



PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN
IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 10,548
MWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI PISCINAS (SU),
CON LE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ELETTRICHE
DENOMINATO “IS MATTAS”

RELAZIONE GEOLOGICA

Rev. 0.0

Data: 15 MAGGIO 2022

PV020-REL016

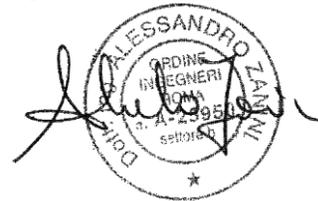
Committente:

Ecosardinia 4 S.r.l.
Via Manzoni, 30
20121 MILANO (MI)
C. F. e P. IVA: 11117490968
PEC: ecosardinia4srl@legalmail.it

Incaricato:

Queequeg Renewables, ltd
Unit 3.03, 1110 Great West Road
TW80GP London (UK)
Company number: 111780524
email: mail@quenter.co.uk

Progettista:
ing. Alessandro Zanini



SOMMARIO

<i>Introduzione</i>	3
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
2. ELEMENTI CLIMATICI	7
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	11
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	13
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	19
6. CONSIDERAZIONI SUL MODELLO GEOLOGICO	21
7. INDAGINI GEOLOGICHE IN SITO.....	24
8. ANALISI DELLE AZIONI SISMICHE	28
CONCLUSIONI.....	32

Introduzione

La presente relazione è stata commissionata da “Queequeg Renewables Ltd” allo scopo di verificare le condizioni geologiche dell’area interessata dal progetto di realizzazione di una centrale fotovoltaica su inseguitori monoassiali per la produzione di energia elettrica avente una potenza di picco di circa 10,548 MWp nel comune di Piscinas in località “Is Mattas”.

La relazione geologica comprende la ricostruzione del modello geologico del sito, orientato alla definizione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, alla fattibilità geologica.

Nel corso dello studio geologico si è compiuto un rilevamento di campagna dell’area direttamente interessata dall’intervento e delle zone adiacenti, per un’estensione sufficientemente ampia, al fine di caratterizzare le formazioni geologiche presenti, i limiti stratigrafici e tettonici nonché i processi geomorfologici antichi e recenti.

E’ stata eseguita inoltre una prova HVSR (Nakamura) finalizzata alla valutazione del rapporto H/V.

Lo studio è stato condotto avvalendosi di informazioni provenienti dalla bibliografia e dalla cartografia geologica esistente, di dati d’archivio relativi a numerosi studi già precedentemente svolti dallo scrivente nel medesimo contesto geologico nonché di quanto emerso ad un attento rilievo dei luoghi. Ciò ha consentito di effettuare una caratterizzazione geologica dell’area, definendone l’assetto morfologico, i dissesti potenziali, la circolazione idrica superficiale e sotterranea.

RIFERIMENTI NORMATIVI

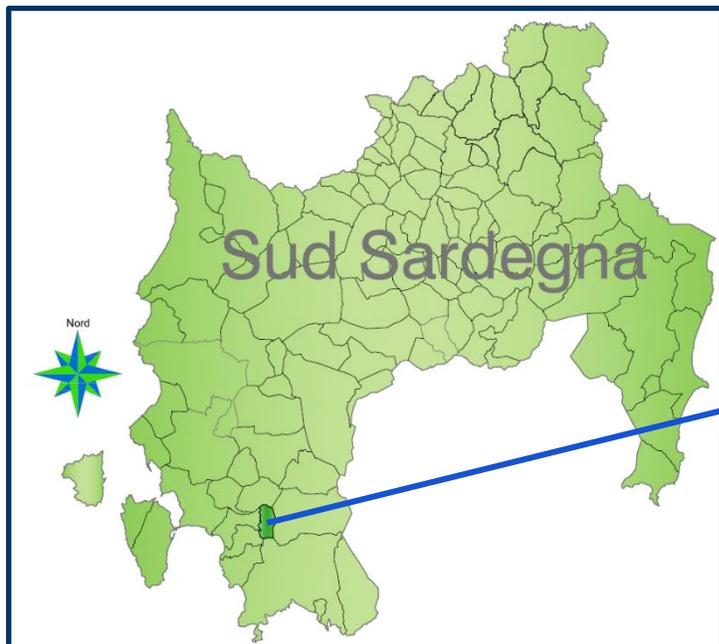
La redazione della suddetta relazione è stata realizzata secondo i principali riferimenti normativi:

Normative e raccomandazioni:

- **D.M. 11 marzo 1988**
- **Norme Tecniche per le Costruzioni** - 14 Gennaio 2008.
- **Aggiornamento alle “Norme Tecniche per le Costruzioni”** D.M. 17.01.2018
- **Circolare LL.PP. 617 – 2009** ;
- **Eurocodice 7** Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- **Eurocodice 8** Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007 e succ.mod.
- **Decreto Legislativo 03/04/2006**, n. 152 "Norme in materia ambientale" e succ.mod., D.M. Ambiente 10/08/2012, n. 161 (Terre e Rocce da Scavo).
- **O.P.C.M. n. 3274/2003** e succ.mod. (classificazione sismica territorio).

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L' area oggetto di studio relativa al progetto per la realizzazione di una centrale fotovoltaica da realizzarsi nel comune di Piscinas ricade:



Regione:	Sardegna
Provincia:	Sud Sardegna
Comune:	Piscinas



Fig. 1 Limiti amministrativi Provincia del Sud Sardegna
In evidenza Comune di Piscinas

Fig. 2 Stralcio I.G.M. Foglio 565 CAPOTERRA (1:50.000)

QUADRI D'UNIONE

Sezioni 1:25.000

IV	I
III	II

565

SEZIONI 1:10.000

010	020	030	040
050	060	070	080
090	100	110	120
130	140	150	160

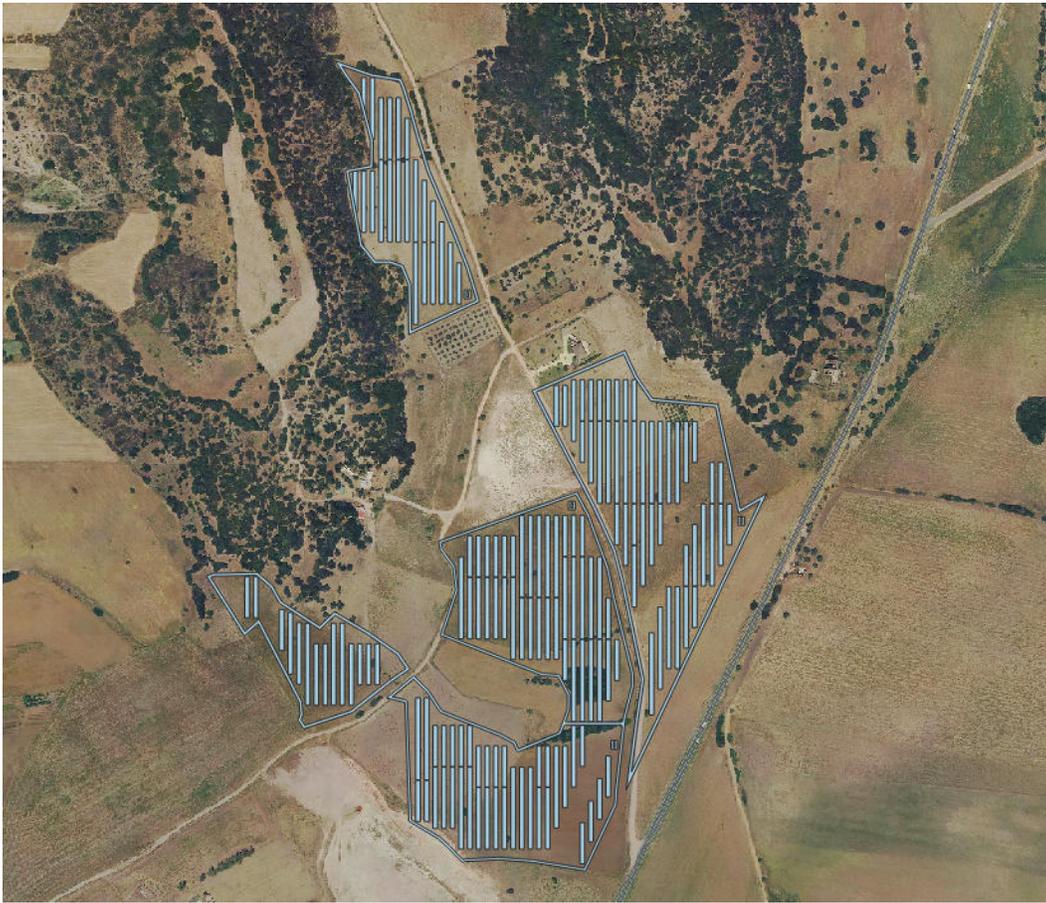


Fig. 3 - Immagine satellitare. Area interessata dall'impianto fotovoltaico

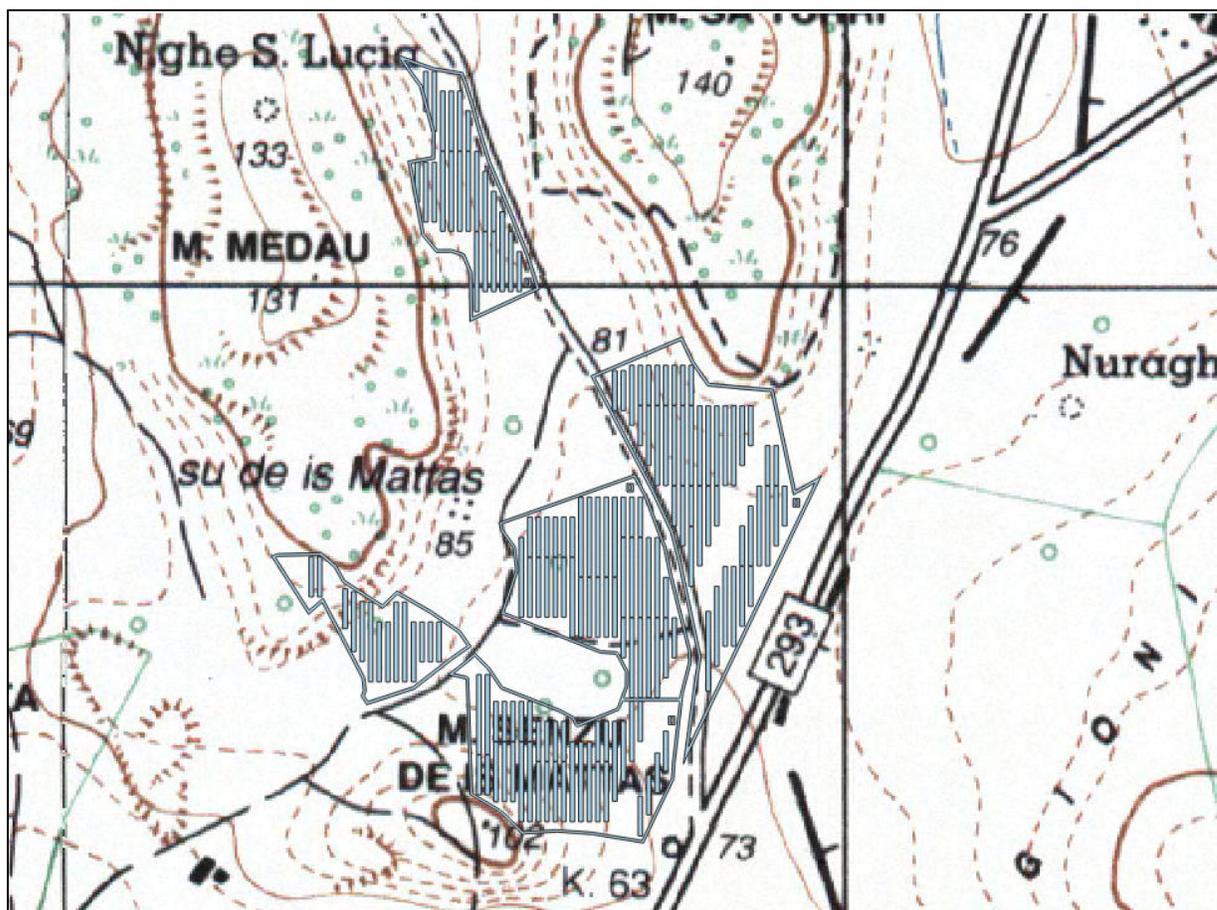


Fig. 4- Stralcio igm. Foglio 565 090 Santadi (non in scala)

2. ELEMENTI CLIMATICI

La Sardegna ha un clima essenzialmente mediterraneo; gli influssi del mare si avvertono pressochè ovunque nell'Isola anche se, com'è naturale, si indeboliscono col procedere verso l'interno. La temperatura media annua è fortemente influenzata, oltre che dalla latitudine e dalle condizioni di insularità, dall'orografia.

Le precipitazioni variano con un regime caratterizzato da un massimo invernale al quale si giunge dopo abbondanti precipitazioni autunnali. Durante i mesi estivi le piogge sono quasi assenti.

L'area in esame subisce da un lato l'influenza di masse d'aria portate dai venti occidentali di origine atlantica e dall'altro quella delle masse d'aria tropicali provenienti dall'Africa settentrionale, cui si aggiungono limitate incursioni di aria fredda. Sono proprio gli spostamenti stagionali di queste masse d'aria a determinare le tipologie di condizioni meteorologiche.

I valori dei fattori climatici che si sono presi in considerazione sono quelli delle stazioni termometriche più vicine e cioè quella di Santadi e Masainas.

Nei seguenti grafici vengono riportati i valori medi mensili delle precipitazioni espressi in millimetri di pioggia nell'intervallo considerato ed i valori medi mensili delle temperature relativi all'area in esame.

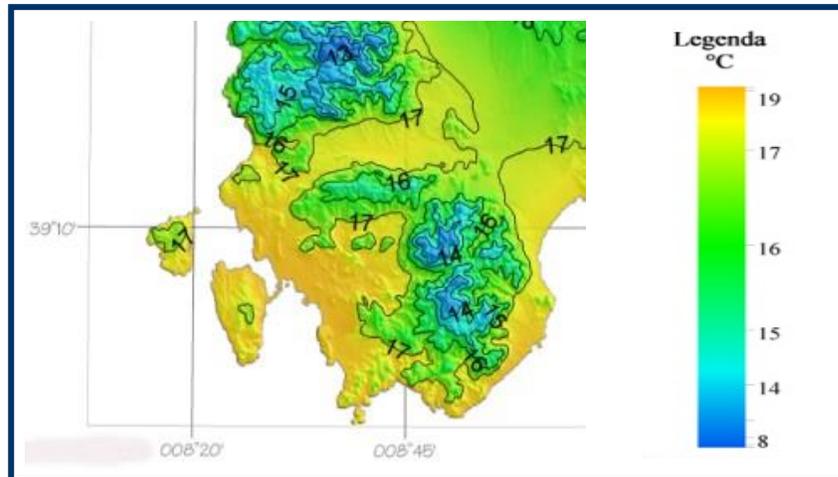
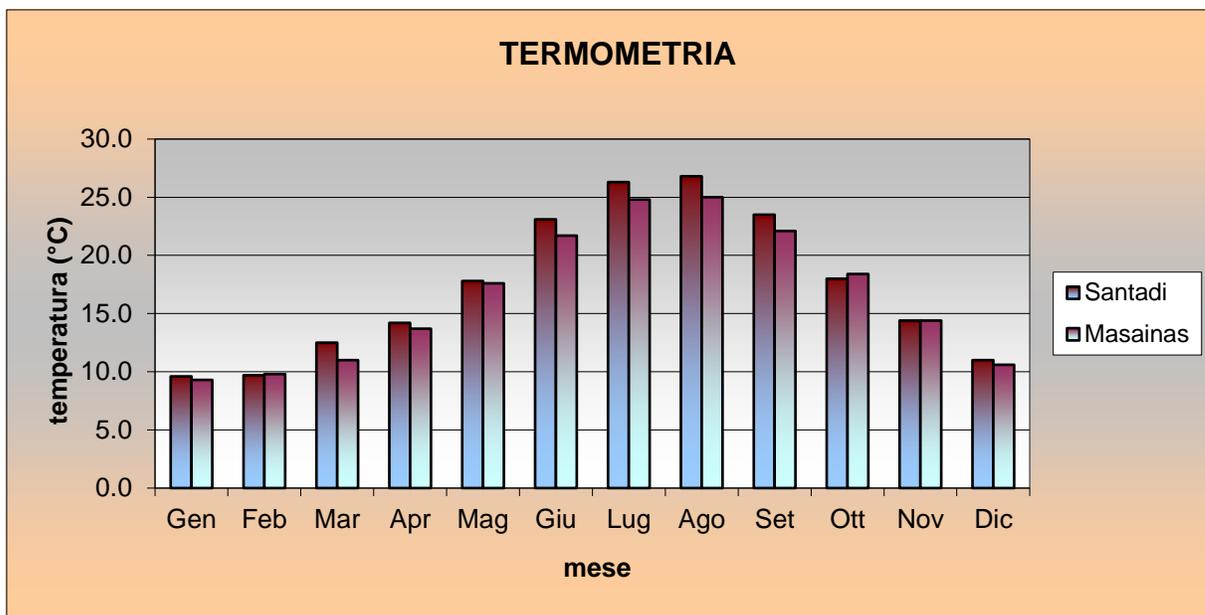
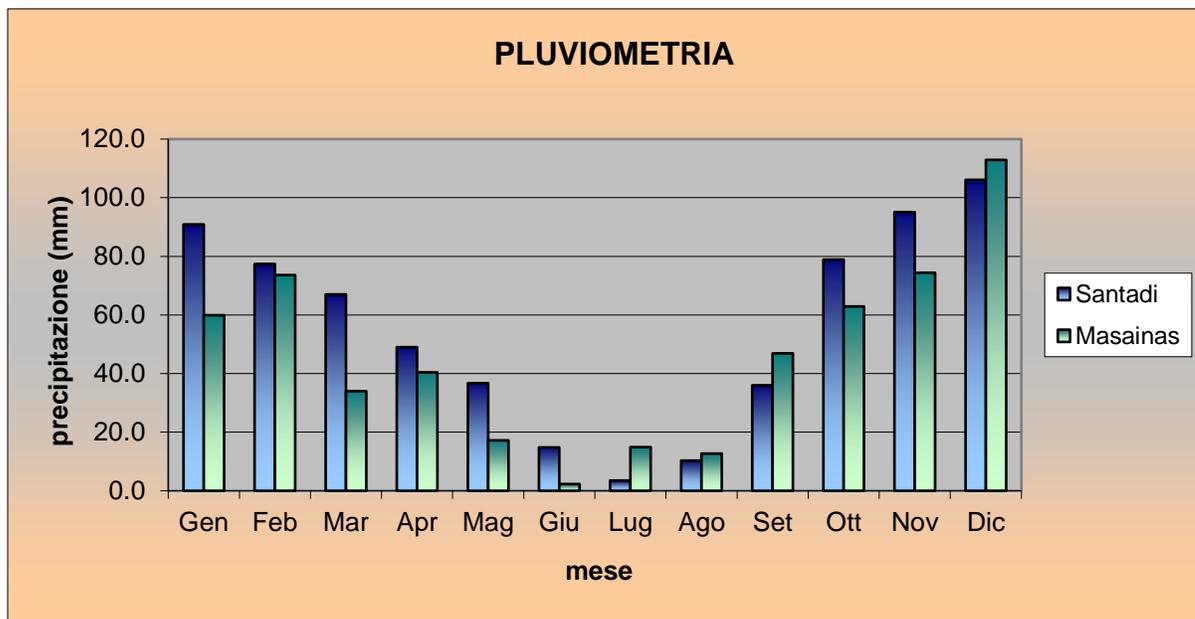


Fig.6 Temperature medie (1934 – 2004)



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
Santadi	9.6	9.7	12.5	14.2	17.8	23.1	26.3	26.8	23.5	18.0	14.4	11.0	17.2
Masainas	9.3	9.8	11.0	13.7	17.6	21.7	24.8	25.0	22.1	18.4	14.4	10.6	16.5

Tab. 1 - Dati relativi alle temperature medie (1934-2004)



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Santadi	90.9	77.4	67.0	49.0	36.7	14.8	3.5	10.3	36.0	78.9	95.1	106.1	665.7
Masainas	59.9	73.6	34.0	40.4	17.2	2.3	14.9	12.7	46.9	62.9	74.4	112.9	552.1

Tab. 2 - Dati relativi alle precipitazioni medie (1934-2004)

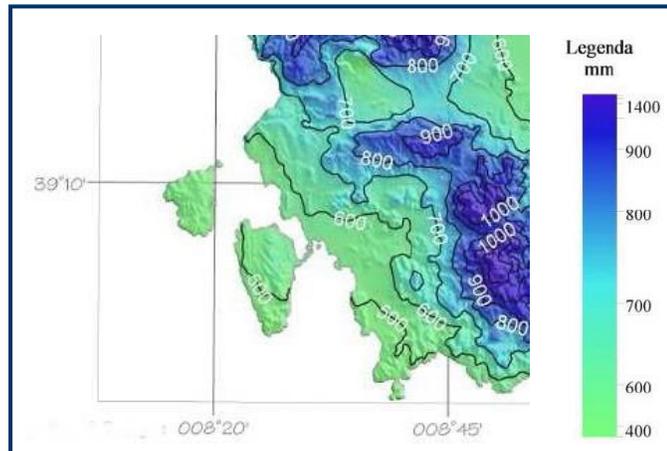
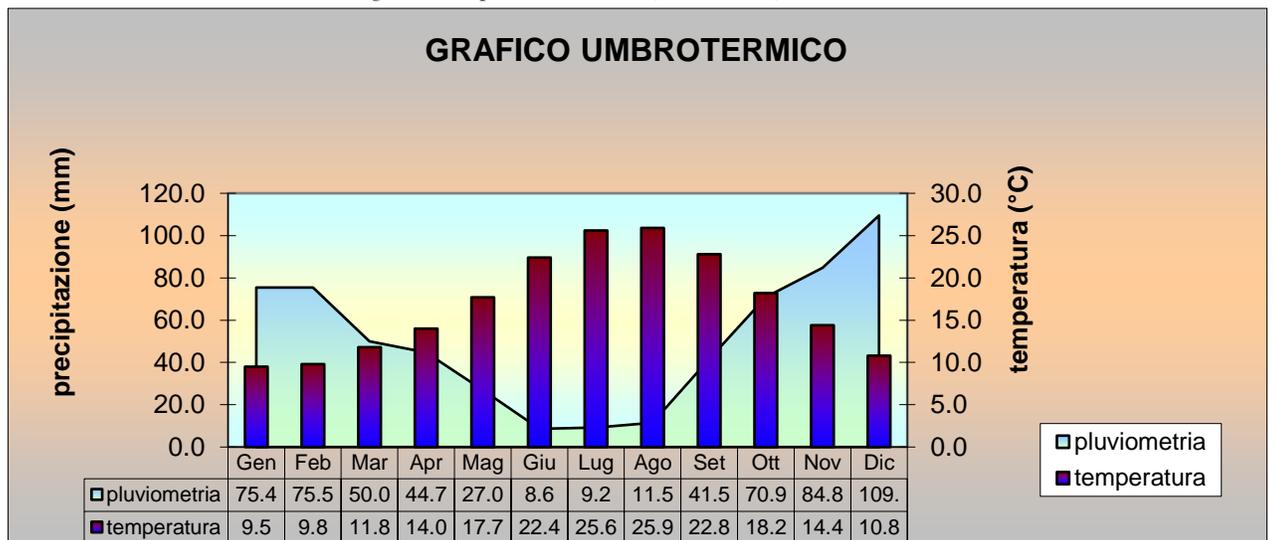


Fig. 7 Precipitazioni medie (1934-2004)



Il grafico rappresenta la media mensile delle temperature (°C) e delle precipitazioni (mm), dall'intersezione della linea sulle colonne è possibile individuare la stagione arida. In questo grafico la stagione arida va da giugno ad agosto, quando ad elevata temperatura media (24,6°C) si associa una scarsa piovosità (9,7 mm).

Il valore medio annuo delle precipitazioni rilevate nelle stazioni di "Santadi e Masainas" è di 608,9 mm; le precipitazioni medie stagionali espresse in mm nel periodo di osservazione sono le seguenti:

INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
161,4 (mm)	121,7 (mm)	29,3 (mm)	197,2 (mm)

Il valore medio annuo delle temperature rilevate nelle stazioni di riferimento è di circa 17°; le temperature medie stagionali espresse nel periodo di osservazione sono le seguenti:

INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
10,3°	14,5°	24,6°	18,5°

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il riconoscimento delle forme e dei processi geomorfologici, si basa essenzialmente sulla fotointerpretazione delle ortofoto digitali e delle immagini da satellite appoggiate sul modello altimetrico del terreno.

Le litologie presenti nell'area sono state suddivise secondo le tipologie indicate nel Piano Paesaggistico Regionale. Nell'area d'indagine sono presenti le seguenti litologie:

- Rocce prevalentemente calcaree, anidritiche e gessose
- Rocce prevalentemente dolomitiche
- Rocce prevalentemente arenitiche (arenarie e sabbie)
- Rocce ruditiche
- Rocce effusive e vulcano clastiche
- Rocce intrusive e metamorfiche massive

Inoltre sono state individuate le forme tipiche della morfologia dell'area. Di seguito in sintesi sono riportate le forma generali presenti:

- Forme strutturali e vulcaniche
- Forme di versante dovute alla gravità
- Forme e prodotti di alterazione meteorica
- Forme fluviali e di versante dovute al dilavamento
- Forme carsiche
- Forme eoliche
- Materiali della copertura detritica colluviale ed eluviale
- Forme artificiali

I caratteri geomorfologici dell'area sono in stretta dipendenza delle litologie del substrato in essa affioranti e delle strutture tettoniche che la caratterizzano. A grandi linee la struttura dell'area vasta si presenta costituita da modesti rilievi formati dai sedimenti cenozoici o dalle vulcaniti paleozoiche.

L'azione erosiva delle acque, legata soprattutto alla sua capacità di soluzione sui depositi carbonatici, ha determinato oltre alle cavità ipogee, superfici irregolari con strutture di erosione minori quali solchi calanchiformi, e scannellature. Ove domina la roccia affiorante, frequenti sono i processi di incisione ed erosione da ruscellamento superficiale concentrato e diffuso. I

fondovalle sono colmati da depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi, talora terrazzati, e si raccordano ai rilievi con coni e falde detritiche di versante.

L'area oggetto di studio presenta una morfologia da sub pianeggiante a moderatamente ondulata, considerando i modesti rilievi anche tabulari che non superano i 200 m di quota. L'area vasta è inoltre caratterizzata dalla presenza di rilievi cenozoici intervallati da aree pianeggianti originatesi per colmate alluvionali di età quaternaria.

I rilievi cenozoici che si presentano soprattutto con forme arrotondate e tabulari.

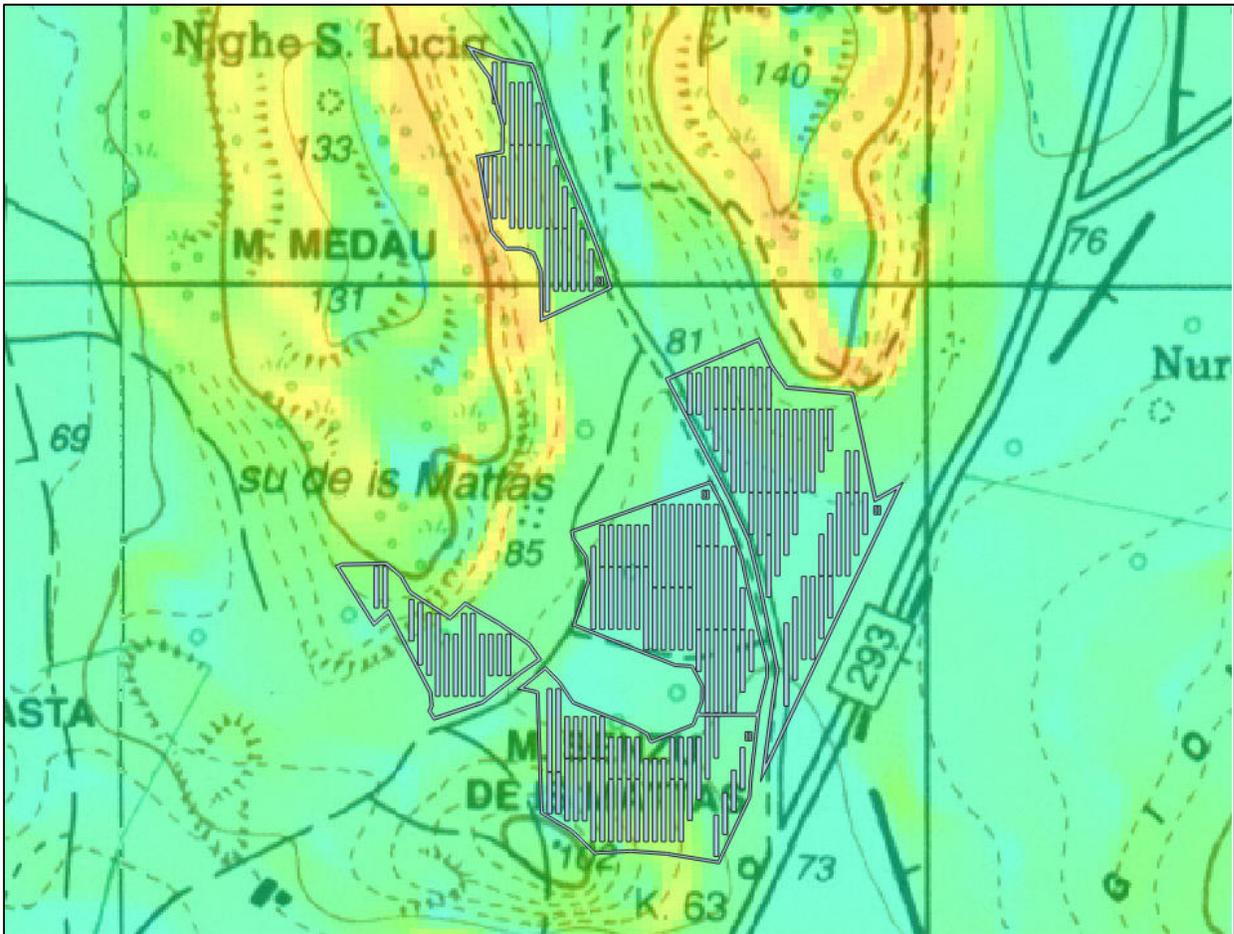


Fig. 8 - Carta Altimetrica



L'area interessata dall'impianto è prevalentemente pianeggiante fatta eccezione per il settore sud-occidentale caratterizzato da un versante collinare con pendenze del 20-30%.

Le morfologie fluviali impostatesi sul paesaggio ignimbrico evidenziano una origine marcatamente tettonica; i corsi d'acqua si sono impostati in corrispondenza di faglie e fratture, seguendo percorsi pressoché lineari.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame localizzata nella parte sud ovest della Sardegna, fa parte del distretto di Sulcis ed è costituita prevalentemente da successioni vulcaniche e depositi quaternari. L'attività vulcanica avvenne durante l'Oligocene e il Miocene. Durante la fase finale dell'attività magmatica si ebbe un importante evento vulcanico con la formazione di rioliti e ignimbriti.

Inoltre il settore risulta localizzato all'interno di una paleostruttura del margine continentale occidentale sardo caratterizzata, strutturalmente, da faglie ad andamento NW-SE e E-W. Dai dati risultati degli studi della CARBOSULCIS S.P.A., è possibile ricostruire, a partire dal Paleozoico, la sequenza stratigrafica del Sulcis secondo il seguente schema stratigrafico

- Formazioni Paleozoiche;
- Formazioni Mesozoiche;
- Formazioni Cenozoiche sedimentarie;
- Vulcanismo calcalkalino tardo Eocenico-medio Miocenico.

L'area è stata interessata dalla tettonica trascorrente dell'Oligocene Superiore riattivata durante le fasi distensive del Miocene medio e del Plio-Quaternario.

La conformazione principale è quella di un basso strutturale allungato in direzione E-W. Secondo studi recenti, porterebbero ad escludere l'interpretazione classica di un graben bordato da faglie, la Fossa del Cixerri si configura come una sinclinale, con direzione assiale circa E-W, che ha piegato la successione dell'Eocene inferiore-medio, e originato, durante l'Eocene superiore-Oligocene, la sedimentazione della Formazione del Cixerri.

I rilievi montuosi che bordano il basso strutturale sono costituiti da litologie appartenenti al Complesso Metamorfico Ercinico e dalle Successioni che vanno dal pre-Ordoviciano medio al Siluriano.

Le Formazioni Paleozoiche sono costituite da metamorfiti di bassissimo grado, spesso fossilifere, di età compresa fra il pre-Cambriano ed il Siluriano; tale complesso è costituito da tre formazioni principali:

“Formazione Bithia costituita da micascisti del Monte Settiballas e gli gneiss del Monte Filau. Tipici di ambiente più profondo tra quelle affioranti nelle regioni del Sulcis e dell'Iglesiente.

La "Formazione di Bithia" è costituita da metasedimenti, stratigraficamente precedenti alle sequenze metasedimentarie dell'Iglesiente.

Gli gneiss del Monte Filau derivano dal disfacimento dei granitoidi dell' Ordoviciano vengono suddivisi in due facies: una leucocratica ed una a biotite.

Seguono stratigraficamente le sequenze Mesozoiche del Sulcis che affiorano esclusivamente nelle aree di Porto Pino e sull'Isola di S. Antioco rappresentate da due unità tettoniche principali, chiamate rispettivamente "Unità Cala Su Trigu" e "Unità Guardia Sa Perda".

I sedimenti Cenozoici, di età compresa tra il Paleocene e l'Oligocene, affiorano lungo il graben di Giba e nella Fossa del Cixerri e caratterizzati dai depositi dell'Unità di Monte Margiani costituiti da arenarie e conglomerati poligenici di età compresa tra il Paleocene sup. e l'Eocene inferiore.

Al di sopra dell'Unità di Monte Margiani poggiano, in maniera trasgressiva e discordante, le litologie appartenenti alla "Serie Lignitifera" (Barca e Costamagna, 2000) tradizionalmente suddivisa in due unità litostratigrafiche:

- a) Il "Miliolitico", costituito da calcari localmente ricchi di micro e macrofossili;
- b) Il "Lignifero", costituito da alternanze ben stratificate di calcari marnosi, marne, marne arenacee, arenarie, conglomerati poligenici e strati di lignite.

Al di sopra della "Serie Lignitifera" poggiano in discordanza le litologie appartenenti alla "Formazione del Cixerri".

Il vulcanismo tardo eocenico-medio miocenico è rappresentato da rocce basiche ed intermedie da daciti e rioliti passanti a comenditi, prevalentemente in facies ignimbratica e subordinatamente in facies lavica.

Geologia di dettaglio

Da un punto di vista geologico i terreni affioranti nell'area in studio sono costituiti prevalentemente da depositi vulcanici e da depositi quaternari.

EOCENE

Daciti di Acqua sa canna (ACQ)

Le daciti sono rocce vulcaniche a tessitura porfirica costituite da plagioclasio, biotite, orneblenda, augite e/o enstatite. Il quarzo è spesso presente sotto forma di cristalli tondeggianti

nella pasta di fondo. Le daciti possono essere considerate come l'equivalente ricco in quarzo delle andesiti; le daciti sono comunemente associate alle andesiti e alle trachiti, formano di solito colate laviche, dicchi o intrusioni massive al centro di vecchi vulcani.

Le daciti appartenenti a questa formazione affiorano in maniera discontinua nel settore; comprendono sia depositi piroclastici saldati (predominanti) che epiclastici.

Le piroclastiti si formano a seguito dei depositi di caduta (tufi e lapilli) che raggiungono la potenza di circa 3 metri, sui quali si depositano i depositi piroclastici di flusso non saldato potenti circa 7-8 metri. Il deposito è costituito da una matrice cineritica biancastra o rosata nella quale sono disperse pomice giallastre con dimensioni massime di qualche centimetro, cristalli millimetrici di plagioclasti e clasti litici lavici centimetrici.

Nel dettaglio trattasi di depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo dacitico, da non saldati a mediamente saldati, di colore da grigio chiaro a rosato, in matrice vitroclastica. Alla base ed in alternanza si rinvengono depositi epiclastici costituiti da arenarie vulcaniche, breccie e conglomerati a clasti di andesiti prevalenti e di rocce paleozoiche. Lo spessore medio è di 30 m.

Rioliti di Monte Crobu e Rioliti di Nuraxi

Le Rioliti sono un gruppo di rocce silicatiche a grana fine. Il nome venne coniato nel 1860 da Ferdinand von Richthofen e deriva dal termine greco "Rheo", che significa flusso, data la natura fluidale di molte Rioliti. Spesso le Rioliti presentano una tessitura porfirica, mentre quelle cenozoiche hanno una tessitura piroclastica.

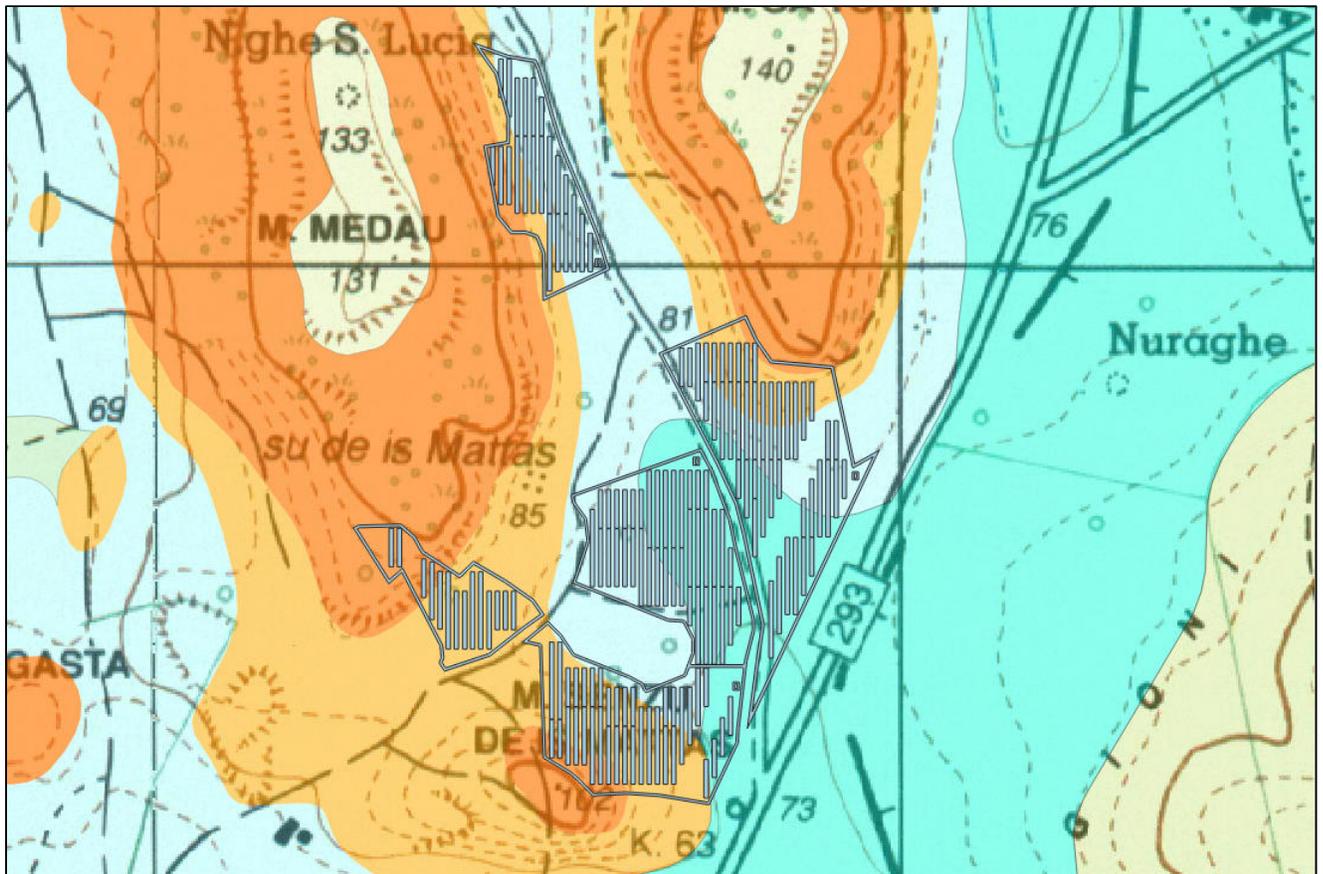
La composizione chimica delle Rioliti è essenzialmente simile a quella delle rocce granitiche anche se spesso, la loro classificazione risulta assai ardua, essendo comunemente a grana fine o totalmente vetrose.

Trattasi di depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico, da densamente saldati a non saldati (tufi, tufi a lapilli); spesso affiorano subordinati a depositi piroclastici e paleosuoli. Lo spessore varia da alcuni metri fino a qualche decina di metri; raramente raggiungono i 100 m. Affiorano in un'area limitata e poggiano sui depositi alluvionali quaternari. Danno luogo a tipiche morfologie tabulari, generalmente poco inclinate.

La formazione è composta da un deposito di flusso piroclastico densamente saldato e da limitati depositi epiclastici la cui formazione è legata alla degradazione meteorica di rocce preesistenti.

La successione è caratterizzata da un livello decimetrico di base costituito da tufi a lapilli non saldati a cui segue un livello vitrofirico con spessore da centimetrico a decimetrico.

Le Rioliti di Nuraxi si differenziano dalle Rioliti di Monte Crobu per la presenza di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico, di colore variabile da grigio a bruno violaceo, densamente saldati, con marcata foliazione; presentano spesso un livello vitrofirico alla base.



Legenda

-  Coltri eluvio-colluviali - OLOCENE
-  DACITI DI ACQUA SA CANNA. Depositi di flusso piroclastico
-  Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE
-  RIOLITI DI MONTE CROBU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica
-  RIOLITI DI NURAXI Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica

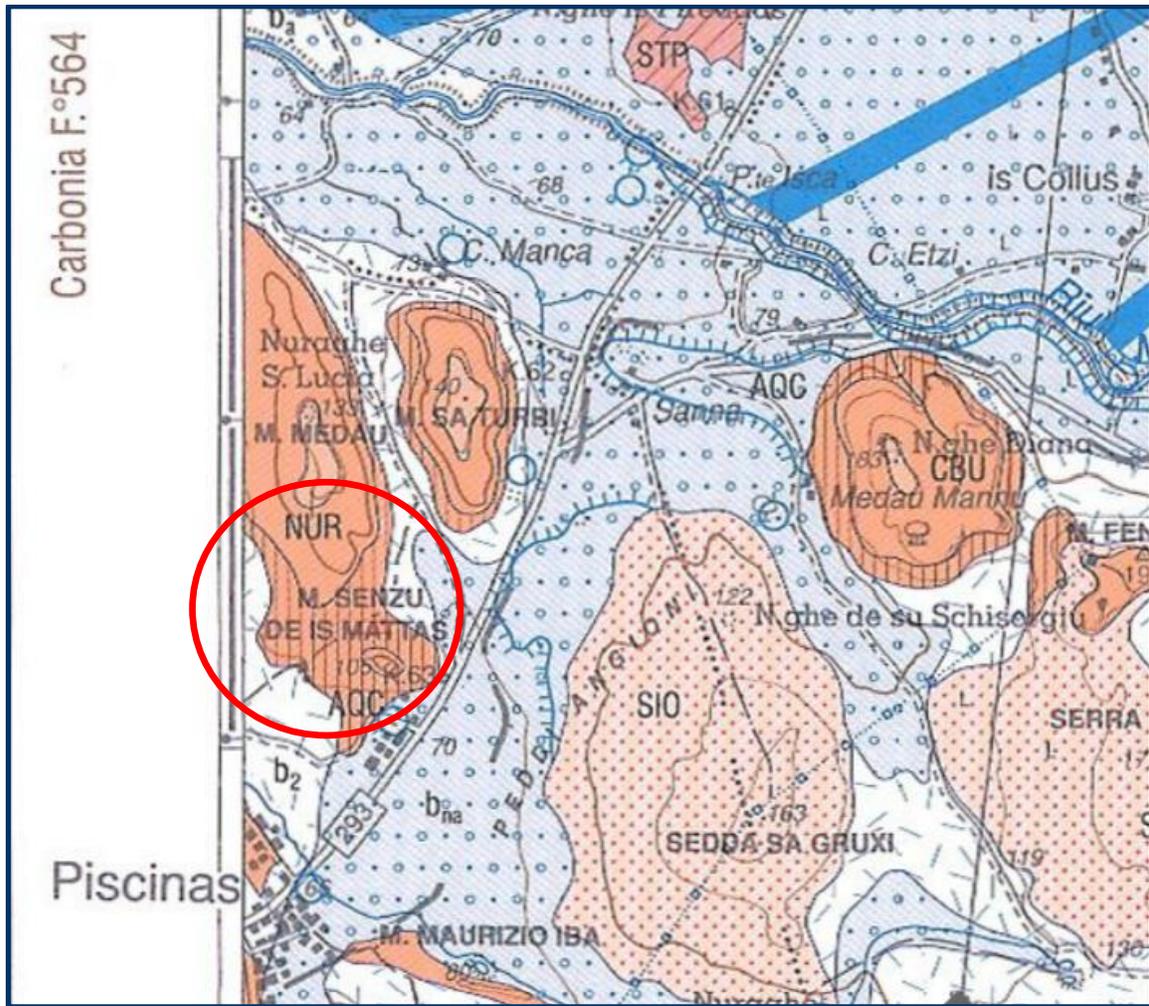


Fig. 9 - Estratto da Carta Geologica d'Italia Foglio n. 565 – Capoterra scala 1:50.000

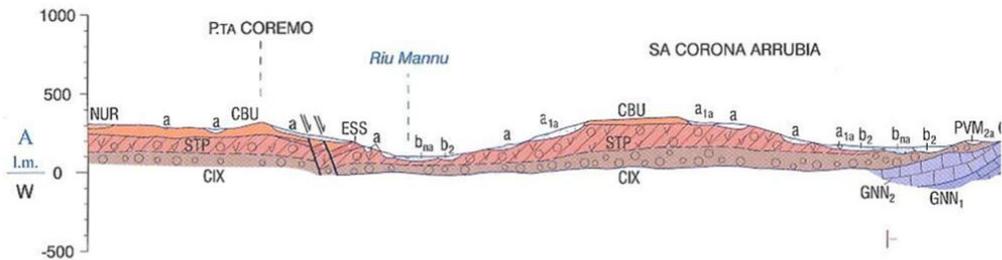
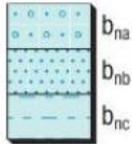


Fig. 10 - Estratto da Carta Geologica d'Italia Foglio n. 565 – Capoterra scala 1:50.000

Legenda

QUATERNARIO



Depositi alluvionali terrazzati

Ghiaie con subordinate sabbie (b_{na}), sabbie con subordinate limi e ghiaie (b_{nb}), limi e argille con subordinate sabbie (b_{nc}). Spessore: fino a 5-6 m.

OLOCENE

CENOZOICO

SUCCESSIONE VULCANO-SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA

GRUPPO DI MONTE SIRAI



NUR

RIOLITI DI NURAXI

Depositi piroclastici di flusso a composizione riolitica, spesso reomorfici, da grigi a rosso-violacei, tessitura eutassitica, struttura vitroclastica, con fenoclasti di plagioclasio (spesso in glomeruli), sanidino e scarso pirosseno. Alla base, livello vitrofirico e depositi piroclastici di caduta.
(*Rb-Sr: 15±0.7 Ma: Morra et alii, 1994*) LANGHIANO



CBU

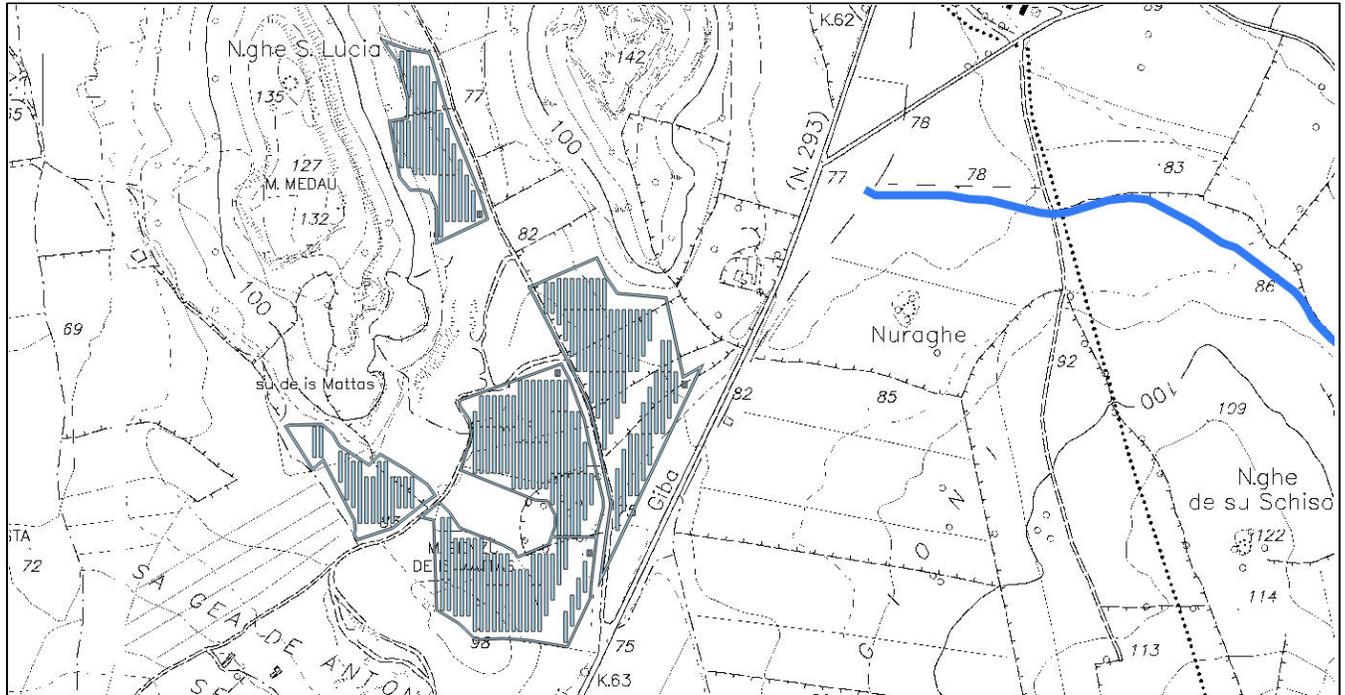
RIOLITI DI MONTE CROBU

Depositi piroclastici di flusso a composizione riolitica, da non saldati a saldati, grigio-rosati, tessitura eutassitica, struttura vitroclastica, con fenoclasti di sanidino e subordinati pirosseno, olivina e biotite. Alla base, livello vitrofirico.
(*Rb-Sr: 15±0.7 Ma: Morra et alii, 1994*) LANGHIANO

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrografico il reticolo superficiale è poco sviluppato.

Per definire i caratteri idrogeologici del territorio sono stati analizzati gli aspetti riguardanti l'idrografia superficiale, sono stati descritti i caratteri idraulici delle formazioni rocciose presenti e sono state descritte le principali unità idrogeologiche.



Le aste dei rari corsi d'acqua presentano un andamento E-SE/W e più limitatamente N-S.

Il reticolo idrografico è condizionato dal grado di fratturazione delle rocce e dalla permeabilità che localmente può essere molto intenso. In generale il reticolo idrografico è di tipo dendritico.

Il corso d'acqua, che non scorre in prossimità del sito oggetto dell'intervento è il Rio Piscinas; i corsi d'acqua censiti e riportati nella cartografia ufficiale risultano fiumi secondari con alveo scarsamente inciso e poco definito, in cui risulta difficoltoso definire i compluvi di appartenenza. I corsi d'acqua presentano un andamento fortemente dipendente dall'entità delle precipitazioni e quindi carattere in genere torrentizio con limitate piene durante le stagioni piovose e alveo pressoché asciutto durante le stagioni estive.

L'assetto idrogeologico dell'area è definito nelle seguenti principali Unità idrogeologiche:

- Unità Vulcanica Piroclastica e andesitica Oligo-Miocenica,
- Unità Detritico-Alluvionale Eocenica.

Anche le Unità Detritico-Alluvionale, poco rappresentate, non contengono acquiferi di interesse. Complessivamente la permeabilità dell'unità vulcanica è scarsa, generalmente contenuta (i valori di K sono mediamente compresi tra 10^{-6} e 10^{-10} m/sec.) così come la circolazione idrica che è circoscritta nei termini a basso tenore di argilla.

I depositi attuali e recenti hanno permeabilità medio alta e sono di solito sede di falda freatica, sono caratterizzate da granulometrie assortite, poco addensate, pertanto dotate di buona permeabilità (generalmente $K < 10^{-4}$ m/sec) in cui è possibile la circolazione idrica sotterranea e la formazione di falde. Queste sono superficiali, libere, fortemente influenzate dagli apporti meteorici, con significative fluttuazioni stagionali.

Nell'area sono state riscontrate due unità litologiche principali, caratterizzate da differenti intervalli di permeabilità **K** espressa in m/s:

- depositi alluvionali, costituiti da conglomerati, caratterizzati da permeabilità variabile da molto alta a media $K > 10^{-2}$
- unità vulcanica, con permeabilità limitata alla circolazione, decrescente in profondità $10^{-4} < K < 10^{-9}$

Unità	Litotipi	Tipo di permeabilità		Grado di permeabilità					
		Primaria % granuli	Secondaria fratture	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻²	10 ⁰
				molto alta	alta	media	bassa	molto bassa	impermeabile
	Unità detritica - alluvionale	Porosità	Porosità	←→					
	Unità vulcanica Ignimbritica	Fessurazione	Porosità	←→					
	Unità vulcanica piroclastica	Fessurazione	in profondità	←→					

Tab. 3 – Valori di Permeabilità

Grado di Permeabilità relativa	Coefficienti di permeabilità (cm/s)
Alto	$K > 10^{-2}$
Medio-alto	$10^{-2} > K > 10^{-4}$
Medio-basso	$10^{-4} > K > 10^{-9}$
Basso	$10^{-9} > K$

6. CONSIDERAZIONI SUL MODELLO GEOLOGICO

I risultati delle indagini e degli studi effettuati possono essere considerati adeguati alla tipologia d'intervento, tuttavia si raccomanda la verifica puntuale delle assunzioni fatte mediante rilievi e controlli geologico – geotecnici nelle fasi esecutive delle opere in progetto.

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, i parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC 2018), ottenendo parametri definiti “caratteristici”.

Morfologicamente l'area indagata non presenta evidenze legate agli interventi antropici e all'urbanizzazione inoltre non si riscontrano processi morfologici in atto e non vi sono dissesti in atto o potenziali.

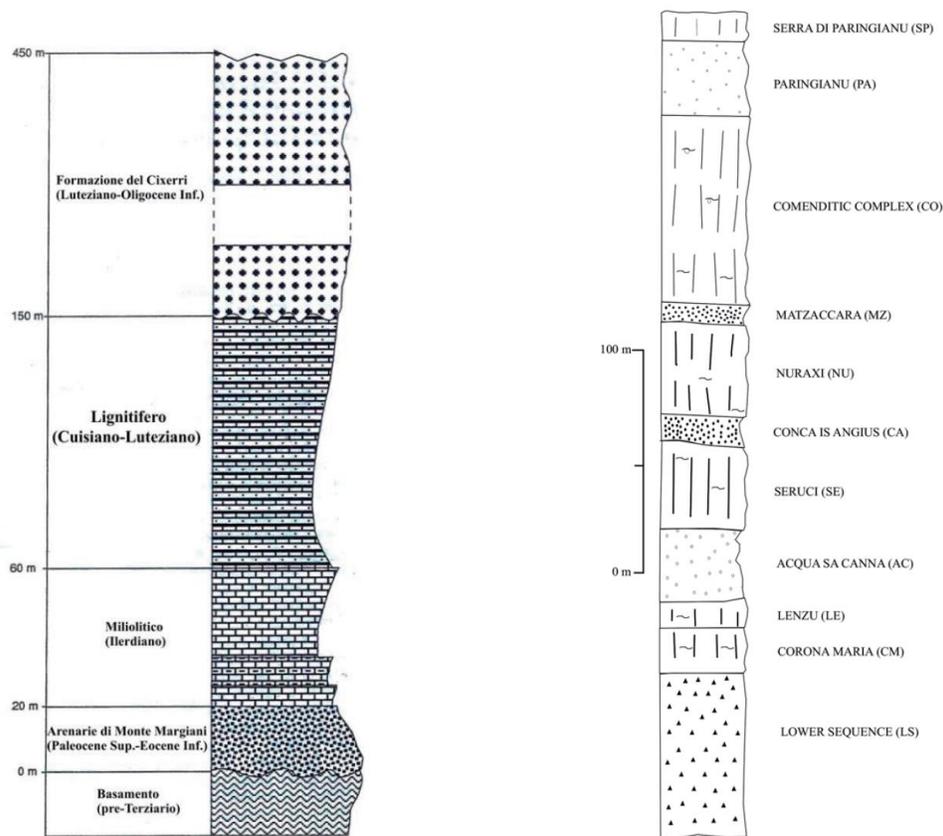


Fig. 11 Schema stratigrafico dei prodotti ignei Cenozoici affioranti nella regione del Sulcis (Lecca et al.,)

Caratteri geostrutturali generali, geometria e caratteristiche delle superfici di discontinuità.

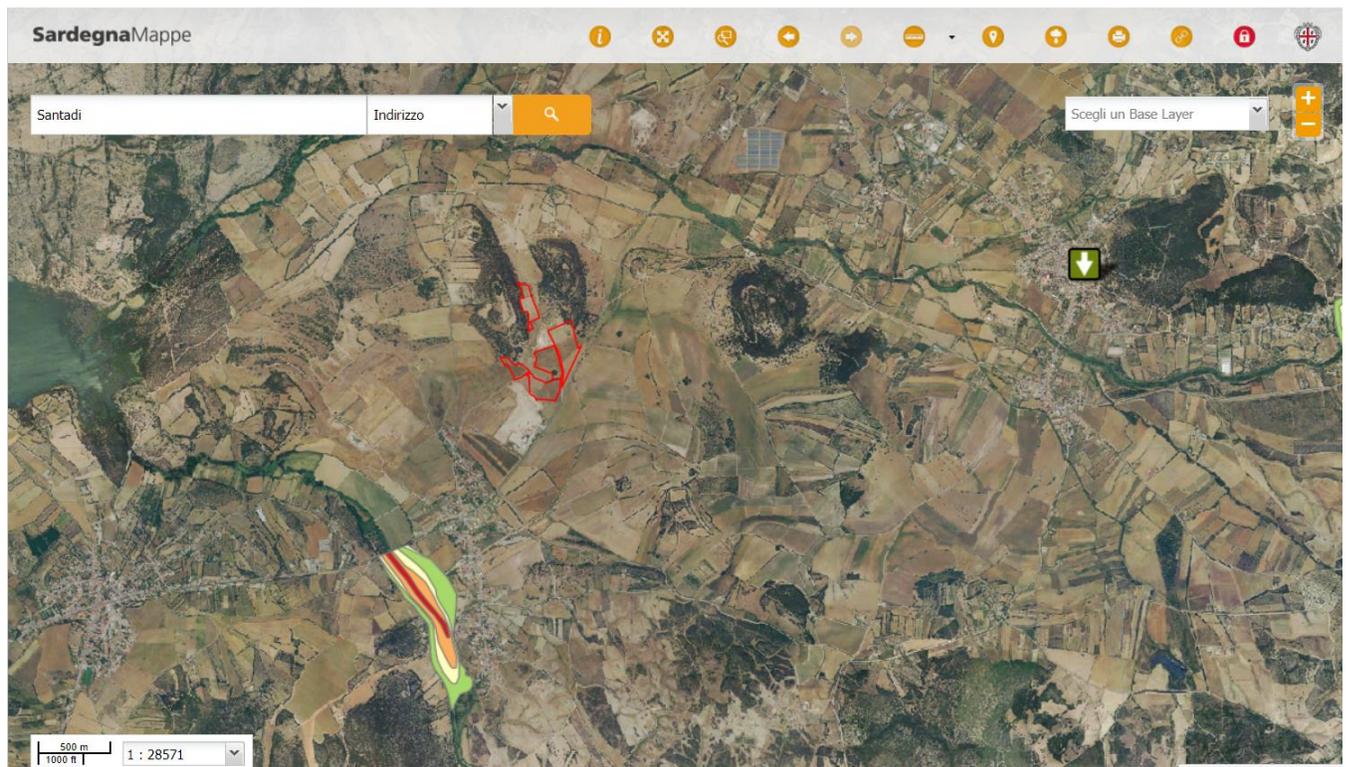
Non vi sono evidenze di ulteriori elementi strutturali.

Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea

La granulometria dei terreni condiziona la geometria e le caratteristiche degli acquiferi sotterranei. I depositi superficiali hanno un grado di permeabilità elevato, con variazioni significative sia orizzontali e sia verticali dovute alla presenza di livelli a granulometria fine che limitano la permeabilità. Nel corso delle indagini non è stata rilevata falda freatica.

ANALISI VINCOLI AMBIENTALI

PAI



L'area non ricade all'interno delle aree perimetrare dal P.A.I. (Rischio Frana, Idraulico, Fasce fluviali)

Piani Sovraordinati

PPR / Piano Paesaggistico Regionale

Stato	Prodotto da Urbismap
Norma	05 Anfiteatro del Sulcis
Descrizione	Ambito di Paesaggio - 05 Anfiteatro del Sulcis
Articoli	6, 12, 13, 14, 15, 107, 112

PPR / Piano Paesaggistico Regionale

Stato	Prodotto da Urbismap
Norma	Aree Organizzazione Mineraria
Descrizione	Aree Organizzazione Mineraria
Articoli	9, 57, 58

PPR / Piano Paesaggistico Regionale

Stato	Prodotto da Urbismap
Norma	Colture erbacee specializzate
Descrizione	Colture erbacee specializzate
Articoli	28, 29, 30

PPR / Piano Paesaggistico Regionale

Stato	Prodotto da Urbismap
Norma	Parco Geominerario Ambientale e Storico
Descrizione	Parco Geominerario Ambientale e Storico DM 265/01
Articoli	9, 57, 58

7. INDAGINI GEOLOGICHE IN SITO

Le indagini in sito sono state eseguite nell'ambito della progettazione preliminare mediante una campagna di rilevamento diretto e l'esecuzione di un'indagine geofisica per valutare il rapporto H/V dalla prova HVSR e determinare la classe dei suoli.

L'indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z). Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;

- ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e stima del parametro VS30 (velocità media delle onde S – di taglio – nei primi 30 metri di profondità).

L' HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi.

Dall'analisi HVSR, eseguita sul terreno si ricava la frequenza di picco del rapporto H/V f_0 7.21

Tale frequenza rinvenuta potrebbe correlarsi a cambi litologici presenti a profondità superiori ai 6/8 mt.



Fig. 12 Ubicazione HVSR

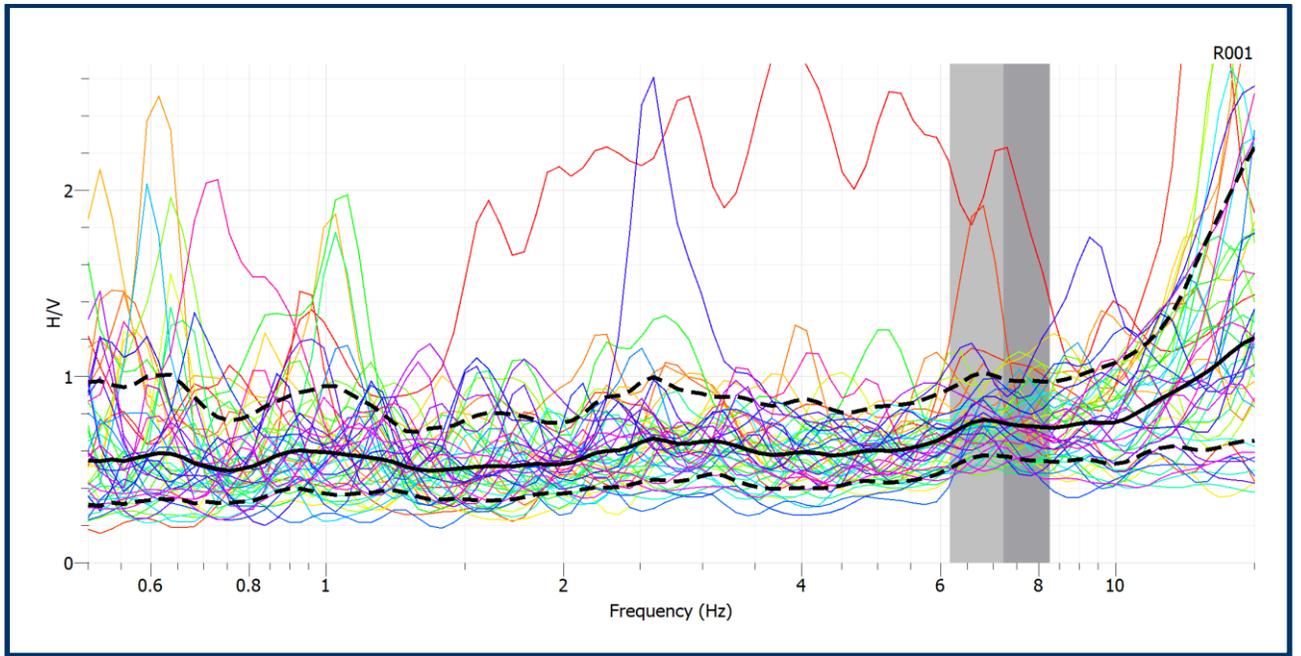


Fig. 13 Frequenze (Hz)

Frequenza del picco del rapporto H/V (frequenza naturale di vibrazione del sito):

L'elaborazione evidenzia una curva H/V che presenta un picco netto, con valori in ampiezza che superano di poco la soglia di 5 nell'intervallo compreso tra 26 Hz e 28 Hz (frequenza di risonanza $f_0=7.21$ Hz – 11 profondità riflettore stimata 3-4 m), evidenziando la presenza di una transizione di velocità delle onde di taglio graduale.

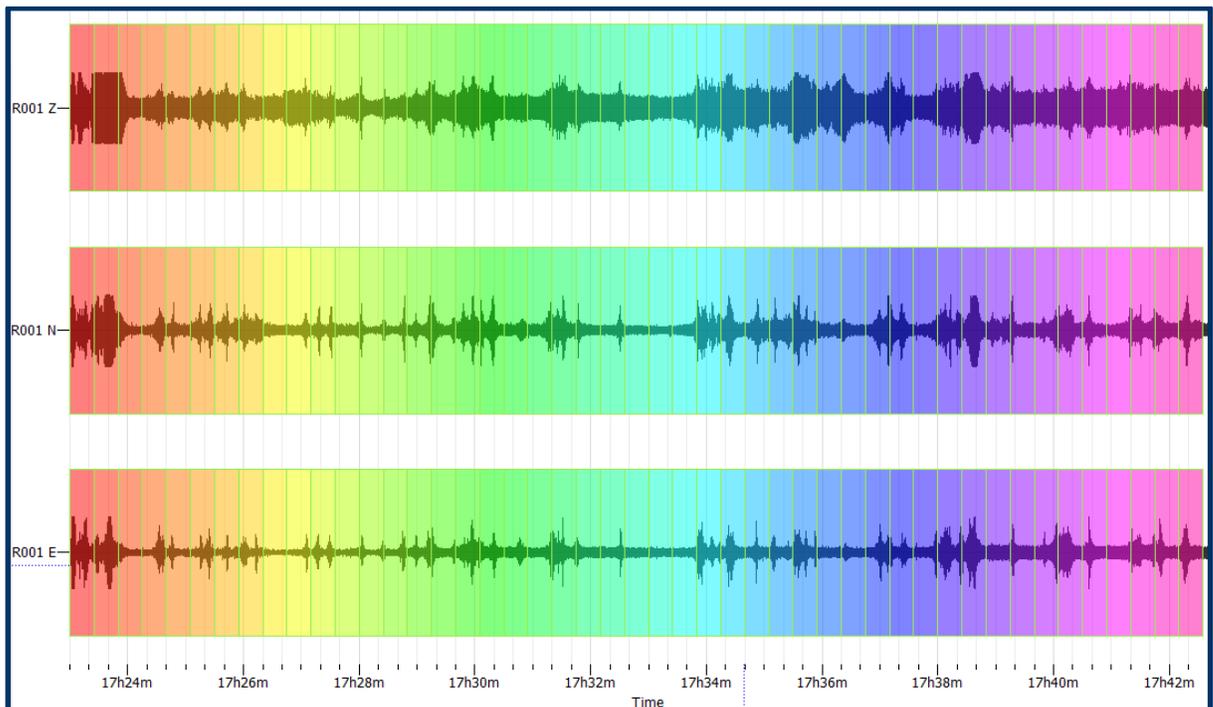
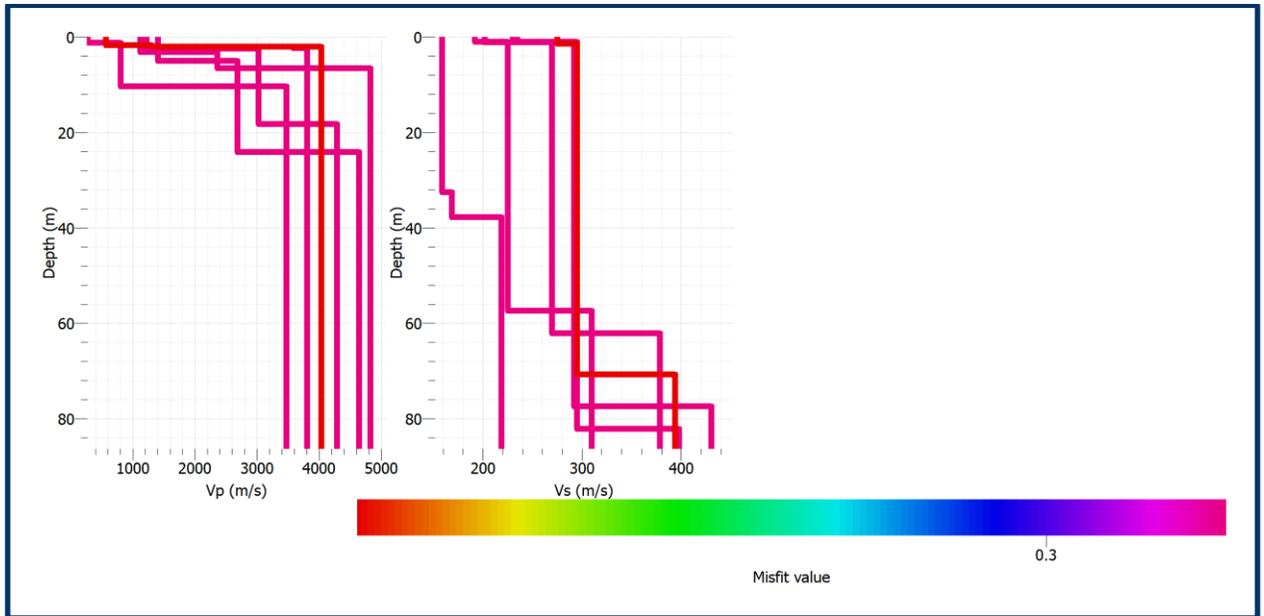


Fig. 14 Serie temporali



Vs30 191ms/sec

Suolo di tipo 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.

8. ANALISI DELLE AZIONI SISMICHE

Il Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008 e successive modificazioni (2018) “Norme Tecniche per le Costruzioni” impone la verifica delle azioni sismiche sulle nuove costruzioni.

Come prima fase si determinano i parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito oggetto di intervento; il territorio comunale di Piscinas è collocato in zona sismica 4, con parametri sismici per periodi di ritorno di riferimento T_r , riportati nella seguente tabella:

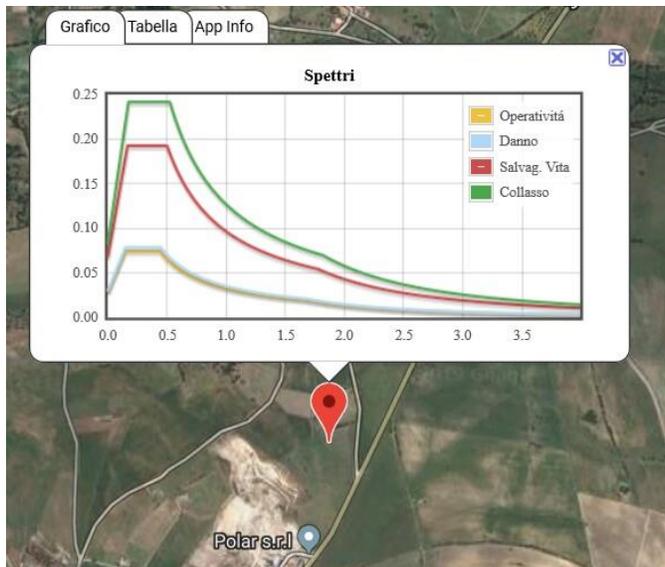
Latitudine (WSS84)	39.08539938	Longitudine (WSS84)	8.67281804	
Latitudine (ED50)	39.087136	Longitudine (ED50)	8.673768	
Località:	Comune di Piscinas			
Altitudine (m s.l.m.).....	80			
Categoria Terreno	C			
Categoria Topografica	T1			
Classe dell'edificio	I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone edifici agricoli...			
Vita Nominale Struttura.....	50			
Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	35			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.019	2.610	0.273
Danno	35	0.020	2.610	0.280
Salvaguardia Vita	332	0.045	2.820	0.332
Prevenzione Collasso	682	0.055	2.880	0.356

Dove A_g = accelerazione orizzontale massima al sito,

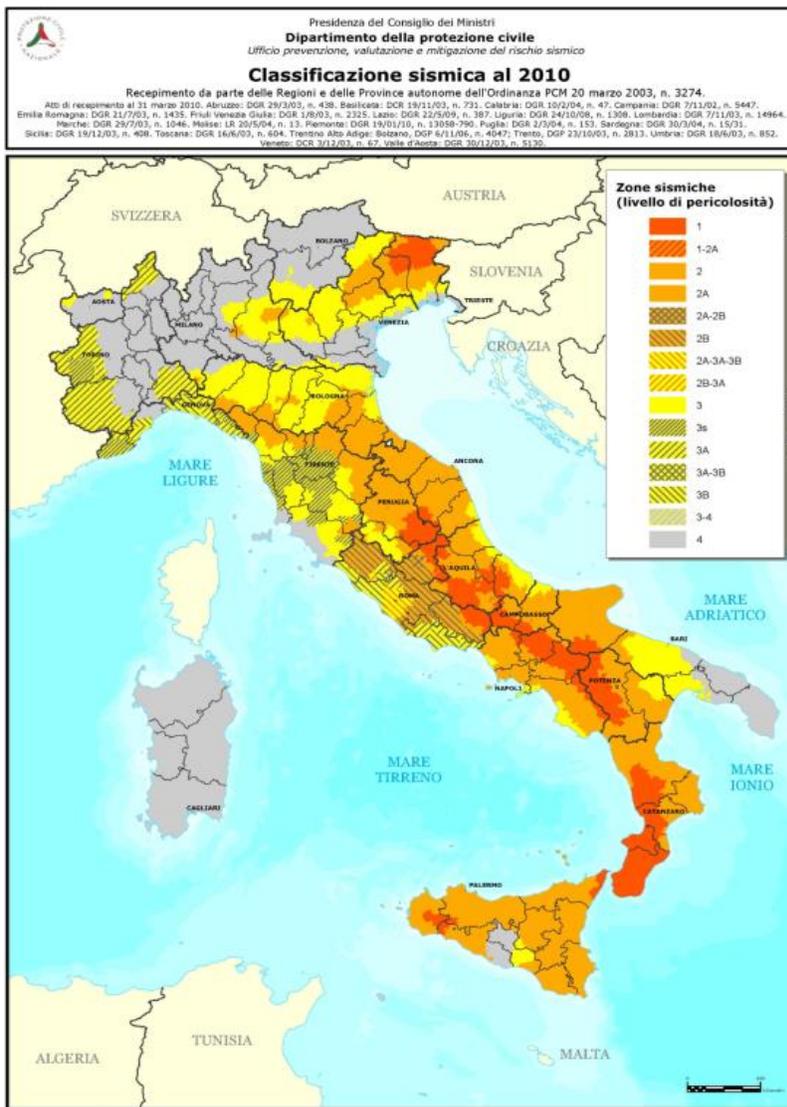
F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la scelta dei parametri progettuali, vista l'importanza dell'opera, abbiamo assegnato al manufatto una vita nominale V_n (2.4.1 – NTC 2018) pari a 50 anni e una classe d'uso “I” (2.4.2 – NTC 2018). Ne consegue che il periodo di riferimento V_r per le azioni sismiche è pari a $V_n \times C_u$ (coefficiente d'uso = 0,7 per classe d'uso I) = 35 anni.



Stato Limite	Tr	$a_g = A_g/g$	F_0	T^*_c
Operatività (SLO)	30	0.019	2.61	0.273
Danno (SLD)	35	0.02	2.628	0.28
Salvag. Vita (SLV)	332	0.045	2.855	0.332
Collasso (SLC)	682	0.055	2.93	0.356



Pertanto secondo la Delib. G.R. 30/03/2004 n. 15/31 (B.U. 21/08/2004 n. 27) Disposizioni preliminari in attuazione dell'Ord. P.C.M. 3274 del 20.3.2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" si desume che la Regione Sardegna non ha ancora presentato una Normativa antisismica e che nella suddetta delibera comunque l'Assessore della Difesa dell'Ambiente propone alla Giunta regionale ottenendo parere favorevole su tale proposte:

- di recepire in via transitoria, fino a nuova determinazione conseguente l'aggiornamento della mappa di

rischio sismico nazionale, in corso di redazione da parte degli Organi tecnici competenti, la

classificazione sismica dei Comuni della Sardegna così come riportato nell'allegato "A" dell'Ordinanza 3274/2003 in cui tutti i comuni dell'isola sono classificati in Zona 4.

- di non introdurre per detti Comuni l'obbligo della progettazione antisismica.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)
	[a _g /g]	[a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

- ❖ Zona 1 - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali [a_g/g] ≥ 0,25g.
- ❖ Zona 2 - Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali 0,25g > [a_g/g] ≥ 0,15g possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- ❖ Zona 3 - Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali 0,15g > [a_g/g] ≥ 0,05g possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- ❖ Zona 4 - È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali [a_g/g] < 0,05g le possibilità di danni sismici sono basse.

L'area in esame è classificata come zona sismica 4, in riferimento al D.M. 17/01/2018 il tipo di costruzione e la 2 con vita nominale ≥ 50.

TIPI DI COSTRUZIONE		V _n
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

La normativa definisce in presenza di azione sismica 4 classi di costruzioni in base al loro utilizzo (Classe d'uso - art. 2.4.2) a cui si associa un coefficiente d'uso (C_u) come mostrano le Tabelle seguenti (estratte da NTC 2018).

Classe I	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...]
Classe III	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti con attività particolarmente pericolose per l'ambiente
Classe IV	Funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente [...]

Classe d'uso	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

La classe d'uso è la 1 con coefficiente 0,7.

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 $i > 30^\circ$

Per la categoria topografica l'area ricade nella categoria T1.

L'azione sismica di progetto tiene inoltre conto della categoria di sottosuolo di riferimento (3.2.2 – NTC 2018); sono previste cinque classi di terreni, identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche rilevate nei primi 30 metri, e definite dai seguenti parametri: velocità delle onde S, numero colpi SPT e/o coesione non drenata.

Le NTC 2018 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio VS.

CONCLUSIONI

Lo studio geologico del sito oggetto di intervento è stato eseguito sulla base dei dati bibliografici, dai rilievi diretti, dalla prova HVSR, integrato da un rilievo superficiale che ha permesso di definire le condizioni litologiche morfologiche, dell' area ed in particolare si osserva quanto segue:

- ❖ L' area interessata dal progetto per la realizzazione del impianto fotovoltaico ricade in una zona a morfologia da pianeggiante a debolmente ondulata formata da depositi quaternari di origine continentale e marina e dai complessi vulcanici;
- ❖ Il terreno interessato risulta lontano da cigli di scarpata instabili e ricade all'interno del perimetro del "Parco geominerario";
- ❖ Il Comune di Piscinas è stato inserito, ai sensi dell' Ordinanza n° 3274 tra le località sismiche appartenenti alla Zona 4.
- ❖ L' accelerazione orizzontale massima prevista è $< 0.05g$.
- ❖ La compatibilità dell'intervento è subordinata all'ottenimento del nulla osta del Parco Geominerario.

Il Tecnico

Dr. Geol. Sandro Trastu