



Comune di
ORISTANO
Comuni de Aristanis

Porto di Oristano - Torregrande

Lavori di riqualificazione e potenziamento del porto turistico e porto pescatori in Torregrande.

Interventi di manutenzione straordinaria e messa in sicurezza delle strutture e degli impianti esistenti.

RTP Progettazione:



(mandataria)



(mandante)

Il responsabile della integrazione tra le prestazioni specialistiche

Ing. Marco DI STEFANO

Gruppo di Progettazione:

Ing. Marco DI STEFANO

Arch. Dario DI STEFANO

Ing. Fabio DI STEFANO

Ing. Antonio LONGO

Ing. Vincenza RINALDI

Geom. Rosario DI MAIO

Geom. Emanuele SENA

Prof. Geol. Giuseppe ROLANDI

Geol. Salvatore COSTABILE

Consulenza tecnica:

Dott. Ing. Luigi SANNA

il Responsabile Unico del Procedimento:

Dott. Ing. Roberto SANNA



PROGETTO DEFINITIVO

Num. Tavola

REL.04

Cod. Elab. TRG-PD_REL.04B

Elaborato:

RELAZIONE SISMICA

DATA:

Giugno 2020

SCALA:

REV:

B



SOMMARIO

SOMMARIO1
PREMESSA.....1
NORMATIVA DI RIFERIMENTO1
INQUADRAMENTO GEOLOGICO1
CARATTERIZZAZIONE SISMICA 6
CONCLUSIONI..... 9

PROGETTISTI:			
	(mandataria)		(mandante) 1



PREMESSA

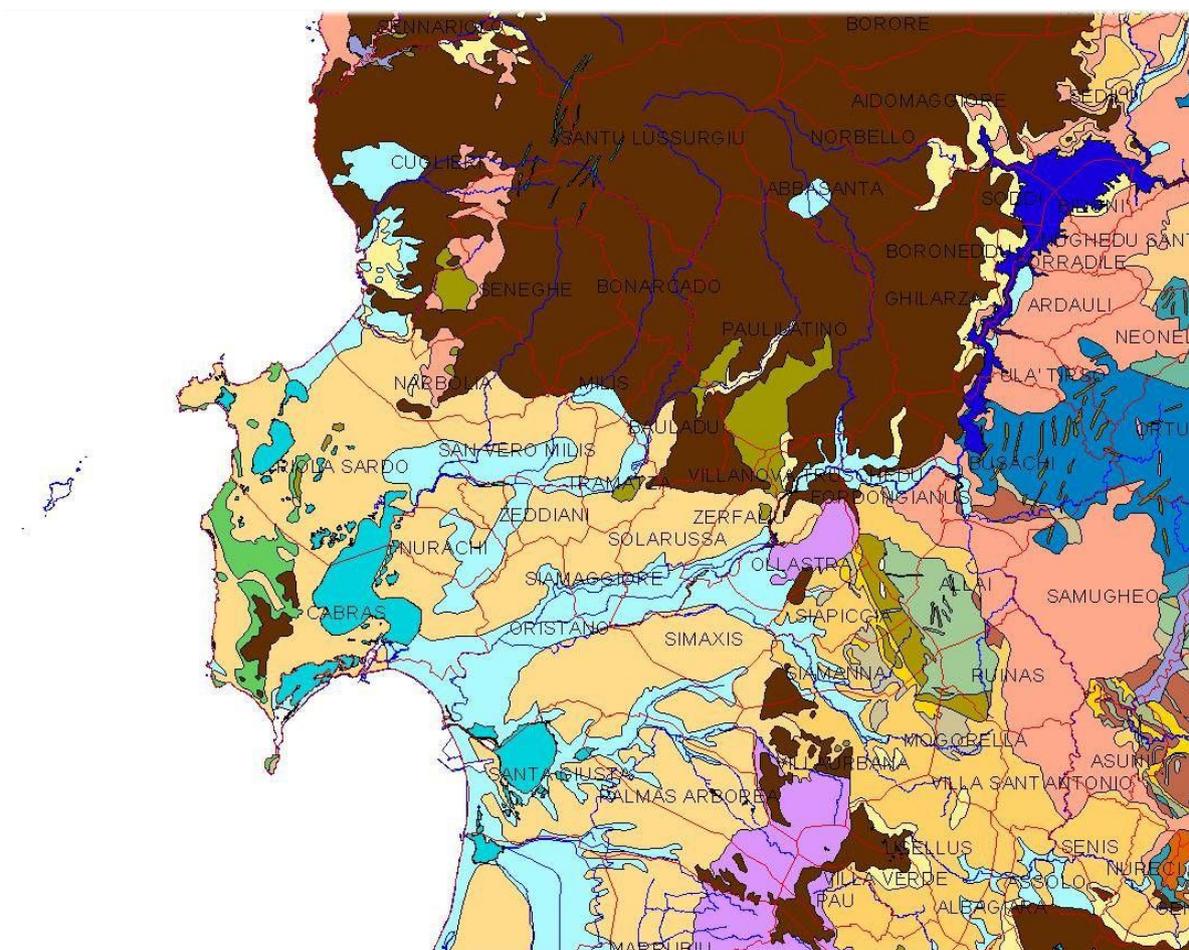
Nella presente relazione viene descritto l'inquadramento geologico e la modellazione sismica delle aree oggetto degli interventi di riqualificazione e potenziamento del porto turistico e pescatori in Torre grande (Oristano).

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni
- Circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP - Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio è costituito da terreni sedimentari e vulcanici di età terziaria e quaternaria, e quindi relativamente giovani. Fa eccezione l'Isola di Mal di Ventre, costituita invece da terreni del basamento cristallino paleozoico. La sua parte occidentale è trovata affacciata alla costa del Mar di Sardegna mentre il suo settore orientale si protende verso il bacino idrografico del Tirso.



Mappa – L'area di Cabras inquadrata nella geologia dell'area vasta

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

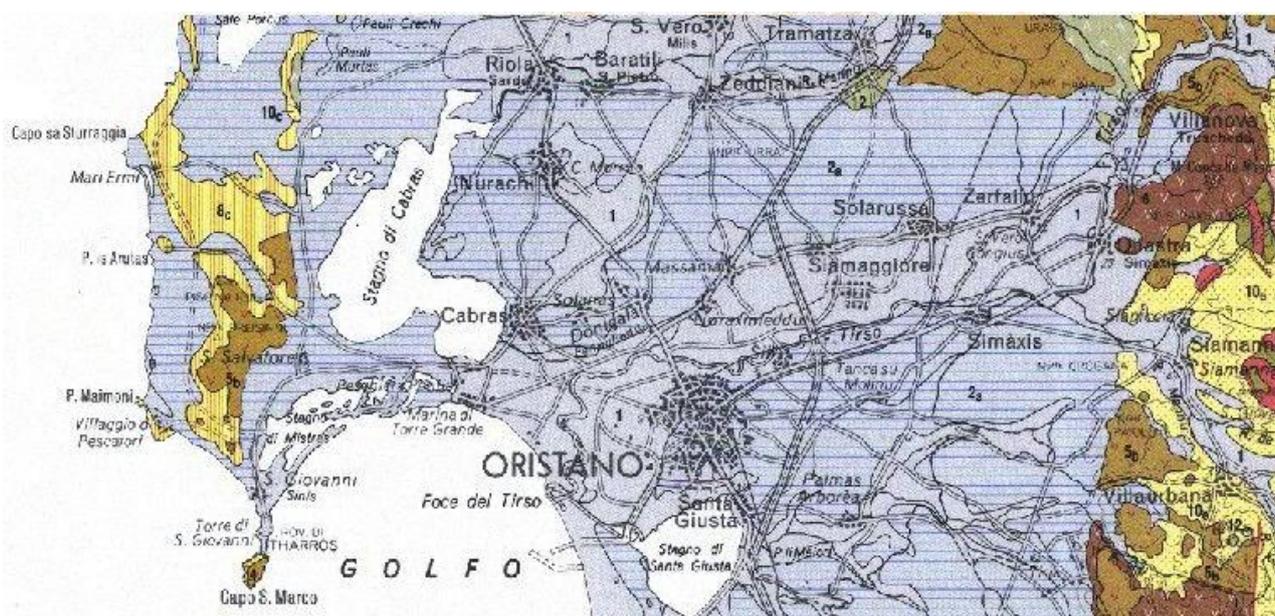
1



Il settore studiato costituisce la fascia costiera compresa tra la foce della originaria peschiera di Pontis (la foce dello Stagno di Cabras) e la foce del Tirso.

Il Campidano, una vasta superficie sub-pianeggiante o debolmente ondulata, modellata sui potenti depositi detritici plio-quaternari di varia origine, si estende per circa 100 km, con direzione NO-SE dal golfo di Cagliari al Golfo di Oristano, con una larghezza di circa 40 km, delimitata ad est e ad ovest da due pilastri tettonici, che nel Campidano di Oristano sono rappresentati dalla dorsale del Monte Grighine e dall'edificio vulcanico di Monte Arci, ad est, e dalla penisola del Sinis ad ovest. A nord la pianura è delimitata dal massiccio vulcanico del Montiferru.

La pianura oristanese costituisce l'estremità occidentale della fossa tettonica plio- quaternaria più nota come "graben campidanese", risultato del ringiovanimento, lungo i bordi paleozoici, delle direttrici tettoniche, responsabili della parte mediana e meridionale della struttura oligo-miocenica, che si sviluppava dal golfo di Cagliari a quello dell'Asinara, nota come "Fossa Sarda".



Mappa – L'area nella Carta Geologico-Strutturale (Carmignani et alii..)

La fossa oligo-miocenica è stata colmata da oltre 1.500 m di sedimenti marini quali marne, calcari, calcareniti spesso fossiliferi, alternati ad episodi vulcanici del ciclo calco-alcalino, che spesso affiorano lungo i bordi della fossa.

Durante il Plio-Quaternario nel Campidano sono stati ulteriormente depositi circa 800 m fra sedimenti e vulcaniti alcaline, che poggiano sulle formazioni più antiche del ciclo sedimentario e vulcanico oligo-miocenico.

La serie sedimentaria plio-quaternaria, di spessore variabile fra qualche decina e qualche centinaia di metri, è il risultato della colmata operata da parte del fiume Tirso e dei suoi affluenti nel Pleistocene ed Olocene.

Questa successione è costituita da sedimenti continentali, per lo più appartenenti alla Formazione di Samassi, sui quali poggiano potenti depositi alluvionali, lacustri e lagunari pleistocenici, seguiti da depositi marini e lagunari flandriani-

PROGETTISTI:

	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)	2
--	--------------	--------------------------------------	------------	---



versiliani con intercalate le lave basaltiche.

I depositi marini quaternari, rappresentati da depositi di ambiente freddo, e da depositi tirreniani tipici, sono presenti nelle sole fasce costiere.

Il sottosuolo campidanese è quindi caratterizzato dall'alternarsi di strati più o meno potenti, talora lentiformi, di ghiaie ciottoloso-sabbiose, di argille, argille limose e sabbie argillo-limose, localmente sono presenti anche dei livelli torbosi, deposti a più riprese dal Tirso e dei suoi affluenti,

che grande importanza hanno avuto nella formazione della piana e nel suo successivo modellamento.

I singoli orizzonti, spesso lentiformi, presentano spessori molto variabili da luogo a luogo, rendendo difficili le correlazioni stratigrafiche.

La sequenza stratigrafica del Campidano di Oristano è stata ricostruita sulla base dei risultati di due perforazioni profonde eseguite nei primi anni '60 per una ricerca di idrocarburi promossa dalla Regione Autonoma della Sardegna.

Il primo sondaggio eseguito presso Case Sassu (tra lo Stagno di S'Ena Arrubia e l'ex stagno di Sassu), raggiunse la profondità di 1802 m ed attraversò i seguenti terreni:

- Sabbie limi argillosi, con livelli di conchiglie marine e di stagno (Quaternario) da 0 a 33 m;
- Argille, limi e scarse sabbie ciottolose in facies alluvionale e palustre (Quaternario) da 33 a 94 m;
- Argille grigiastre, limi e rare sabbie in facies prevalentemente alluvionale, con resti di gasteropodi d'acqua dolce e di piante palustri (Pliocene sup.) da 94 a 304 m;
- Basalto, grigio scuro, compatto, in colate, da 304 a 310 m;
- "Formazione di Samassi", costituita da alternanze di limi marnoso-calcarei, talora sabbiosi, conglomerati a ciottoli di marne mioceniche prevalenti, argille e marne ad abbondanti foraminiferi miocenici e pliocenici rimaneggiati, in facies fluvio-torrentizia e subordinatamente lacustre (Pliocene medio-superiore) da 310 a 730 m;
- Marne arenacee a foraminiferi e resti di molluschi marini (Pliocene inf.) da 730 a 820 m;
- Complesso sabbioso-ciottoloso, argillo-marnoso e sabbioso-marnoso sterile (Messiniano?) da 820 a 870 m;
- Alternanze di marne ed arenarie fini di ambiente di mare aperto, a foraminiferi e lamellibranchi (Tortoniano-Burdigaliano) da 870 a 1430 m;
- Marne prevalentemente arenacee ed arenarie con intercalazioni tufacee, piroclastiche e probabilmente laviche, andesitico-basaltico, talora in giacitura caotica (Burdigaliano- Aquitaniano) da 1430 a 1802 m.

Il secondo sondaggio eseguito nella periferia sud-occidentale dell'abitato di Riola raggiunse il 1700 m di profondità ed attraversò i seguenti terreni:

- Sabbie dunari, sabbie e limi a conchiglie marine e di stagno, ricoprenti ghiaie alluvionali prevalentemente quarzose (Quaternario) da 0 a 20 m;
- Argille e limi sabbiosi con intercalazioni ghiaiose, in facies alluvionale prevalente e palustre (Quaternario – Pliocene Sup (?)), da 20 a 218 m;

PROGETTISTI:

	(mandataria)		(mandante)	3
---	--------------	--	------------	---



- Basalto grigio scuro, da compatto a bollosa, in colate, da 218 a 243 m;
- “Formazione di Samassi”, costituita da alternanze di marne arenaceo-calcaree, conglomerati a ciottoli di marne e arenarie mioceniche prevalenti, sabbie, argille torbose, limi, ad abbondanti foraminiferi miocenici e pliocenici rimaneggiati, in facies fluvio-torrentizia e subordinatamente lacustre (Pliocene medio-superiore) da 243 a 671 m;
- Marne argillose ed arenacee, a foraminiferi e resti di lamellibranchi marini (Pliocene inf.) da 671 a 729 m;
- Marne e sabbie talora grossolane, in facies marina e dubbitativamente continentali nella parte alta (Messiniano Miocene superiore-medio) da 729 a 856 m;
- Ignimbriti, andesiti e tufi associati (Miocene inf.) da 856 a 1298 m;
- Tufiti con intercalati livelli marini ad ostree (Miocene inferiore) da 1298 a 1308 m;
- Andesiti, Ignimbriti e tufi associati, talora con filoni e vene di calcedonio (Miocene inferiore – Oligocene superiore) da 1308 a 1700 m.

I basalti plio-quadernari, omologhi a quelli di Capo Frasca, di Capo San Marco e del Sinis, si trovano nel sottosuolo, disposti a gradinata, perché ribassati da una serie di faglie, parallele ed ortogonali alla direzione della fossa, mostrando profondità crescenti da nord verso sud e da est verso ovest.

La colata più superficiale, attraversata da numerose perforazioni per acqua effettuate poco a monte dell'abitato di Solarussa, si trova ad una profondità di alcune decine di metri, ricoperta da depositi alluvionali, e poggia a sua volta su altri sedimenti alluvionali di età precedente. Nelle perforazioni effettuate dall'AGIP, le colate basaltiche sono ribassate alla profondità di circa 218 metri presso Riola e di 304 metri presso Sassu.

Nell'Oristanese la pianura è attraversata dal tratto terminale del fiume Tirso e dei suoi affluenti, tale superficie è resa meno monotona dalla presenza di superfici terrazzate, lagune, stagni e piccole paludi. Questi corpi idrici, relitti di bracci fluviali e meandri abbandonati del Tirso e dei suoi affluenti, oggi in parte bonificati, ed i terrazzi fluviali testimoniano le modificazioni evolutive dei corsi d'acqua e della linea di costa legate a periodi di sedimentazione alternati a periodi di erosione.

L'area, oggi pressoché pianeggiante, è caratterizzata dalla presenza di terrazzi fluviali dovuti alle inondazioni dei fiumi gravitanti nell'area. Nella piana, nel settore caratterizzato dal talweg del Tirso, si riconoscono diversi ordini di terrazzi dal T0 attuale e subattuale al T3 legato agli eventi alluvionali più antichi.

Oltre che per la posizione topografica differente tali terrazzi possono essere differenziati anche per il tipo di depositi e per il tipo di suolo che su di essi si è evoluto. I terrazzi sub-attuali ed attuali si trovano nell'area di golena e sono costituiti da sabbie quarzose fini e ghiaie e ciottoli eteromorfi e poligenici, su di essi si sono evoluti dei suoli, denominati terreni di “Bennaxi”, che presentano elevate potenzialità per l'uso agricolo. I terrazzi più antichi, che si sviluppano a quote più alte rispetto ai primi, sono caratterizzati da livelli di ciottoli e ghiaie poligeniche ed eterometriche, in matrice sabbio-limo-argillosa ferrettizzata, fortemente addensati. Su di essi si sono evoluti dei suoli meno fertili dei precedenti, denominati terreni di “Gregori”. La piana è attraversata anche da una fitta rete di canali artificiali, realizzati dagli anni '30 fino ad oggi.

PROGETTISTI:

	(mandataria)		(mandante)	4
---	--------------	--	------------	---



Relazione sismica

In affioramento il termine più antico dei depositi detritici quaternari è rappresentato dalle alluvioni antiche terrazzate. Questi depositi, costituiti da alternanze di livelli ciottolosi, ghiaiosi e sabbiosi, in matrice argillo-limosa, con locali lenti di argilla e di torba, caratterizzati da una elevata eterometria della frazione più grossolana, non si rinvencono in affioramento nel territorio comunale.

Seguono i depositi delle alluvioni medie, rappresentati da livelli ciottoloso-ghiaiosi, ma con una maggiore frazione sabbiosa, le così dette alluvioni rimaneggiate, formatesi evidentemente, nel Pleistocene medio e superiore, dall'erosione e successiva sedimentazione di parte dei depositi alluvionali antichi, ad opera dei fiumi presenti.

Generalmente questi depositi alluvionali sono costituiti da materiali detritici provenienti dal bacino del Tirso. Le sabbie sono di tipo quarzoso-feldspatico, ed i ciottoli e le ghiaie sono costituiti da clasti di quarziti, granitoidi e rocce cristalline del basamento paleozoico della Sardegna, estesamente diffuso in affioramento nei territori attraversati dal Tirso.

Questi depositi alluvionali, per la loro origine, presentano caratteri macroscopici molto simili a quelli delle alluvioni antiche, dalle quali derivano, pertanto i limiti fra le due formazioni non sono sempre netti e facilmente riconoscibili in campagna. L'unico aiuto per la delimitazione degli affioramenti di questa formazione è dato dalla morfologia, più uniforme, rispetto a quella dei depositi antichi.

Questi terreni, che costituiscono buona parte del territorio comunale campidanese, ne occupano il settore altimetricamente più elevato compreso tra i 4 e gli 8 m slm. Essi si sviluppano con continuità dall'abitato di Cabras fino ai limiti comunali settentrionale ed orientale. A sud sono troncati in corrispondenza dell'argine destro del Tirso, dove lasciano il posto alle alluvioni recenti, e a sud-ovest dall'alveo, oggi canalizzato e rettificato, del Rio Tanui.

Localmente inglobano piccole aree depresse, vecchie paludi bonificate, dove si rinvencono invece terreni più francamente limoso-argillosi.

Nella sequenza stratigrafica seguono i depositi alluvionali ciottoloso-sabbiosi sciolti, subattuali ed attuali, che si rinvencono lungo l'alveo del Tirso, caratterizzato in questo tratto da andamento meandriforme, lungo l'alveo del Rio Tanui, e nei terreni che si sviluppano fra questi due corsi d'acqua.

Anche nel settore della foce del Tirso si rinvencono questi depositi alluvionali recenti, che nella zona più prossima alla linea di riva sfumano nelle sabbie di spiaggia e sono ricoperti dalle sabbie eoliche.

Questi depositi ciottoloso-sabbiosi, decisamente sciolti, mostrano una maggiore granulometria decisamente più minuta dei depositi alluvionali medi, con prevalenza delle frazioni argillo-limose e sabbiose. Essi derivano in parte dal rimaneggiamento dei depositi più antichi, ma è consistente anche il materiale derivante dalla deposizione del carico solido delle piene del Tirso.

Nelle zone più vicine alla costa oltre agli apporti prettamente fluviali, questi depositi hanno ricevuto consistenti apporti sabbiosi di origine eolica, provenienti dalla vicina spiaggia e dal campu dunare retrostante, quello dove negli anni '50 è stata impiantata la pineta di Torregrande.

Questi depositi, interessati nel tempo da processi pedogenetici, risultano ora ricoperti da suoli vertici anche di notevole spessore, e solo in profondità si notano meglio le facies alluvionali più tipiche.

Nel settore compreso tra la strada provinciale per San Giovanni di Sinis e quella per Torregrande le alluvioni recenti,

PROGETTISTI:

	(mandataria)		(mandante)	5
---	--------------	--	------------	---

Relazione sismica

lasciano il posto ai limi palustri, che si sviluppano attorno alla Peschiera di Pontis e nel ramo residuo dello Stagno di Sa Mardini.

Depositi argillo-limosi, talvolta torbosi, di ambiente palustre prendono il posto dei depositi alluvionali lungo la sponda sinistra dello stagno di Cabras, sviluppandosi anche nel settore a nord dell'abitato dove sono presenti gli stagni di Mar'e Pauli e di Pauli e Sali. Il passaggio fra queste due formazioni è spesso graduale, altre volte è digitato.

Di colore scuro, talvolta nerastro, sono costituiti da alternanze di fanghi nerastrati, limi-argillosi, argille e lenti di torba, accumulatisi nel tempo nelle aree più depresse della pianura, dove si sviluppavano aree palustri.

La formazione, da poco costipata a molle, presenta una certa frazione sabbiosa, derivante dall'erosione delle zone circostanti.

Il territorio comunale, così come il resto della Sardegna, non è classificato sismico. Anche l'attività vulcanica, presente ed importante in ere precedenti, risulta oggi del tutto assente.

I terreni descritti sono riportati nella carta geologica allegata dove non sono state differenziate tutte le facies presenti, perché spesso gli affioramenti, di dimensioni assai ridotte, non sono facilmente cartografabili. Nella descrizione che segue si cercherà di descrivere tutti gli eventi riconoscibili, soprattutto per quanto riguarda i depositi marini e quelli eolici, in quanto nel territorio comunale affiora una delle sequenze più complete della Sardegna, di età Pleistocene medio- superiore ed Olocene.

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

I parametri sismici utilizzati, sono stati ricavati come indicato dalla normativa vigente (NTC2018) al paragrafo 3.2, a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Ai fini della classificazione sismica del sito, si prescrive di fare riferimento alla zonazione di dettaglio del territorio nazionale redatta dall'INGV, secondo la quale il territorio nazionale è discretizzato con una maglia di punti a ciascuno dei quali corrisponde per ognuno dei seguenti parametri significativi rispetto all'evento sismico atteso un dato valore corrispondente ad un certo tempo di ritorno:

- Accelerazione massima su substrato rigido a_g ,
- Fattore di amplificazione spettrale F_0 ,
- Periodo caratteristico T_c^* .

Le coordinate geografiche del sito di interesse nel sistema WGS84 sono le seguenti:

- Latitudine: 39.90420 [°]
- Longitudine: 8.49145 [°]

È stato assunto un valore della vita nominale pari a **VN=50 anni** corrispondente ad un'opera rientrante nella **tipologia 2** (Opere Ordinarie) riferita ad opere ordinarie.

Con riferimento alle conseguenze di un'improvvisa interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le strutture rientrano nella **Classe d'uso II** a cui corrisponde un coefficiente d'uso $CU = 1.5$. Ne consegue che il periodo di riferimento per l'azione sismica è definibile come:

$$VR = VN \times CU = 50 \text{ anni}$$

La probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR, sono stabilite dalla norma in funzione dei

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	6



differenti stati limite. In funzione dei valori del periodo di riferimento V_R e della probabilità di superamento P_{V_R} , si definisce il periodo di ritorno T_R mediante la relazione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Il sito in oggetto ricadente nel comune di Oristano, località Torregrande, date le coordinate già precedentemente riportate, tramite la mappatura di microzonazione sismica fornisce i valori dei parametri di pericolosità sismica a_g , F_0 e T_c^* , con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), indicati in Tabella.

I parametri di pericolosità sismica sono valutati in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale; pertanto essi vanno opportunamente modificati in relazione alle locali condizioni di stratigrafia e alla morfologia del piano campagna.

Tabella – Parametri di pericolosità sismica

	Prob. Superamento	T_R	a_g	F_0	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0.0395	2.77	0.29
Stato limite di danno (SLD)	63	50	0.0217	2.63	0.19

A tale scopo è necessario determinare:

- la categoria di sottosuolo (tabelle 3.2.II del D.M 17.01.2018);
- la categoria topografica (tabella 3.2.IV del D.M. 17.01.2018).

Come desumibile dagli elaborati parte del progetto preliminare il sito in esame è caratterizzato da una categoria di **sottosuolo 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."

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

PROGETTISTI:

	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)	7
--	--------------	--------------------------------------	------------	---



Mentre per la topografia, essendo l'area caratterizzata da pendii e rilievi isolati di altezza inferiore a 30 m, il sito rientra nella categoria T1.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

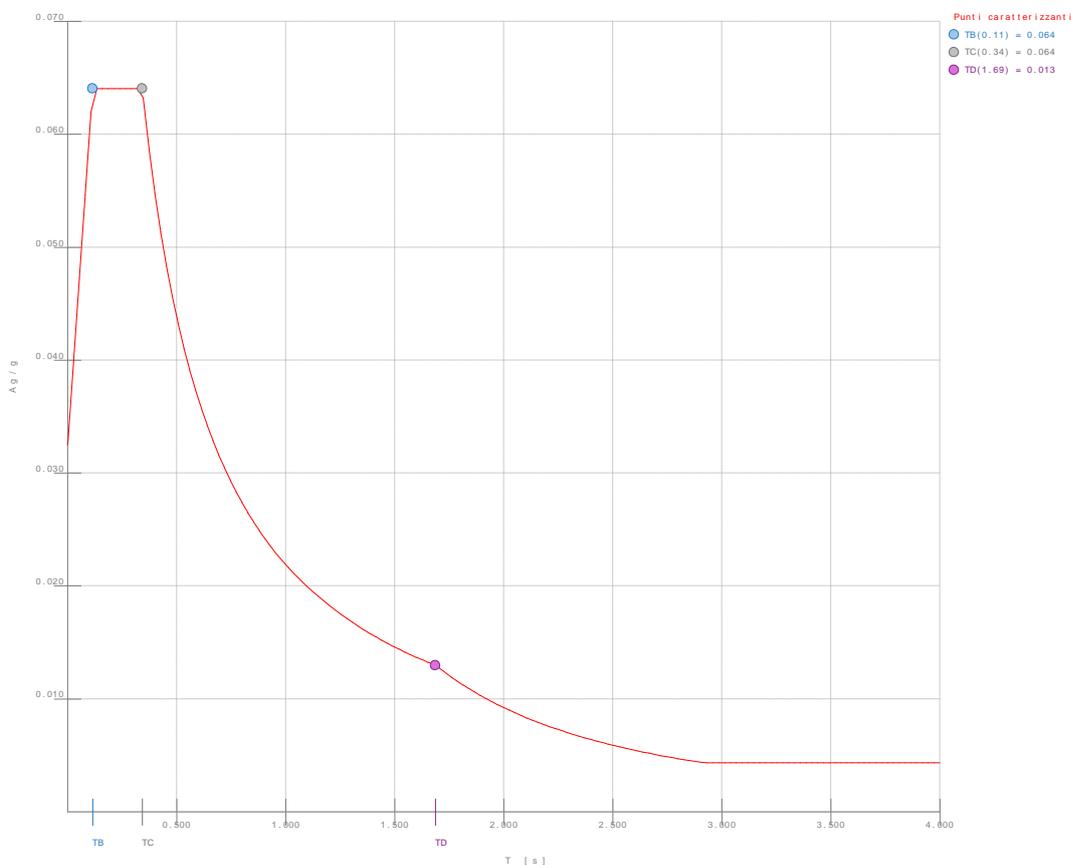
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

A partire dai valori dei parametri sismici innanzi definiti è possibile calcolare l'accelerazione massima attesa nel sito di progetto (a_{max}) e costruire i spettri di risposta elastici.

Il nuovo pontile su pali è progettato con comportamento strutturale non dissipativo (SND) e pertanto, a seinsi del pgr 7.3.1 si adotta un fattore di comportamento $q_{ND}=1.33$ ridotto rispetto al minimo relativo alla CD"B secondo l'espressione:

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1.5$$

Si riportano di seguito gli spettri di progetto allo SLD e SND:



PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

8



Figura numero 1: Spettro SLD

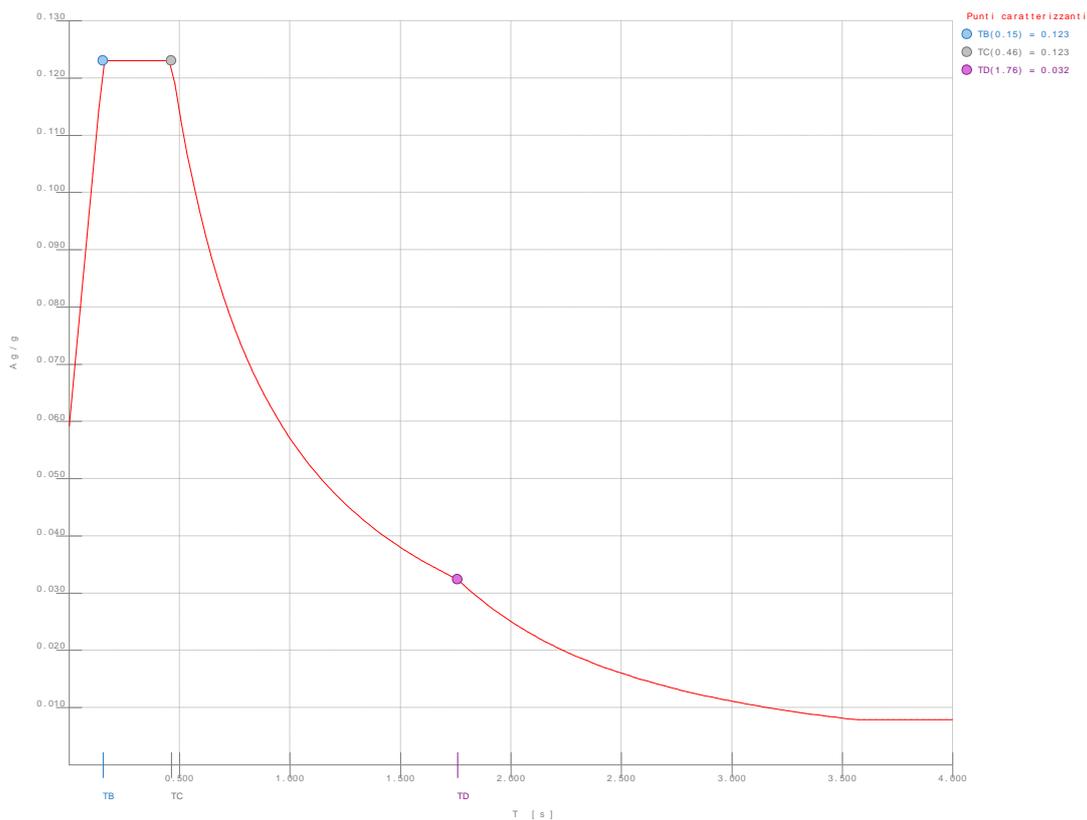


Figura numero 2: Spettro SND

CONCLUSIONI

La presente relazione ha inquadrato dal punto di vista geologico l'area di intervento ed ha determinato la pericolosità sismica di base utilizzata nella relazione di calcolo strutturale e nella relazione di calcolo geotecnico.

PROGETTISTI:

SISPI
engineering

(mandataria)

giaCONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

(mandante)

9