parte basale presenta una matrice non saldata, nerastra e bruna, con cristalli feldspatici liberi numerosi, frammenti litici e pomicei, nonché tipici "spatter" nerastri vetrosi, anche di dimensione metrica, spesso porfirici e vescicolati. Al di sopra del livello a "spatter" è presente una breccia a clasti vulcanici di 2-3 m di spessore; nella parte superiore la matrice vulcanica appare nuovamente non-saldata, con frammenti litici e pomicei e litofisi tondeggianti giallastre. Il livello sommitale (circa 2 m) è marcato da un forte aumento del grado di saldatura, dalla struttura eutassitica con abbondante vetro e dalle "fiamme" ossidianacee grigie e beige piuttosto appiattite. Lo spessore delle Rioliti di Monte Crobu varia da un minimo di circa 25 m fino a un massimo di circa 100 m e si ritiene che si siano formata a distanza relativamente modesta dai centri eruttivi.



Figura 14: Rioliti di Monte Crobu affioranti in destra idrografica del Riu di Ghilotta alle coordinate 450112.58 m E- 4340929.82 m N. La facies è saldata, ma con un certo grado di alterazione superficiale.

Le Rioliti di Nuraxi rappresentano un'unità molto estesa arealmente e quindi di notevole importanza e proprio nelle aree interessate dal tracciato dei caviddotti ha una delle sue massime espressioni; si tratta inoltre di litotipi molto ben studiati nella letteratura scientifica.

Si tratta di un'unità caratterizzata da plateaux ignimbrici con giacitura sub-orizzontale e lieve inclinazione a meridione, indicativi di un'eruzione di tipo esplosivo di notevoli dimensioni. Geometricamente poggiano sulle Rioliti di Monte Crobu e su di essa poggiano le "Comenditi" (rioliti peralcaline). L'unità è costituita alla base da depositi di caduta (cristalli feldspatici liberi, lapilli litici e pomicei) di spessore molto contenuto (10-40 cm) e discontinuo, cui segue un livello vitrofirico di colore scuro (Unità Ignimbrica Inferiore), molto sottile, mediamente di circa 1 m di spessore, con accenno di fessurazione colonnare e cavità da cattura di gas. L'Unità Ignimbrica Superiore è caratterizzata nella parte basale da vescicolature, "fiamme" e impronte da flusso che indicano un centro eruttivo a nord-ovest dell'area; l'aspetto generale è massiccio, ma con frequente foliazione magmatica data da strutture reomorfiche sin- e post-deposizionali, che simulano morfologie di flusso lavico. La vescicolazione è spesso molto marcata, mentre la struttura è sostanzialmente equigranulare, eutassitica, fra frammenti pomicei "a fiamme" grigi,

con cristalli liberi di plagioclasio e feldsoati alcalini (sanidino soprattutto). Il centro eruttivo aveva caratteri prevalentemente fissurali, con forte componente gassosa ed è stato ipotizzato circa 20-30 km a nord dell'Isola di San Pietro. Nella zone a morfologia piana lo spessore delle Rioliti di Nuraxi è costantemente intorno a circa 20 m di spessore, ma l'effetto di "tappozamento" della topografia ha causato ispessimento anomali molto cospicui, anche fino a 160 m in una perforazione effettuata per ragioni minerarie (foro 19/82 Carbosulcis, in Agus et al., 1994).

L'età dei depositi piroclastici è langhiana, e le determinazioni radiometriche risultano comprese nell'intervallo 15-16 MA. Tale unità è presente in tutto il settore più occidentale.



Figura 15: Rioliti di Nuraxi, facies non saldata (Ignimbriti di bassa temperatura). Coordinate 449343.10 m E-4342436.11 m N lungo la strada provinciale.



Figura 16: Rioliti di Nuraxi nei pressi di Nuraxi Figus (coordinate 451333.29 m E- 4341175.83 m N), in cui si apprezza fessurazione verticale con alterazione per devetrificazione.

In qualche raro caso le strade di accesso e le opere di connessione sono poste in vicinanza di terreni di riporto costituiti dai prodotti delle discariche minerarie, ma in ogni caso non saranno interessati dalle lavorazioni di progetto.



Figura 17: Zona basale delle Rioliti di Nuraxi affiorante di fianco la strada (tracciato di cavidotto) che da Cortoghiana conduce a Nuraxi Figus, alle coordinate 452226.27 m E- 4340751.92 m N, in prossimità del ponte che supera il Riu Sturruliu. L'immagine mostra in maniera estremamente chiara il livello vitrofirico basale di colore scuro e in parte, soprattutto sulla destra, i livelli da caduta decimetrici che appoggiano sulle sottostanti Rioliti di Monte Crobu.



Figura 18: Piroclastiti ignimbriche delle Rioliti di Nuraxi, facies densamente saldata (Ignimbriti di alta temperatura) con strutture reomorfiche evidenti. Immagine scattata a ovest dell'area di sottostazione alle coordinate 449731.15 m E- 4341022.37 m N.



Figura 19: Rioliti di Nuraxi con il tipico aspetto derivante dall'azione erosiva differenziale dovuta alla saldatura molto variabile all'interno dell'unità, con i termini non saldati che vengono facilmente erosi e dilavati, lasciando degli importanti vuoti fra le zone densamente saldate. Coordinate 449956.65 m E-4340711.62 m N.

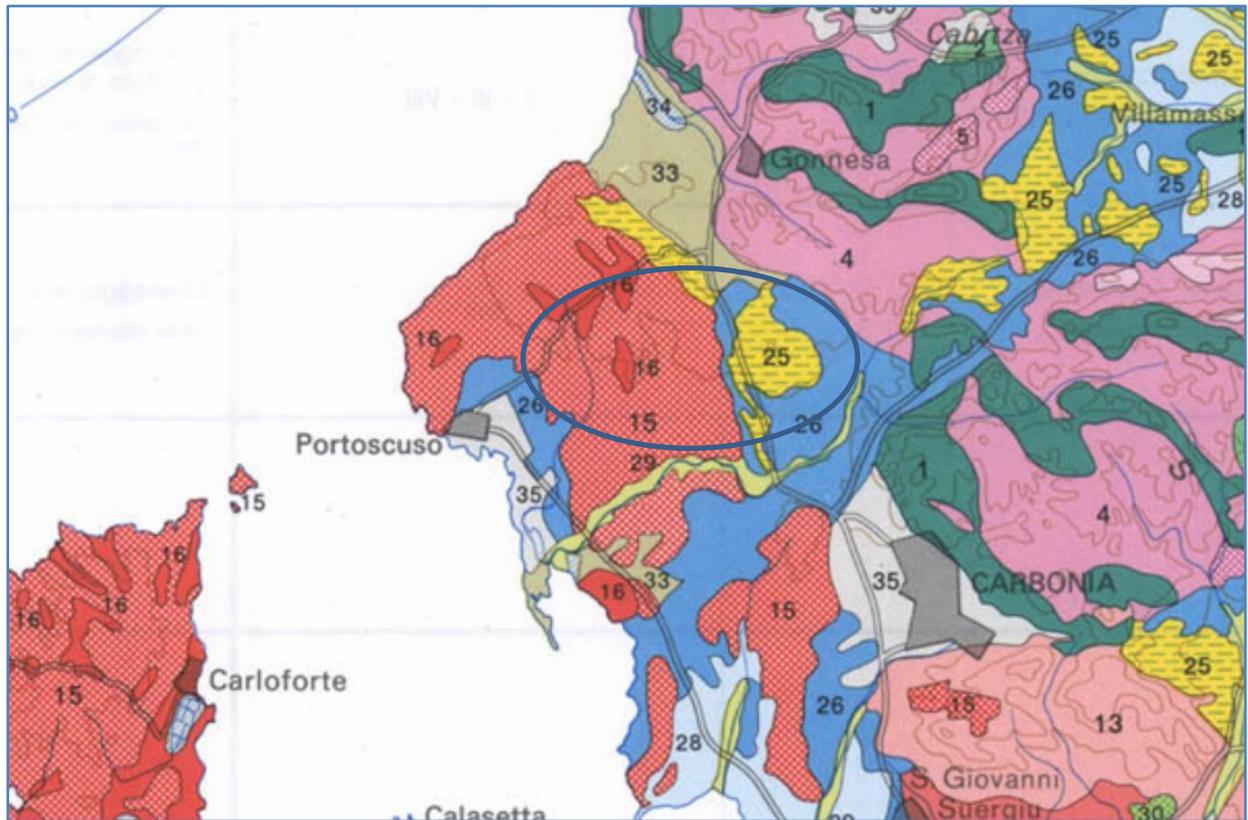


Figura 20: Dettaglio sulla struttura delle Rioliti di Nuraxi densamente saldate con ben visibili i cristalli bianchi di plagioclasio e le strutture "a fiamma" molto schiacciate, nel tipico aspetto macroscopico della parte alta dell'Unità.



Figura 21: materiale della discarica mineraria di lignite di Cortoghiana, circa 600 m a sud-ovest di P06, alle coordinate 454999.77 m E- 4340548.48 m N.

La Sardegna è dotata di una cartografia pedologica ad ampia scala, che di seguito si riporta, nella quale si può osservare che la zona di impianto è caratterizzata sostanzialmente da due classi di suolo, riportati con la numerazione 25 e 26, suoli evolventisi su argille arenarie e conglomerati (25-Formazione del Cixerri) e suoli che si evolvono su alluvioni e su arenarie eoliche centate del Pleistocene. In termini tassonomici rientrano (F.A.O., 2008) rispettivamente nei Leptosols (Eutric e Lithic), nei Regosols (Eutric) nei Cambisols (Eutric), negli Haplic calcisols la Formazione del Cixerri e Haplic Nitosols i terreni alluvionali e eolici. L'argh tratti delle opere di connessione ricadono invece in famiglie evolventesi su sottofondi vulcanici, che rientrano nella classe 15-Rock outcrop (lithic xerorthens e eutric e lithic leptosols) e nella classe 16-Typic, vertic e lithic xerochrepts e Eutric e vertic cambisols. Di seguito si riporta stralcio della carta pedologica citata.



UNITÀ CARTOGRAFICHE CARTOGRAPHIC UNITS	U.S.D.A. SOIL TAXONOMY - 1988	F.A.O. - 1988
--	-------------------------------	---------------

A Paesaggi su calcari, dolomie e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico e relativi depositi di versante Landscapes on limestones, dolomites and dolomitic limestones of the Paleozoic and Mesozoic and their slope deposits		
1	Rock outcrop Lithic Xerorthents	Rock outcrop Eutric e Lithic Leptosols
2	Lithic e Typic Xerorthents Lithic e Typic Rhodoxeralfs Lithic e Typic Xerochrepts Rock outcrop	Eutric e Lithic Leptosols Chromic Luvisols Eutric e Chromic Cambisols Rock outcrop
B Paesaggi su metamorfiti (scisti, scisti arenacei, argilloscisti, ecc.) del Paleozoico e relativi depositi di versante Landscapes on metamorphic rocks (schists, arenaceous schists, shales, etc.) of the Paleozoic and their slope deposits		
3	Rock outcrop Lithic, Dystric e Typic Xerorthents	Rock outcrop Lithic, Dystric ed Eutric Leptosols
4	Typic, Dystric e Lithic Xerorthents Typic, Dystric e Lithic Xerochrepts	Eutric, Dystric e Lithic Leptosols Eutric e Dystric Cambisols
5	Typic, Dystric e Lithic Xerochrepts Typic Palexeralfs Typic, Dystric e Lithic Xerorthents	Eutric e Dystric Cambisols Haplic Nitosols Haplic Luvisols Eutric, Dystric e Lithic Leptosols

D Paesaggi su rocce effusive acide (andesiti, rioliti, riolaciti, ecc.) e intermedie (fonoliti) del Cenozoico e loro depositi di versante, colluvi Landscapes on acid effusive rocks (andesites, rhyolites) and intermediate (phonolites) of Cenozoic and their slope and colluvial deposits		
13	Rock outcrop Lithic Xerorthents	Rock outcrop Eutric e Lithic Leptosols
14	Vertic e Typic Xerochrepts Typic Xerorthents Calcixerollic Xerochrepts	Vertic ed Eutric Cambisols Haplic Calcisols
15	Rock outcrop Lithic Xerorthents	Rock outcrop Eutric e Lithic Leptosols
16	Typic, Vertic e Lithic Xerochrepts Typic e Lithic Xerorthents	Eutric e Vertic Cambisols Eutric e Lithic Leptosols
17	Andic e Typic Xerochrepts	Eutric Cambisols
H Paesaggi su argille, arenarie e conglomerati (formazioni del Cixerri e di Ussana) dell'Eocene, Oligocene e Miocene Landscapes on claystones, sandstones and conglomerates (Cixerri and Ussana formations) of the Eocene, Oligocene and Miocene		
25	Typic e Lithic Xerorthents Typic e Lithic Xerochrepts Calcixerollic Xerochrepts	Eutric e Lithic Leptosols Eutric Regosols Eutric Cambisols Haplic Calcisols
I Paesaggi su alluvioni (a), (b), (c) e su arenarie eoliche cementate (d) del Pleistocene Landscapes on alluvial deposits (a), (b), (c) and eolian sandstones (d) of the Pleistocene		
26	Typic, Aquic ed Ultic Palexeralfs	Haplic Nitosols
27	Calcic e Petrocalcic Palexeralfs	Petric Calcisols Haplic Nitosols Calcic Luvisols
28	Typic e Calcic Haploxeralfs Petrocalcic Palexeralfs	Haplic e Calcic Luvisols Petric Calcisols
M Paesaggi su sabbie eoliche dell'Olocene Landscapes on eolian sand of the Holocene		
33	Typic Xeropsamments Aquic Xeropsamments	Haplic, Calcaric e Gleyic Arenosols

Figura 22: Stralcio carta dei suoli della Sardegna e relativa legenda (A. Aru et alii, 1989).



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.057.00

PAGE

33 di/of 57

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

4.1. INQUADRAMENTO GENERALE E CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area oggetto di studio fa parte di un settore collinare di bassa quota posto immediatamente a tergo della linea di costa del Mar di Sardegna nella zona di Portoscuso-Isola di Sant'Antioco. Il contesto è caratterizzato da quote massime di circa 200 m e con pendenze piuttosto contenute, variabili all'incirca intorno al 20-25%, ma con locali aumenti legati all'evoluzione del reticolo idrografico e all'affioramento di orizzonti elevata competenza, in particolare nei settori con affioramento di rocce vulcaniche (comprensorio del Monte Sfrais e dintorni, incisione valliva del Riu Sturruliu). La principale asta fluviale dell'area è il fiume Flumentepido, il cui corso è posto a sud dell'area di impianto, caratterizzato da ordine Horton-Strahler 5, caratterizzato in genere da sponde blandamente ondulate, ma che nel tratto compreso fra Conca S'Ollastu e Conca Is Angius presenta un tratto fortemente incassato, con affioramenti rocciosi vulcanoclastici. Altre aste rilevati sono il Riu Arca Bascu, di ordine 4 e con deflusso in direzione nord-ovest e foce nel Golfo di Gonnese, il Riu Sturruliu, attraversato dal cavidotto (in canalina su ponte), il Riu Perdaias (compreso fra le due ipotesi di sottostazione) e il Riu Pirastu, affluente in destra idrografica del fiume Flumentepido, tutti di ordine 3.

Un tratto morfologico particolare è quello dei plateaux riolitici, che definiscono aree di bassa pendenza, delimitate dalle scarpate che delimitano le colate o i flussi piroclastici. La fascia costiera è caratterizzata prevalentemente da coste alte e rocciose, a falesia, in particolare nel tratto a nord di Portoscuso. Il reticolo idrografico è di tipo a graticcio, ma con forti asimmetrie dovute a zone a forte controllo litostrutturale, in particolare nella zona compresa fra Gonnese e Bacu Arbis e a est della loro congiungente, dove il reticolo assume alta densità di drenaggio e andamento tipicamente parallelo alle principali strutture, con andamento nord-ovest-sud-est. I principali rilievi sono posti immediatamente alle spalle di Carbonia (Corona Sa Cabra, San Michele Arenas), dove sono presenti le maggiori disarticolazioni verticali. Un tratto socio-culturale saliente ha fortemente influenzato anche l'assetto morfologico dell'area, ovvero l'attività mineraria, presente nell'area fin da epoca storica e che ha guidato in parte l'antropizzazione in termini di insediamenti residenziali e produttivi, nonché in termini più strettamente morfologici, con le escavazioni e le relative discariche di materiale sterile, localmente molto rilevanti. Da un punto di vista morfologico-paesaggistico vi sono due elementi che spiccano nell'area: l'altura di Cuccuru Suergiu, che domina in termini altimetrici l'area di impianto e su cui è prevista la WTG P05, che definisce localmente un reticolo idrografico radiale e gli affioramenti rocciosi a est di Bacu Arbis (Su Concau Sperrau, Serra Is Corongius, grandi olistoliti di Calcare Ceroide all'interno del membro di Punta Sa Broccia (Formazione di Monte Argentu), verticali, con scarpate anche di 30 m, isolati nel paesaggio circostante. Il settore più

occidentale è invece morfologicamente caratterizzato dalle due profonde incisioni vallive del Riu Sturruiliu e del Riu Perdaias; quest'ultimo, nonostante presenti un ordine Horton 3 all'atto del sopralluogo si presentava completamente asciutto e con scarsi segni di circolazione idrica rilevante. Appare evidente quindi che l'attività del reticolo idrografico è strettamente connessa all'apporto pluviometrico diretto, con regime da stagionale (per le aste principali) a occasionale per le aste minori, con circolazione idrica solo durante gli eventi pluviometrici impulsivi. Tali aste drenanti dissecano una paleosuperficie molto ampia, coincidente con i plateaux ignimbrici. Notevole risalto morfologico, nella zona occidentale, presenta il plateau del Monte Sinni, che si eleva di alcune decine di metri sulla spianata circostante.

A seguire si riporta una elaborazione GIS degli ordini Horton-Strahler del reticolo idrografico, tratti dal Sistema Informativo Territoriale (SITR) della Regione Sardegna.

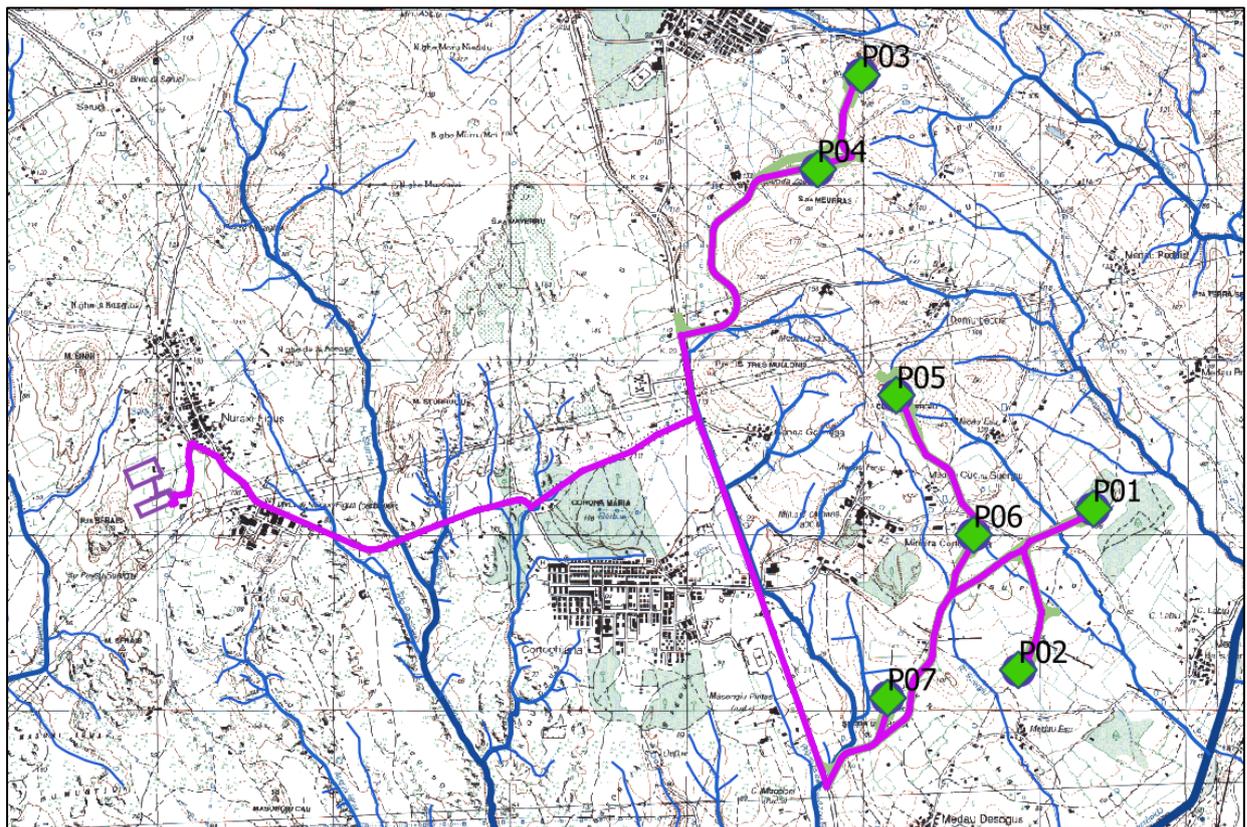


Figura 23: Reticolo idrografico dell'intera area; nella figura, elaborate in ambiente GIS, vengono riportati gli ordini Horton-Strahler secondo quanto riportato nel SITR della Regione Sardegna. In magenta le opere di connessione.

Un contributo non trascurabile alla morfologia dell'area è rappresentato dall'attività mineraria,

che ha comportato l'estrazione dal sottosuolo di enormi quantitativi di materiale, che una volta trattato per l'estrazione del minerale industrialmente utile, è stato posto a discarica, realizzando abbancamenti di grande estensione territoriale e talora di discreta altezza, dando luogo a vere e proprie "colline antropiche" o riempiendo le vecchie depressioni. Le principali discariche di sterile minerario sono quelle di Bacu Abis, Cortoghiana, Seruci e Serbariu (più a sud), tutte discariche di estrazione di lignite.

A seguire si riporta uno stralcio della Carta Geomorfologica della Sardegna (Ulzega, 1984), in cui sono riportati i principali morfotipi presenti nel territorio regionale ad ampia scala.

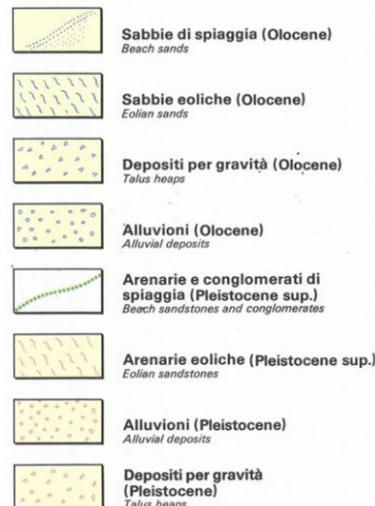
Appare evidente che i principali morfotipi sono da imputare alle variazioni del livello marino, con presenza di piattaforme di abrasione, orli di scarpate (falesie), e morfotipi tipo glacis d'erosione e deposizionali per fenomeni eolici. Sono inoltre presenti un buon numero di rotture di pendenza sia concave sia convesse, legate oltre che ai processi appena citati, anche legati alla presenza dei depositi vulcanoclastici.



Forme e depositi di versante
Slope landforms and deposits



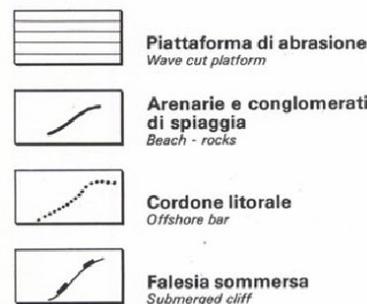
Depositi superficiali
Superficial deposits



Litologie del substrato
Bedrock



Livelli marini quaternari
Quaternary sea levels



Forme costiere
Coastal landforms

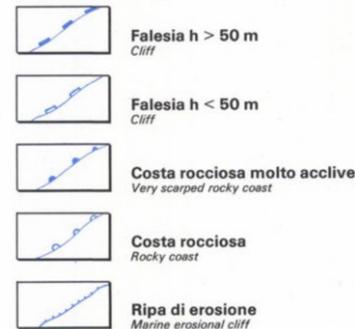


Figura 24: Stralcio Carta Geomorfologica della Sardegna marina e continentale (A. Ulzega, 1984).

A seguire si riportano uno stralcio della Carta di Elevazione e uno stralcio della Carta delle Pendenze, entrambe con sovrapposizione del reticolo idrografico; tutti i tematismi sono elaborati a partire dai dati del GeoPortale Sardegna.

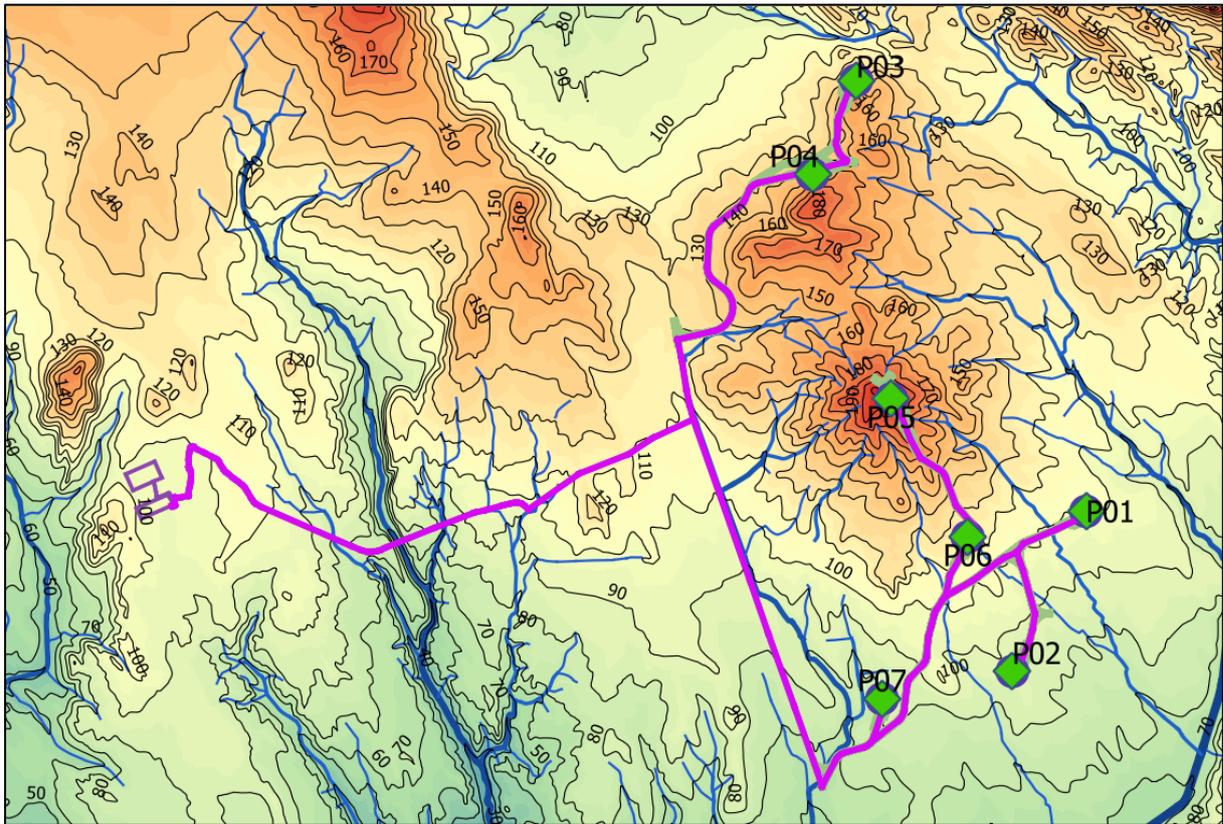


Figura 25: Modello digitale di elevazione del suolo del settore in oggetto; i toni caldi indicano le maggiori elevazioni. Le curve di livello hanno equidistanza 5 m. Tematismi in ambiente GIS a partire dal DTM 10k di INGV (fonte [Tinitaly - Download area \(ingv.it\)](http://Tinitaly - Download area (ingv.it))).

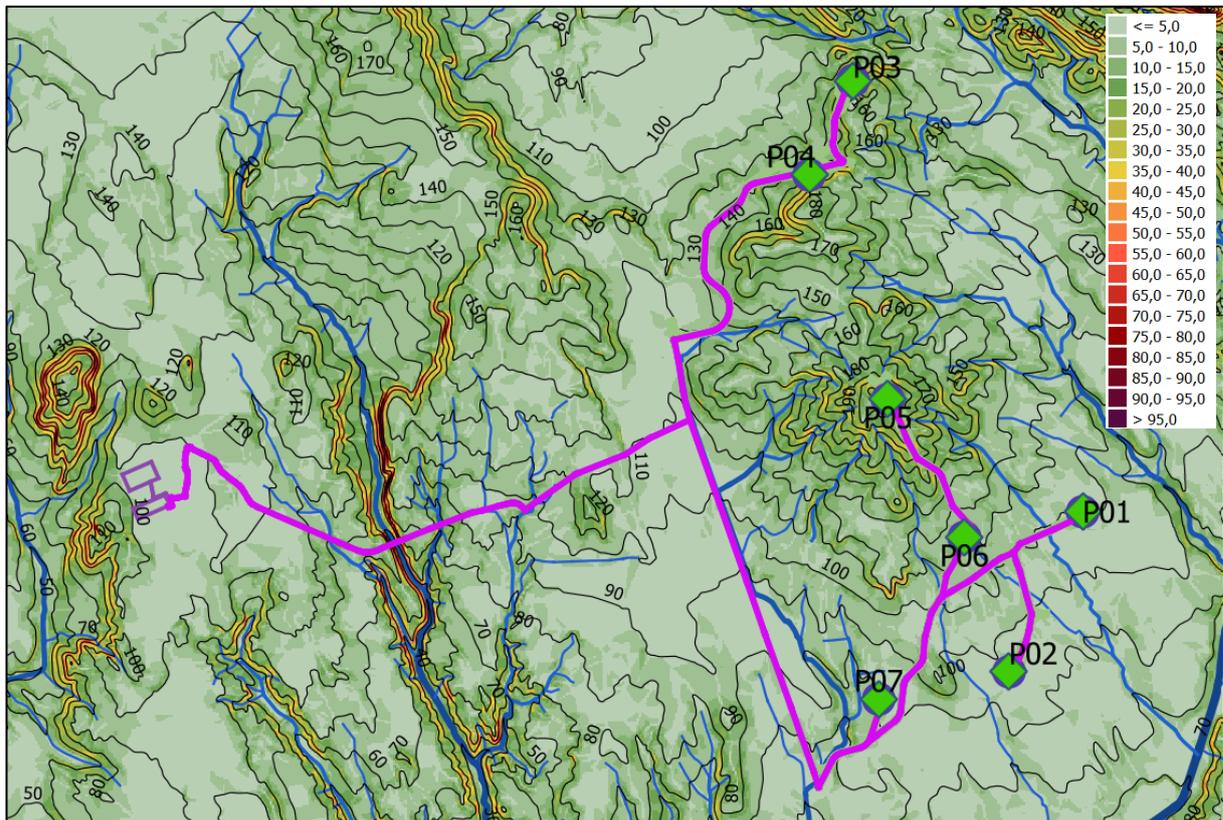


Figura 26: Carta delle pendenze dell'area; i toni caldi indicano le pendenze maggiori (indicate in % nella legenda). Equidistanza delle curve di livello 20 m. Appare chiaro che l'area è caratterizzata da pendenze



generalmente basse e moderate, con aumenti localizzati legati alle caratteristiche litologiche per fenomeni morfoselettivi.

Per quanto riguarda i fenomeni gravitativi occorre dire che l'area si presenta sostanzialmente piuttosto stabile e la presenza di fenomeni franosi è legata all'evoluzione morfologica delle scarpate connesse alla presenza dei plateaux basaltici e delle falesie di erosione; la forma delle aree in frana è spesso nastriforme e segue l'andamento delle scarpate e delle aree più acclivi che bordano i plateaux, in particolare laddove i vengono incisi dal reticolo idrografico.

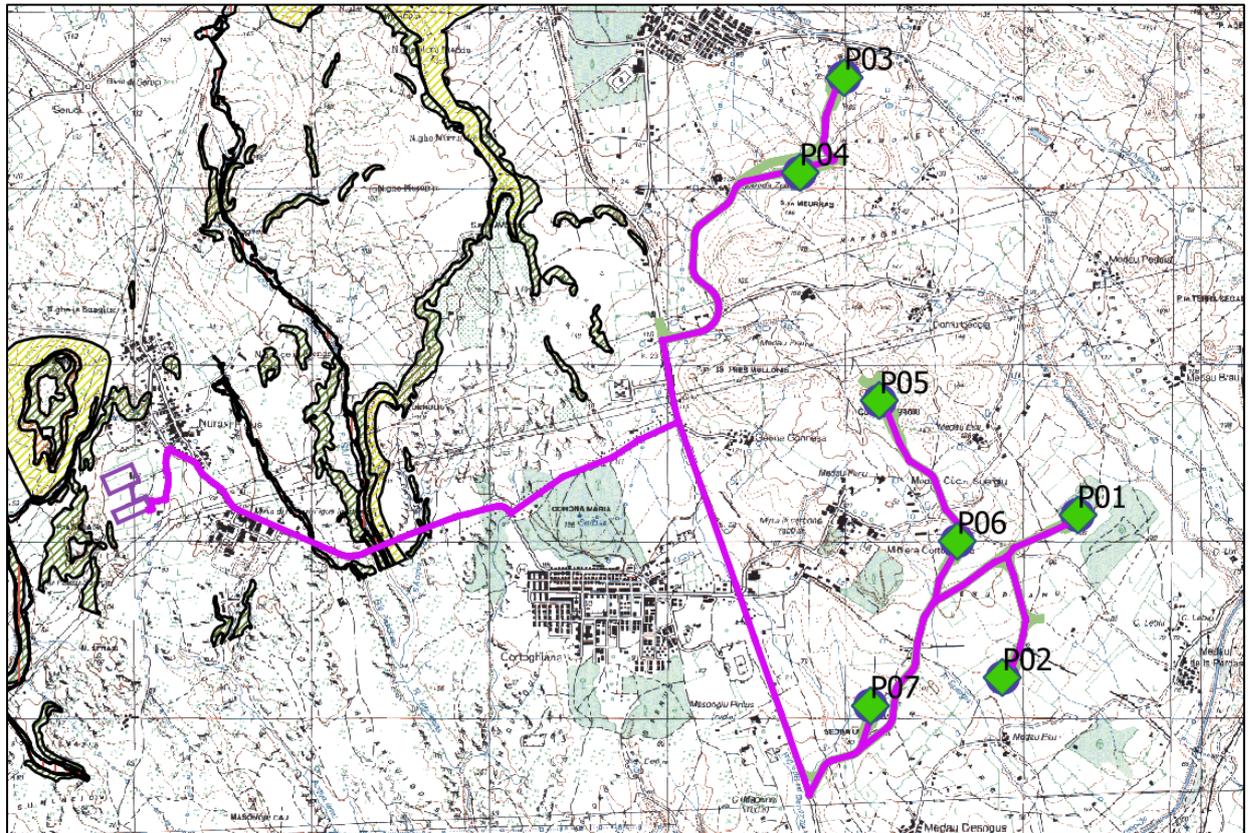
5. VINCOLI TERRITORIALI

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 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 in formato vettoriale (shapefile) 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; lo sfondo è costituito dalla cartografia IGM in scala 1:25.000.

A seguire si riportano stralci della cartografia di base in scala 1:25.000 con le aree considerate a pericolo di frana secondo i tematismi del GeoPortale Sardegna; appare di immediata evidenza che nelle vicinanze delle WTG non sono cartografati fenomeni franosi. Bisogna evidenziare che buona parte dei fenomeni franosi che si riportano in carta sono legati alla realizzazione del PUC di Gonnese e di Portoscuso e il loro limite coincide con i limiti comunali.



	Pericolosità Hg1		Rischio Rg1		Pericolosità idraulica Hi1		Rischio idraulico Ri1
	Pericolosità Hg2		Rischio Rg2		Pericolosità idraulica Hi2		Rischio idraulico Ri2
	Pericolosità Hg3		Rischio Rg3		Pericolosità idraulica Hi3		Rischio idraulico Ri3
	Pericolosità Hg4		Rischio Rg4		Pericolosità idraulica Hi4		Rischio idraulico Ri4

Figura 27: insieme dei vincoli da frana e di tipo idraulico per l'intera area; fonte SITR Sardegna. Si deduce facilmente che l'area di impianto non è interessata da fenomeni gravitativi o idrologici nei database ufficiali, mentre alcuni tratti di cavidotto intersecano aree con diversi livelli di pericolosità (vedi dettagli immagini successive).

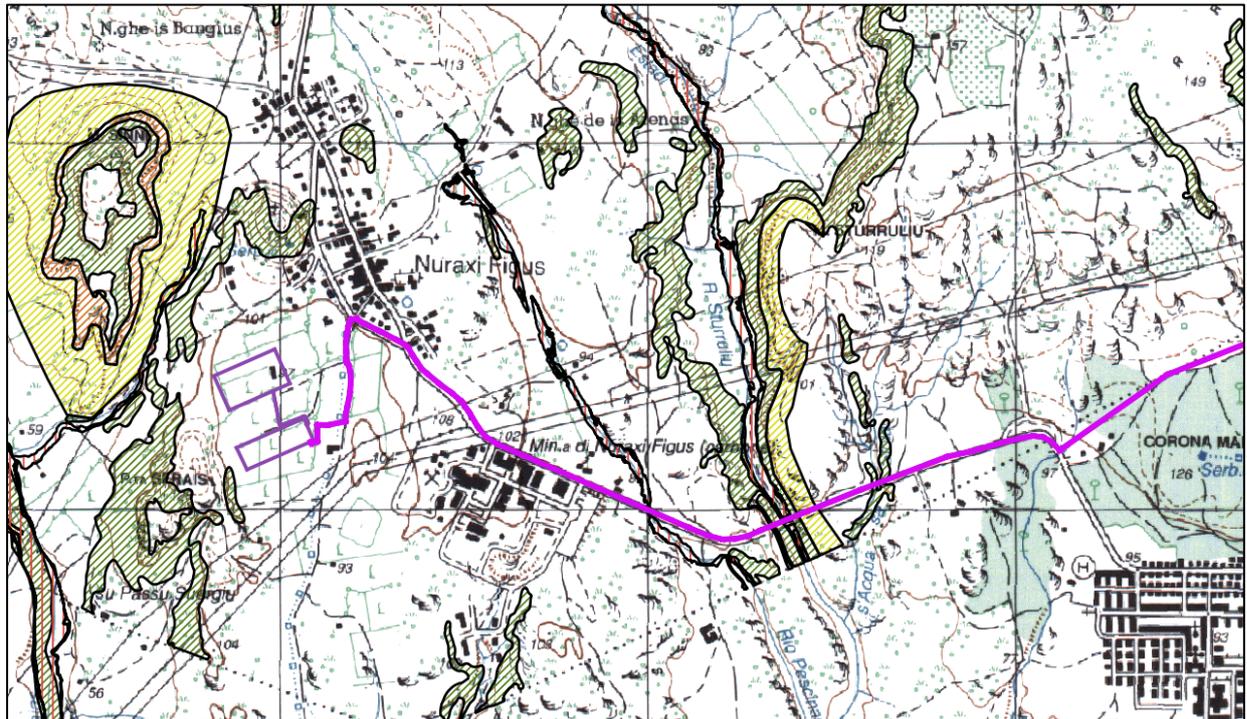


Figura 28: Carta della pericolosità e del rischio da frana per le ipotesi di cavidotto; sono presenti numerose aree considerate a pericolosità geomorfologica, corrispondenti a tratti di versante a pendenza elevata. I tratti con pericolosità Rg3 e Rg4 corrispondono a zone con tratti a pendenza molto elevata o a scarpate. Non sono presenti aree con delimitazioni di rischio.

L'osservazione a una scala di maggior dettaglio permette di individuare le aree considerate a pericolosità idraulica e da frana; è banale sottolineare che le aree a pericolosità idraulica corrispondono ai fondovalle delle principali aste idrauliche (Riu Perdaias e Riu Ghilotta a ovest, Riu Pescinas e Riu Sturruliu a est), con attraversamenti sempre su ponti esistenti per il cavidotto. Le aree a pericolosità da frana corrispondono a versanti più o meno acclivi legati alla morfologia dei plateaux ignimbrici e alla dissecazione operata su di essa dalle aste fluviali; le zone in cui sono presenti scarpate o versanti molto acclivi hanno una pericolosità Hg3 e Hg4. A tutte le aree a pericolosità non viene attribuito un rischio, a causa dell'assenza di elementi vulnerabili, poiché si ricorda che il rischio viene definito da una matrice in cui gli input corrispondono ai livelli di pericolosità e agli elementi vulnerabili che insistono nelle aree considerate a pericolo.

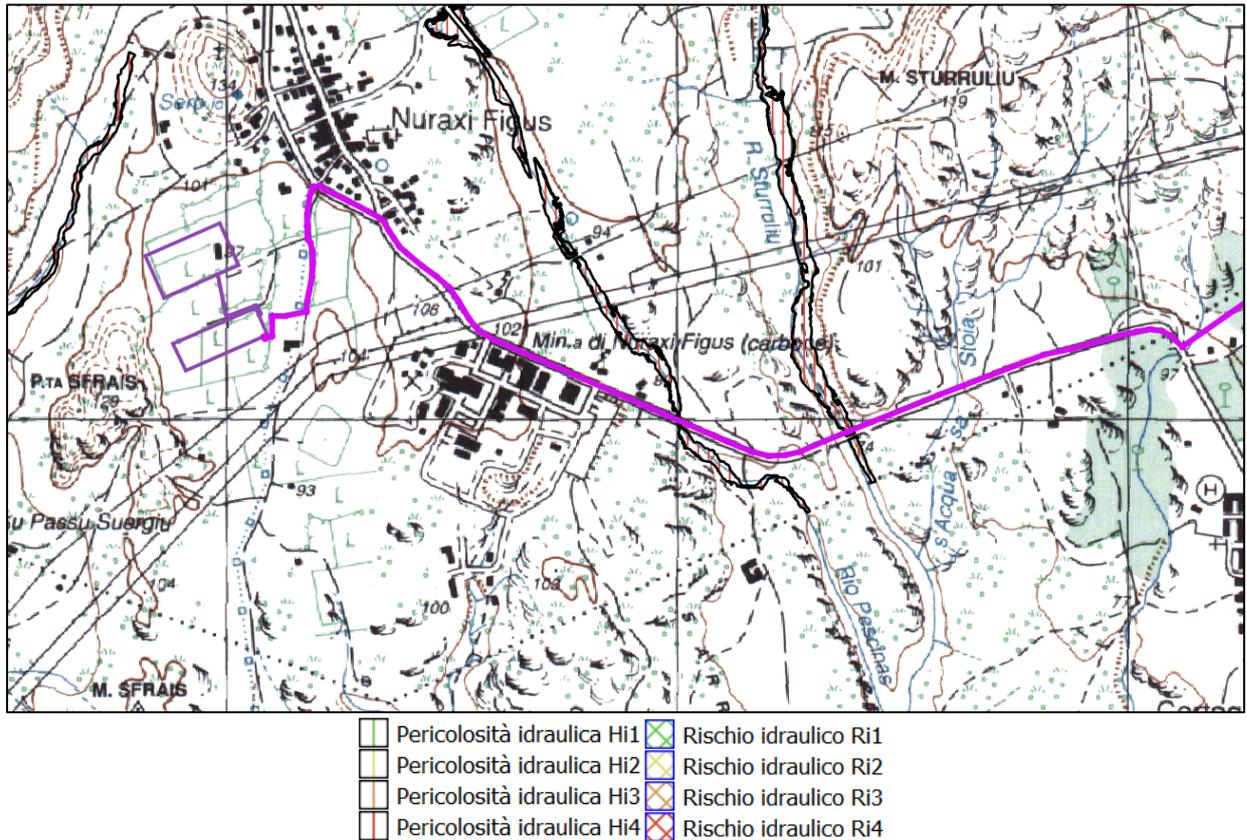


Figura 29: Dettaglio della delimitazione delle aree a pericolosità e a rischio idraulico. Le zone considerate a pericolosità idraulica corrispondono ai fondovalle delle principali aste drenanti. Nei due attraversamenti a est, fra Cortoghiana e Nuraxi Figus l'attraversamento avverrebbe su ponti esistenti, senza interessare l'area a pericolosità idraulica.

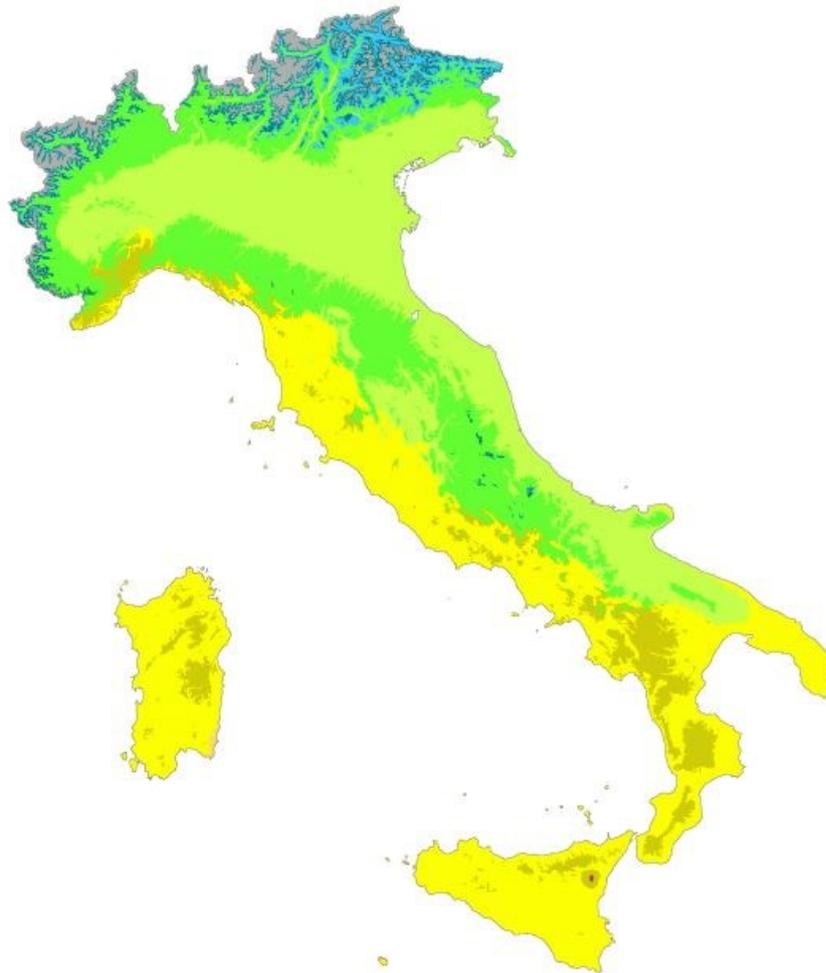
6. IDROGEOLOGIA

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, l'area è caratterizzata da clima Mediterraneo a estate calda (Csa, Hot Summer Mediterranean).

Elementi di climatologia e di distribuzione delle temperature, delle piogge e della evapotraspirazione potenziale sono riportati in varie fonti, fra cui Sardegna-Clima.it.

Köppen climate types of Italy



Köppen climate type

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

*Isotherm used to separate temperate (C) and continental (D) climates is -3°C

Data source: Climate types calculated from data from WorldClim.org

Figura 30 – Classificazione climatica dell'Italia secondo il metodo di Köppen (fonte worldclim.org).

Di seguito si riporta una elaborazione dei dati medi di pioggia del periodo 1922-1991 effettuata dal sito Sardegna-Clima.it su dati dell'Ente Idrografico della Sardegna; dall'osservazione delle elaborazioni dei dati di pioggia si evince che l'aea di progetto è caratterizzata da una piovosità media annuale compresa fra 600 e 700 mm, abbastanza contenuta, e che la piovosità è

concentrata sostanzialmente nelle due aree montane del Sulcis-Iglesiente a nord e del Sulcis a sud-est, che mostrano valori annuali che si attestano intorno a 1100-1200 mm.

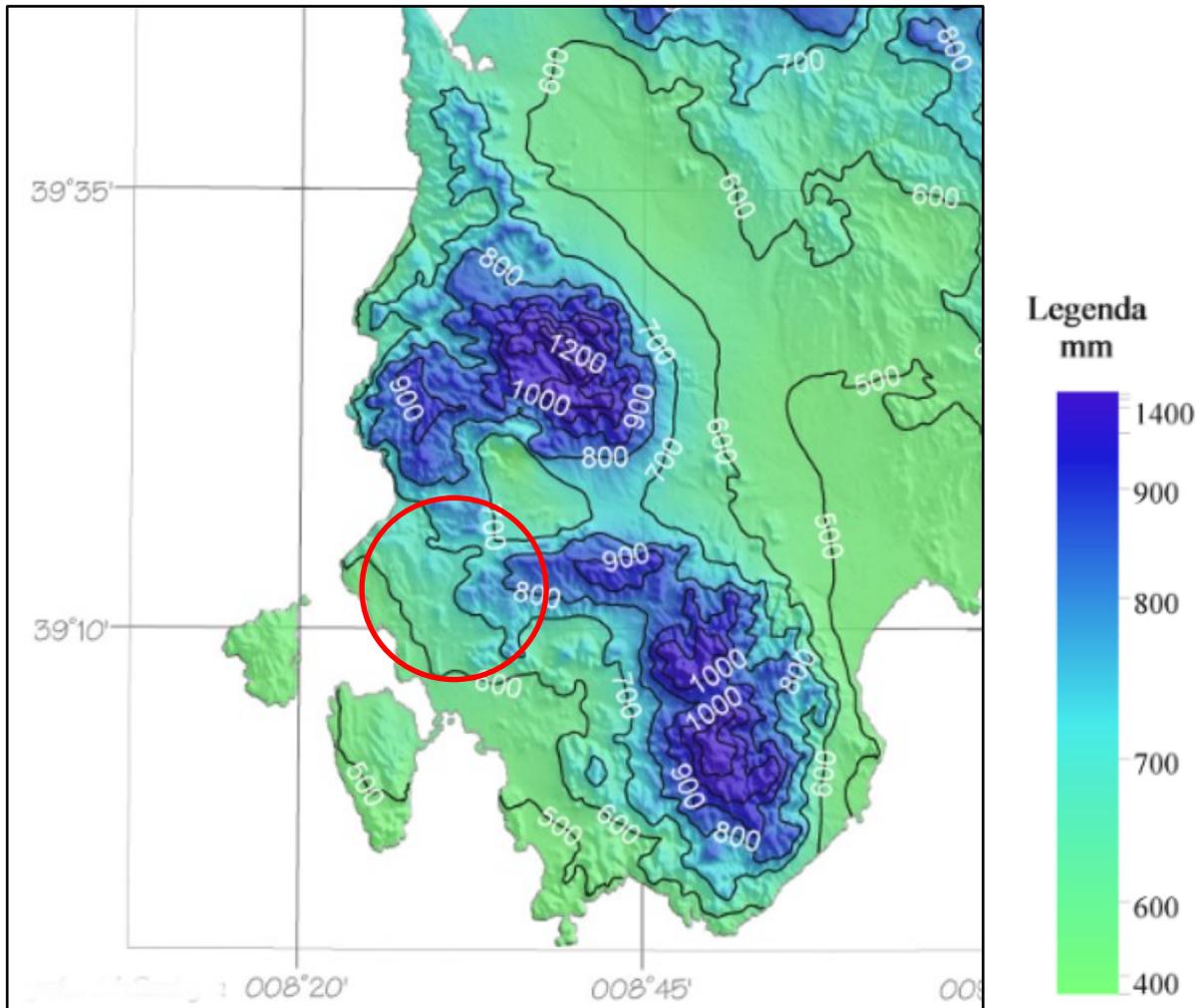


Figura 31 - Dati pluviometrici elaborati da Sardegna-clima.it su dati del Servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](http://dati.climatici.sardegna-clima.it).

Assetto sostanzialmente identico mostrano anche le misure termometriche, con valori decisamente molto più bassi nei settori montani appena citati, mentre il settore costiero appare piuttosto omogeneo e con temperature annuali medie piuttosto elevate.

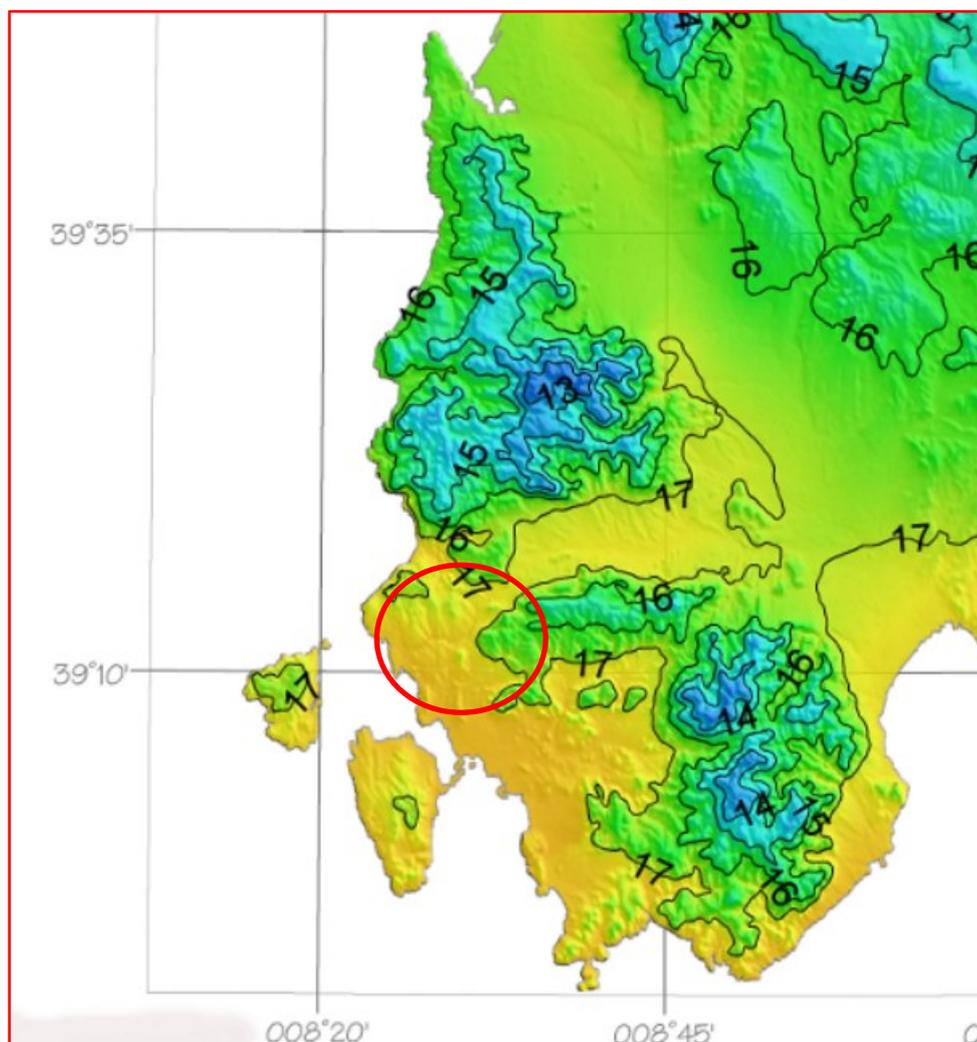


Figura 32 - Dati termometrici elaborati da Sardegna-clima.it su dati del Servizio Idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](http://Dati Climatici (sardegna-clima.it)).

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 effettuata sulla base dei rilievi in scala 1.50.000 della cartografia CarG, 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. È anche disponibile la tematizzazione del reticolo idrografico in base all'ordine Horton-Strahler.

Grazie ai tematismi messi a disposizione dalla Regione Sardegna è stato quindi possibile discriminare il comportamento idrogeologico dei terreni.

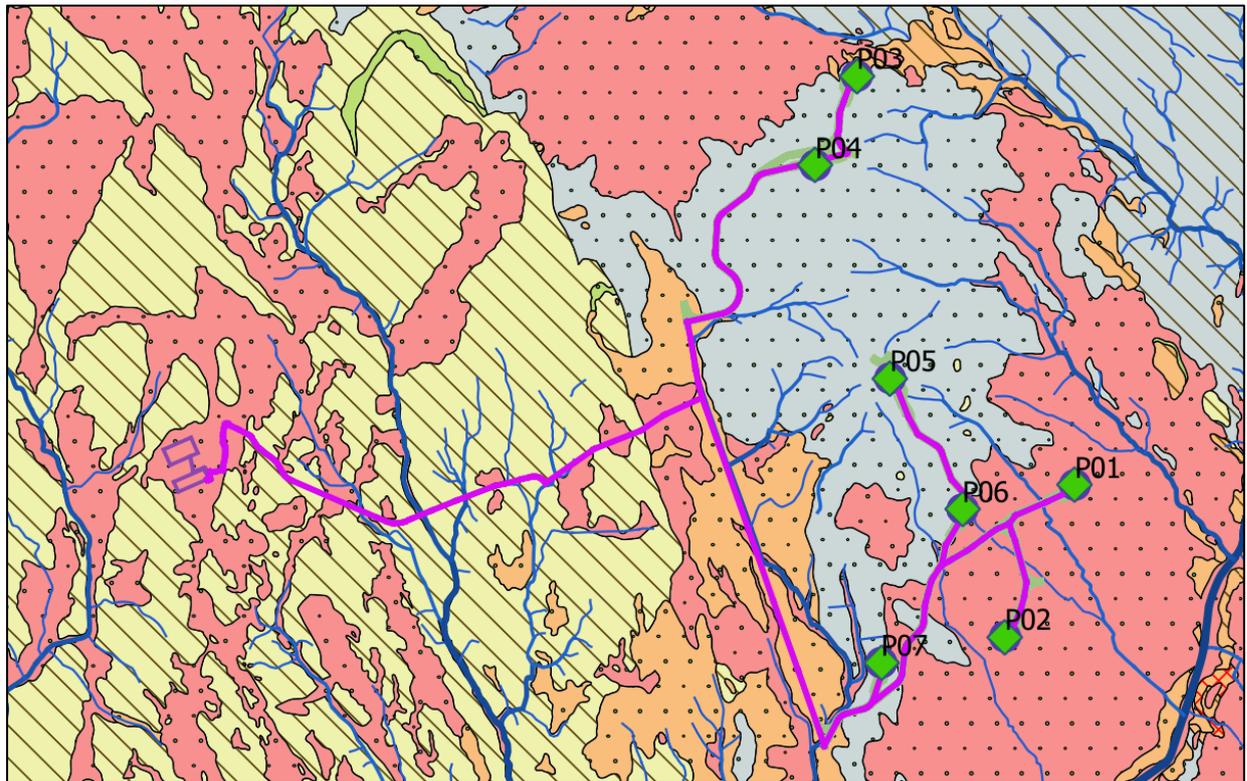


Figura 33: Carta idrogeologica, indicante la permeabilità in termini qualitativi e quantitativi; sulla destra in legenda sono indicati gli ordini Horton-Strahler degli assi fluviali.

Dall'osservazione della cartografia, che di seguito si riporta, è evidente che i terreni dell'area di impianto sono tutti caratterizzati da permeabilità primaria per porosità, mentre i terreni caratterizzati da permeabilità per fratturazione sono presenti esternamente all'area, a nord-est e a sud-ovest, in larghi tratti in cui ricade il cavidotto. Se da un punto di vista meramente qualitativo i terreni dell'area risultano simili, dal punto di vista qualitativo c'è una differenziazione sostanziale, con una parte dell'impianto su terreni a permeabilità alta (quelli coincidenti con il subsistema di Portoscuso (P01 e P02) e una parte in terreni a permeabilità bassa (coincidenti con la Formazione del Cixerri).

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.

Con elevata probabilità l'area è caratterizzata da un acquifero multifalda molto complesso, poiché sia la Formazione del Cixerri, sia il subsistema di Portoscuso sono caratterizzati da una notevole eterogeneità litologica, con orizzonti a granulometria e stato di litificazione differente.

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

Nell'area sono presenti un numero di sorgenti piuttosto modesto, che sono individuabili nel SITR Sardegna poiché ne costituiscono uno strato informativo.

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 e caratterizzata da una sismicità storica pressoché assente, legata esclusivamente al risentimento locale di sismi a grande distanza.

8.1.1. LE SORGENTI SISMOGENETICHE

Il primo passo per la definizione dell'azione sismica è quella di individuare le "sorgenti sismiche capaci" caratterizzanti l'area di studio. Per il presente studio si è fatto riferimento al DISS 3.2.1 (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), **Imperia Promontory** (magnitudo massima 6,6) e la **Southern Tyrrhenian** (magnitudo massima 6,5), seguono quindi tutte le sorgenti sismogenetiche appenniniche. a

causa della grande distanza nessuna di queste sorgenti è in grado di indurre deformazioni nel territorio o danni nel patrimonio antropico di rilievo.

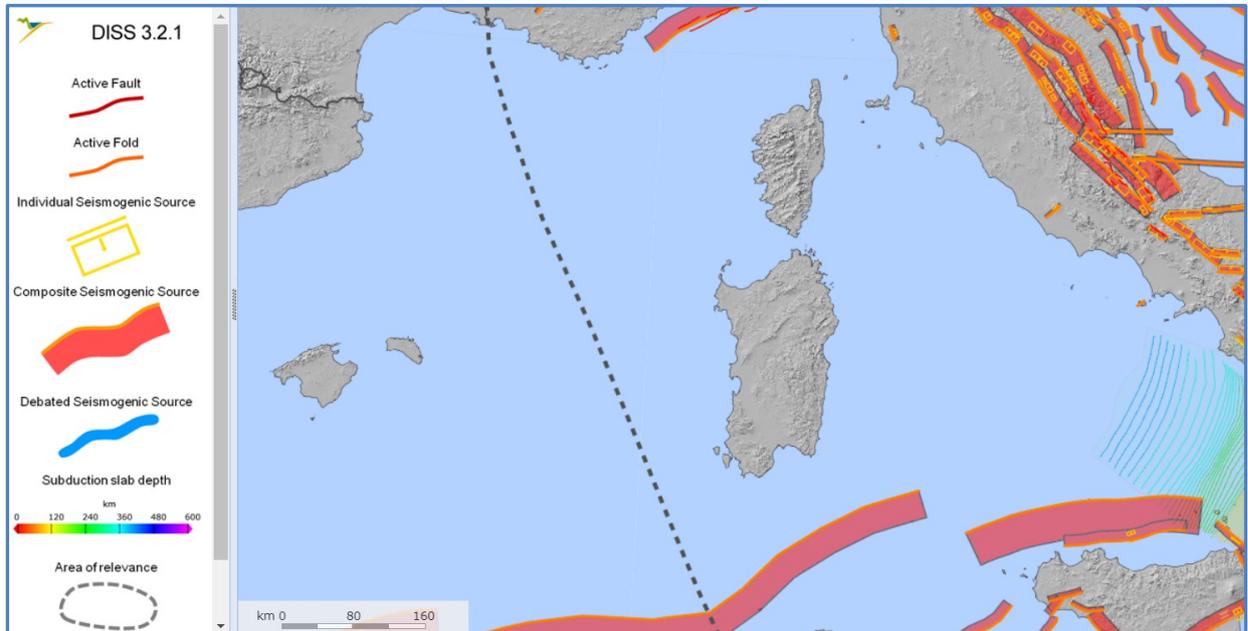


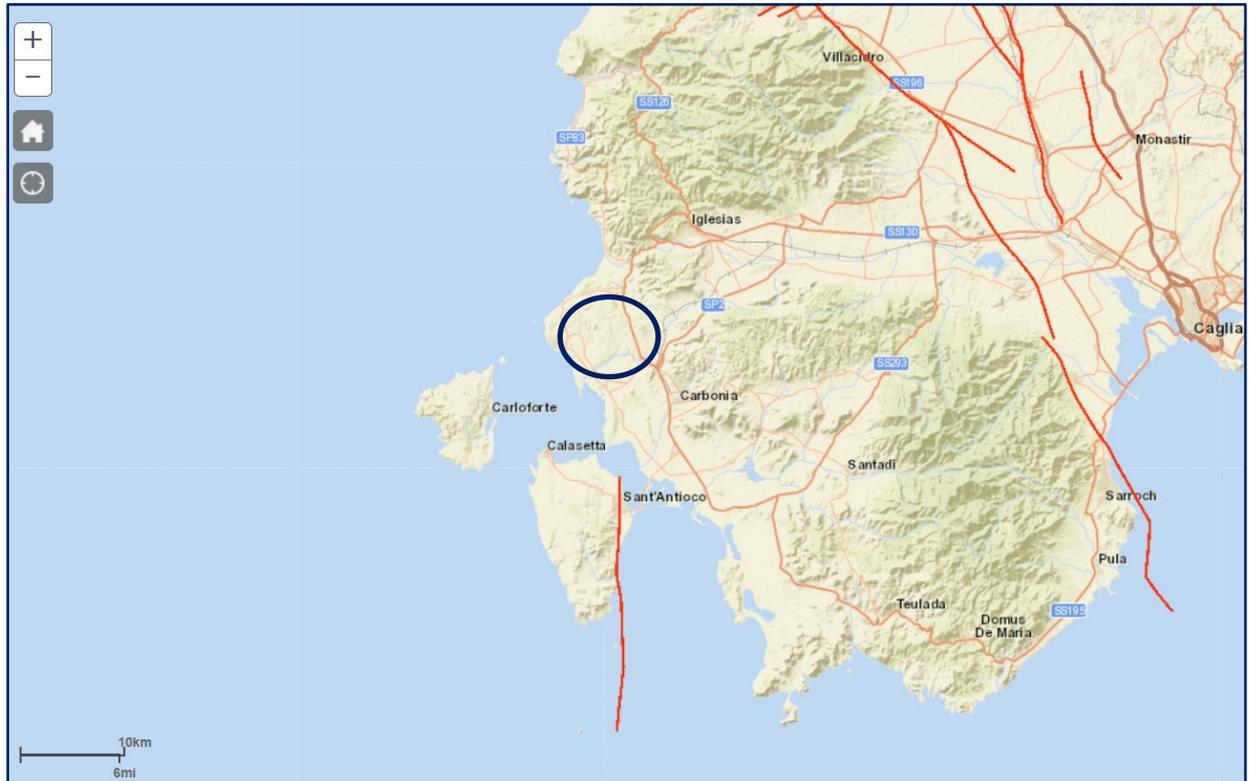
Figura 34 - Le Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno della Sardegna contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy"; per l'ubicazione dell'area in esame (progetto DISS - <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

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 diretto interesse non è interessata da faglie capaci, che vengono riportate nell'area più a sud-ovest, presso Oristano, in cui viene riportata la faglia Maladroxia, una faglia sepolta di attività medio-pleistocenica a cinematismo normale ad alto angolo, con 25,5 km di sviluppo, che interessa l'isola di Sant'Antioco e di cui non si hanno informazioni sui tassi di deformazione, sulla superficie di rottura e sulla massima magnitudo attesa. Molto più lontani sono i segmenti di faglia che definiscono il sistema del Graben del Campidano.

Nessuno dei segmenti di faglia appena citati è collegato ad attività sismica in epoca storica.



Kinematics

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

Figura 35 - Le faglie capaci presenti in prossimità dell'area di studio, contenute nel database ITHACA (GeoMapView, ISPRA - <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>)

8.3 SISMICITÀ STORICA

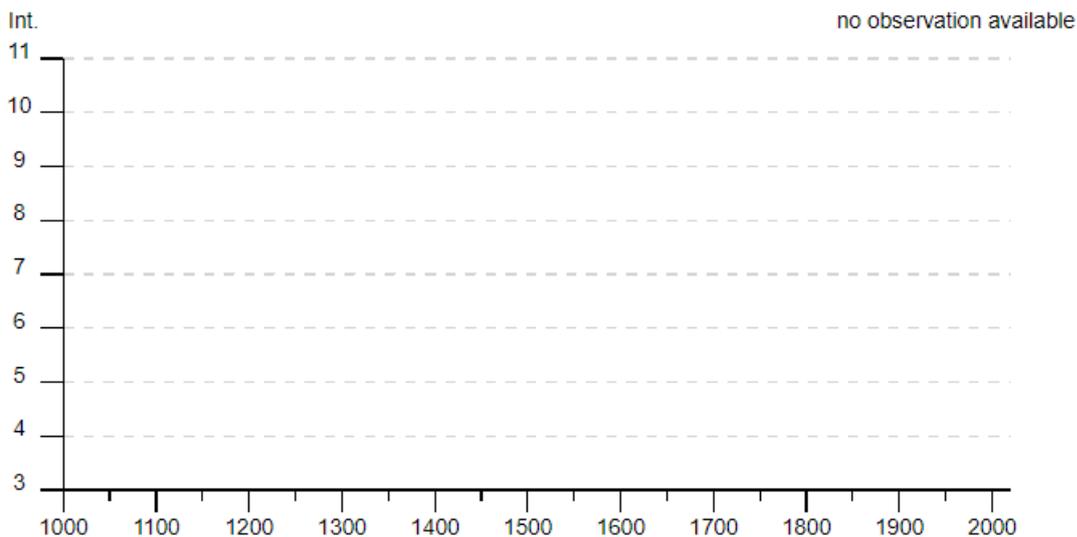
Per l'esame della sismicità storica sono disponibili le informazioni reperibili nel database INGV del progetto Emidius (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/), nel quale vengono riportati i terremoti per ciascuna località italiana.

Sono state verificate le località dell'area di impianto e per tutta l'area l'unico evento segnalato nel database è un sisma nell'area tirrenica; si riporta il tabulato per il comune di Carbonia; il risentimento macrosismico locale non è definito a causa dell'intensità troppo bassa risentita in situ.

Carbonia



PlaceID IT_68667
 Coordinate (lat, lon) 39.166, 8.526
 Comune (ISTAT 2015) Carbonia
 Provincia Carbonia-Iglesias
 Regione Sardegna
 Numero di eventi riportati 1



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77

Figura 36 – Storia sismica di Carbonia (SU); in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni; in basso in formato tabellare; non sono presenti sismi e l'unico riportato ha intensità locale non definita. Fonte [CPTI15-DBMI15 v3.0 \(ingv.it\)](#).

8.4 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. Successivamente la suddivisione è stata emendata e aggiornata, ma la classificazione della Regione Sardegna non ha subito modifiche e pertanto l'area di impianto, che ricade nel comune di Carbonia, rientra tuttora in zona sismica 4, a rischio sismico molto basso; in maniera analoga rientra in zona 4 anche il territorio di Gonnese, all'interno del quale rientrano parte delle opere di connessione.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . 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 (OPCM 3519/06 e ss.mm.ii.; 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.

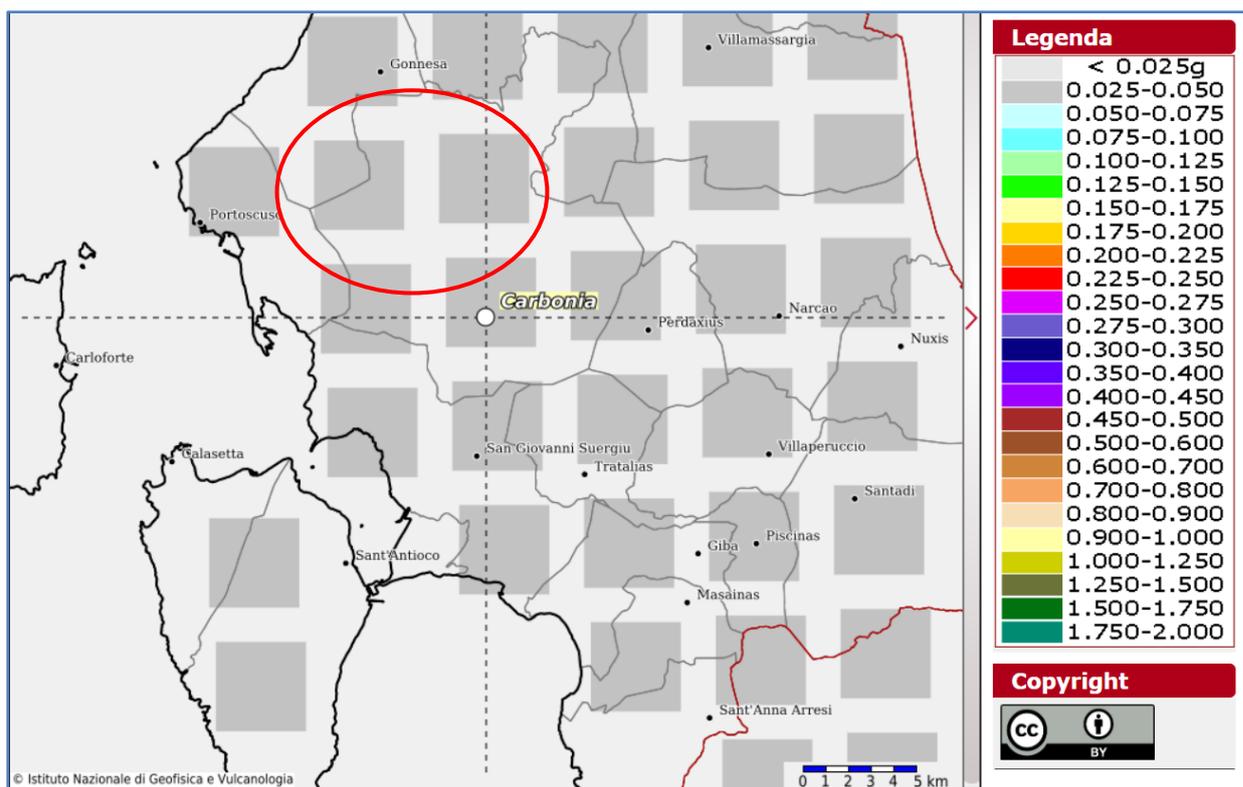


Figura 38 – accelerazioni al suolo attese per suolo di categoria A nel Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 dell'Istituto Nazionale Italiano di Geofisica e Vulcanologia (fonte [Modello di pericolosità sismica MPS04 \(ingv.it\)](http://Modello di pericolosità sismica MPS04 (ingv.it))).

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 denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

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:

- eventi sismici di magnitudo M inferiore a 5;
- 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 nella Figura 23(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 23(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

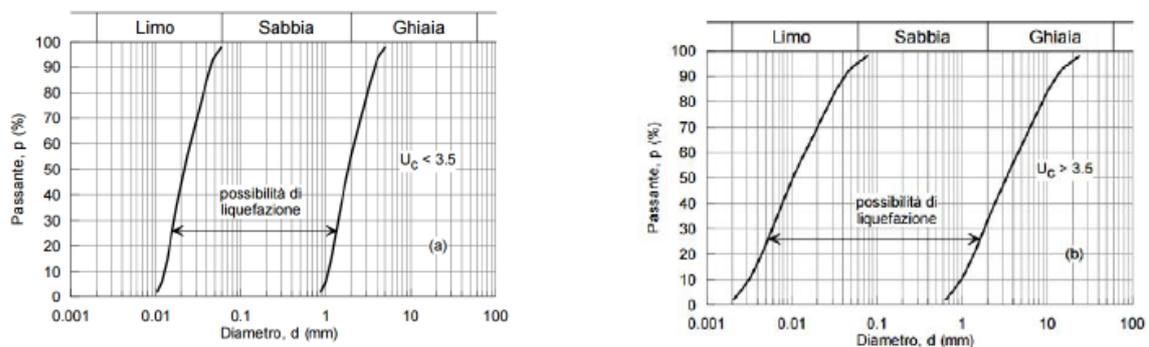


Figura 39 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ai sensi delle NTC

Alla luce delle caratteristiche sismiche dell'area, caratterizzata da sismicità molto bassa (e anche delle caratteristiche litologiche dei terreni) si esclude che vi possano essere fenomeni di liquefazione dei sottofondi e si omettono quindi verifiche di tipo analitico.

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". I valori di Vs sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

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

con:

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

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più

Categoria	Descrizione
	scadenti con spessore massimo pari a 3 m
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.
C	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.
D	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
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 2 - 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 per l'area di impianto, ma non è da escludere che possano verificarsi condizioni con categoria C (in particolare per le WTG P01 e P02), per cui in prima approssimazione si consiglia di adottare tale categoria per le valutazioni preliminari. Larghi tratti dei percorsi dei cavidotti sono invece caratterizzati probabilmente da categoria A, poiché in tali zone sono presenti spesso orizzonti litoidi del complesso ignimbrico.

Tali asserzioni saranno verificate mediante opportune tecniche geofisiche nelle successive fasi progettuali.

10.1 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto attiene la categoria topografica, l'area ricade in un contesto collinare a bassa-moderata pendenza; tutte le WTG sono ubicate in contesto di versante a pendenza bassa o moderata, inferiore a 15° e quindi a categoria T1, eccettuata la P05, collocata sulla sommità di un rilievo e quindi a categoria T3.

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

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, per quanto riguarda l'area di impianto, sono presenti due grandi categorie di

terreno differenti, corrispondenti alla Formazione del Cixerri e al subsistema di Portoscuso.

Talora si possono avere accumuli localizzati anche significativi di coltrei eluvio-colluviali, in particolare nelle aree depresse o a bassa pendenza.

FORMAZIONE DEL CIXERRI (WTG P03-P04-P05-P06-P07). Argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzoso-feldspatiche in bancate con frequenti tracce di bioturbazione, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati.

Fondazioni superficiali altamente probabili; in netto subordine fondazioni profonde.

Da valutare le condizioni di pendenza per l'effettiva fattibilità di fondazioni superficiali in particolare per la P03, P04 e P05.

Descrizione	ϕ ($^{\circ}$)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Argille limose	24-26	35	100	1860	1900	1190	3000	0,26	60

Descrizione	ϕ ($^{\circ}$)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Conglomerati-ghiaie	32-38	0	0	1960	2060	32000	20000	0,35	70

Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (WTG P01-P02). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali.

Fondazioni superficiali probabili; nettamente in subordine fondazioni profonde.

Descrizione	ϕ ($^{\circ}$)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Arenarie-sabbie	30-36	0	0	1960	2060	6667	18000	0,35	70

Diversi tratti di cavidotto attraversano i complessi vulcanici di natura ignimbratica, che molto spesso si presentano ben cementati e molto duri; non è da escludere che in alcune aree siano da utilizzare attrezzature specifiche per la rottura di rocce dure. Tali litotipi hanno un comportamento geotecnico estremamente variabile, che è una funzione diretta del grado di saldatura delle vulcaniti; qualora dovessero essere realizzate opere di fondazioni su tali terreni sono molto probabili le fondazioni superficiali.

In linea generale, come mera indicazione di massima, si riportano le caratteristiche medie per litotipi vulcanoclastici ignimbratici saldati e non-saldati. Le morfologie riscontrate in fase di



sopralluogo lasciano intendere che l'alternanza fra litotipi saldati e litotipi non-saldati potrebbe essere irregolare e a breve raggio.

Descrizione	ϕ (°)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Ignimbriti non saldate	32-34	0	0	1960	2500	7500	20000	0,35	80

Descrizione	ϕ (°)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Ignimbriti saldate	40-48	200	400	2700	2800	35000	100000	0,30	-



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.057.00

PAGE

56 di/of 57

12. CONCLUSIONI

La presente relazione ha come finalità la caratterizzazione geologica, geomorfologica e geologico-tecnica del sito interessato dal progetto dell'impianto eolico denominato CARBONIA, situato nel comune di Carbonia (SU); parte delle opere di connessione (tratti cavidotto e Sottostazione Utente) ricadono nel comune di Gonnese, anch'esso nella provincia Sud-Sardegna (SU).

Morfologicamente la stabilità d'insieme dell'area appare buona e allo stato attuale non sono stati rilevati dissesti in atto o potenziali di tipo gravitativo, così come riportato dai tematismi del P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) relativo all'area in esame, disponibili sul sito del Portale Cartografico della Regione Sardegna, da cui si evince che i siti di posa delle WTG non sono interessati da vincoli per fenomeni franosi e tantomeno per rischio di esondazione. Sono cartografati fenomeni gravitativi in corrispondenza dei fianchi acclivi delle incisioni vallive nel tratto più a ovest, nelle ipotesi di tracciato dei cavidotti; tali fenomeni sono legati sostanzialmente alla degradazione laterale dei plateaux ignimbrici, sostanzialmente per crollo di blocchi, in particolare quando si ha un contrasto di competenza fra litotipi non-saldati sottostanti a litotipi saldati.

Litologicamente le aree di impianto rientrano in due formazioni: la Formazione del Cixerri (Argille siltose, arenarie quarzoso-feldspatiche, conglomerati debolmente cementati) e il subsistema di Portoscuso della Formazione di Portovesme (Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali). Le opere di connessione ricadono, per larghissimi tratti, nelle litologie afferenti alle formazioni vulcanoclastiche ignimbriche a chimismo riolitico, da saldate a non-saldate, a tratti dure e di non immediata escavazione (dato di cui tenere conto per la realizzazione degli scavi dei cavidotti).

Le caratteristiche litologiche e sismotettoniche sono tali da escludere in maniera categorica la possibilità di liquefazione dei sottofondi e le sollecitazioni cicliche di origine sismica sono da ritenersi molto basse.

Presuntivamente la categoria di suolo di fondazione varia fra la categoria B e la categoria C (meno probabilmente), mentre la categoria topografica è ovunque T1 (pendii poco acclivi), eccettuata la P05, che ricade nella categoria T3 poiché posta sulla sommità di un alto morfologico.

Da una valutazione di massima delle caratteristiche litologiche e plano-altimetriche si può affermare che la tipologia di fondazione nettamente prevalente da adottare è quella con fondazioni superficiali.

Nelle successive fasi progettuali dovranno essere dettagliate le caratteristiche geolitologiche,



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.057.00

PAGE

57 di/of 57

geotecniche e sismostratigrafiche mediante una campagna di indagini appositamente realizzata, il cui scopo precipuo sarà dettagliare i litotipi presenti (le formazioni geologiche presenti sono alquanto variabili) e fornirà i parametri geotecnici di progetto. Non si hanno notizie sulla soggiacenza della falda, che dovrà essere indagata in sede di esecuzione delle indagini geognostiche.