



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Consorzio di Bonifica d'Ogliastra

**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CONDOTTA DI ADDUZIONE PER L'IRRIGAZIONE
DEL COMPENSORIO SUD DEL CONSORZIO DI BONIFICA D'OGLIASTRA**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA - ECONOMICA

Titolo elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA	Elaborato: EA-05
	scala:

Redatto da

Mandataria:



Ing. Umberto Pautasso
Sardegna Ingegneria S.c.a.r.l.

Mandanti:



Ing. Domenico Castelli
STECI S.r.l.

Ing. Pino Frau

Archeologa Marta Macri

Geologo Alessandro Melis

Agronomo Massimo Cuccu



Consorzio di Bonifica D'Ogliastra

Il Responsabile del Procedimento
Ing. Marcello Giacobbe

Rev.	DATA	DESCRIZIONE/MODIFICA	REDATTO DA	VERIFICATO DA	APPROVATO DA
00	18/02/2022	Prima emissione	A.M.	A.M.	U.P.
01	28/03/2022	Nota RP del 23/03/2022	A.M.	U.P.	U.P.

RELAZIONE GEOLOGICA

Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. METODOLOGIA DI INDAGINE	3
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	5
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE	9
7. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	10
8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	10
9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	11
9.1. Inquadramento sismico.....	11
9.2. Sismicità storica	12
9.3. Caratterizzazione sismogenetica	16
9.4. Pericolosità sismica di base	16
9.5. Risposta sismica locale.....	18
10. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO.....	18
11. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	19
11.1. Caratterizzazione stratigrafica, idrogeologica, geotecnica e sismica	19
11.2. Analisi ambientali	21
12. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO PRELIMINARE.....	22
13. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE	22
14. CONCLUSIONI	22

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione di fattibilità tecnico economica relativa alla Realizzazione di una nuova condotta di adduzione per l'irrigazione del comprensorio del Consorzio di Bonifica d'Ogliastra, è stato eseguito uno studio geologico tecnico preliminare, finalizzato alla verifica della situazione presente in corrispondenza dell'area dove è prevista la realizzazione dell'opera.

Il presente lavoro, redatto ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, vuole dunque fornire un inquadramento geologico preliminare dell'area d'intervento, al fine di identificare le formazioni interessate dalle opere ed individuare le principali problematiche di natura geologico-applicativa, definendo così il modello geologico preliminare di riferimento. A completamento del presente lavoro è stata prodotta una cartografia geologico-geomorfologica generale dell'area di studio alla scala 1:10.000.

Gli elementi necessari alla redazione degli elaborati citati sono stati ricavati da:

- consultazione della documentazione bibliografica disponibile per l'area in oggetto riguardante, in particolare, la produzione cartografica geologica aggiornata alla luce delle più recenti vedute scientifiche
- sopralluoghi con acquisizione dati;

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Dal punto di vista normativo si è fatto riferimento a :

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare 21 Gennaio 2019

Istruzione per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17.01.2018

D.M. LL.PP. del 11/03/1988

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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

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 P.C.M. n. 3341 del 3.5.2005

Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

Circolare n. 617 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009

Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008

P.A.I. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico

Regione Autonoma della Sardegna

Norme di attuazione del P.A.I.

Regione Autonoma della Sardegna

Circolare 9 Gennaio 1996, n. 218/24/3 Ministero dei Lavori Pubblici

Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica

3. METODOLOGIA DI INDAGINE

Per la progettazione preliminare si è provveduto ad effettuare una approfondita ricerca bibliografica, che ha consentito di raccogliere tutto il materiale e la cartografia esistente sulla zona di interesse.

Successivamente è stato svolto un esame dettagliato delle immagini telerilevate disponibili (foto aeree, immagini satellitari) al fine di individuare le forme e gli elementi presenti sul territorio, ed al loro confronto con le informazioni bibliografiche reperite precedentemente.

Infine si è provveduto con successivi sopralluoghi, alla verifica dei dati acquisiti e successivamente all'elaborazione di una cartografia tematica geologica d'inquadramento.

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La condotta in argomento avrà una lunghezza di circa 19 Km ed interesserà i territori di Tortolì, Barisardo e Cardedu.

La morfologia è prevalentemente piano collinare con quote raramente superiore ai 50 m s.l.m.



Vista aerea del sito di interesse [Google Earth]

I riferimenti cartografici della carta Tecnica della Sardegna in scala 1 : 10.000 sono rappresentati da:

- Sezione 531 080 "Tortoli"
- Sezione 531 120 "Loceri"
- Sezione 531 160 "Barisardo"
- Sezione 541 040 "Cardedu"
- Sezione 532 050 "Arbatax"
- Sezione 532 090 "Ponte Muxi"
- Sezione 532 130 "Torre di Bari"
- Sezione 541 040a "Ponte sul Pelau"

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Dall'esame e rilievo si osserva che l'ossatura geologica del territorio è rappresentata dalle litologie Paleozoiche granitiche che affiorano diffusamente nel territorio. Il basamento granitico è sormontato da depositi alluvionali del Quaternario e per quanto concerne la parte centrale e più dettagliatamente nel settore a Nord Est di Barisardo si rileva diffusamente la presenza di formazioni basaltiche Plio-Pleistoceniche (plateaux basaltico di "Teccu").

Il territorio manifesta un'estesa uniformità di litofacies legate prevalentemente alle intrusioni tardo e post-tettoniche del batolite Sardo-Corso e da prodotti derivati dalla loro erosione e/o alterazione. L'area indagata presenta litologie ascrivibili al quaternario e al paleozoico che vengono qui di seguito descritte.

Nello specifico, la successione litologica riscontrata nel territorio è uniformata con la nomenclatura ufficiale, può essere così riassunta dall'alto verso il basso riportando:

Depositi Quaternari dell'area continentale

- Coltri pluvio colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti arricchiti in frazione organica
- Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati,
- Depositi di frana. Corpi di frana antichi
- Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie
- Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie e sabbie in matrice limosa

Successioni vulcanico basaltiche Pliocene Pleistocene (Altopiano basaltico di Teccu)

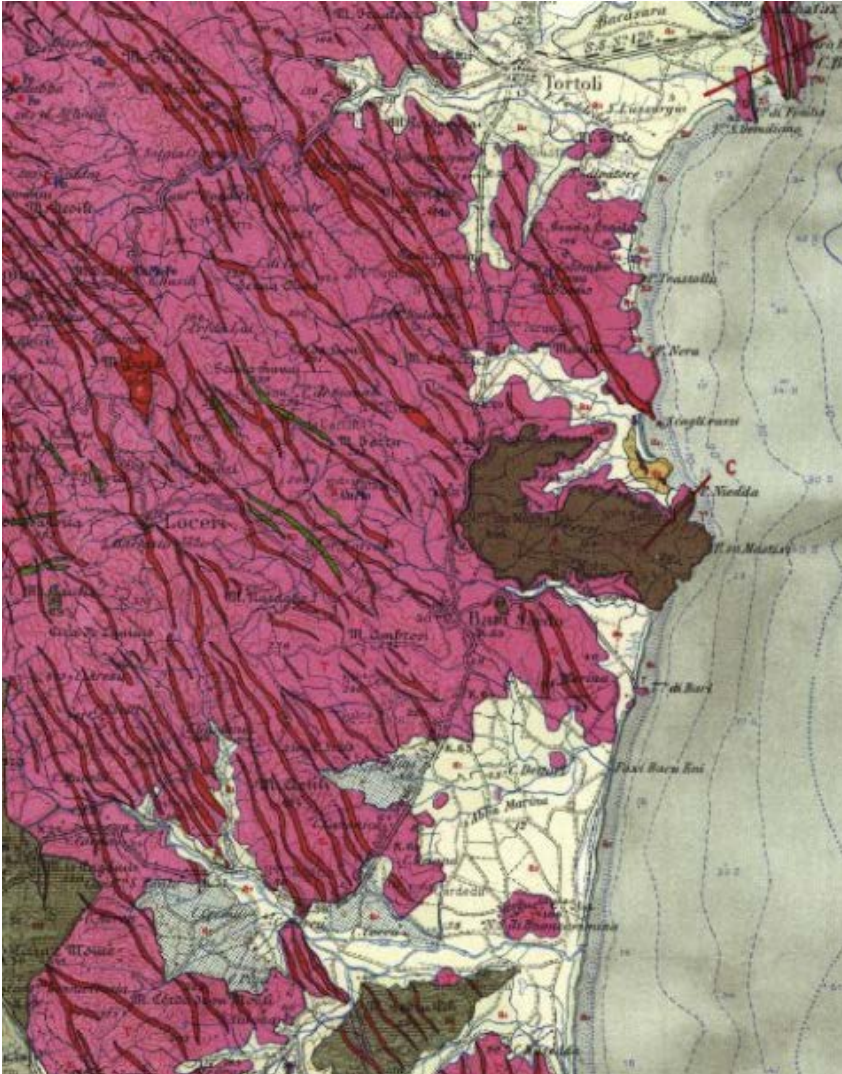
- Basalti e Lave in espansione e colate, a composizione basaltica, da alcalini a sub-alcalini.

Complesso Intrusivo Paleozoico

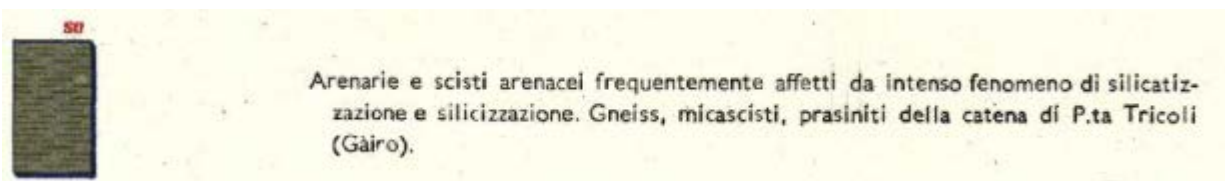
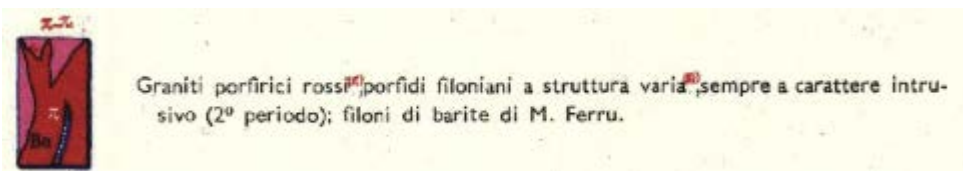
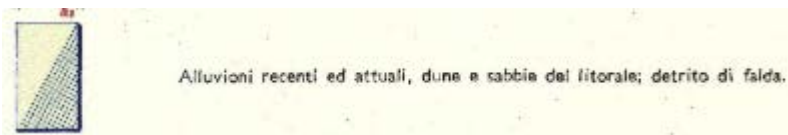
- Granodioriti e monzograniti con filoni ed ammassi di porfidi granirici- Carbonifero sup. - Permiano .

Complesso metamorfico Paleozoico

- Alternanze di metarenarie, quarziti e metasiltiti – Arenarie di San Vito.Cambriano medio Ordoviciano inf.



Stralcio Carta Geologica d'Italia 1 :100.000 Foglio 219 "Lanusei"



Depositi Quaternari dell'area continentale

Gli affioramenti relativi a tale periodo appaiono di discreta estensione e potenza e localizzati lungo la piana costiera. Si tratta di depositi terrigeni continentali e fluvio-deltizi, la cui genesi è dovuta a processi gravitativi prevalentemente associati al deflusso delle acque meteoriche.

Questi depositi, per lo più sciolti o debolmente addensati, manifestano una dominanza di sabbia e ghiaia legata all'attività dei corsi d'acqua. Le alluvioni sono caratterizzate da depositi prevalentemente lenticolari di sabbia quarzosa mal classata, sabbia in matrice argillosa, argilla sabbiosa, con intercalazioni ghiaiose, con rapide variazioni anche a breve distanza. La potenza, anche se di difficile stima, si può presumibilmente valutare dal metro sino ai 10 metri. In prossimità degli alvei principali, le alluvioni sono composte da ghiaie eterogenee e sabbie quarzose mal classate. La sedimentazione appare non definitiva e soggetta ad evoluzione in occasione dei periodi di maggior deflusso delle acque superficiali. (Depositi alluvionali Olocenici).

Si rileva inoltre la presenza di depositi, spesso terrazzati dalla reincisione fluviale che appaiono costituiti da alternanze più o meno addensate di sabbia e ghiaia immerse in matrice limo-argillosa. I clasti eterogenici, spesso ben rielaborati dal trasporto fluviale, mostrano dimensioni piuttosto variabili da 2 cm a poco più di 40 cm. Talora è presente una forte colorazione rossastra attribuibile alla cospicua ossidazione ferrosa. (Depositi alluvionali terrazzati Pleistocenici)

Principalmente ai piedi delle orlature rocciose si rilevano i depositi di versante. Sono costituiti da depositi eterometrici a spigoli vivi di frammenti litoidi derivanti per gravità dagli affioramenti rocciosi soprastanti. Si presentano poco addensati e poco rielaborati, si alternano, in zone a bassa pendenza, a depositi prevalentemente sabbioso-argillosi derivati dal disfacimento delle rocce granitoidi. La giacitura è sempre inclinata secondo la linea di massima pendenza e talora le porzioni più a valle appaiono raccordate e compenstrate con le alluvioni antiche terrazzate o con le alluvioni attuali.

Successioni vulcanico basaltiche Pliocene Pleistocene (Altopiano basaltico di Teccu)

La genesi geologica, dell'altopiano di Teccu si colloca al passaggio dall'epoca Pliocenica a quella Pleistocenica (circa 1,8-3,6 milioni di anni fa), come risultato di nuovi sconvolgimenti tettonici che hanno caratterizzato la Sardegna e la formazione del bacino del Mar Tirreno.

Diversamente dalle rocce vulcaniche Mioceniche, più antiche (da circa 23 a circa 5,3 milioni di anni fa), riferibili ad un contesto di natura orogenica (ossia quei processi tettonici che coinvolgono la crosta terrestre nella formazione delle catene montuose), e impostatesi esclusivamente nella porzione centro-occidentale dell'isola, l'attività vulcanica Plio-Pleistocenica si sviluppa sia nel settore est che in quello ovest della Sardegna e tra i due differenti cicli magmatici intercorre un periodo di non attività tettonica di circa 10 milioni di anni.

Questo nuovo evento geodinamico si sviluppò principalmente lungo faglie normali (zone di frattura a movimento verticale relativo della crosta terrestre), correlate alla formazione del bacino del Mar Tirreno che simultaneamente andava formandosi. La fuoriuscita dei prodotti vulcanici come le lave costituenti l'altopiano di Teccu, talvolta avveniva attraverso i condotti e i percorsi seguiti in precedenza dalla lave Oligo-Mioceniche, come studiato da Lustino et al. (2004) nel complesso vulcanico di Monte Arci. Queste

lave, talvolta molto fluide ricoprivano vaste aree del territorio e una volta solidificatesi, formavano degli ampi plateaux come le Giare, i Gollei e lo stesso altopiano di Teccu.

L'altopiano basaltico di Teccu si inserisce e si sviluppa nel contesto geodinamico precedentemente descritto, risulta compreso all'interno del territorio comunale di Barisardo e si estende per una superficie di circa 7 Km².

Geologicamente, l'altopiano è costituito da una successione di lave basaltiche con una potenza compresa fra i 5 e i 20 metri. Gli studi petrografici eseguiti da Lauro (1937) e Lustrino (1999 e 2000), classificano queste rocce come Hawaiiiti/Mugeariti con più rare andesiti basaltiche transizionali. Il colore delle rocce tende al grigio scuro con limitati livelli scoriacei rosso-nerastri, localmente tufaceo-argillosi.

Ai bordi dell'altopiano invece è ben visibile la caratteristica fratturazione prismatico-colonnare dovuta al rapido raffreddamento della roccia fusa.

Le porzioni basali della colata ossia quelle più prossime al livello del mare, si differenziano da quelle più elevate e quindi tardive, in quanto presentano manifestazioni di rapido raffreddamento tipo "lava a cuscino" "pillowlavas" (con dimensioni anche metriche), dovute alla effusione della lava sotto la superficie del mare.

Complesso Intrusivo Paleozoico

Le plutoniti tardo-tettoniche affioranti nei settori granitici in argomento, prevalentemente in facies massiva, hanno carattere variabile dall'intermedio-basico all'intermedio-acido con composizioni comprese tra tonalitico-granodioritica-monzogranitica. Tutti i corpi plutonici sono talora interessati da marcati processi di alterazione. Le granodioriti tonalitiche appaiono caratterizzate dalla presenza di chiare strutture di flusso magmatico. Le tonaliti granodioritiche hanno tessitura tendenzialmente isotropa, a grana media, inequigranulare, con rari K-feldspati di dimensioni fino ad 1 cm. La biotite è in proporzioni modali non superiore al 20% associata a rari anfiboli. In tale litofacies è presente quarzo interstiziale in proporzioni non superiori al 15%. Le tonaliti biotitico-anfiboliche (QuarzodioritiAuct.) presentano una tessitura moderatamente anisotropa con una grana equigranulare, da media a medio fine. Caratteristica delle tonaliti è la presenza di biotite in proporzioni modali mai superiori al 25% ed associata all'anfibolo verde con le medesime proporzioni. Le tonaliti biotitico-anfiboliche si presentano diffusamente e profondamente alterate, con una profondità d'interesse mediamente entro i 10 metri dal piano di campagna, localmente anche superiore. Le monzograniti inequigranulari mostrano una struttura spiccatamente inequigranulare dovuta alla distribuzione e alle dimensioni dei fenocristalli di K-feldspato.

Le formazioni "granitiche" sono diffusamente interessate da un Complesso sistema filoniano L'origine di tale sistema è attribuibile all'intrusione di magmi tardo ercinici (carbonifero), all'interno dei giunti creatisi durante le fasi di raffreddamento della roccia incassante; la composizione dei magmi intrusi varia da acida a basica, con una netta prevalenza della prima, mentre le direzioni dominanti oscillano tra N-S e NNW-SSE, raramente E-W. I filoni si distinguono in filoni di porfidi quarziferi, di micrograniti, filoni lamprofirici e filoni basici. I Filoni di porfidi quarziferi e di micrograniti emergono in rilievo negli allineamenti di creste presenti nella sommità delle montagne o lungo i loro versanti. Essi rappresentano inoltre la tipologia filoniana più frequente, con direzioni oscillanti tra N-S e NNW-SSE; la loro lunghezza varia, anche se non in perfetta

continuità, tra alcune decine di metri e diversi chilometri, mentre la larghezza appare compresa tra qualche metro e diverse decine di metri. Si presentano fortemente fessurati, e da un'analisi microscopica la struttura dei porfidi appare isotropa e debolmente porfirica, dovuta alla presenza di fenocristalli di K-feldspato, quarzo, subordinatamente biotite e rara muscovite, immersi in una pasta di fondo granofirica. Localmente, in corrispondenza con le salabande, la struttura appare orientata. I filoni lamprofirici si manifestano localmente all'interno delle tonaliti incassanti; i filoni presentano un orientamento dominante N-S e secondariamente E-W. Da un'analisi petrografica i lamprofiri presentano una struttura sub-afirica, debolmente porfirica con fenocristalli di plagioclasti e subordinatamente anfiboli. I Filoni basici possono essere definiti come metabasiti alcaline in giacitura filoniana e più raramente in ammassi. Petrograficamente presentano caratteristiche di una originaria struttura doleritica subofitica e occasionalmente intersetale, caratterizzata da sialici e femici relitti.

Complesso metamorfico Paleozoico– Unità delle Arenarie di San Vito

Il complesso metamorfico Paleozoico risulta assai articolato. Le rocce appartenenti al complesso metamorfico sedimentario, sono anche le più antiche e, si rilevano unicamente nel settore meridionale dell'area studiata.

Questo complesso metamorfico ercinico risulta generalmente costituito da metarenarie micacee e quarziti alternate a metapeliti e rari metaconglomerati - Cambriano medio – Ordoviciano inferiore.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'assetto strutturale generale è fortemente influenzato dagli eventi deformativi legati all'orogenesi Ercinica che hanno determinato l'ossatura fondamentale del basamento Paleozoico durante il carbonifero sup-Permiano. In maniera più blanda si evidenzia l'evoluzione tettonica Terziaria.

Su scala Regionale in Sardegna sono note deformazioni e magmatismo sub alcalino di età eocaledoniana; è possibile che questa deformazione non sia di tipo collisionale, ma legata ad una tettonica transpressiva e/o trastensiva che non ha sviluppato importanti raccorciamenti.

L'impronta fondamentale del basamento deriva tuttavia dall'orogenesi ercinica, che ha prodotto deformazioni, metamorfismo ed un importante magmatismo intrusivo ed effusivo.

L'età ercinica della deformazione (Carbonifero inferiore) è ben definita sia su basi stratigrafiche, che radiometriche.

Una tettonica caratterizzata da faglie dirette e trascorrenti è associata alle fasi finali di esumazione delle metamorfici ed alla messa in posto del batolite calcalino ed è contemporanea ai depositi stefaniani-permiani(tettonica tardo ercinica).

La tettonica post-ercinica ha limitati effetti in Sardegna. Discordanze sono note a vari livelli della successione, ma fino all'Eocene medio l'evoluzione della Sardegna sembra caratterizzata solo da lenti movimenti verticali che determinano profonde trasgressioni e regressioni del peneplano ercinico. Nell'Oligocene la collisione appenninica riattiva il basamento sardo-corso, con faglie trascorrenti generalmente controllate da vecchi lineamenti ercinici e soprattutto tardo-ercinici.

A questa tettonica trascorrente seguono, nel Miocene inferiore e nel Plio-Pleistocene, fasi distensive correlabili con l'apertura del Bacino Balearico e del Tirreno meridionale, cui sono associate faglie normali dirette N-S e NW-SE nella Sardegna orientale e occidentale rispettivamente

7. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'evoluzione geomorfologica dell'area in esame è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena; come tale è quindi influenzata dalla struttura geologica, intesa sia come caratteristiche mineralogico-petrografiche delle rocce, sia come giacitura e diversa competenza in relazione alla resistenza che esse oppongono agli agenti del modellamento esogeno. In generale si osserva che nel territorio sono presenti più complessi geomorfici che presentano peculiarità in funzione dei processi e delle forme che li caratterizzano.

Il settore in esame si trova compreso tra la linea di costa ad est e i rilievi impostati sui termini intrusivi ad ovest. Si tratta di una vasta area in cui confluiscono i segmenti del reticolo idrografico che drenano i rilievi ubicati ad ovest e depositano i sedimenti nelle fasce di loro competenza. Questo processo ha formato dei depositi alluvionali su cui si sono modellate delle morfologie in cui si rilevano deboli variazioni di quota comprese tra 5 e 15 metri sul livello del mare. La variazione di quota più marcata è in alcuni settori riferibile alla presenza dei bordi dei terrazzi modellati sui depositi sedimentari. L'area non presenta fenomeni geomorfologici in atto in grado di pregiudicare la stabilità generale dell'area.

L'area studiata interessa inoltre il plateau basaltico di Teccu che con i rilievi di Ibba Manna (195 m) e Ibbixedda (175 m) si ergono dalla piana di Teccu. La quasi totalità del tacco basaltico presenta una morfologia sub-pianeggiante, con una leggera inclinazione verso est. Tale inclinazione rende possibile identificare l'andamento del flusso lavico al momento della messa in posto che, dai due probabili centri di emissione Ibba Manna e Ibbixedda, scorreva lungo due direzioni preferenziali, verso est e verso nord. Questi due rilievi si presentano come due duomi basaltici a composizione meno fluida rispetto alla colata che caratterizza tutto l'altopiano.

8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrografia superficiale è rappresentata da diffusi solchi di drenaggio collegati agli elementi principali rappresentati dal rio Foddeddu nel settore Settentrionale, Rio Mannu di Barisardo nel settore centrale e Fiume Pelau a Sud (Cardedu).

Di seguito vengono descritte le principali unità idrogeologiche e gli elementi idrogeologici principali. L'unità idrogeologica rappresenta un'associazione litologica accomunata da caratteristiche molto simili di genesi, ma soprattutto di grado e tipo di permeabilità. Nel territorio sono state individuate tre distinte unità che vengono qui di seguito descritte.

Unità delle alluvioni quaternarie. Trattasi di depositi alluvionali antichi, recenti e attuali costituiti da sabbia e ghiaia prevalentemente quarzosa, sciolte e mal classate in prossimità degli alvei, ma prevalentemente immerse in matrice argillosa. La permeabilità complessiva è medio bassa per porosità, e localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana. Si evidenzia che nelle alluvioni recenti è presente una falda freatica di profondità variabile ma prevalentemente compresa entro i sette metri dal piano di campagna. La portata,

solitamente discreta lungo i corsi d'acqua principali (Rio Foddeddu, Rio Mannu di Barisardo e Fiume Pelau) tende a diventare modesta lungo le aree interessate da impluvi relativi al reticolo idrico superficiale secondario. In entrambi i casi la portata appare più o meno legata a cicli stagionali. Permeabilità alta e medio alta per porosità

Unità delle vulcaniti plio-quadernarie. In questa unità, poco rappresentata nel territorio in esame e circoscritta al plateau basaltico di Teccu, si inseriscono le rocce effusive basaltiche che presentano una permeabilità per fessurazione variabile da medio-bassa a bassa.

Unità magmatica paleozoica. Legata ad affioramenti di litologie derivanti dall'intrusione magmatica ercinica è costituita da tonaliti, granodioriti e monzograniti, filoni microgranitici, filoni di porfidi quarziferi. Tali litologie, compatte e impermeabili, manifestano comunque un grado di permeabilità basso per fessurazione. Localmente il grado di permeabilità può elevarsi a medio in corrispondenza delle aree con sistemi di fratturazione molto sviluppati. Le circolazioni idriche presenti, manifestano per lo più porosità piuttosto limitate per la scarsa capacità di immagazzinamento di tali discontinuità. Permeabilità medio bassa per fessurazione

Unità del complesso metamorfico Paleozoico. In questa unità sono riconducibili le formazioni più antiche dell'intera area localizzate unicamente nel settore meridionale dell'area e riconducibili alla Formazione delle Arenarie di San Vito. Il grado di permeabilità risulta generalmente basso per fratturazione.

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

9.1. Inquadramento sismico

Per la definizione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, è necessario conoscere la "pericolosità sismica di base del sito di costruzione.

Il rischio sismico è definibile come l'incrocio tra dati di pericolosità (definizione delle strutture sismogenetiche e capacità di caratterizzazione dell'eccitazione sismica ad esse associata), di vulnerabilità (capacità degli oggetti esposti di resistere alle sollecitazioni) e di esposizione (presenza sul territorio di manufatti a rischio).

Il sistema della classificazione sismica (e le mappe da esso previste) è finalizzato a fornire un livello di riferimento convenzionale delle forze sismiche rispetto al quale i manufatti vanno progettati per poter rispondere alle sollecitazioni senza collassare.

Detti criteri sono stati stabiliti dall'allegato al recente D.M. 17 gennaio 2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" come già nella versione (NTC 2008) e dell'O.P.C.M. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" nella quale venivano individuate 4 zone sulla base dei 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico indicati nelle Norme Tecniche (allegati 2, 3, 4).

Secondo la normativa sismica indicata nel D.M. 14.01.2018 si deve far riferimento alle locazioni delle opere riferite ai vertici sismici del reticolo nazionale.

La sismicità della Regione Sardegna risulta molto bassa, sia i dati storici che quelli strumentali non evidenziano criticità nella pericolosità sismica di base, pertanto, nelle NTC 2008 (cfr. Allegato B, Tabella 2) si ritiene ragionevole assumere per l'intera isola un valore uniforme di accelerazione orizzontale massima al bedrock (ag), come riportato in Tabella :

Isola	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$		
	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*
Sardegna	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,269	0,274	2,7	0,303
Isola	$T_R = 101$			$T_R = 140$			$T_R = 201$		
	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*
Sardegna	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322
Isola	$T_R = 475$			$T_R = 975$			$T_R = 2475$		
	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*
Sardegna	0,5	2,88	0,34	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401

Estratto tabella 2 Allegato B

Nella tabella viene indicata la pericolosità sismica sui suoli rigidi tramite i parametri di a_g , F_o , T_C^* per vari tempi di ritorno (T_R).

- a_g = accelerazione massima orizzontale del 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.

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone" all'allegato 1.A sono individuate quattro zone sismiche con accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

L'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 classifica l'intero territorio nazionale dal punto di vista sismico, attribuendo all'area studiata la zona 4.

A tale zona corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni inferiore a 0,05 (ag/g). Questo si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,05 (ag/g) riferita a suoli molto rigidi.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [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

9.2. Sismicità storica

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.

DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

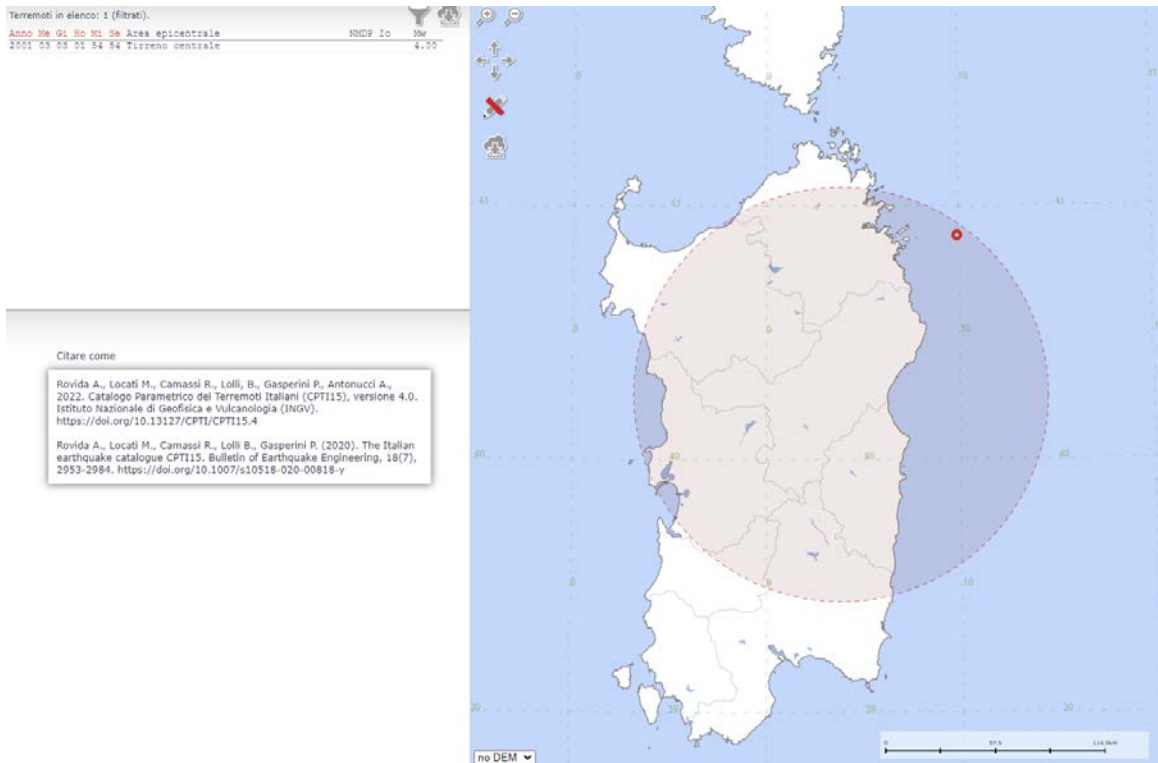
La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Nella mappa di seguito riportata è mostrata una mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 relativi alla regione Sardegna, comprensiva della lista di tutti gli eventi sismici catalogati.

In generale, dalla consultazione di questo catalogo si evidenzia che l'area interessata dal progetto presenta una sismicità storica molto bassa. Il catalogo CPTI15 riporta solo due eventi di magnitudo $\leq 5M_w$ (1924 e 1948). In occasione dell'evento del 1948 sono state osservate intensità pari a 6MCS in alcune località della Sardegna Nord-Occidentale.

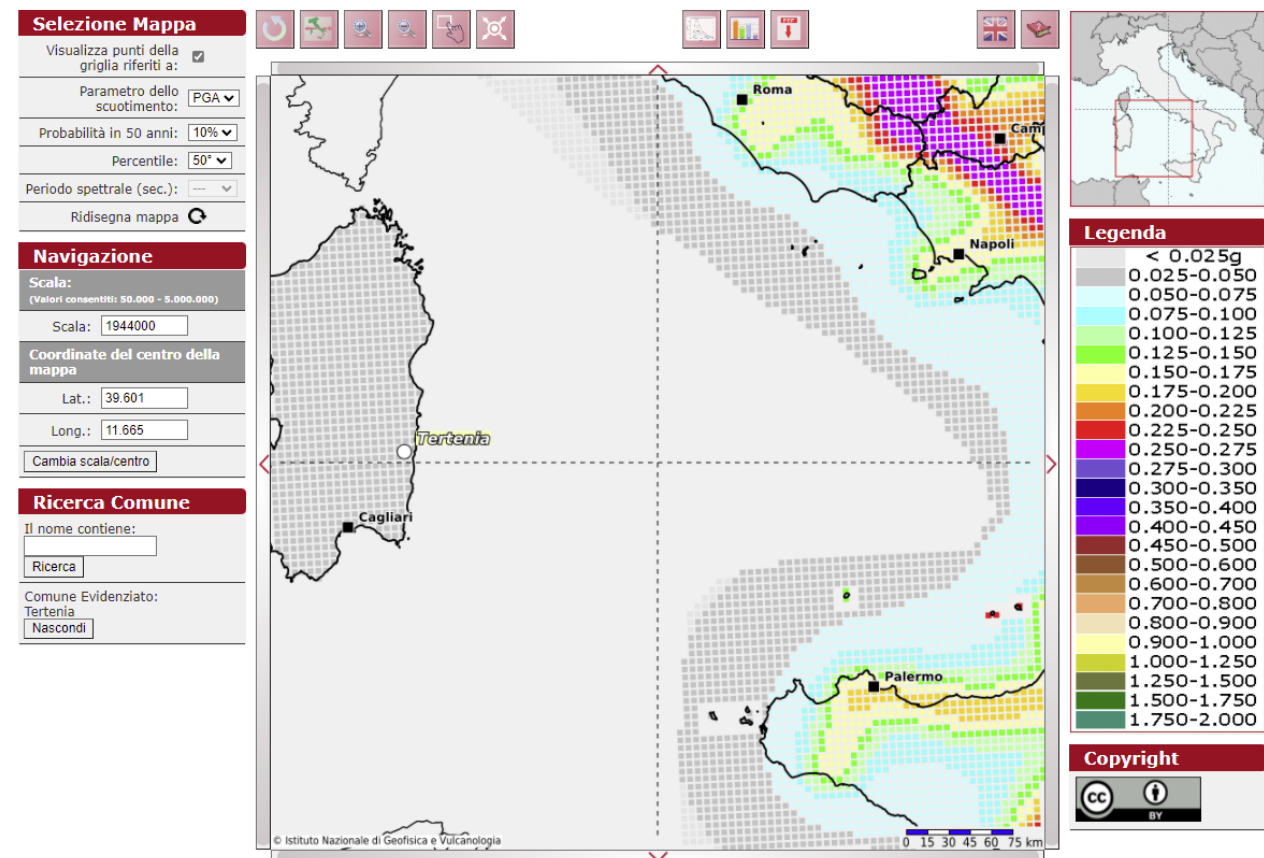
I terremoti più recenti (avvenuti nel 2000, 2004 e 2006), tutti di $M_w < 5$ e localizzati in mare, hanno prodotto in terraferma effetti di modesta intensità.



Mapa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici avvenuti in Sardegna (fonte: catalogo CPTI15, redatti da INGV)
Elenco degli eventi sismici riportati nel catalogo CPTI15 relativi alla Regione Sardegna



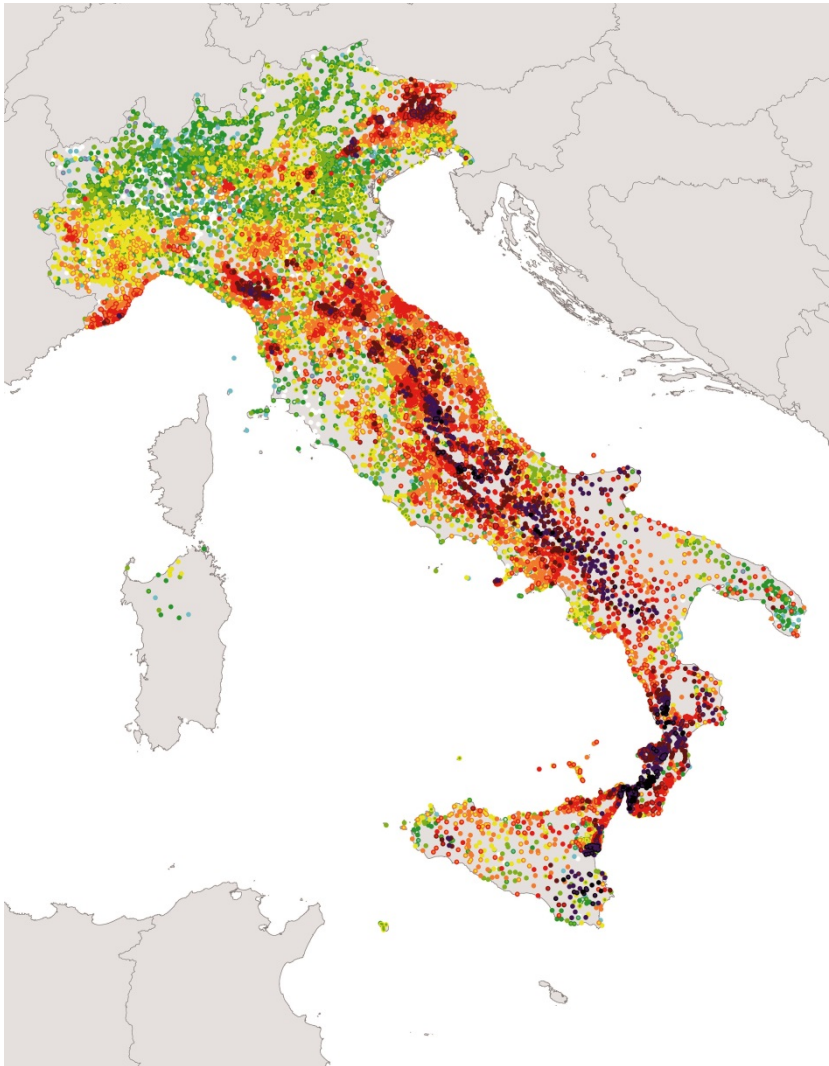
Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Mapa interattiva pericolosità sismica (INGV)

Il database DBMI15 archivia gli eventi sismici considerando i dati di intensità macrosismica. L'insieme di questi dati consente di elaborare la sismicità storica delle località italiane, ossia consente di definire un elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di eventi sismici.

In Figura è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15, in particolare si nota come nell'area di interesse sono presenti un esiguo numero di eventi sismici nell'intervallo di definizione del catalogo.

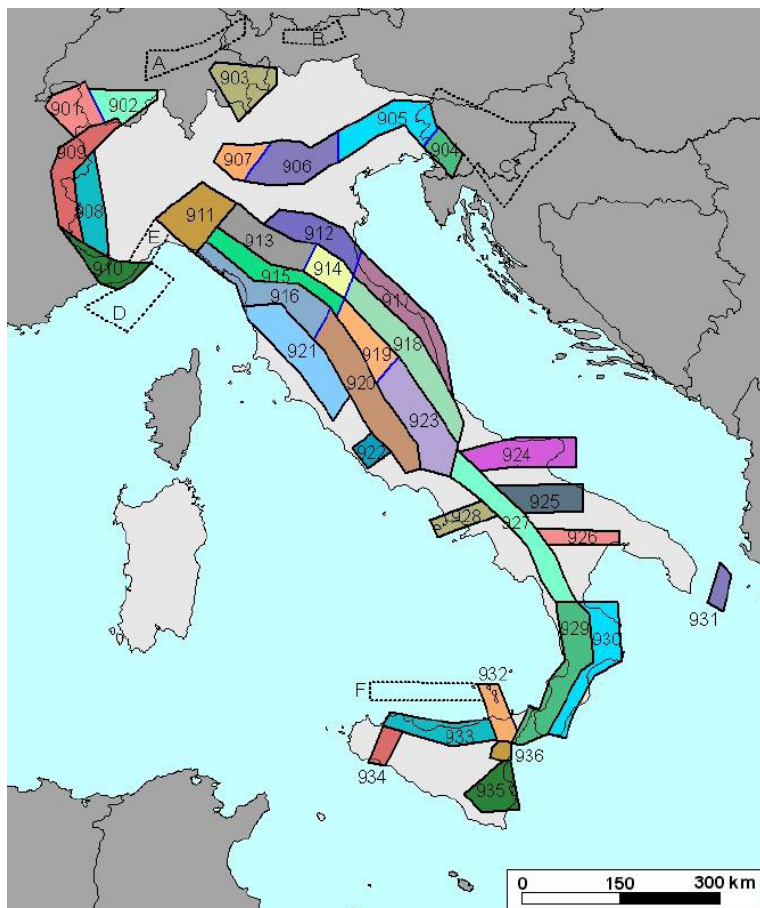


Localizzazione degli epicentri dei terremoti storici italiani riportati nel DBMI15 (fonte: INGV)

La distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPT115 e dal database DBMI15, dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

9.3. Caratterizzazione sismogenetica

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall' INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale. Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si può evidenziare che il settore studiato non è caratterizzato da nessuna area sorgente di particolare rilievo.



Mappa della Zonizzazione Sismogenetica ZS9 dell'Italia (INGV 2004)

Studi più recenti per la valutazione della pericolosità sismica nazionale (Stucchi et al., 2007) hanno prodotto risultati in accordo a quelli evidenziati dalla ZS9 in merito alla difficoltà di individuare per il territorio sardo una mappa delle sorgenti sismogenetiche a causa della bassa sismicità che caratterizza la regione.

9.4. Pericolosità sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

Il reticolo di riferimento delle NTC suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

a_g = accelerazione massima orizzontale del sito;

F_0 = 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.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento.

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock (a_g) non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l'opera.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (a_g , F_0 , T_c^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

La "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("Periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Questa probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{vr} .

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale e, in un sito generico, deve essere descritta sia in termini geografici che in termini temporali fornendo i risultati dello studio di pericolosità:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC (nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite).
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km).
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R .

Ai fini delle N.T.C. gli stati limite (SL) per i quali l'opera viene progettata sono definiti, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} , a partire dai parametri su sito di riferimento rigido orizzontale: a_g , F_0 e T^*C .

Nelle NTC la stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori a_g , F_0 e T^*C per nove distinti periodi.

Per la determinazione di tali parametri occorre partire dai seguenti dati di base:

- Categoria di sottosuolo: da definirsi in base alla quota del piano di fondazione delle opere in progetto.
- Classe d'Uso della Costruzione : dovrà essere definita dai progettisti in base alla destinazione d'uso degli edifici.
- Categoria Topografica: T1 (versante con pendenza < 15°)
- Vita nominale (VN): in base al tipo di costruzione

9.5. Risposta sismica locale

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale che in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

L'identificazione di questa categoria va di norma veniva eseguita in base ai valori della cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

A partire dal 22 marzo 2018 con l'ingresso delle NTC 2018 viene anche introdotta la VS equivalente (V_{seq}) inserita nelle NTC 2018 e definita dalla seguente relazione:

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1,N} (h_i/V_{s,i})$$

con

- h_i = spessore dello stato i -esimo

- $V_{s,i}$ = 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/sec (bedrock sismico).

Si tratta in pratica di una variazione sul tema rispetto al parametro V_{s30} (in quel caso il valore di H era ed è fissato a 30 m). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. I valori di V_s 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. Viene eliminata la possibilità di ricavare la categoria di sottosuolo mediante NSPT30 o Cu30.

10. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO

Attualmente la infrastrutturazione irrigua esistente si estende a partire dall'accumulo della risorsa nell'invaso di S.Lucia in territorio di Villagrande, verso la piana di Tortoli, a nord verso la piana di Lotzorai, a sud verso località Cea in territorio di Barisardo.

Lo schema esistente a monte dell'abitato di Tortoli risulta alquanto articolato, estendendosi con varie diramazioni fino alla piana di Lotzorai a nord e verso la zona di Cea a sud-est, essendo comunque

disconnesso da una vasca di carico ubicata sulle alture a ovest dell'abitato di Tortolì in località Monte Attu. Tale vasca di carico costituisce l'ultimo serbatoio di alimentazione dello schema della parte sud ed è alimentata da un importante impianto di sollevamento ubicato nell'abitato di Tortolì in zona cimitero. Tale impianto solleva la risorsa fino alla quota di 85 m.slm sufficiente alla distribuzione a gravità sia nella piana di Tortolì che fino all'area di Cea verso la costa di Barisardo. Peraltro in previsione dell'estendimento dello schema a sud è stato realizzato nei primi anni '80 un impianto di sollevamento in loc. S.Giovanni, alimentato da una condotta DN 600 proveniente dalla vasca di Monte Attu. L'impianto solleva la risorsa verso la vasca di carico di Perda Mirai, anch'essa già realizzata a quota 109 m.slm. Tale vasca di carico garantisce la quota piezometrica necessaria ad alimentare lo schema a valle completamente a gravità.

La soluzione progettuale individuata prevede la realizzazione di un estendimento dello schema irriguo attraverso la realizzazione di una nuova condotta dorsale di adduzione irrigua che si estenderà da nord a sud per circa 19 km dal territorio di Tortolì all'agro dei comuni di Barisardo e Cardedu.

Si prevede di utilizzare tubazioni in ghisa sferoidale di diametro DN 700.

Le condotte saranno dotate degli opportuni pozzetti di sfiato e scarico, nonché dei pozzetti di alloggiamento degli organi di manovra e sezionamento dello schema, e degli opportuni blocchi di ancoraggio. I pozzetti saranno realizzati in opera in cls C 28/35 classe di esposizione XC2 armato con acciaio B450C e chiusi da copertina carrabile dotata di chiusino in ghisa sferoidale DN 600 per l'accesso e la manutenzione.

11. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per approfondire le conoscenze circa il settore di realizzazione dell'opera si dovrà prevedere l'esecuzione di indagini geognostiche (sondaggi, prove in sito, prove di laboratorio) e geofisiche (prova MASW).

Le indagini prescritte sono finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche, geotecniche ed ambientali dei terreni, e alla caratterizzazione sismica del suolo del sito.

Il numero e la tipologia delle prove da effettuare sono di seguito sintetizzati. L'ubicazione delle indagini geognostiche è indicata nella planimetria allegata. In ogni caso trattasi di un programma di indagini che potrà essere opportunamente modificato sul posto, in comune accordo tra la ditta Affidataria ed il Responsabile dei lavori.

Le indagini saranno di supporto per la caratterizzazione geognostica di dettaglio ed al fine di valutare la reale natura e consistenza del terreno principalmente indirizzata nei confronti della scavabilità, tenuta degli scavi ed eventuale presenza d'acqua.

11.1. Caratterizzazione stratigrafica, idrogeologica, geotecnica e sismica

Si prevede l'esecuzione di:

- n.4 sondaggi a carotaggio continuo di profondità pari a 20 m cad.;
- n. 12 prove SPT nei fori di sondaggio: 3 per ogni sondaggio;
- prelievo di campioni indisturbati per prove di laboratorio: n.4 per singolo sondaggio per un totale complessivo pari a 12;
- rilevazione dei livelli della falda durante l'esecuzione del sondaggio;
- n.3 prove tipo MASW per ottenere la classificazione del sottosuolo ai sensi delle NTC 2018;
- esecuzione di Pozzetti Geognostici (N.20), a mezzo escavatore a braccio rovescio (mod. terna) e prelievo campioni di terreno (N.12) per successive determinazioni di laboratorio;

- n.10 prove penetrometriche dinamiche del tipo DPM (Dynamic Probing Medium);

Per quanto riguarda le prove di laboratorio utili a determinare il comportamento fisico-meccanico dei materiali si definisce il seguente elenco:

- n.12 prove granulometriche, limiti di Atterberg e Classificazione su campioni di terreno;
- n. 12 prove di taglio diretto;
- n.12 determinazione del contenuto d'acqua, massa volumica reale e apparente;
- n. 12 prove di compressione semplice ELL;
- n.50 Point Load Test (nel caso di presenza roccia).

Art.	Descrizione	U.M.	N.	Prezzo unitario	Totale
1	TRASPORTO e APPRONTAMENTO dell'attrezzatura di perforazione a rotazione, compreso il carico e lo scarico e la revisione a fine lavori	N.	1	€ 1.603,03	€ 1.603,03
2	POSTAZIONE : installazione dell'attrezzatura di perforazione in corrispondenza di ciascun punto di indagine, compreso il primo, su aree pianeggianti e accessibili con i normali mezzi di trasporto	N.	4	€ 304,94	€ 1.219,76
3	PERFORAZIONE verticale a CAROTAGGIO CONTINUO con D. 101 mm IN TERRENI AGRANULOMETRIA MEDIA QUALI SABBIE GHIAIOSE CON QUALCHE CIOTTOLO E ROCCE DI DUREZZA MEDIA	ml	60	€ 81,60	€ 4.896,00
4	SOVRAPPREZZO alle voci precedenti per l'impiego di CORONA DIAMANTATA sul carotiere D. 101 mm durante la perforazione	ml	40	€ 58,48	€ 2.339,20
5	SOVRAPPREZZO alle voci precedenti per l'impiego di DOPPIO CAROTIERE durante la perforazione	ml	30	€ 9,79	€ 293,70
6	Approvvigionamento di acqua necessaria alle trivellazioni contenuta in serbatoio della portata di almeno 3000 lt compreso ogni onere. Per ogni trasporto di A/R	N.	8	€ 125,41	€ 1.003,28
7	Fornitura di CASSETTE CATALOGATRICI, per le carote, compresa documentazione fotografica	N.	16	€ 38,24	€ 611,84
8	Prelievo di CAMPIONI INDISTURBATI a pressione nel corso di sondaggi a carotaggio continuo con campionatore a pareti sottili "tipo Shelby" D. 83-101 mm.	N.	12	€ 72,39	€ 868,68
9	Esecuzione di prova penetrometrica dinamica discontinua SPT (Standard Penetration Test) nel corso del sondaggio a rotazione, secondo le raccomandazioni AGI 1977	N.	12	€ 69,81	€ 837,72
10	Prova sismica MASW comprensiva di approntamento, installazione ed elaborazione	N.	3	€ 1.226,95	€ 3.680,85
11	Apertura di campione contenuto in fustella cilindrica mediante estrusione, compreso il riconoscimento e la descrizione del campione	N.	12	€ 19,10	€ 229,20
12	Apertura di campione rimaneggiato, contenuto in sacchetto od altro contenitore	N.	12	€ 11,46	€ 137,52
13	Determinazione delle caratteristiche fisiche del campione, contenuto naturale d'acqua	N.	12	€ 8,78	€ 105,36
14	Determinazione delle caratteristiche fisiche del campione, peso di volume naturale	N.	12	€ 31,88	€ 382,56
15	Determinazione delle caratteristiche fisiche del campione, peso specifico dei grani	N.	12	€ 144,65	€ 1.735,80
16	Analisi granulometrica mediante vagliatura	N.	12	€ 43,35	€ 520,20
17	Determinazione dei Limiti di Atterberg e Indice di Plasticità	N.	12	€ 37,54	€ 450,48
18	Determinazione del Limite Liquido	N.	12	€ 20,55	€ 246,60
19	Classificazione di una terra	N.	12	€ 8,07	€ 96,84
20	Prova di taglio diretto con scatola di casagrande CD	N.	12	€ 120,14	€ 1.441,68
21	INSTALLAZIONE ESCAVATORE installazione e spostamento dell'escavatore in corrispondenza di ciascun punto di scavo, compreso il primo, per l'esecuzione di pozzetti esplorativi o per l'apertura di piste di accesso alle postazioni di sondaggio o prova, compreso l'onere dello spostamento da un punto al successivo. Per ogni installazione, compresa la prima, relativa al singolo pozzetto ed alla singola postazione di sondaggio o prova.	N.	20	€ 75,00	€ 1.500,00
22	SCAVO DI POZZETTI ESPLORATIVI Scavo di pozzetto geognostico esplorativo a sezione obbligatoria di dimensioni standard di ml 2,00 x ml 1,50 in materiale di qualsiasi natura e consistenza, asciutto o bagnato, esclusa la roccia da mina ed i trovanti aventi ciascuno volume superiore a 1/2 mc, comprese le armature occorrenti di qualsiasi tipo, campioni di terreno a personale specializzato in condizioni di sicurezza per tutto il tempo della esecuzione della campagna di indagine, fino alla profondità massima di ml 4 dal p.c. Per ogni metro di profondità.	ml	20	€ 154,85	€ 3.097,00
23	Prova di compressione semplice ELL	N.	12	€ 144,65	€ 1.735,80
24	POINT LOAD TEST PLT (ISRM 1985) determinazione resistenza al punzonamento rilevato su una media di più rotture	N.	50	€ 15,00	€ 750,00
25	Impianto cantiere per prova penetrometrica dinamica	N.	1	€ 743,17	€ 743,17
26	Installazione prova penetrometrica dinamica su su ciascuna postazione	N.	10	€ 201,22	€ 2.012,20
27	Prove penetrometriche dinamiche tipo DPM (Dynamic Probing Medium) ISFFE	ml	30	€ 22,63	€ 678,90
28	Assistenza continua alle indagini geognostiche, redazione e certificazione della colonna geostratigrafica dei litotipi attraversati nel singolo sondaggio redatta in scala adeguata ed ai sensi del D.M 17/01/2018 e ss.mm.ii. e relativa documentazione fotografica del foro di sondaggio e delle carote.	ml	60	€ 17,97	€ 1.078,20

TOTALE COMPLESSIVO INDAGINI GEOGNOSTICHE

34.295,57 €

11.2. Analisi ambientali

La caratterizzazione ambientale, nel rispetto della normativa vigente, sarà svolta per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo.

In relazione alla tipologia delle opere in progetto e alla sostanziale omogeneità geologica e morfologica dei terreni in sito, le indagini previste, per numero e tipologia, saranno esaustive ai fini della caratterizzazione in posto delle terre e rocce da scavo.

Trattandosi di opere di tipo lineare si prevede l'esecuzione di saggi esplorativi, da eseguirsi con escavatore meccanico, prevedendo N.1 saggio ogni 500m di tracciato con N.2 campionamento (top-soil e entro il primo metro) e successive determinazioni di laboratorio.

PROVE DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE TERRE E ROCCE DA SCAVO TRS				
A.1	INSTALLAZIONE ESCAVATORE installazione e spostamento dell'escavatore in corrispondenza di ciascun punto di scavo, compreso il primo, per l'esecuzione di pozzetti esplorativi o per l'apertura di piste di accesso alle postazioni di sondaggio o prova, compreso l'onere dello spostamento da un punto al successivo. Per ogni installazione, compresa la prima, relativa al singolo pozzetto ed alla singola postazione di sondaggio o prova.	N.	40	€ 75,00 € 3.000,00
A.2	SCAVO DI POZZETTI ESPLORATIVI Scavo di pozzetto geognostico esplorativo a sezione obbligatoria in materiale di qualsiasi natura e consistenza, asciutto o bagnato, esclusa la roccia da mina ed i trovanti aventi ciascuno volume superiore a 1/2 mc, comprese le armature occorrenti di qualsiasi tipo, campioni di terreno a personale specializzato in condizioni di sicurezza per tutto il tempo della esecuzione della campagna di indagine, fino alla profondità massima di ml 4 dal p.c. Per ogni metro di profondità.	ml	40	€ 154,85 € 6.194,00
A.3	PRELIEVO CAMPIONI per caratterizzazione ambientale prima aliquota	N.	40	€ 40,00 € 1.600,00
A.4	PRELIEVO CAMPIONI per caratterizzazione ambientale per ogni aliquota successiva alla prima	N.	40	€ 2,00 € 80,00
COMPOSTI INORGANICI il prezzo è riferito all'analisi del singolo composto di cui alla Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.				
A.5	ARSENICO	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
A.6	CADMIO	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
A.7	COBALTO	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
A.8	CROMO TOTALE	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
A.9	CROMO VI	cad.	40	€ 14,92 € 596,80
A.10	MERCURIO	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
A.11	NICHEL	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
A.12	PIOMBO	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
A.13	RAME	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
A.14	ZINCO	cad.	40	€ 11,19 € 447,60
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI il prezzo è riferito all'analisi dell'intero gruppo di composti inclusa la sommatoria organici aromatici di cui alla Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i.				
A.15	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA) il prezzo è riferito all'analisi dell'intero gruppo di composti inclusa la sommatoria policiclici aromatici di cui alla Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i.	cad.	40	€ 62,15 € 2.486,00
IDROCARBURI il prezzo è riferito all'analisi del singolo composto di cui alla Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i.				
A.17	PESANTI C > 12	cad.	40	€ 52,83 € 2.113,20
A.18	AMIANTO. (diffrazione a raggi x oppure I.R. - Trasformata di Fourier). Il prezzo è riferito all'analisi del singolo composto di cui alla Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i.	cad.	40	€ 124,30 € 4.972,00

TOTALE COMPLESSIVO INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

€ 28.799,60

12. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO PRELIMINARE

Sulla base dei dati allo stato attuale disponibili e sulla scorta degli elementi acquisiti durante i sopralluoghi e dalla bibliografia, è stato possibile ricostruire il modello geologico geotecnico preliminare di riferimento.

Nell'area interessata dal progetto affiorano in prevalenza coperture detritiche Quaternarie e limitatamente all'altopiano di Teccu formazioni vulcanico basaltiche ed i loro prodotti di disfacimento.

Saranno interessati inoltre i terreni ascrivibili alle formazioni granitiche Paleozoiche ed ai loro differenziati (filoni e ammassi). Marginalmente ed unicamente nel settore meridionale si rileva la presenza di terreni ascrivibili al complesso metamorfico Paleozoico e riconducibili alla Formazione delle Arenarie di san Vito.

Il ristretto numero di informazioni non ha permesso, in questa fase progettuale, una caratterizzazione geologico-geotecnica di dettaglio dei terreni interferenti con l'opera in progetto, tantomeno la definizione dettagliata ed univoca delle geometrie dei corpi deposizionali.

L'insieme dei dati ha tuttavia consentito di definire una adeguata progettazione di indagini geologiche e geotecniche per la successiva fase progettuale, finalizzata sia a verificare il modello geologico preliminare proposto che a definire le caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche dei depositi e dei litotipi interessati dai lavori di realizzazione dell'opera.

13. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

La caratterizzazione ambientale, nel rispetto della normativa vigente, sarà svolta per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo e sarà inserita nella progettazione dell'opera.

In relazione alla tipologia delle opere in progetto e alla sostanziale omogeneità geologica e morfologica dei terreni in sito, le indagini previste, per numero e tipologia, saranno esaustive ai fini della caratterizzazione in posto delle terre e rocce da scavo.

14. CONCLUSIONI

Dal rilievo geologico di superficie è stato possibile ricavare il quadro geologico tecnico preliminare dell'area studiata.

Le opere previste in progetto si inseriscono in un quadro geologico ed ambientale articolato per la presenza di terreni eterogenei e dotati di differenti caratteristiche meccaniche.

Il progetto in esame non evidenzia allo stato attuale controindicazioni specifiche in merito agli aspetti geologici in generale ed altrettanto in rapporto alla stratigrafia ed all'assetto strutturale.

Dal punto di vista idrogeologico e geomorfologico, allo stato attuale, non si rilevano interferenze di rilevanza.

Il rilevamento geologico di superficie non ha evidenziato la presenza di movimenti gravitativi in atto o segni che ne presagiscano il potenziale innesco. L'elaborazione dei risultati della prevista campagna geognostica consentirà la caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo interessato dai lavori in progetto.

Sulla base delle conoscenze attuali si esprime parere positivo circa la realizzazione dell'opera in ordine ai caratteri geologici locali.

Le modifiche indotte dalla realizzazione dell'opera (peraltro assai modeste) non interferiranno con il preesistente assetto idrogeologico. Dal punto di vista delle considerazioni di carattere ambientale non si evidenziano problematiche in tal senso.

Sulla base di quanto sopra specificato, si ritiene che le opere previste dal Progetto sono fattibili sotto il profilo geologico, geotecnico e idrogeologico.

Le risultanze della campagna di indagini geognostiche in situ ed in laboratorio consentiranno di definire nel dettaglio la reale natura e consistenza dei terreni interessati dall'opera

La definizione di un modello geologico preliminare ha consentito di prevedere una campagna di indagini geologico-geotecniche per la successiva fase di progettazione definitiva.

La necessità di idonee indagini da definire nella successiva fase progettuale sarà finalizzata ad approfondire tutti gli aspetti geologico-tecnici e ambientali ed in particolare a definire gli spessori e la tessitura delle coperture, l'eventuale presenza di terreni di difficile scavabilità ed una precisa ed esaustiva valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle operazioni in progetto. La conoscenza di ulteriori aspetti sarà integrata nella successiva fase progettuale senza che, allo stato attuale delle conoscenze, ci si debba aspettare elementi che potrebbero cambiare radicalmente il quadro geologico descritto nel presente elaborato.

Cagliari, marzo 2022