



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.03

Cod. Elab. TRG-PD_REL.03B

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA:

Giugno 2020

SCALA:

REV:

B



PREMESSA.....	2
1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
1.1. Normativa di riferimento a livello Regionale	3
2. Inquadramento Geografico	5
2.1. Inquadramento orografico	6
2.2. Inquadramento cartografico.....	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	7
3.1. Inquadramento geologico – strutturale.....	7
3.2. Stratigrafia del Campidano di Oristano.....	11
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	15
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	19
5.1. Acque superficiali.....	19
5.2. Acque sotterranee	20
6. CARATTERI GEOLOGICI, MORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI DEL SITO	24
7. IDROGEOLOGIA	27
7.1. Vulnerabilità e rischio idrogeologico.....	27
7.2. Indagine storica sui fenomeni di dissesto.....	28
7.3. Pericolosità geomorfologica	31
7.4. Pericolosità idraulica	33
7.5. Compatibilità Idrogeologica	34
8. GEOTECNICA	36
8.1. Indagini eseguite	36
8.2. Modello geotecnico.....	36
8.3. Caratterizzazione geotecnica	38
9. INQUADRAMENTO SISMICO	42
9.1. Normativa di Riferimento	42
9.2. Zonazione Sismica	46
9.3. Definizione della categoria del suolo di fondazione (Microzonazione)	48
9.4. Pericolosità sismica dell'area interessata dal Progetto e definizione dello spettro di risposta elastico	49
9.5. Azione sismica locale e spettro di risposta elastico dell'area in studio	57
10. CONCLUSIONI	61

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

1



PREMESSA

Nella presente relazione si descrive l'inquadramento geologico delle aree oggetto degli interventi di riqualificazione e potenziamento del porto turistico e pescatori in Torre grande (Oristano).

Per la progettazione in esame non sono state eseguite indagini geognostiche apposite ma sono stati utilizzati i dati acquisiti da indagini geognostiche eseguite nelle aree limitrofe con caratteri topografici e litostratigrafici simili, ritenute rappresentative per l'area in oggetto.

Scopo del presente lavoro è quello di:

- definire le caratteristiche geologico-strutturali, stratigrafiche, morfologiche e idrogeologiche e geotecniche dell'area interessata dall'intervento e di un congruo intorno e di ricostruire il modello geologico di riferimento, per la successiva ricostruzione del modello geotecnico da utilizzare per l'analisi terreno-fondazioni necessaria per verificare la compatibilità geologico- tecnica dell'intervento;
- l'analisi del rischio idrogeologico del settore sul quale insiste il piano di progetto per verificare la compatibilità idrogeologica dell'area in relazione agli interventi previsti;
- l'analisi del rischio sismico e la definizione della risposta sismica locale;
- la caratterizzazione tecnica dei terreni di fondazione.

Per la redazione della presente relazione non sono state eseguite indagini geognostiche ad hoc ma, sono stati utilizzate le informazioni ricavate dalla letteratura, dalla fotointerpretazione e dal rilevamento diretto dei caratteri geologici integrate con informazioni e dati acquisiti dalla scrivente in aree limitrofe e con i dati acquisiti con indagini geognostiche eseguite in aree vicine.

Il grado di approfondimento raggiunto ha consentito di raggiungere un quadro conoscitivo sufficientemente dettagliato dei caratteri geologici e sismici dell'area d'intervento e la caratterizzazione tecnica dei terreni di sedime.

Il presente lavoro, in conformità a quanto richiesto dalla normativa vigente (NTC2018), si compone di tre parti distinte:

- Relazione geologica, morfologica ed idrogeologica;
- Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base;
- Relazione geotecnica.

La relazione geologica e sismica sono state accorpate, mentre la relazione geotecnica costituisce un elaborato a parte.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	2



1. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D.M. 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- D.M. 14.01.2008 Ministero delle Infrastrutture e Trasporti – Norme tecniche per le costruzioni.
- L.R. N° 9 del 07.02.1983 – Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- L.R. della Campania N° 16/2004 “Norme sul governo del territorio”.
- L.R. n.20 del 28/07/2017, che ha introdotto significative modifiche alla L.R. 9/83
- D.G.R. N° 834 del 11.05. 2007 – Norme tecniche e direttive riguardanti gli elaborati da allegare agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, generale ed attuativa, come previsto dagli art. 6 e 30 della Legge Regionale N° 16/2004 “Norme sul governo del territorio”.
- OPCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b), espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)
- D.P.R. N° 380/2001 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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.
- D.P.C. Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica approvati dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome il 13.11.2008.
- D.P.C. – Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) – Roma 2017.
- D.P.C. – Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC) – Roma 2015.
- D.P.C. – Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ) - Roma 2017.
- D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”

1.1. **Normativa di riferimento a livello Regionale**

- Legge Regione Sardegna n. 45 del 22-12-1989 -“Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale” e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della L.R. del 15-2-1996, n.9. Adozione del PAI per la Regione Sardegna, redatto ai sensi della Legge n. 183/1989 e del D.L. n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Delib. G.R.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	3



Relazione geologica

n. 15/31 del 30-3-2004 - "Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274".

- Legge Regione Sardegna n. 19 del 6-12-2006 - "Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici".
- Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale" e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della L.R. del 15-2-1996, n.9. Adozione del PAI per la Regione Sardegna, redatto ai sensi della Legge n. 183/1989 e del D.L. n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.
- Decreto Presidente Regione Sardegna n.67 del 10-7-2006 - "Approvazione del PAI per la Regione Sardegna".
- Decreto Presidente Regione Sardegna n.35 del 21-3-2008 - "Approvazione delle Norme di Attuazione del P.A.I." che sono state aggiornate.
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni -
- Circolare 2 febbraio 2009 - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici -Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007 - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale
- Piani Territoriali di coordinamento (Province)
- Piano Strutturale e Regolam. Urbanistico

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

4



2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di intervento ricade nella Sardegna centro-occidentale, nel Campidano settentrionale ed è situata nella periferia settentrionale della città di Oristano.

Questo settore della Sardegna è delimitato a nord dal Massiccio vulcanico del Montiderru, a nord-est dall'altopiano di Paulilatino, est dal Monte Grihine e dall'apparato vulcanico del Monte Arci, a sud-est dalla Marmilla, a sud Campidano meridionale, a sud-ovest dai rilievi di Monte Arcuentu e da Capo Frasca, ad ovest dal Golfo di Oristano, e a nord-ovest dalla penisola del Sinis.

Esso è caratterizzato dalle seguenti unità fisiografiche principali:

- zone umide che caratterizzano quasi integralmente la zona occidentale,
- sistemi di spiagge e costa alta che si ritrovano da nord a sud nell'ambito, dagli espandimenti vulcanici del Monte Arci e più a sud in quelli di Capo Frasca e dalla piana alluvionale del Campidano settentrionale.

Nella seguente ortofocarta è riportato l'inquadramento dell'area (fig.1).



Fig.4.1.1–Inquadramento dell'area

Amministrativamente l'area d'indagine ricade in Provincia di Oristano, nel territorio del comune di Oristano.

Il territorio comunale è ricompreso all'interno dell'Ambito n° 9 “Golfo di Oristano” del PTP e nell'ambito del sub-bacino n°2 “Tirso”, uno dei sette sub-bacini nei quali è stato suddiviso il Bacino Unico della Regione Sardegna (Del. n. 45/57 del 30.10.1990), e ricade nelle tavole 7, 8, 9, degli

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	5



allegati cartografici del Piano Assetto Idrogeologico (PAI).

2.1. Inquadramento orografico

La regione geografica denominata Campidano è caratterizzata da un'orografia prevalentemente pianeggiante, resa meno monotona dalla presenza del tratto terminale del fiume Tirso e degli altri fiumi che sfociano nel Golfo di Oristano e dalla presenza di importanti stagni e lagune costiere.

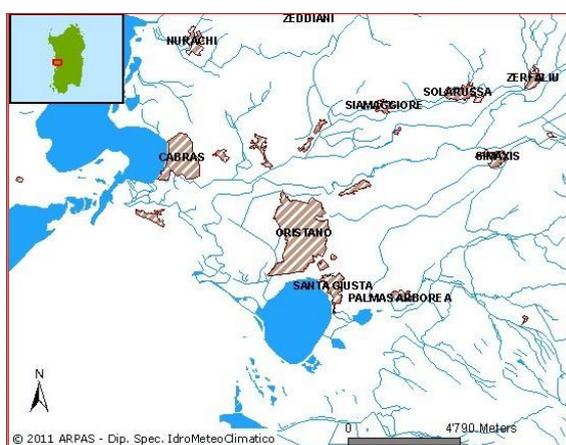


Fig. 2 – Reticolo idrografico area vasta

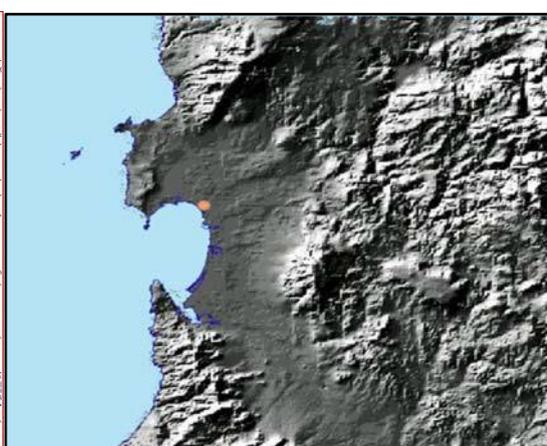


Fig. 3 - DTM area vasta

Il tratto terminale della pianura, quello nel quale ricade il settore in studio, si sviluppa a quote comprese tra circa 5,00 m slm e 2,00 m slm, che degradano dolcemente, fino a raccordarsi con il livello del mare.

2.2. Inquadramento cartografico

Il territorio di Oristano è compreso nel F° 528 sez. I - Oristano nord - e nel F°528 sez. II - Oristano sud- della Carta Topografica d'Italia dell'IGMI a scala 1:25.000.

PROGETTISTI:			
	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante) 6



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

3.1. Inquadramento geologico – strutturale

L'area in esame costituisce una piccola porzione della fascia costiera del Golfo di Oristano, geologicamente e strutturalmente parte integrante della pianura del Campidano, che si estende per circa 115 km, con direzione NO-SE, dal Golfo di Cagliari al Golfo di Oristano.

Gli eventi geologici responsabili dell'attuale assetto geo-strutturale del settore in esame si possono far iniziare nel Terziario, durante l'Oligocene medio, quando, per la collisione della placca africana con quella europea, si ebbe la rototraslazione del blocco sardo-corso e l'apertura del rift sardo, con la suddivisione del basamento cristallino paleozoico, strutturalmente già evoluto, in due horst (Tapponier, 1977). L'horst occidentale fu smembrato in blocchi, disposti in senso meridiano, rappresentati da: la Nurra, i Monti di Flumentorgiu, l'Arburese-Iglesiente ed il Sulcis di grandi dimensioni, ed altri come il sud-Algherese e l'isola di Mal di Ventre, di dimensioni assai ridotte. L'horst orientale, almeno apparentemente più omogeneo, è costituito dal complesso granitico del nord Sardegna, dalla zona assiale della catena ercinica della Sardegna nord-orientale, dalla zona a falde della catena ercinica della Sardegna centrale e dall'intrusione ercinica del Sarrabus.

La formazione della "fossa sarda", che si sviluppava dal Golfo di Cagliari a quello dell'Asinara con una larghezza di circa 40 km, fu seguita da un'intensa attività vulcanica sintettonica, che portò al parziale riempimento della stessa, come testimoniano le estese coperture vulcaniche della Planargia, del Bosano, del Montiferru, quelle carotate nel Campidano e quelle presenti ad est della dorsale del Grighini.

La subsidenza all'interno della fossa fu attiva per un lungo periodo, cosicché il mare miocenico vi penetrò, come testimoniano i numerosi affioramenti di sedimenti marini miocenici nel Meilogu-Logudoro a nord e lungo i bordi della fossa campidanese a sud, nella Marmilla e nella Trexenta ad est e di Funtanazza e del Cixerri ad ovest. Nel settore meridionale della "fossa sarda" la serie miocenica, ricostruita sulla base dei risultati di perforazioni profonde eseguite nel Campidano e delle indagini di superficie, presenta uno spessore di circa 1500 m, di cui circa 300-400 m di ambiente continentale ed il restante di ambiente marino.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

7

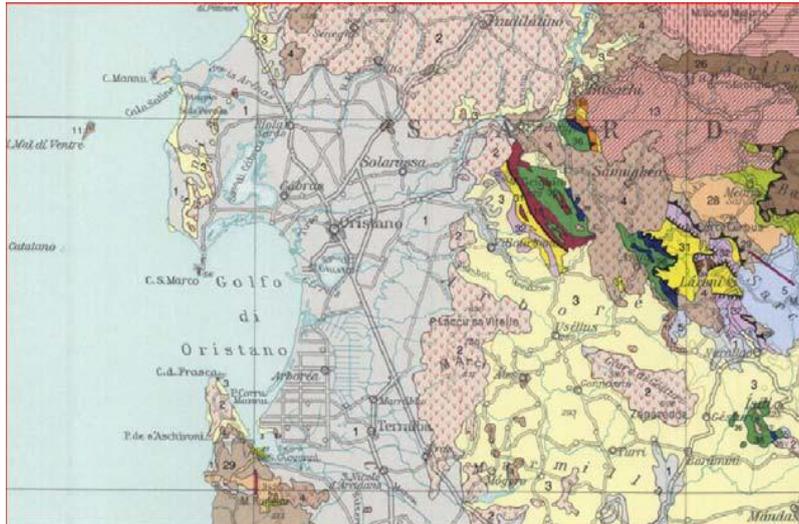


Fig. 4 - Stralcio dallo Schema geo-strutturale della Sardegna – Fonte Carmignani et alii (1982)

In relazione ai movimenti tettonici che hanno generato il bacino sedimentario oligo-miocenico i materiali che si rinvencono nella fossa sono stati suddivisi da Cherchi e Montardet (1982, 1984) in depositi pre-rift, syn-rift e post-rift, in funzione della loro posizione rispetto all'evoluzione della fossa stessa.

Nel Messiniano in seguito alla crisi di salinità del Mediterraneo occidentale, il mare miocenico si ritirò e le aree precedentemente sommerse divennero sede di un'intensa attività erosiva, come evidenziato da una netta superficie di erosione che tronca la sequenza stratigrafica miocenica.

Durante la fase di regressione si passa gradualmente da un ambiente di mare aperto ad un ambiente di mare ristretto. Questi passaggi sono testimoniati nella penisola del Sinis, dove si rinvencono depositi evaporitici messiniani.

Nel nuovo ambiente continentale, nelle aree più depresse vengono depositi i detriti asportati dagli atmosferici nelle aree altimetricamente più elevate. Si formano così i sedimenti continentali pliocenici della Formazione di Samassi.

Nel Plio-Quaternario una nuova fase tettonica a carattere distensivo, collegata con l'origine del bacino oceanico del Tirreno centro-meridionale, interessa l'isola, ed è responsabile dell'apertura del graben campidanese, che si sovrappone al settore centro-meridionale della fossa sarda, attraverso il ringiovanimento, lungo i bordi paleozoici, di una serie di faglie parallele con direzione NNO-SSE.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	8

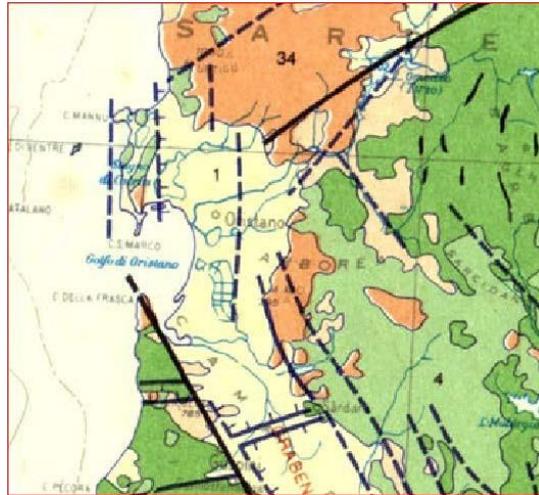


Fig. 5 - Stralcio Carta Tettonica d'Italia

A questa fase tettonica è inoltre legata un nuova fase vulcanica, a carattere alcalino, alla quale sono legate le manifestazioni vulcaniche responsabili della formazione dei grandi edifici vulcanici della Sardegna (Montiferru e Monte Arci) e della messa in posto dei basalti di piattaforma. Questi ultimi, spesso in evidente inversione di rilievo, andarono a colmare i bassi morfologici, ricoprendo i depositi detritici post-miocenici

Lungo i bordi del graben questa situazione innesca un consistente regime erosivo che in parte smantella i sedimenti miocenici.

Dal Pleistocene medio la Sardegna acquista una certa stabilità tettonica. Le oscillazioni climatiche del Quaternario, a partire dal Pleistocene, e il susseguirsi delle variazioni eustatiche, generano nell'Isola degli evidenti mutamenti morfologici.

Nell'Olocene, infine, assistiamo alla deposizione di sedimenti (alluvioni, depositi litorali, dune etc.) che conferiscono alla Sardegna l'attuale aspetto morfologico.

La successiva ripresa dell'attività erosiva, guidata dalle discontinuità tettoniche, che ha agito con maggior intensità sulle litologie più erodibili, determinò la produzione di ingenti quantità di materiale detritico. Il materiale eroso, trasportato a valle dalle acque superficiali, incanalate e non, venne depositato nella fossa del Campidano fino a colmarla, con la formazione di potenti depositi detritici. Nel Campidano la continua subsidenza e la mancanza di pendenze adeguate, ha localmente consentito il permanere di vaste zone depresse, come per esempio lo stagno di Sanluri e l'anello "lacustre" attorno al Golfo di Oristano e quello attorno a quello di Cagliari.

La pianura si affaccia sul Golfo di Oristano con una costa bassa e sabbiosa ad arco, che termina con due promontori alti e rocciosi rappresentati da Capo Frasca verso SO e Capo San Marco verso

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	9



Relazione geologica

NO. Si tratta di una spiaggia di considerevoli dimensioni, sia per larghezza sia per lunghezza, interrotta localmente dalla foce del Tirso e dalle bocche a mare delle lagune costiere. Proprio agli apporti del Tirso, rappresentati prevalentemente da sabbie e ghiaie quarzoso-feldspatiche debolmente limose, ridistribuiti dalle correnti litoranee e dal moto ondoso, si deve l'origine della spiaggia.

Una serie di stagni e paludi, oggi per lo più bonificati, e campi dunali di retrospiaggia, per buona parte rimboschiti a pino, evidenziano il passaggio tra la piana costiera e la spiaggia.

I 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 fasi evolutive dei corsi d'acqua, mentre le lagune costiere e gli stagni retrodunali testimoniano le diverse fasi evolutive della linea di costa, entrambe legate a periodi di sedimentazione alternati a fasi di erosione, conseguenti sia a fenomeni di subsidenza tettonica sia al glacio-eustatismo quaternario.



Fig. 6 - Mappa – L'area sulla Carta Geologica d'Italia 1:100.000

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	10

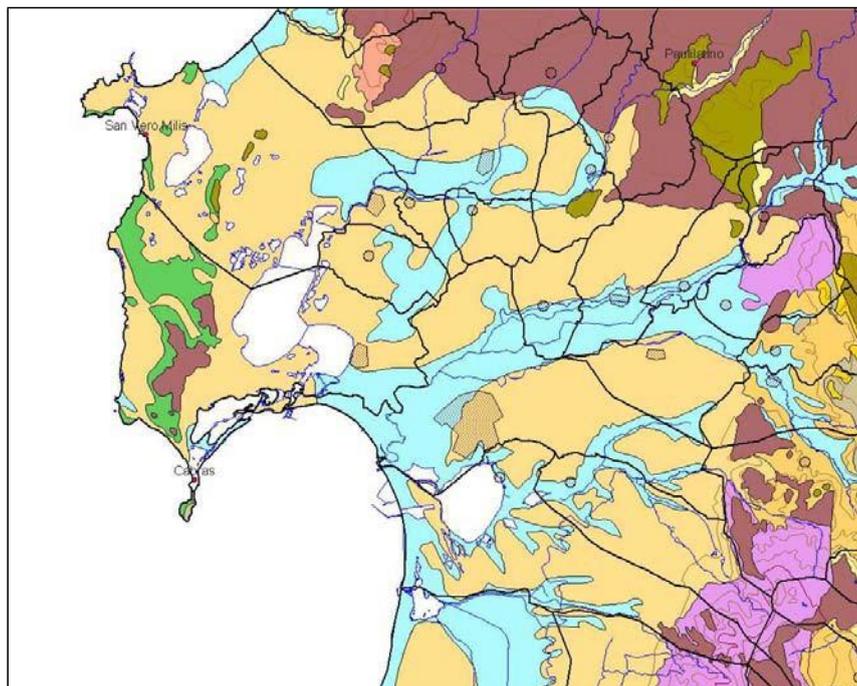


Fig. 7 Carta – La geologia dell'area vasta da (Carmignani et alii Celeste) - Alluvioni recenti oloceniche - Arancio - Alluvioni terrazzate ed alluvioni cementate pleistoceniche
Bruno - Basalti plio-pleistocenici - Viola - Rioliti plio-quadernarie
Verde-giallo - Daciti e riocaciti terziarie - Verde - Depositi sedimentari marini terziari

3.2. Stratigrafia del Campidano di Oristano

Il complesso plio-quadernario, che colma il graben campidanese, potente da alcune decine di metri fino a circa 800 metri, è costituito da sedimenti continentali, per lo più appartenenti alla Formazione di Samassi, sui quali poggiano potenti depositi alluvionali, lacustri e lagunari pleistocenici, con intercalate lave basaltiche del ciclo vulcanico alcalino, seguiti da depositi marini e lagunari flandriani-versiliani. I depositi marini quadernari, rappresentati da depositi di ambiente freddo, e da depositi tirreniani tipici, sono presenti nelle sole fasce costiere.

Il sottosuolo è 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.

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

Il basamento della serie plio-quadernaria è rappresentato dalle formazioni vulcaniche e sedimentarie oligo-mioceniche, che affiorano localmente nella fascia pedemontana, lungo i bordi della fossa,

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

11



Comune di Oristano
Riqualificazione e Potenziamento del porto turistico e porto pescatori in Torregrande
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica

dove si rinvencono anche terreni cristallini paleozoici.

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), raggiunge la profondità di 1802 m ed attraversò i seguenti terreni:

profondità m	descrizione	età
0.00 -33.00	Sabbie limi argillosi, con livelli di conchiglie marine e di stagno	Quaternario
33.00-94.00	Argille, limi e scarse sabbie ciottolose in facies alluvionale e palustre	Quaternario
94.00-304.00	Argille grigiastre, limi e rare sabbie in facies prevalentemente alluvionale, con resti di gasteropodi d'acqua dolce e di piante palustri	Pliocene sup
304.00-310.00	Basalto, grigio scuro, compatto, in colate	Pliocene (?)
310.00-730.00	"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 lacustre subordinata	Pliocene medio-superiore
730.00-820.00	Marne arenacee a foraminiferi e resti di molluschi marini	Pliocene inf.
820.00-870.00	Complesso sabbioso-ciottoloso, argillo-marnoso e sabbioso-marnoso sterile	Messiniano (?)
870.00-1430.00	Alternanze di marne ed arenarie fini di ambiente di mare aperto, a foraminiferi e lamellibranchi	Tortoniano-Burdigaliano
1430.00-1802.00	Marne prevalentemente arenacee ed arenarie con intercalazioni tufacee, piroclastiche e probabilmente laviche, andesitico-basaltico, talora in giacitura caotica	Burdigaliano-Aquitano

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

profondità m	descrizione	età
0.00-20.00	Sabbie dunari, sabbie e limi a conchiglie marine e di stagno, ricoperti ghiaie alluvionali prevalentemente quarzose	Quaternario
20.00-218.00	Argille e limi sabbiosi con intercalazioni ghiaiose, in facies alluvionale prevalente e palustre	Quaternario Pliocene sup
218.00-243.00	Basalto, grigio scuro, compatto, in colate	Pliocene (?)

PROGETTISTI:

	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)	12
--	--------------	--------------------------------------	------------	----



Comune di Oristano
Riqualficazione e Potenziamento del porto turistico e porto pescatori in Torregrande
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica

243.00-671.00	“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 lacustre subordinata	Pliocene medio-superiore
671.00-729.00	Marne argillose ed arenacee, a foraminiferi e resti di lamellibranchi marini	Pliocene inf.
729.00-856.00	Marne e sabbie talora grossolane, in facies marina e dubitativamente continentali nella parte alta	Messiniano (?) Miocene sup.-medio (?)
856.00-1298.00	Ignimbriti, andesiti e tufi associati	Miocene inf.
1298.00-1308.00	Tufiti con intercalati livelli marini ad ostree	Pliocene sup
1308.00-1700.00	Andesiti, Ignimbriti e tufi associati, talora con filoni e vene di calcedonio	Miocene inf. – Oligocene sup

Dalla lettura delle due stratigrafie risulta che, nel sottosuolo, intercalati ai depositi detritici, si incontrano una serie di colate basaltiche plio-quadernarie, omologhe a quelle di Capo Frasca, di Capo San Marco e del Sinis.

Queste colate, disposte a gradinate a causa di una serie di faglie, sono situate ad una profondità crescente verso sud. 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.

In superficie nei settori compresi tra Zerfaliu, Solarussa-Siamaggiore Nuraxinieddu, Cabras, Solanas, Donigala, Zeddiani e la fascia pedemontana del Montiferru a nord del Tirso e tra Ollastra, Simaxis, Oristano, Santa Giusta, Palmas ed Uras a sud del Tirso affiorano i depositi alluvionali antichi, composti da livelli di ciottoli e ghiaie poligeniche ed eterometriche, in matrice sabbio-limo-argillosa ferrettizzata, fortemente addensati e spesso terrazzati.

Lungo le fasce pedemontane si rinvengono depositi di conoide e di glaucis, molto simili alle alluvioni antiche del Tirso e presumibilmente ad esse coevi, ma più ricchi in elementi vulcanici, depositati dalle acque dei fiumi e torrenti provenienti dai massicci vulcanici del Montiferru e dell'Arci e dal massiccio paleozoico del Monte Grighine.

Nel settore compreso tra Donigala, Nurachi e Cabras sino a Riola e Baratili si trovano depositi alluvionali spianati, formati prevalentemente dal rimaneggiamento delle alluvioni antiche, con arricchimenti più francamente argillosi, le cosiddette alluvioni medie.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	13



Relazione geologica

Anche in questi depositi, ubicati più lontano dal corso attuale del Tirso e dei suoi affluenti, si possono riconoscere delle superfici terrazzate, raccordate con le alluvioni recenti da ripe di erosione fluviale. A sud di Santa Giusta e nel settore compreso tra Terralba e S. Nicolò Arcidano, questi depositi sono ricoperti da resti di antiche dune presumibilmente pre-tirreniane.

Lungo i corsi d'acqua affiorano le alluvioni recenti, costituite da sabbie quarzose fini e ghiaie e ciottoli eterometrici e poligenici. Su questi depositi si sono evoluti dei suoli, ad alta potenzialità per uso agricolo, conosciuti nell'area come terreni di "Bennaxi", mentre sui terrazzi più antichi si sono evoluti dei suoli meno fertili dei precedenti, denominati terreni di "Gregore".

All'interno delle alluvioni recenti si riconoscono, in corrispondenza di depressioni create dal divagare dei corsi d'acqua prima di raggiungere il mare, depositi palustri. Queste zone, oggi bonificate, costituivano le aree paludose del Campidano.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

14



4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto morfologico attuale è il risultato di processi fluviali e secondariamente eolici che, attivi durante tutto il Quaternario, in condizioni climatiche differenti dalle attuali, hanno dato luogo a ripe di erosione fluviale, meandri, terrazzi fluviali, coni di deiezione e campi dunali. Si rinvengono pertanto forme di accumulo e di erosione tipiche della dinamica fluviale e di quella eolica. La costa, bassa e sabbiosa è invece il risultato dell'azione modellante del mare.

Il Campidano di Oristano è attraversato dal tratto terminale del fiume Tirso e dei suoi affluenti, che hanno avuto un ruolo molto importante, con la loro azione di erosione, trasporto e sedimentazione, nella formazione della piana e nel suo successivo modellamento.

La vasta superficie, da sub-pianeggiante ad ondulata, modellata nei potenti depositi detritici plio-quadernari di varia origine, degrada dolcemente verso il mare. Essa è incisa dagli alvei del Tirso degli altri fiumi gravitanti nell'area, che presentano reticolo idrografico ad andamento da rettilineo a meandriforme, localmente anastomizzato. La piana è attraversata anche da una fitta rete di canali artificiali, realizzati dagli anni '30 fino ad oggi.

Superfici terrazzate, formatesi in diversi periodi ed in condizioni climatiche differenti dalle attuali, stagni, piccole paludi, lagune costiere e vasti campi dunali, interrompono localmente la monotonia del paesaggio pianeggiante.

Nella pianura si distinguono le seguenti unità geomorfologiche:

- Le alluvioni antiche terrazzate
- Le conoidi alluvionali ed i glaciis
- Le alluvioni medie
- Le alluvioni recenti
- Le aree palustri e delle paludi bonificate
- Il sistema costiero e la foce del Tirso

Le alluvioni antiche terrazzate, substrato di tutta la zona, consistono in depositi sabbioso-ciottolosi, sedimentati nel Plio-Quaternario dal paleo-Tirso e dai fiumi minori che attraversano la pianura.

Questi depositi un tempo costituivano la gran parte della pianura del Campidano. La successiva opera di modellamento, sono stati parzialmente smantellati e modellati dalla successiva erosione fluviale tanto che oggi si presentano generalmente terrazzati. I terrazzi fluviali, debolmente ondulati, sono separati da piccole vallecole nelle quali si instaura una rete idrografica attiva solo in occasione di forti

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

15



Relazione geologica

precipitazioni. Essi sono caratterizzati da bordi generalmente netti e sono raccordati ai terreni più recenti da scarpate di erosione fluviale, oramai inattive, più o meno acclivi, dove agiscono il dilavamento diffuso ed il ruscellamento incanalato, che localmente ha prodotto piccoli solchi di erosione. I terrazzi più ampi si trovano tra Solarussa-Siamaggiore e la Carlo Felice, dove raggiungono altezze intorno ai 40 metri slmm e nel settore prospiciente il Monte Arci.

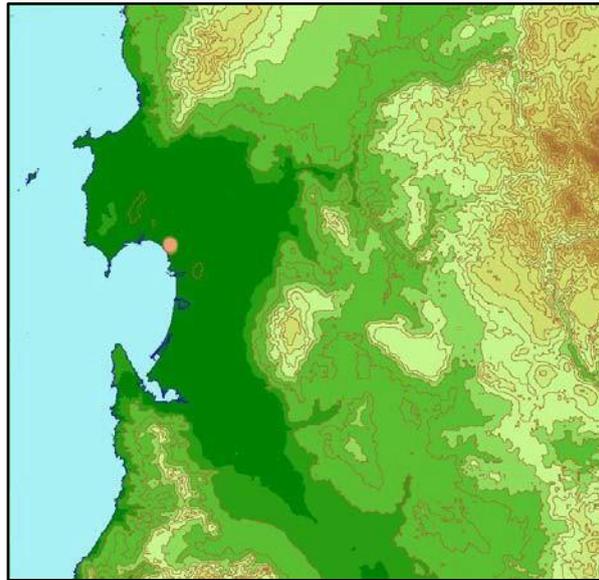


Fig. 8 Mappa – L'andamento dell'altimetria nell'area vasta circostante Oristano (in arancio)

Le conoidi alluvionali ed i glacis sono localizzati nella fascia pedemontana dei rilievi che delimitano la pianura. I depositi di conoide, caratteristici per la loro forma a ventaglio, sono il risultato della deposizione di ingenti quantità di materiale detritico trasportato a valle dalle acque incanalate provenienti dai rilievi al loro sbocco in pianura, per il brusco decremento della velocità dell'acqua. Nel settore di raccordo tra l'Arci e la pianura prevalgono i glacis detritici, che devono la loro origine all'arretramento parallelo dei versanti rocciosi, per erosione areale. Questi depositi detritici, così come le alluvioni antiche, sono stati successivamente incisi e localmente terrazzati.

Esse sono costituite prevalentemente dal rimaneggiamento e rideposizione del materiale detritico asportato, dall'azione erosiva dei fiumi, dalle alluvioni antiche, modificato con il deposito di termini più francamente argillosi. Esse danno luogo a superfici terrazzate, raccordate con le alluvioni recenti da modeste ripe di erosione fluviale, evidenziate da piccole rotture di pendio. Questi terreni nel settore meridionale del Campidano di Oristano mostrano le superfici debolmente ondulate per la presenza di resti di antiche dune, formate per accumulo successivo di sabbie eoliche, trasportate nell'entroterra

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

16



dai venti dominanti (maestrale e ponente).

I depositi più recenti, i cosiddetti terreni di “Bennaxi”, si trovano lungo le rive del Tirso, del Mare Foghe, del Mogoro e dei loro affluenti. Questi terreni costituiscono delle ampie superfici sub- pianeggianti, debolmente degradanti verso ovest, più o meno incise dall’azione del fiume che le attraversa. Lungo gli alvei si possono riconoscere delle piccole ripe di erosione fluviale. Queste alluvioni costituiscono i terrazzi più recenti. All’interno delle alluvioni recenti si riconoscono delle aree depresse, create dal divagare dei corsi d’acqua nella pianura prima che raggiungessero lo sbocco a mare. Queste zone, oggi bonificate, costituivano le aree paludose del Campidano. Le paludi sono numerose e punteggiano la vasta zona tra lo stagno di Cabras, il Mare Foghe e il Tirso, la zona della bonifica di Sassu ed ancora la piana di Arborea.

Nel contesto della pianura l’attività antropica è attualmente il processo morfogenetico più intenso. Gli insediamenti urbani, rurali e le infrastrutture, oltre alle attività economiche, stanno modificando velocemente l’assetto morfologico dell’area. Vaste porzioni di pianura sono state profondamente scavate per il prelievo di materiali per inerti, con la creazione di ampie e profonde cave che spesso, intercettando la falda freatica, si trasformano in laghetti. Altre sono state spianate a fini agricoli, rendendo spesso difficile il riconoscimento delle forme originarie dell’area.

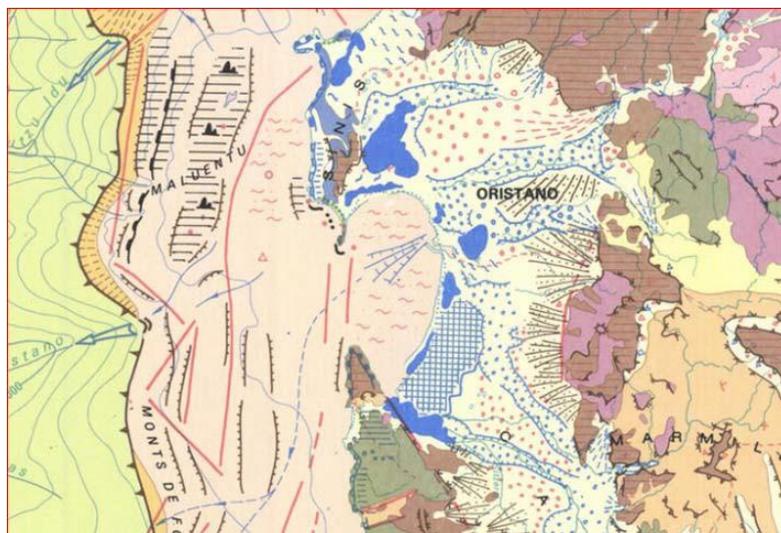


Fig.9 Stralcio della Carta Geomorfológica della Sardegna marina e Continentale – Fonte A. Ulzega et alii (1988)

Il sistema costiero e della foce del Tirso, formato da una costa bassa sabbiosa, che termina con gli alti promontori rocciosi di Capo San Marco e Capo Frasca. Esso è caratterizzato da vasti campi dunali di retrospiaggia e da stagni e lagune costiere.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	17



Relazione geologica

La spiaggia sabbiosa ad arco borda la pianura con continuità, interrotta solo localmente dalla foce del Tirso e dalle bocche a mare delle lagune costiere. Essa è il risultato della ridistribuzione ed accumulo dei materiali detritici trasportati dal Tirso e dagli altri fiumi che sfociano nel golfo, operata nel tempo dal moto ondoso e delle correnti litoranee. La spiaggia mostra un profilo longitudinale regolare a pendenza media, con la berma di tempesta evidente solo dopo le forti mareggiate.

Le spiagge del settore settentrionale sono in persistente avanzamento dalla seconda metà del secolo scorso, ad eccezione di piccoli settori localizzati, di contro quelle del settore centrale e meridionale sono in erosione. Un cordone dunale, delimita l'avanspiaggia dalla retrospiaggia, dove i venti dominanti hanno formato campi dunali di dimensioni variabili, oggi quasi interamente stabilizzati da impianti a pino, come a Torregrande e ad Arborea. A ridosso dei cordoni dunali spesso si rinvengono piccole depressioni, che nel periodo delle piogge danno luogo a piccole paludi e stagni temporanei. Bacini idrici di dimensioni assai più grandi sono invece le lagune, più note come stagni, che nell'oristanese caratterizzano il passaggio fra l'ambiente costiero e la pianura. Esse si sono formate per accrescimento successivo di barre sabbiose, ad opera del mare e subordinatamente del vento, che, delimitando alcuni settori del mare del golfo, hanno dato luogo a questi bacini idrici salmastri. Tra queste le più importanti sono quella di Cabras e quella di Santa Giusta.

Nel settore costiero, ugualmente fortemente antropizzato, i processi di dinamica costiera ed eolica sono sempre attivi, anche se spesso subiscono le interferenze determinate dell'attività dell'uomo.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

18



5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

5.1. Acque superficiali

Il bacino idrografico del Tirso, nella suddivisione del Bacino Unico della Sardegna in sottobacini, costituisce l'U.IO n. 2, dove l'unico corso d'acqua principale del bacino è il Tirso.

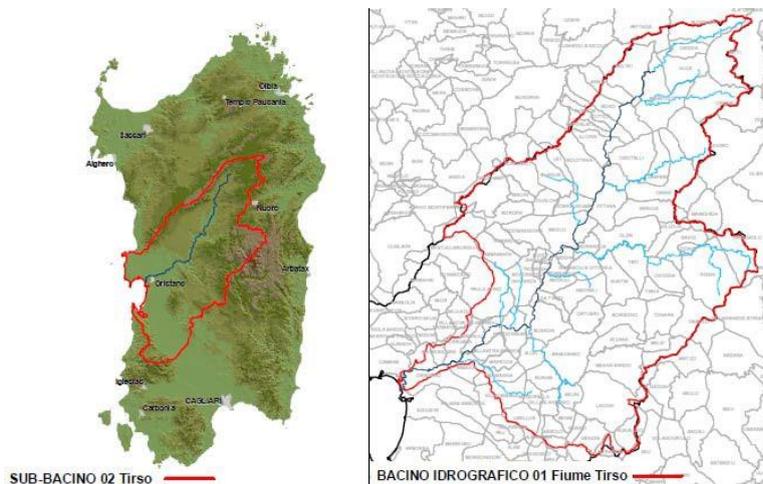


Fig.10. Bacino idrografico del fiume dell'U.I.O n 2 - Tirso

Il fiume Tirso ha origine nell'altopiano di Buddusò tra i rilievi di Monte Longos (925 m slm) e Sa Ianna Bassa (955 m slm) e dopo aver attraversato la Sardegna centrale con andamento sfocia nel golfo di Oristano presso lo stagno di Santa Giusta ricoprendo una superficie di circa 3.287 kmq

La circolazione idrica superficiale è pertanto controllata dalla presenza del fiume e dai numerosi canali di scolo a servizio della rete di irrigazione del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese (CBO). Il sistema idraulico locale, rappresentato dai canali di scolo del sistema di infrastrutturazione irrigua, è stato in parte obliterato con la trasformazione dei terreni agricoli nel sistema insediativo, anche se le acque di precipitazione del settore di interesse sono ancora raccolte e drenate attraverso la rete di canalizzazione agricola.

Il sistema dei canali di scolo consortili trasferisce le acque superficiali, tramite il Canale di San Giovanni, allo stagno di Santa Giusta che è collegato al mare con il Canale di Pesaria.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

19



5.2. Acque sotterranee

Le indagini eseguite hanno permesso di delineare l'assetto idrogeologico dell'area d'interesse, caratterizzata da una certa complessità derivante dai differenti caratteri idraulici delle formazioni geologiche che costituiscono il sottosuolo e dai rapporti geometrici e giaciture delle stesse.

La pianura del Campidano, di chiara impostazione tettonica, è il risultato della colmata da parte di potenti depositi detritici plio-quadernari del graben campidanese.

Alle ultime fasi di sedimentazione del Pleistocene e dell'Olocene si deve la sequenza di facies fluviali, deltizie, lacustri, palustri e marine che hanno portato alla caratteristica alternanza, sia pure variabile da luogo a luogo, di depositi ghiaiosi, sabbiosi ed argillo-limosi. In prossimità della costa non mancano locali depositi di sabbie di spiaggia ed eoliche, così come nelle aree prossime ai bordi strutturali sono frequenti conoidi alluvionali e coni di detrito.

Sulla base delle caratteristiche idrauliche delle diverse formazioni presenti nell'area in esame sono state identificate le principali unità idrogeologiche.

Nell'identificazione delle unità idrogeologiche, una prima discriminazione è stata fatta suddividendo le formazioni permeabili per porosità da quelle permeabili per fratturazione.

Successivamente, all'interno dei due singoli gruppi sono state definite, qualitativamente, le diverse classi di permeabilità, e ad esse sono state associate le litologie che, sulla base dei caratteri idraulici, ricadono generalmente in una determinata classe di permeabilità. Le litofacies, caratterizzate dallo stesso tipo di permeabilità e ricadenti nella stessa classe di permeabilità sono state aggregate per formare le unità idrogeologiche.

Le unità idrogeologiche così definite sono state successivamente comparate con le tipologie dei complessi idrogeologici uniformi, previste nel Decreto Legislativo 16 marzo 2009, n. 30. "Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento".

Acronimo	Complessi idrogeologici
DQ	Alluvioni delle depressioni quadernarie
AV	alluvioni vallive
CA	Calcari
VU	Vulcaniti
DET	Formazioni detritiche degli altipiani plio- quadernarie
LOC	Acquiferi locali
STE	Formazioni sterili

Tabella 1 - Tipologie di complessi idrogeologici uniformi a livello nazionale previste dal d.lgs 30/2009

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	20



Relazione geologica

Nella carta seguente sono riportati i corpi idrici degli acquiferi sedimentari plio-quadernari presenti nell'area vasta del Campidano di Oristano estratta dal PTA.

La complessa geometria delle diverse facies non permette facili e sicure correlazioni stratigrafiche di dettaglio.

La semplificazione della situazione stratigrafica porta all'individuazione di quattro unità idrogeologiche caratterizzate da diversa permeabilità:

- La formazione delle alluvioni e delle conoidi alluvionali antiche.

Questi terreni mostrano nel complesso una permeabilità bassa per la presenza di potenti orizzonti conglomeratici ad abbondante matrice fine, localmente cementati ed addensati e livelli limo-argillosi poco permeabili, intercalati a livelli francamente sabbiosi e ghiaiosi che possono presentare permeabilità media e localmente alta;

- Le alluvioni medie

Costituite dagli stessi terreni detritici della formazione precedente, ma meno addensate e poco cementate presentano una permeabilità da bassa a media;

- Le alluvioni recenti

Poco cementate e poco costipate, spesso ghiaiose-sabbiose, presentano nel complesso una permeabilità media che, in funzione della percentuale dei materiali fini presenti, può decrescere od aumentare consistentemente.

- I terreni argillo-limosi delle aree paludose

Sono caratterizzati da permeabilità da bassa a molto bassa.

- Le dune costiere e le sabbie di spiaggia

Sono caratterizzate da permeabilità alta per porosità.

All'interno di tali unità si rinvengono:

- Acquiferi freatici e semiconfinati principali.

Generalmente molto superficiali si rinvengono nelle alluvioni sabbioso-ciottolose più recenti e nelle sabbie eoliche. Essi sono alimentati principalmente dal corso di subalveo dei principali corsi d'acqua che solcano il Campidano, dal drenaggio dei numerosi canali di bonifica e dalla stessa infiltrazione efficace alimentata dalle acque di irrigazione e da quelle meteoriche.

Anche l'idrografia sepolta contribuisce ad alimentare queste falde acquifere. Questi acquiferi sembrano essere limitati ai depositi alluvionali suddetti, che si rinvengono in varia misura lungo gli alvei attuali e sepolti dei corsi d'acqua. Risulta, infatti, difficile, per la complessità della rete idrografica superficiale e sepolta, ipotizzare la continuità areale di tali acquiferi.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

21



Relazione geologica

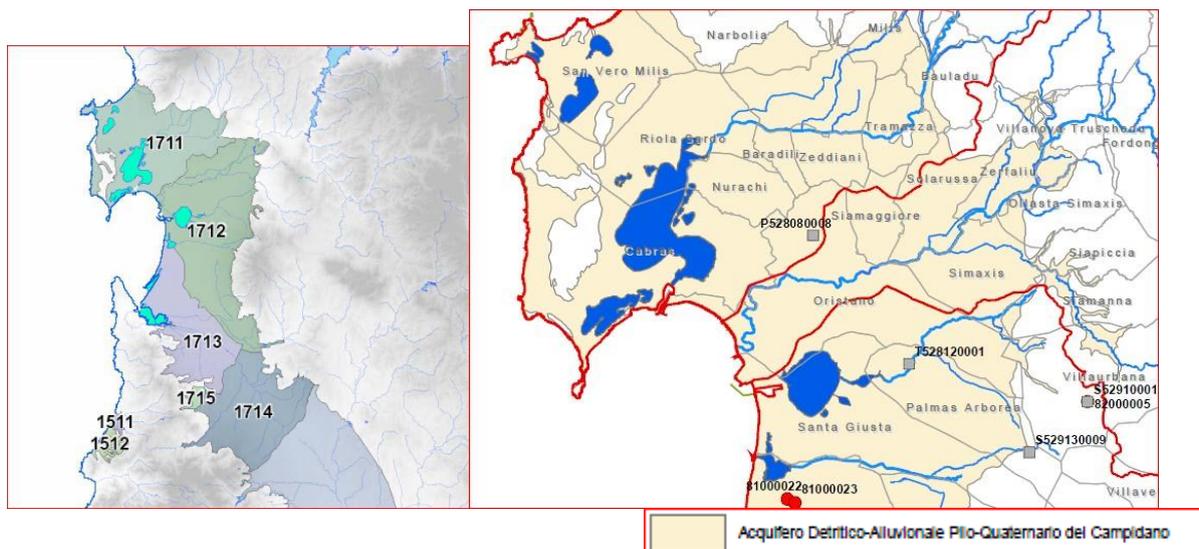


Fig. 11 Mappa - Corpi idrici sotterranei degli acquiferi sedimentari plio-quaternari (fonte RAS)

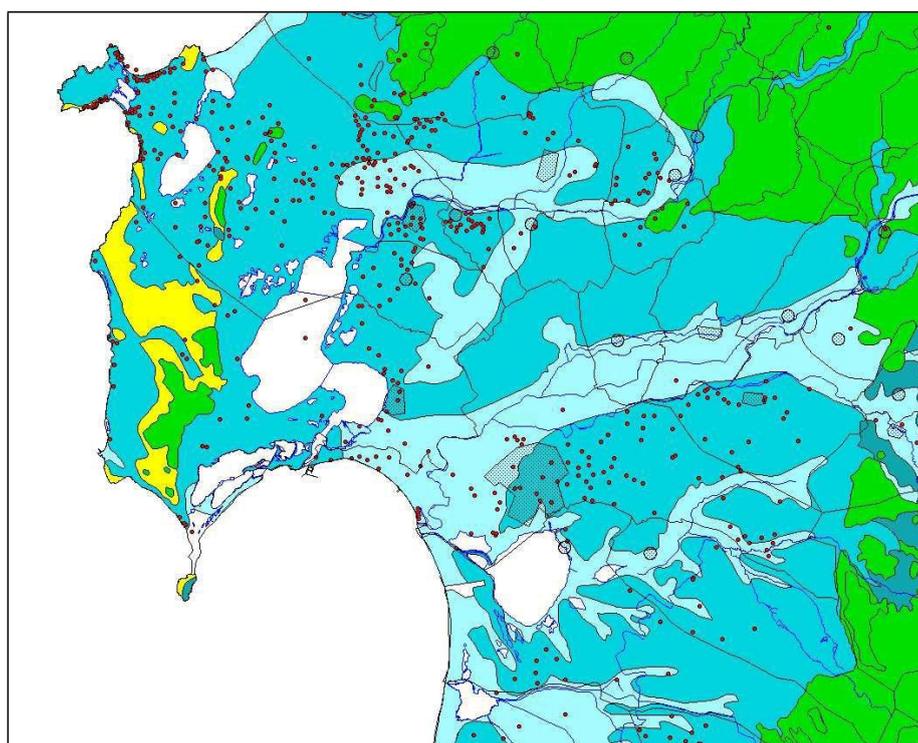


Fig.11 Mappa – La distribuzione della permeabilità e dei pozzi

- Acquiferi freatici e semiconfinati secondari:

Le formazioni detritiche della fascia pedemontana e le alluvioni antiche sono rappresentate in celeste (permeabilità media per porosità), i terreni quaternari sciolti in celeste (permeabilità alta per porosità). In verde sono riportate le vulcaniti terziarie e quaternarie (permeabilità media e alta per fratturazione)

PROGETTISTI:			
	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)
			22



Relazione geologica

mentre le formazioni carbonatiche sono in giallo (permeabilità per *carsismo*).

Si rinvencono sul bordo settentrionale del Campidano dove affiorano i terreni alluvionali e le conoidi antiche, caratterizzati da una percentuale maggiore di componente fine, addensati e localmente ben cementati e ferrettizzati e nelle alluvioni medie. Essi presentano potenza ed estensione limitata e produttività nettamente inferiore.

- Acquiferi profondi, presumibilmente multistrato

Si rinvencono nei livelli più francamente sabbioso-ghiaiosi delle alluvioni antiche, intercalati a livelli limo-argillosi a permeabilità molto bassa. Lungo il bordo settentrionale della pianura hanno sede nelle vulcaniti basaltiche interstratificate nelle alluvioni. Questi acquiferi sembrano essere comunicanti tra loro e localmente anche con gli acquiferi più superficiali per la discontinuità degli strati confinanti. Essi, spesso in pressione e talvolta anche artesiani, sono alimentati prevalentemente dalle acque superficiali che si infiltrano lungo i bordi della pianura in corrispondenza delle discontinuità strutturali. Essi, anche se i prelievi sono spesso elevati, non mostrano nel tempo variazioni di portata rilevanti e non risentono in maniera evidente dell'andamento delle precipitazioni.

La profondità del livello idrostatico superficiale, ricostruito sui dati puntuali di una serie di pozzi misurati, segue generalmente l'andamento della superficie topografica arrivando localmente a dar luogo a delle depressioni con quote di circa -1.5 m rispetto al livello del mare.

In caso di perdurante siccità il livello freatico delle falde superficiali tende ad abbassarsi. A risentire di questo problema sono generalmente i pozzi a cassa, numerosi nei centri abitati. Non mostrano invece abbassamenti correlati alla siccità i pozzi trivellati.

Nella fascia costiera, in seguito alla scarsa ricarica, gli emungimenti eccessivi stanno provocando la graduale salinizzazione delle falde per effetto dell'ingressione di cunei salati e salmastri. Il fenomeno della salinizzazione è accentuato anche dal fatto che durante la stagione secca, in particolari condizioni di vento e di mare, cunei di acqua di mare, non contrastati dagli scarsi deflussi superficiali dei fiumi, possono risalire lungo gli alvei dei corsi d'acqua per parecchi chilometri dalla foce.

I dati acquisiti mostrano che le falde profonde confinate e semiconfinate sono state messe in comunicazione tra di loro e con le falde freatiche dai numerosi pozzi perforati, rendendo tutto il sistema particolarmente vulnerabile.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

23



6. CARATTERI GEOLOGICI, MORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI DEL SITO

In questo capitolo sono descritti i caratteri geologici, stratigrafici morfologici ed idrogeologici del sito direttamente interessato dal progetto.

Le informazioni acquisite nel corso dei rilievi geologici e geomorfologici di campagna, delle indagini in sito eseguite ed i dati reperiti in letteratura hanno consentito di definire con una sufficiente approssimazione la situazione stratigrafica del sito in esame.

Il sito in esame costituisce una piccola porzione del Campidano di Oristano, ed è caratterizzato dall'affioramento di formazioni detritiche quaternarie, rappresentate da sedimenti recenti e attuali, in facies alluvionale, palustre, lacustre e marina, eterogenei per origine e granulometria. Tutta l'area è costituita da una sequenza di sedimenti di fascia di transizione, variabili da palustre ad alluvionali franchi.

L'area in progetto è costituita da depositi alluvionali eterogenei, costituiti da limi, limi sabbiosi, limi argillosi, sabbie argillo-limose. Si tratta di terreni, granulari, sciolti o poco addensati, a granulometria variabile.

Nella figura 8.1 è riportata la carta geologica dell'area vasta, mentre nella figura 8.2 la carta geologica del sito.

Si tratta di depositi alluvionali eterogenei, sciolti, sabbioso-limosi o sabbio ghiaiosi in profondità (OLOCENE), passanti a depositi di ambiente palustre costituiti da limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. (OLOCENE).

La ricostruzione del modello geologico di riferimento è stata basata sulle stratigrafie, eseguite negli anni 70-80 dalla ICOS.

Le stratigrafie consultate confermano che il sottosuolo è 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. I singoli orizzonti, spesso lentiformi, presentano spessori molto variabili da luogo a luogo, rendendo difficili le correlazioni stratigrafiche.

I termini presenti nel sottosuolo sono stati accorpati, sulla base di considerazioni prevalentemente qualitative, in 5 strati principali, ed il modello geologico di riferimento ricostruito, dall'alto in basso è riportato nella fig. 8.3.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	24



<u>profondità</u>	<u>spessore</u>	<u>descrizione</u>
0,00 – 0,20	0,20	Suolo vegetale bruno con frustoli vegetali
0,20 – 0,80	0,60	Argilla limosa bruno-marrone, localmente sabbiosa, con resti di radici
0,80 – 1,50	0,70	Argilla limosa bruno-marrone localmente debolmente sabbiosa, poco competente
1,50 2,00	0,50	Sabbia-ghiaiosa quarzosa, in matrice argillo-limosa bruna marrone, poco addensata
2,00 4,00	2,00	Argilla limosa bruno marrone, plastica con lente ciottoloso-sabbiosa a – 2,45
4,00 4,95	0,95	Argilla grigio nerastra mediamente competente
4,95 8,00	3,05	Sabbia quarzosa grigio-nerastra fine, localmente grossolana, debolmente argillo-limosa, poco addensata
8,00 8,35	0,35	Argilla nerastra, debolmente limosa, plastica con frammenti di conchiglie
8,35 15,00	1,65	Ghiaia e sabbia grigiasta, debolmente argillo-limosa. Diam max 7 cm mediamente addensata

Fig. 12 – Schema stratigrafico

Il sottosuolo si presenta nel complesso sommariamente omogeneo arealmente, mentre mostra alcune differenze negli spessori dei singoli strati identificati.

Esso è caratterizzato da alternanze di materiali con caratteristiche tecniche da discrete a scarse, molto variabili, in ambiti molto ristretti. Questo fatto può determinare cedimenti differenziali anche importanti, come è ben visibile in molti edifici della città, sia quelli con fondazioni profonde, sia quelli con fondazioni superficiali.

Le indagini eseguite hanno permesso di delineare l'assetto idrogeologico del sito d'interesse.

La circolazione idrica superficiale dominata dalla presenza del fiume e dai numerosi canali di scolo a servizio della rete di irrigazione del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese (CBO).

Il sistema dei canali di scolo consortili trasferisce le acque superficiali, tramite il Canale di San Giovanni, allo stagno di santa Giusta, che è collegato con il mare tramite il Canale di Pesaria.

La circolazione idrica sotterranea si svolge nei livelli granulari della alluvioni recenti del Tirso.

PROGETTISTI:			
	(mandataria)		(mandante) 25



Relazione geologica

I suoli superficiali, composti prevalentemente da frazioni argillose e limose, sono caratterizzati da ridotta circolazione idrica.

Nel sottosuolo investigato con i sondaggi geognostici fino alla profondità di -15 m da p.c. è stata incontrata l'unità idrogeologica delle alluvioni recenti.

Questa unità, costituita da livelli argillo limosi e livelli sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, presenta nel complesso una permeabilità media che, in funzione della percentuale dei materiali fini presenti, può decrescere o aumentare consistentemente.

In questa unità idrogeologica si trovano acquiferi freatici e semiconfinati principali.

Essi sono alimentati principalmente dal corso di subalveo del Tirso e dal drenaggio dei numerosi canali di bonifica e dalla stessa infiltrazione efficace alimentata dalle acque meteoriche. Anche l'idrografia sepolta contribuisce ad alimentare queste falde acquifere.

Tutte e tre le perforazioni eseguite hanno incontrato una falda semiconfinata alla profondità di - 2,00 m - 1,80 m da p.c.. Il livello idrostatico si stabilizza intorno a -1,80 m da p.c., ma in funzione dell'andamento pluviometrico lo stesso può risalire anche fino a - 1,50 m da p.c..

Il livello idrostatico, in funzione della stagione e dell'andamento delle precipitazioni, può subire modifiche, come riscontrato nei pozzi presenti nelle aree vicine.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	26



7. IDROGEOLOGIA

Le indagini eseguite hanno permesso di delineare l'assetto idrogeologico dell'area d'interesse.

La circolazione idrica superficiale dominata dalla presenza del fiume e dai numerosi canali di scolo a servizio della rete di irrigazione del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese (CBO).

Il sistema dei canali di scolo consortili trasferisce le acque superficiali, tramite il Canale di San Giovanni, al Canale di Pesaria.

La circolazione idrica sotterranea si svolge nei livelli granulari della alluvioni recenti del Tirso.

I suoli superficiali, composti prevalentemente da frazioni argillose e limose, sono caratterizzati da ridotta circolazione idrica.

Nel sottosuolo investigato con i sondaggi geognostici fino alla profondità di -25 m da p.c. è stata incontrata l'unità idrogeologica delle alluvioni recenti.

Questa unità, costituita da livelli argillo limosi e livelli sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, presenta nel complesso una permeabilità media che, in funzione della percentuale dei materiali fini presenti, può decrescere o aumentare consistentemente.

In questa unità idrogeologica si trovano acquiferi freatici e semiconfinati principali.

Essi sono alimentati principalmente dal corso di subalveo del Tirso e dal drenaggio dei numerosi canali di bonifica e dalla stessa infiltrazione efficace alimentata dalle acque meteoriche. Anche l'idrografia sepolta contribuisce ad alimentare queste falde acquifere.

Tutte le perforazioni eseguite nelle aree limitrofe hanno incontrato una falda semiconfinata alla profondità di circa - 2,00 m -1,80 m da p.c..

Il livello idrostatico si stabilizza generalmente intorno a - 1,60 m da p.c.

Il livello idrostatico risente dell'andamento delle precipitazioni e del prelievo dell'acqua dai pozzi presenti per uso irriguo.

Nel caso di scavi approfonditi oltre 1,60 m da p.c., si intercetterà la falda e per la realizzazione di seminterrati si dovranno prendere misure cautelative al fine di evitare infiltrazioni idriche nella struttura.

7.1. Vulnerabilità e rischio idrogeologico

Nelle more della redazione del Piano di Bacino unitario, la RAS, in osservanza al D.L. 11 giugno 1998, n. 180 (Sarno), convertito in legge con il n° 267/98, definendo nell'immediato la necessità della mappatura delle aree pericolose sulle quali impostare interventi di urgenza finalizzati alla messa

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	27

**Relazione geologica**

in sicurezza e riduzione del rischio e interventi strutturali finalizzati alla riduzione del pericolo, per la pianificazione tematica dei bacini idrografici, ha programmato l'attività per stralci operativi.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dal coordinamento unificato e basato sulle perimetrazioni di pericolosità operate da un diverso gruppo di lavoro per ogni singolo sottobacino regionale, approvato dall'Amministrazione Regionale con Decreto della Giunta Regionale del 30.12.2004 n° 54/33 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n° 3 del 21.02.2005, è stato pubblicato sul BURAS n° 8 del 11.03.2005 ed aggiornato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 35 del 21 marzo 2008.

Associate al PAI sono le Linee Guida di supporto all'attività di perimetrazione delle Aree di pericolosità di Frana (Hg) e di Inondazione (Hi), di definizione degli Elementi a rischio (E), nonché delle aree a conseguente Rischio di Frana (Rg) e di Inondazione (Ri). In ossequio alle NTA del PAI sono state analizzate sia la pericolosità idraulica che quella geologico- geomorfologica.

La verifica di vulnerabilità idrogeologica per l'area interessata dal progetto è stata basata sull'analisi dei caratteri in campo e sui risultati riportati nel PAI.

7.2. Indagine storica sui fenomeni di dissesto

Per l'indagine conoscitiva dei fenomeni di dissesto e delle condizioni di pericolosità e rischio sul territorio del Comune di Oristano è stata svolta l'analisi delle fonti storiche.

In particolare sono state consultate:

- Progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI) - Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del CNR (GNDICNR), si tratta di una raccolta di dati storici di piene e frane messe a disposizione per la consultazione al sito internet www.gndci.cnr.it. Questo studio (AVI), svolto dal Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del CNR, operato in Sardegna dalla Geostudi per conto del CNR GNDICI, ha descritto fino al 1990 un significativo numero di eventi calamitosi di origine naturale talvolta suscitati, innescati o amplificati dall'attività umana. Le schede S0 raccolte, pari a un totale di 189 per eventi di frana e 1366 per eventi meteorologici differenti, costituenti la notizia primaria dell'evento possono essere suddivise secondo le seguenti tipologie:
 - Movimenti franosi
 - 157 frane ss
 - 11 frane in cantiere
 - 1 frane in cava

PROGETTISTI:*(mandataria)**(mandante)*

28



- 7 frane in galleria
- 5 frane in grotta
- Fenomeni vari di origine meteorologica
- 1020 piogge intense, piene ed esondazioni ss
- 21 piogge e varie
- 9 neviccate e grandinate
- 133 mareggiate
- 2 terremoti
- 4 gelate
- 127 vento e trombe d'aria
- 7 nebbia
- 28 fulmini
- 15 varie

Le schede S0 raccolte nel corso della fase di I° livello, relativamente alle fonti cronachistiche, ammontano a 2099, mentre nella fase di II° livello sono state consultate le fonti cronachistiche (L'Unione Sarda e La Nuova Sardegna) nei periodi prossimi agli eventi meteorologici più importanti per un totale di circa 845 edizioni quotidiane. Le notizie apportanti informazioni originali hanno consentito la redazione di ulteriori 74 schede S0. Il totale delle S0 raccolte è stato di 2175. Il periodo indagato con le ricerche cronachistiche va dal 01/01/1918 al 31/12/1990, mentre sono state ricevute schede rilevate dalle altre U.O. a partire dal 1906. Le schede S1, prodotte accorpando le S0 provenienti da fonti diverse, sono relative a singoli eventi ed alla stessa data. Le S2, costituite da diverse S1 di fonti diverse, costituiscono l'evidenza cronachistica degli eventi succedutisi tra il 01/01/1918 ed il 31/12/1990. Le schede S3 Frane sono state compilate, come da istruzioni, raggruppando tutto il materiale inerente un evento franoso, ricorsivo o meno, arealmente definito. Le schede S3 Piene riguardano invece un evento con un areale indefinito, cronologicamente ben delimitato. Nella seguente tabella è riportato l'elenco delle schede del progetto AVI – CNR – GNDCI 1992

	S0 I°	S0 II°	S1	S2	S3
Frane	142	22	128	109	77
Piense	988	66	850	604	37
Neviccate	9				
Fulmini	28				
Gelate	4				
Mareggiate	133				
Terremoti	2				
Nebbie	7				

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

29

**Relazione geologica**

Varie	15				
Vento	127				
Altre Aree	584	8			

Successivamente all'istituzione del DB, il numero di eventi è cresciuto, ed al 1998 erano registrate ben 218 frane in 180 siti e 816 piene in 243 siti. Occorre precisare che tale statistica riguarda tutti gli eventi di cui si possiedono informazioni in qualche misura, anche se non confermati da rilievi accurati ed accertati. La vulnerabilità dell'isola nei confronti di alluvioni e frane è in sensibile aumento, specialmente a causa delle pressioni antropiche. I dati descrivono una Sardegna sostanzialmente stabile, ma con il 50% degli eventi ricorsivi ubicati in Ogliastra, Barbagia, Sarrabus-Gerrei. La parte settentrionale dell'isola è stata interessata nell'ultimo secolo da fenomeni di dissesto idrogeologico diffusi e/o localizzati.

- Progetto SCAI - Studio sui Centri Abitati Instabili – Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del CNR G.N.D.C.I. Il Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche per la Linea 2 (Eventi franosi a grande rischio, Progetto SCAI) ha incentivato lo studio verso le situazioni a rischio e l'individuazione di quelle aree soggette interessate da paleofrane nell'ambito delle provincie di appartenenza del progetto: la provincia di Sassari e la provincia di Oristano. Tale programma di ricerca ha portato a risultati di un certo interesse, presentati in sede di Conferenza alle riunioni periodiche del G.N.D.C.I. nella sede del C.N.R. a Roma. Nell'ambito di tale lavoro è stato possibile anche individuare e segnalare, per la prima volta, la presenza di deformazioni gravitative profonde in Sardegna, dove finora il fenomeno non era stato identificato. La prima segnalazione venne comunicata nell'ambito delle "Giornate di Studio sulla Morfotettonica in Italia" (Tolentino 8/9 gennaio 1991). Nel complesso, la ricerca nel settore della stabilità dei versanti ha permesso di pubblicare un certo numero di lavori alcuni dei quali dedicati direttamente alle deformazioni gravitative profonde.
- Progetto Naz. M.P.I. – C.N.R. "Dinamica, dissesti e tutela delle spiagge" Fin dalla metà degli anni 80 è stata avviata a Sassari una linea di ricerca sulle fasce costiere successivamente confluita nel Progetto Nazionale 40% M.P.I. - C.N.R. "Dinamica, dissesti e tutela delle spiagge". In alcuni lavori le ricerche inerenti la dinamica dei litorali ed i problemi connessi hanno fatto parte di studi di maggior respiro che hanno riguardato anche la ricostruzione geomorfologica del territorio costiero e l'evoluzione del paesaggio nelle aree costiere. In particolare, nell'area della foce del fiume Liscia è stato possibile riconoscere differenti livelli di terrazzi sommersi e in un successivo lavoro sono state calcolate, per la prima volta in Sardegna, le volumetrie di masse sabbiose in movimento nel

PROGETTISTI:*(mandataria)**(mandante)*

30



Relazione geologica

corso di circa 18 mesi grazie alle diverse mappature eseguite sul fondale ed alla loro variazione morfologica, calcolata con programmi di grafica sulla base delle differenze geometriche tridimensionali. Lo studio delle zone costiere ha, nel corso del tempo, prodotto lavori che sono stati talvolta oggetto di comunicazioni scientifiche, anche a congressi internazionali, riportando i dati sulla situazione delle coperture eoliche nell'arcipelago di Olbia o riferendo i dati sull'apporto del materiale detritico sulle spiagge dell'intero nord Sardegna evidenziando in tal modo sia l'importante modificazione antropica indiretta sui litorali, sia il ruolo che talvolta possiedono questi materiali nell'individuazione dei moti di deriva litoranei e l'uso che può avere una tale cartografia nell'ambito della programmazione del territorio costiero. Sono stati conclusi altri lavori inerenti l'assetto delle coste settentrionali e le condizioni di erosione nelle aree ritenute più fragili che hanno condotto alla realizzazione di lavori di interesse regionale sull'assetto costiero del nord Sardegna e dell'intera isola.

- Servizio Geologico Nazionale (SGN) in collaborazione con le Regioni e le Provincie Autonome, Progetto IFFI, Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, messo a disposizione nel sito dell'APAT. Lo studio ha censito 1523 fenomeni e compilato le relative schede contenenti le informazioni di 1° livello, di 2° livello e nella misura del 88 % di 3° livello. Ad ogni frana è stato associato almeno un elemento iconografico di riferimento; nei casi di grande estensione si è provveduto a più foto, talora estratte da fotoaerea Ortofoto A.I.M.A. (1997).
- Le frane della Sardegna – Sebastiano Crinò – da “L'ingegnere” – Roma, 1930; Censimenti e catalogazioni o raccolta di notizie effettuati presso Province, Comunità Montane, Comuni limitrofi.
- Progetto VAPI – Valutazione delle Piene in Sardegna – Pubblicazione CNR 1418. Memorie e testimonianze storiche di particolari eventi di piena e di frana storica.

Le informazioni raccolte e successivamente mappate sono state verificate a campione per la verifica dello stato attuale dei luoghi che sono stati interessati da fenomeni di dissesto, l'eventuale persistere di situazioni di pericolo e la valutazione dello stato e dell'efficacia delle opere di messa in sicurezza adottate.

Il materiale informativo raccolto ha costituito la base di partenza per la conoscenza della vulnerabilità del territorio in esame e della sua sensibilità nei confronti dei fenomeni di dissesto idrogeologico ed ha rappresentato un ulteriore supporto alla definizione delle aree di pericolosità.

7.3. Pericolosità geomorfologica

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	31



Relazione geologica

Sulla base della metodologia definita dalle Linee Guida del Piano di Assetto Idrogeologico è stata fatta un'analisi della instabilità potenziale dei versanti in forma cartografica.

Al fine di poter operare in modo analitico e comunque migliorare il dettaglio, sono stati meglio definiti pesi delle componenti cartografiche tematiche utilizzate, attraverso l'overlay mapping, per la definizione della Instabilità Potenziale dei Versanti dalla quale valutare la Pericolosità Geologica-Geomorfologica.

In particolare è stata adottata come esempio di riferimento la procedura testata da Ghiglieri et alii nel fascicolo 3-4 2006 della rivista Geologia Tecnica & Ambientale, trimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi, che ha testato la procedura nel settore dei bacini idrografici del Rio Badde Manna e del Rio di Banari, compresi nel sub-bacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo secondo la suddivisione in 7 sub-bacini prevista, in un settore interessato periodicamente da fenomeni di instabilità, che hanno generato danni al territorio ed alle infrastrutture.

La metodica considera i principali fattori, ad influenza diretta e indiretta, che condizionano l'instabilità dei versanti. I fattori sono stati classificati in due categorie: invarianti, ovvero fissi nel tempo (litologia, morfologia e pedologia) e varianti, ovvero a rapido mutamento e modificabili dall'uomo (uso reale del suolo). Questi sono stati resi omogenei e classificati attraverso l'attribuzione di "pesi" numerici, in relazione alla maggiore o minore propensione a favorire o ad ostacolare il dissesto. Nel primo caso il peso assegnato corrisponde ad un valore più basso; nel secondo caso viene attribuito un valore più alto. In questo lavoro si è voluto dare una maggiore attenzione, con analisi di dettaglio, ai fattori varianti, cioè quelli fortemente influenzati dalla presenza antropica.

L'attribuzione dei pesi è stata una delle operazioni più delicate della metodica. Infatti, il modello di valutazione è corretto se i parametri considerati vengono sperimentalmente misurati e se vengono riconosciute le loro possibili interazioni.

I pesi attribuiti ad ogni fattore sono stati sommati algebricamente per successivi incroci o sovrapposizioni (overlay) dei diversi strati informativi (pendenza, esposizione, etc.) al fine di ottenere gli elaborati finali restituiti attraverso la "Carta della Propensione Potenziale al Dissesto Idrogeologico" e la "Carta della Propensione Reale al Dissesto Idrogeologico".

Al fine di ricondurre la dinamica risultante dall'uso dei fattori utilizzati per i vari strati entro un range organico ed anziché utilizzare un peso paritario per tutti i layer per la definizione della instabilità, si è ritenuto opportuno definire differenzialmente l'influenza dei singoli strati informativi.

Questa variazione alla metodologia è strettamente motivata dalla effimericità dello strato costituito dall'uso del suolo, sia per la forte predisposizione alla variabilità e quindi all'obsolescenza, sia per

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

32



Relazione geologica

la sua efficacia in termini di protezione, in funzione delle tipologie colturali, dell'uso del sottobosco, della sua stagionalità, etc..

Conseguentemente si propone, normalizzando a 1 il valore dei pesi complessivi, di attribuire ai singoli strati i pesi, sulla base della presente formula:

$$\text{Instabilità potenziale} = (\text{Acclività} \cdot 0.45) + (\text{Geolitologia} \cdot 0.35) + (\text{Uso del Suolo} \cdot 0.20)$$

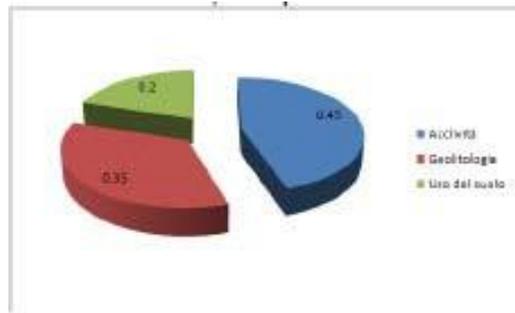


Fig. 13. Grafico – Ripartizione dei pesi dei fattori di base per il calcolo della instabilità potenziale

L'instabilità mappata in tale modo sarà meno influenzata dalla variazione stagionale della capacità di tutela dell'uso del suolo e dalla sua variabilità a causa di fattori esterni (incendi etc.). I pesi risultanti, maggiori per la maggior stabilità e minori per la minore stabilità, producono la scala della instabilità potenziale, che, ove necessario, opportunamente verificata attraverso situazioni campione in campagna, viene convertita in carta della pericolosità.

Il sito in esame ricade nel Sub Bacino 2 Tirso e il territorio di interesse non è ricompreso in aree, a pericolosità di frana caratterizzate da normative che ne impediscano l'attuazione, o che comunque ne rendano problematico il funzionamento.

7.4. Pericolosità idraulica

Il Piano di Assetto Idrogeologico, definisce, attraverso le Linee Guida le modalità di valutazione della pericolosità idraulica. Esso è finalizzato principalmente a garantire adeguati livelli di sicurezza in riferimento agli eventi idrogeologici e la tutela delle attività umane, i beni economici ed il patrimonio ambientale e naturale.

Il PAI, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183. In tale prospettiva si correla con il piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) redatto ai sensi e per gli effetti della stessa L. 183/89. Il PAI ha valore di piano territoriale di settore

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	33



Relazione geologica

e costituisce lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del territorio.

Sulla base di tali direttive è stata fatta un'analisi che ha condotto alla mappatura delle aree inondabili, delle aree a rischio di piena e degli elementi di rischio.

La delimitazione delle portate di piena, definite per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500, sono state definite nel P.A.I. con il metodo analitico solo sulla parte bassa del corso del Tirso.



Fig. 14. - Carta di Assetto idrogeologico dell'area di Oristano (fonte PAI) Azzurro = classe pericolosità Hi4 Verde = classe pericolosità Hi1

7.5. Compatibilità Idrogeologica

Sulla base delle analisi operate il sito in esame oggetto risulta compatibile con l'attività di progetto proposta.

La pericolosità è funzione della frequenza dell'evento, essa esprime la probabilità che in una zona si verifichi un evento dannoso di una determinata intensità entro un determinato periodo di tempo (che può essere il "tempo di ritorno"). Per le alluvioni è possibile stimare, con una approssimazione accettabile, la probabilità di accadimento per un determinato evento entro il periodo di ritorno. In altri casi, come per alcuni tipi di frane, tale stima è di gran lunga più difficile da ottenere.

La vulnerabilità indica l'attitudine di un determinata "componente ambientale" (popolazione

PROGETTISTI:				
	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)	34



Relazione geologica

umana, edifici, servizi, infrastrutture, etc.) a sopportare gli effetti in funzione dell'intensità dell'evento. La vulnerabilità esprime il grado di perdite di un dato elemento o di una serie di elementi risultante dal verificarsi di un fenomeno di una data "magnitudo", espressa in una scala da zero (nessun danno) a uno (distruzione totale).

Il valore esposto o esposizione indica l'elemento che deve sopportare l'evento e può essere espresso o dal numero di presenze umane o dal valore delle risorse naturali ed economiche presenti, esposte ad un determinato pericolo.

Il prodotto vulnerabilità per valore indica quindi le conseguenze derivanti all'uomo, in termini sia di perdite di vite umane, che di danni materiali agli edifici, alle infrastrutture ed al sistema produttivo. Il territorio in esame è compreso nell'ambito del sub-bacino n. 2 "Tirso", uno dei sette sub-bacini identificati con deliberazione n. 45/57 del 30.10.1990, con la quale la Giunta Regionale ha suddiviso il Bacino Unico della Regione Sardegna. Esso è inoltre inquadrato nelle tavole 7, 8, 9, Sub-bacino Tirso, degli allegati cartografici del PAI.

Analizzando gli elaborati cartografici del PAI si nota che il territorio comunale nel settore nord dell'abitato, dove ricade l'area interessata dal progetto vista la conformazione pianeggiante, non è soggetta a fenomeni di frana, e non è incluso nelle aree a pericolosità morfologica del PAI.

Le aree inondabili da piene identificate nel territorio in esame dal PAI sono costituite da zone a pericolosità Hi4 e Hi1, contraddistinte rispettivamente da portate di colmo con tempi di ritorno di 50 (Hi4) e di 500 anni (Hi1).

Le zone a pericolosità Hi4 sono quelle interne alla golena del Tirso, ossia quelle che ricadono all'interno del settore arginato, mentre le zone a pericolosità Hi1 sono attigue alle zone classificate Hi4, e comprendono la parte nord e nord-occidentale dell'abitato, così come riportato nella Carta della Fig. 9.3.

L'area in esame ricade all'interno di questa classe di pericolosità. Le attività previste sono compatibili con le norme tecniche di attuazione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico per le aree Hi1.

Il comune di Oristano è dotato di uno strumento urbanistico vigente adeguato al PAI.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	35



8. GEOTECNICA

Scopo di questa sezione è quello di fornire un'analisi tecnico applicativa di tipo qualitativo e quantitativo attinente ai terreni di posa delle opere in progetto.

Per definire la natura e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce che formano il sottosuolo di fondazione dell'area interessata dal progetto sono stati utilizzati dati acquisiti dalla scrivente con indagini geognostiche eseguite nelle aree limitrofe.

I dati utilizzati hanno permesso:

- l'identificazione delle unità litostratigrafiche presenti lungo il tracciato stradale;
- la definizione di spessore, geometri e rapporti reciproci;
- l'individuazione del livello di falda;
- caratterizzazione geotecnica preliminare delle unità litostratigrafiche;
- definizione dei parametri geotecnici per la definizione del loro comportamento meccanico e deformativo.

8.1. Indagini eseguite

Per la progettazione in esame non sono state eseguite indagini geognostiche apposite ma sono stati utilizzati i dati acquisiti da indagini geognostiche eseguite nelle aree limitrofe con caratteri topografici e litostratigrafici simili, ritenute rappresentative per l'area in oggetto.

8.2. Modello geotecnico

I risultati delle analisi di superficie e le conoscenze acquisite tramite indagini geognostiche e simiche in aree limitrofe hanno consentito la ricostruzione della conformazione geologica dei terreni di fondazione dell'area interessata dall'intervento.

In particolare è stato possibile identificare lo spessore e natura dei terreni e le loro caratteristiche tecniche, ed è stato possibile ricostruire un modello geologico-tecnico, di supporto alla progettazione dell'area in indagine.

Per l'elaborazione del modello geotecnico si è operato per fasi successive di approfondimento. Utilizzando come base il modello geologico, sono state successivamente differenziate le categorie di

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	36



materiali presenti, in funzione dei caratteri tecnici degli stessi.

Le informazioni acquisite nel corso dei rilievi geologici e geomorfologici di campagna, delle indagini in sito eseguite in aree limitrofe ed i dati reperiti in letteratura hanno consentito di definire con una sufficiente approssimazione la situazione stratigrafica della zona interessata dalla progettazione

Il sedime si presenta sommariamente omogeneo arealmente e verticalmente.

Tutta l'area è costituita da una sequenza di sedimenti di fascia di transizione, variabili da palustre ad alluvionali franchi.

Si tratta di depositi alluvionali sciolti, sabbioso-limosi o sabbia-ghiaiosi in profondità (OLOCENE) (media qualità geotecnica), passanti a depositi di ambiente palustre costituiti da limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. (OLOCENE) (Mediocre qualità geotecnica).

L'alternanza si ripete verso la superficie con depositi sabbiosi e poi argillo limosi fino alla coltre pedogenizzata.

L'assetto litostratigrafico del sottosuolo può essere schematizzato nel seguente modello:

PROGETTISTI:				
	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)	37



Comune di Oristano
Riqualificazione e Potenziamento del porto turistico e porto pescatori in Torregrande
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica

profondità	spessore	descrizione	
0,00 – 0,20	0,20	Suolo vegetale bruno con frustoli vegetali	Unità A
0,20 – 0,80	0,60	Argilla limosa bruno-marrone, localmente sabbiosa, con resti di radici	Unità A
0,80 – 1,50	0,70	Argilla limosa bruno-marrone localmente debolmente sabbiosa, poco competente	Unità B
1,50 2,00	0,50	Sabbia-ghiaiosa quarzosa, in matrice argillo-limosa bruna marrone, poco addensata	Unità C
2,00 4,00	2,00	Argilla limosa bruno marrone, plastica con lente ciottoloso-sabbiosa a – 2,45	Unità D
4,00 4,95	0,95	Argilla grigio nerastra mediamente competente	Unità E
4,95 8,00	3,05	Sabbia quarzosa grigio-nerastra fine, localmente grossolana, debolmente argillo-limosa, poco addensata	Unità F
8,00 8,35	0,35	Argilla nerastra, debolmente limosa, plastica con frammenti di conchiglie	Unità G
8,35 15,00	1,65	Ghiaia e sabbia grigiasta, debolmente argillo-limosa. Diam max 7 cm mediamente addensata	Unità H

Per ogni singolo strato identificato, sono state analizzate le caratteristiche meccaniche, e, sulla base delle risultanze sono state definite le unità litostratigrafiche di riferimento. Come si nota in alcuni casi gli strati con caratteristiche meccaniche coincidenti sono stati accorpati per formare un'unica unità litostratigrafica.

Il livello idrico è stato intercettato, nei pozzi presenti nelle aree adiacenti la zona in esame intorno a -2,00 m – 1,80 m dal p.c..

8.3. Caratterizzazione geotecnica

La ricostruzione del modello geologico-tecnico ha permesso di valutare la stabilità d'insieme dell'area interessata dalla progettazione e di identificare le problematiche che la natura e le caratteristiche tecniche dei terreni possono creare nella scelta delle soluzioni progettuali.

Le unità litostratigrafiche identificate nel modello geologico-tecnico di riferimento sono state caratterizzate dal punto di vista meccanico, attraverso l'analisi di dati misurati tramite prove in situ (prove penetrometriche SPT e DPM) eseguite in aree limitrofe e prove di laboratorio

PROGETTISTI:			
	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante) 38



Relazione geologica

(classificazioni CNR-UNI 10006, prove di taglio dirette e prove edometriche) su campioni significativi, prelevati nei sondaggi eseguiti in aree limitrofe.

I parametri sono stati calcolati sulla base di elaborazioni di tipo statistico.

Di seguito sono riportati, per le diverse unità stratigrafiche individuate i parametri geomeccanici.

Procedendo dall'alto verso il basso si trovano:

• **Unità litostratigrafica A** (limi-argillosi marron)

Questi termini caratterizzano la parte superficiale della sequenza litostratigrafica e comprendono anche il livello pedogenizzato. Essi sono rappresentati da materiali limosi ed argillosi da poco a mediamente consistenti. In presenza d'acqua questi terreni subiscono un ulteriore peggioramento dei caratteri meccanici. Secondo la classificazione CNR-UNI 10006, questo materiale ricade nel gruppo A – 7 – 6.

Essi sono caratterizzati da:

- **Indice di consistenza $I_c = 0,25$**
- Peso di volume $\gamma 1,68 \text{ T/mq}$
- Coesione non drenata $C_u = 0,25 \text{ kg/cmq}$
- Modulo di deformazione non drenata $= 18,5 \text{ kg/cmq}$

• **Unità litostratigrafica B**, (Argilla limosa marrone chiaro)

Si tratta di argille limose debolmente sabbiose, marron chiaro, plastiche, da poco a mediamente consistenti, con livelli centimetrici di sabbie grossolane.

Questi materiali sono caratterizzati da:

- **Indice di consistenza $I_c = 0,21$**
- Peso di volume $\gamma 1,64 \text{ T/mq}$
- Coesione non drenata $C_u = 0,21 \text{ kg/cmq}$
- Modulo di deformazione non drenata $= 15,5 \text{ kg/cmq}$

• **Unità litostratigrafica C** (Sabbia medio fine debolmente argillo-limosa)

Si tratta di argille limose debolmente sabbiose, marron chiaro, plastiche, da poco a mediamente consistenti, con livelli centimetrici di sabbie grossolane.

Questi materiali sono caratterizzati da:

- **Densità relativa $D_r = 54\%$**

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

39



- Peso di volume γ 1,45 T/mq
- Angolo d'attrito $\varphi = 25,8^\circ$
- Modulo di deformazione drenato $M = 55,3$ kg/cmq

• **Unità litostratigrafica D** (Argilla limosa bruno marrone)

Si tratta di argille limose debolmente sabbiose, bruno marrone, plastiche, da poco a mediamente consistenti, con livelli centimetrici di sabbie grossolane.

Questi materiali sono caratterizzati da:

- **Indice di consistenza $I_c = 0,26$**
- Peso di volume γ 1,69 T/mq
- Coesione non drenata $C_u = 0,27$ kg/cmq
- Modulo di deformazione non drenata = 15,5 kg/cmq

• **Unità litostratigrafica E (argilla nerastra, debolmente limosa)** Questa unità è costituita da argille nerastre debolmente limose, plastiche. Questi materiali sono caratterizzati da:

- **Indice di consistenza $I_c = 0,31$**
- Peso di volume γ 1,74 T/mq
- Coesione non drenata $C_u = 0,31$ kg/cmq
- Modulo di deformazione non drenata = 23,3 kg/cmq

• **Unità litostratigrafica F** (Sabbia quarzoso-feldspatica grigio-nerastra)

Questa unità è rappresentata da sabbie quarzoso-feldspatiche grigie, debolmente argillo- limose, da fine a grossolana, da sciolta a mediamente addensata.

I parametri caratteristici sono

- **Densità relativa $D_r = 67,1\%$**
- Peso di volume γ 1,67 T/mq
- Angolo d'attrito $\varphi = 29,8^\circ$
- Modulo di deformazione drenato $M = 103,7$ kg/cmq

• **Unità litostratigrafica G** (argilla nerastra, debolmente limosa)

Questa unità è costituita da argille nerastre debolmente limose, plastiche, con abbondanti resti di conchiglie di ambiente palustre.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

40



Questi materiali sono caratterizzati da:

- **Indice di consistenza $I_c = 0,81$**
- Peso di volume $\gamma 1,74 \text{ T/mq}$
- Coesione non drenata $C_u = 0,31 \text{ kg/cmq}$
- Modulo di deformazione non drenata $= 23,3 \text{ kg/cmq}$

• **Unità litostratigrafica H** (Sabbia quarzoso-feldspatica grigia)

Questa unità è rappresentata da sabbie quarzoso-feldspatiche grigie, debolmente argillo- limose, da fine a grossolana, da sciolta a mediamente addensata.

La granulometria non è costringente ma sono presenti livelli più francamente sabbiosi ed altri più francamente ghiaiosi.

- **Densità relativa $D_r = 75,0\%$**
- Peso di volume $\gamma 1,79 \text{ T/mq}$
- Angolo d'attrito $\varphi = 32,1^\circ$
- Modulo di deformazione drenato $M = 139,1 \text{ kg/cmq}$

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

41



9. INQUADRAMENTO SISMICO

Scopo del presente capitolo è quello di definire la sismicità dell'area e fornire una caratterizzazione sismica dei terreni interessati dal progetto proposto per un corretto dimensionamento delle opere fondali e delle strutture.

Il lavoro, redatto in conformità e nel rispetto della normativa vigente, contiene i risultati degli studi condotti per la caratterizzazione sismica dell'area d'intervento, sviluppati con le seguenti finalità:

- macrozonazione sismica dell'area, definita attraverso l'individuazione delle zone sismiche dei comuni attraversati dalla nuova infrastruttura stradale ai sensi dell'OPCM n.3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Sardegna dalla Delibera G. R. n.15/31 del 30/03/2004.
- definizione della categoria di suolo di fondazione (microzonazione), ottenuta attraverso i risultati della indagini sismiche eseguite in sito e con i valori NSPT misurati nei sondaggi geognostici, secondo quanto specificato al paragrafo 3.2.2. del DM 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area attraverso l'identificazione dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'Intensità macrosismica I_{max} ;
- definizione dei parametri spettrali che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione, $S_e(T)$, necessario per la successiva caratterizzazione dello spettro di progetto $S_d(T)$ caratteristico del tipo di opera, secondo le procedure riportate nel D.M. 14 gennaio 2008. Per il raggiungimento degli obiettivi in primo luogo è stata operata un'accurata ricerca bibliografica per acquisire la documentazione scientifica e tecnica, riguardante l'area d'intervento, è stato riportato un inquadramento geologico, morfologico ed idrogeologico dell'area.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica si è fatto riferimento alle mappe ed ai dati pubblicati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti GNDT, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV e dall'Istituto Nazionale di Geofisica del CNR.

L'elenco della documentazione consultata è riportato in relazione.

9.1. Normativa di Riferimento

- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Decreto Ministeriale 3 marzo 1975 n. 40 Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	42



Relazione geologica

tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Legge 26 aprile 1976 n. 176 - Norme per l'istituzione del servizio sismico e disposizioni inerenti ai movimenti sismici del 1971, del novembre e dicembre 1972, del dicembre 1974 e del gennaio 1975, in comuni della provincia di Perugia
- Decreto Ministero LL. PP. 2 luglio 1981 - Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia;
- Circolare Ministero LL.PP. N. 21745 (Pres. Cons. Superiore - Serv. Tecn. Centrale - 30 luglio 1981). "Legge 14 maggio 1981, n. 219 - art. 10. Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma".
- Legge 14 maggio 1981, n. 219 - art. 10. Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma.
- D. M. L L. P P. 19 Giugno 1984 (G.U. 30.07.84 n. 208) modificato ai sensi del D. M. L L. P P. 29 Gennaio 1985 - Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche (G.U. 31.01.85 n. 26);
- Decreto Ministero LL.PP. 24 gennaio 1986 - Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche. (G.U. 12-5-1986, n. 108)
- Circolare Ministero BB.CC.AA. n. 1032 (Comitato Naz. Prev. Patr. Cuit. dal Rischio Sismico, 18 luglio 1986) - Interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche: raccomandazioni.
- Circolare Ministero LL.PP. N. 27690 (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale, 19 luglio 1986) - Decreto Ministeriale 24 gennaio 1986. Istruzioni relative alla normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici I° Sezione - Adunanza del 27.02.1992 prot. n° 29 Parere Tecnico - Quesito sulle norme tecniche da applicare in caso di progettazione di opere in muratura. (quesiti posti dalla Regione Siciliana - Genio Civile di Ragusa)
- Ministero LL. PP. Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996 (G.U. 5-2-1996, N. 29) (tavole sinottiche in costruzione)
- Ministero LL.PP. Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG. (G.U. n. 97 del 28.04.97) (tavole sinottiche in costruzione);
- Decreto Legge 30 Gennaio 1998, n. 6 - Coordinato con la Legge di conversione 30 Marzo 1998, n. 61 - Ulteriori interventi urgenti in favore delle zone terremotate delle regioni Marche e Umbria e di altre zone colpite da eventi calamitosi (tavole sinottiche in costruzione)
- Legge 30 Marzo 1998, n. 61 - Conversione in Legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 gennaio

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

43



Relazione geologica

- 1998, n. 6, recante ulteriori interventi urgenti in favore delle zone terremotate delle regioni Marche e Umbria e di altre zone colpite da eventi calamitosi. (tavole sinottiche in costruzione)
- Decreto Ministero delle Finanze 28 settembre 1998, n.499 - Regolamento recante norme di attuazione dell'articolo 12 della legge 27 dicembre 1997, n. 449, in materia di agevolazioni per i territori di Umbria e Marche colpiti da eventi sismici e per le zone ad elevato rischio sismico. (tavole sinottiche in costruzione);
 - Ordinanza n. 2947 Ministero dell'Interno 24 febbraio 1999 - Ulteriori disposizioni per i danni conseguenti la crisi sismica iniziata il 26 settembre 1997 nel territorio delle regioni Umbria e Marche. (tavole sinottiche in costruzione);
 - Ordinanza n. 2991 Presidenza del Consiglio dei Ministri 31 Maggio 1999 - Ulteriori disposizioni per i danni conseguenti la crisi sismica settembre 1997 nel territorio delle regioni Umbria e Marche;
 - Ordinanza 20/03/2003 n. 3274 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. (Gazzetta ufficiale 08/05/2003 n. 105)
 - Nota 04/06/2003 - Servizio Sismico Nazionale - Nota esplicativa dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274 del 20 marzo 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. (Gazzetta ufficiale 08/05/2003 n. 105)
 - Ordinanza 02/10/2003 n. 3316 - Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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». (Gazzetta ufficiale 10/10/2003 n. 236)
 - Legge dello Stato 27/07/2004 n. 186 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto- legge 28 maggio 2004, n. 136, recante disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse (art. 5 "Normative tecniche in materia di costruzioni": antisismica) (Gazzetta ufficiale 28/07/2004 n. 175)
 - Decreto Ministeriale 14/09/2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni (ex "Testo unico" delle Norme Tecniche per le Costruzioni), (Gazzetta ufficiale 23/09/2005 n. 222);
 - Ordinanza 03/05/2005 n. 3431- Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

44



Relazione geologica

costruzioni in zona sismica». (Ordinanza n. 3431). (proroga di tre mesi della ordinanza 3274). (Gazzetta ufficiale 10/05/2005 n. 107);

- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 febbraio 2006 - Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni, a seguito di eventi calamitosi, ai beni appartenenti al patrimonio culturale. (GU n. 55 del 7-3-2006);
- Ordinanza 28/04/2006 n. 3519 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (Gazzetta ufficiale 11/05/2006 n. 108);
- Linee Guida 10/05/2006 - Dipartimento della Protezione Civile di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali - Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.
- Legge dello Stato 26/02/2007 n. 17 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto- legge 28 dicembre 2006, n. 300, recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative. Disposizioni di delegazione legislativa (rinvio entrata in vigore Norme tecniche per le costruzioni) (Gazzetta ufficiale 26/02/2007 n. 47);
- Dirett. Pres. Cons. Min. 12/10/2007 - Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni. (Gazzetta ufficiale 29/01/2008 n. 24);
- Ordinanza 25/06/2009 n. 3784 - Presidente del Consiglio dei Ministri - Ulteriori interventi urgenti diretti a fronteggiare gli eventi sismici verificatisi nella regione Abruzzo il giorno 6 aprile 2009 e altre disposizioni di protezione civile. (Gazzetta ufficiale 03/07/2009 n. 152)
- Ordinanza 09/07/2009 n. 3790 - Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile - Ulteriori interventi urgenti diretti a fronteggiare gli eventi sismici verificatisi nella regione Abruzzo il giorno 6 aprile 2009 e altre disposizioni urgenti di protezione civile - (Gazzetta ufficiale 20/07/2009 n. 166);
- Ordinanza 13/11/2010 n. 3907 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri - Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico. (Suppl. Ordinario n. 262). (Gazzetta ufficiale 01/12/2010 n. 281);
- Decreto Pres. Cons. Min. 04/12/2010 - Assegnazione alle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lazio, Lombardia, Marche, Molise, Piemonte, Puglia, Sicilia, Toscana, Umbria, Veneto, di risorse finanziarie ai sensi dell'articolo 32-bis del decreto- legge 30

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

45



Relazione geologica

settembre 2003, n. 269, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003, n. 326. (Gazzetta ufficiale 15/02/2011 n. 37)

- Direttiva 09/02/2011 - Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri - Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008. (Gazzetta ufficiale 26/02/2011 n. 47;).

Si precisa che la progettazione strutturale è stata basata su quanto previsto dal DM 14/01/2008. Per la determinazione dell'azione sismica di progetto sono stati considerati i seguenti parametri:

- tipo di costruzione 2;
- vita nominale delle opere ≥ 50 anni;
- classe d'uso IV.

9.2. Zonazione Sismica

Con l'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 viene introdotta la nuova classificazione sismica dell'intero territorio nazionale.

La nuova classificazione sismica è articolata in in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A.

I valori convenzionali di a_g sono espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale e sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Per ogni classe sismica i valori convenzionali di a_g assumono i valori riportati nella tabella sottostante.

ZONA	VALORE di a_g
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	46

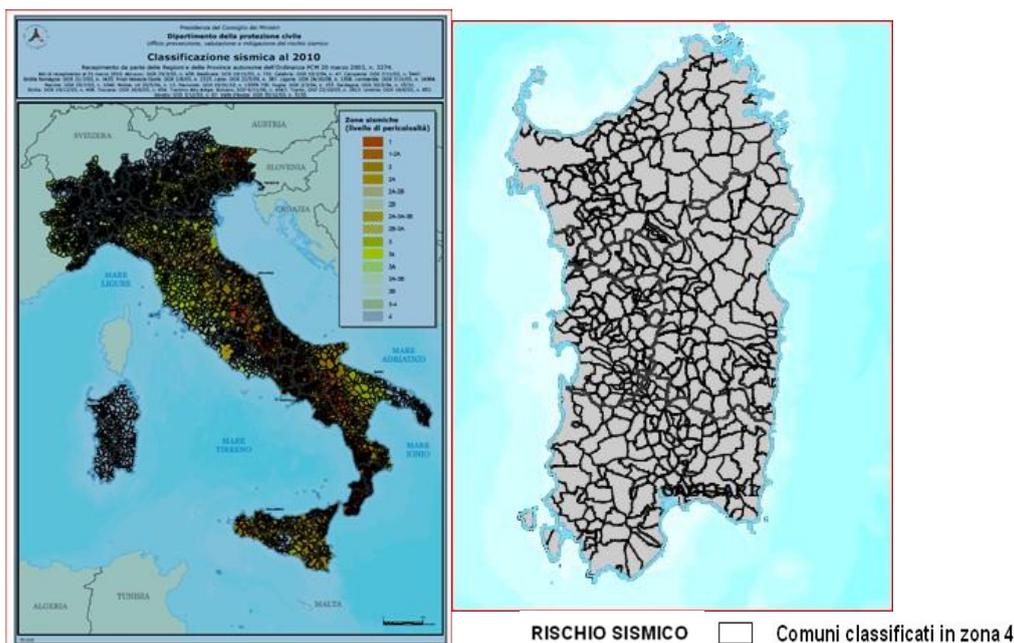


Fig . 15 Mappa della classificazione sismica in italia e mappa della classificazione sismica della Sardegna al 2010

L'intero territorio della Sardegna, che precedentemente, non era classificato sismico, con la nuova classificazione sismica introdotta dall'O.P.C.M. n. 3274/2003, ricade in zona sismica 4.

La Regione Sardegna con Delibera G. R. n.15/31 del 30/03/2004 ha recepito, in via transitoria, fino a nuova determinazione, conseguente l'aggiornamento della mappa di rischio sismico nazionale, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell'allegato A dell'O.P.C.M. n. 3274/2003.

Secondo quanto definito nell'Allegato A del D.M. 14/01/2008, la Sardegna è caratterizzata da una macro-zonazione sismica omogenea, ossia presenta medesimi parametri spettrali sull'intero territorio insulare a parità di tempo di ritorno dell'azione sismica.

Poiché la Sardegna ricade in interamente in classe 4, ossia è un territorio classificato a bassa sismicità, per la progettazione strutturale non è necessario considerare la componente verticale dell'accelerazione sismica.

Il sito in oggetto ricade nel territorio della provincia di Oristano nel territorio del Comune di Oristano che ricade in zona sismica 4

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	47



9.3. Definizione della categoria del suolo di fondazione (Microzonazione)

La categoria del suolo di fondazione è stata definita, secondo quanto specificato al punto 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base del valore di Vs30 (velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo) determinata con prove geofisiche e con i valori di NSPT ricavati da prove eseguite in sondaggi geognostici.

Per il presente lavoro non sono state eseguite indagini geognostiche e sismiche, ma sono stati utilizzati dati relativi a lavori analoghi effettuati in aree del comune di Oristano con caratteri topografici e geologici simili.

I dati di base utilizzati riguardano la definizione dell’assetto litostratigrafico e le caratteristiche fisicomeccaniche dei depositi detritici alluvionali interessati dalla progettazione. Tali dati includono:

- Schede stratigrafiche ottenute dall’analisi di sondaggi geognostica eseguiti in aree vicine; geognostici;
- Modello geologico interpretativo dell’area d’interesse;
- Informazioni sulle proprietà fisiche dei terreni ottenute da prove geofisiche in sito, eseguite in aree vicine, con caratteristiche stratigrafiche assimilabili a quelle dell’area d’indagine, applicate per la misura delle velocità di propagazione delle onde di taglio S nei litotipi posti nei primi 30 m.

L’assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dalla progettazione, ricostruito sulla base di sondaggi e indagini geofisiche eseguite nelle aree limitrofe, è rappresentato depositi detritici in facies alluvionale e di transizione e suoli di copertura

In particolare si possono distinguere le seguenti tipologie litologiche:

- Strato superficiale composto da terreno di copertura vegetale;
- Depositi alluvionali e di transizione, costituiti da argille limose localmente sabbiose, sabbie e ghiaie talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica.

Le indagini sismiche eseguite in aree con caratteristiche topografiche e litostratigrafiche simili, consistite in profili sismici con tecnica MASW (Multichannel Analysis for Surface Waves), per la definizione delle onde Vs, hanno prodotto risultati che, ai sensi del NTC 2008, collocano i terreni di sedime dell’area in oggetto in categoria C ossia, depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di V s 30 compresi tra 180 m/s.

Per quanto riguarda invece la categoria topografica, l’area, caratterizzata da un andamento

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	48



Relazione geologica

topografico pressoché pianeggiante è riconducibile alla categoria topografica T1.

Sulla base delle caratteristiche orografiche del territorio attraversato tutti i manufatti sono riconducibili ad una categoria topografica T1.

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s , eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina) .
C	<i>Deposit</i> i 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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina) .
D	<i>Deposit</i> i 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 Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina) .
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).
Tabella 3.2.III Categorie aggiuntive	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 2. – Categorie di suoli

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 $i > 30^\circ$

Tabella 3. - Condizioni Topografiche

9.4. Pericolosità sismica dell'area interessata dal Progetto e definizione dello spettro di risposta elastico

Nella OPCM 3274, come nell'Eurocodice 8, si assume come pericolosità di riferimento il valore dell'accelerazione orizzontale su suolo rigido (PGA) che ha probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (cioè con periodo di ritorno di 475 anni).

Il rischio sismico indica genericamente le perdite attese (vittime e danni diretti, ma anche danni indiretti)

PROGETTISTI:				
	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)	49

**Relazione geologica**

per effetto dei terremoti. Esso è dunque legato alla probabilità che si verifichi un evento sismico di date caratteristiche, e al danno che tale evento può arrecare. In senso probabilistico, esso definisce la probabilità che un livello prefissato di perdite causate da terremoti sia superato entro un dato periodo di tempo in un sito, insieme di siti oppure un area. Per effetto di questa definizione, il rischio è cumulativo, ossia mette in conto le perdite complessive generate da terremoti diversi, eventualmente riportate su base annua.

Per quanto riguarda il danno, è necessario distinguere il danno alle persone e il danno alle strutture. Come condizione per la salvaguardia della vita umana, le strutture devono possedere sufficienti riserve di resistenza, oltre il limite elastico, per sopportare le azioni di un terremoto di grande intensità senza giungere al collasso. Come condizione per limitare i danni alle costruzioni, le strutture devono essere progettate in modo da poter sopportare, in regime elastico, le sollecitazioni indotte da terremoti la cui intensità corrisponde, con riferimento alle caratteristiche sismiche della zona in esame, ad un periodo di ritorno dell'ordine della vita nominale della struttura (si assume in generale per gli edifici normali per abitazioni un tempo di ritorno dell'ordine di 100 anni), quindi di intensità minore rispetto a quanto indicato al punto precedente.

Il rischio sismico è il risultato della combinazione di tre fattori:

- **Pericolosità:** dipende da intensità e frequenza dei terremoti, che non si possono modificare, né realizzare previsioni. La conoscenza della pericolosità porta a calibrare gli interventi, adottando criteri per la classificazione sismica in modo coerente con le norme tecniche.
- **Vulnerabilità:** è possibile ridurre il danno atteso alle costruzioni ed agli impianti migliorando le caratteristiche strutturali e non strutturali. Gli interventi previsti sono correlati alla pericolosità e alle prestazioni attese, in particolare le norme tecniche tengono conto della classificazione avendo chiari gli obiettivi di sicurezza da raggiungere.
- **Esposizione:** la conoscenza del grado di esposizione sismica del territorio e quindi i possibili danni al patrimonio abitativo e alle popolazioni sono fattori importanti per interventi di edificazione e programmazione territoriale. E' necessario distinguere le opere strategiche e rilevanti (per afflusso di persone) per le quali sono richiesti livelli di sicurezza coerenti con la funzione (ad es. ospedali, caserme, ecc.), e per gli edifici esistenti sono previste campagne di controllo e mappatura del livello di sicurezza in funzione di futuri interventi.

Il Rischio Sismico è definibile come la possibilità di perdita di proprietà o di funzionalità degli edifici e delle strutture in genere a causa di un terremoto. La stima quantitativa del rischio sismico può essere definita con la seguente relazione:

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	50



Rischio Sismico = Pericolosità Sismica * Vulnerabilità * Esposizione.

L'Italia è uno dei paesi mediterranei a maggiore rischio sismico, per la frequenza dei terremoti che interessano ed hanno interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto. La sismicità dell'Italia è legata alla sua particolare posizione geografica. Essa è infatti situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica ed è sottoposta a forti spinte compressive, che causano l'accavallamento dei blocchi di roccia.

A seguito dell'Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", è stata predisposta una proposta di nuova classificazione sismica del territorio Italiano.

La zonazione sismica proposta è riportata nella seguenti mappe, dove:

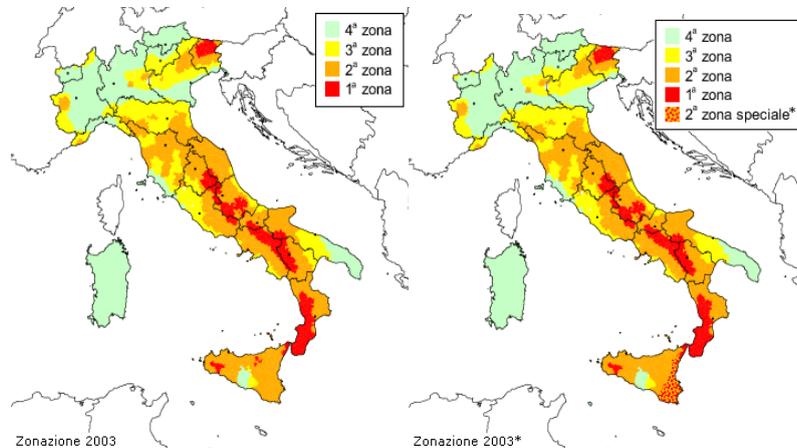


Fig. 16 Zone sismiche del territorio italiano (2003). Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003, operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004).

- **La Zona 1** - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
- **La Zona 2** - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- **La Zona 3** - I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- **La Zona 4** - E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici

PROGETTISTI:				
	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)	51



sono basse.

Nella prima mappa è riportata la zonizzazione proposta, mentre nella seconda mappa sono recepite anche le variazioni operate dalle singole regioni entro marzo 2004.

Riferendoci agli ultimi 1000 anni, si conserva una discreta memoria storica, dei circa 1300 terremoti distruttivi o comunque responsabili di gravi danni (intensità epicentrale \geq VIII grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg) che hanno colpito la regione centro-mediterranea. Di questi, più di 500 hanno colpito il territorio italiano.

I due indicatori di pericolosità che si utilizzano per la definizione di sismicità rappresentano due aspetti diversi dello stesso fenomeno e sono:

- L'accelerazione orizzontale di picco, che illustra l'aspetto più propriamente fisico. Si tratta di una grandezza di interesse ingegneristico che viene utilizzata nella progettazione in quanto definisce le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica.
- L'intensità macrosismica che invece rappresenta, in un certo senso, le conseguenze socio-economiche. Essa descrive il grado di danneggiamento causato dai terremoti. Una carta di pericolosità di intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

L'attenuazione dell'accelerazione di picco selezionata (Slejko D. bib. Cit.) è riferita ad un terreno medio ed è stata tarata su un vasto parco di dati europei per garantire robustezza ai risultati.

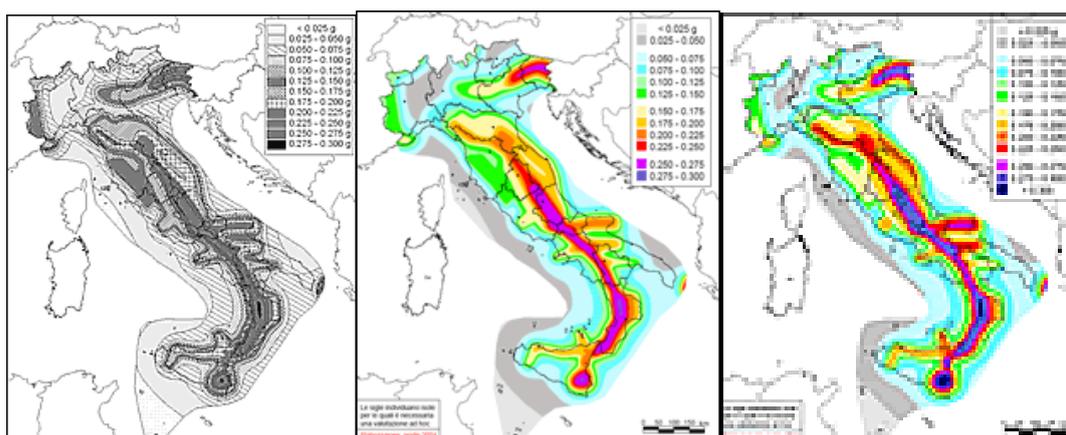


Fig. 17. Aree sismotettoniche

La mappa definisce localmente i livelli di accelerazione massima su suolo roccioso (suolo di categoria A, $V_{s30} > 800$ m/s) con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni, ossia con un periodo di ritorno pari a 475 anni.

PROGETTISTI:			
	(mandataria)	 geologia - ingegneria - ambiente	(mandante)
			52



Relazione geologica

Con riferimento al suddetto elaborato il territorio di Oristano ricade in un'area caratterizzata da un valore di a_g inferiore a 0.025g.

La mappa è stata elaborata basandosi:

- sulla “carta di zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9” (Figura 13);
- sull'uso di relazioni di attenuazione (Ambrayses et al., 1996; Sabetta e Pugliese, 1996) modificate per tenere conto dei meccanismi di fagliazione prevalenti nelle diverse ZS, secondo i fattori correttivi determinati da Bomber et al. (2003);
- sull'approccio probabilistico alla Cornell per ricostruire la storia sismica di un sito;
- su una struttura ad albero logico che tenga conto delle principali alternative decisionali, quali la relazione di attenuazione adottata, la modalità di valutazione dei periodi di completezza del catalogo, il calcolo dei tassi di sismicità, la magnitudo massima per le diverse ZS.

Nel nuovo modello sismogenetico usato in Italia, la cosiddetta zonazione ZS9, il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

Per ogni zona sismogenetica, caratterizzata da una propria sismicità, è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente. E' valutato inoltre il grado d'incertezza nella definizione dei limiti delle zone.

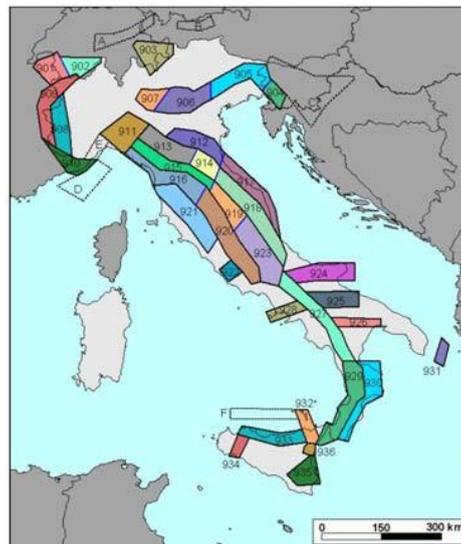
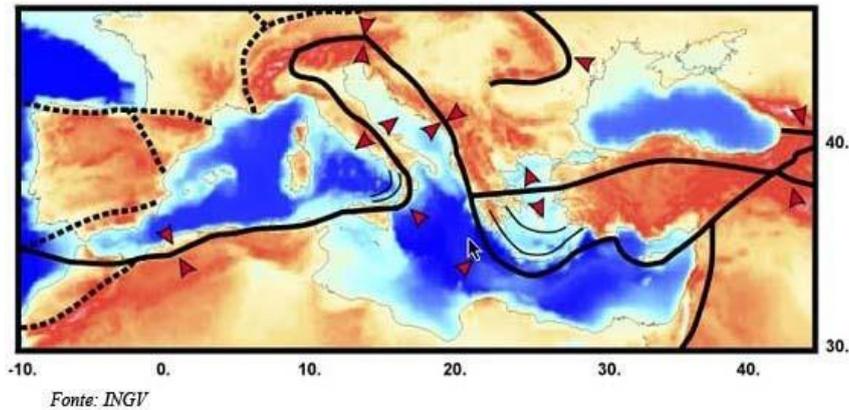


Fig. 18 Zonazione Sismogenetica del Territorio Italiano, ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004)

La Sardegna, come è possibile notare nella figura seguente, per la sua posizione rispetto all'andamento della linea nera continua, non risenta particolarmente di eventi sismici.

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	53



Sulla base delle notizie storiche il territorio sardo è stato interessato solo da terremoti con grado massimo del 6° della scala Mercalli-Cancani-Sieberg.

Le testimonianze dei terremoti in Sardegna sono rare:

- Una scritta incisa sulla pietra nell'antisacrestia della Cattedrale di Cagliari ricorda un sisma verificatosi nel 1616. Un leggero sisma viene riportato dagli storici nel 1771. Di questo sisma si sa soltanto che si è verificato nella parte meridionale dell'isola.
- Il primo terremoto riportato dall'Istituto Nazionale di geofisica risale al 1838. Gli effetti furono misurati con la scala Mercalli soltanto in seguito, in quanto non esistevano strumenti per misurare la magnitudo, e stabilirono un record per i sismi nell'isola: sesto grado.
- Un secondo sisma venne registrato nel 1850.
- Nel 1870 una scossa del 5° grado Mercalli si verificò ad Ittireddu, nel Goceano, nella parte centro-settentrionale dell'isola.
- Un ulteriore sisma colpì la Sardegna nel 1877.
- Un sisma con epicentro il Golfo dell'Asinara colpì l'isola nel 1944.
- Il 13 novembre del 1948 si ebbe un sisma prossimo al 6° grado della scala Mercalli con epicentro in mare, nelle acque del Canale di Sardegna, verso la Tunisia.
- Nel 1960 vi fu un terremoto di 5° grado della scala Mercalli con epicentro nei dintorni di Tempio.
- Il 30 agosto del 1977, il vulcano sottomarino Quirino causò un terremoto che fu registrato nelle vicinanze di Cagliari.
- Il 3 Marzo 2001 alle h.02 54' un sisma di magnitudo 3.3 Richter, IV Mercalli ha interessato la costa sarda, in corrispondenza di Capo S.Teodoro.
- Il 9 novembre del 2010 un sisma di grado 3.3 della scala Richter ha colpito il settore NO della Sardegna.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

54



Relazione geologica

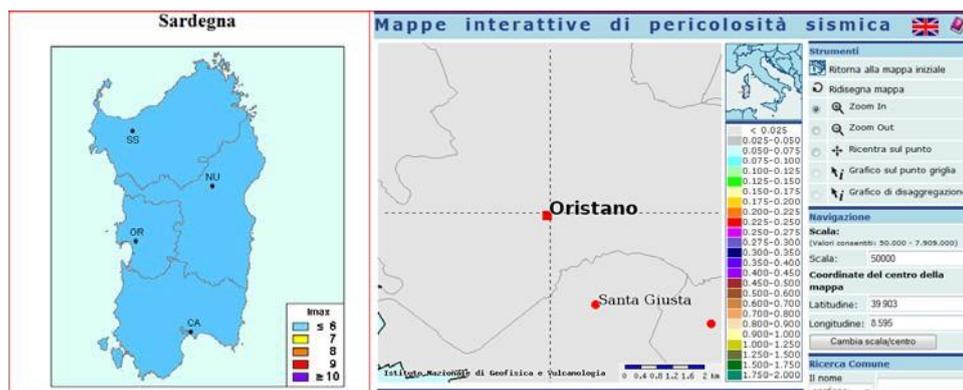
Una serie di sismi, con epicentro nel settore poco a ovest di Corsica e Sardegna, ha fatto sentire i suoi riflessi in Sardegna nel 2011 ed in particolare, una scossa di grado 5.3 Richter ed una successiva del 2.1 mentre il 7 luglio vi era stata un'altra scossa di grado 4.1. L'8 luglio è seguita una nuova scossa di magnitudo 3.5 gradi Richter ha interessato nuovamente la stessa zona con profondità ipocentrale di 40 km. Alle 14:12 ancora un'altra scossa. Magnitudo 2.9, fissata a 11 km di profondità.

Nel settore in esame i sismi più importanti e recentemente misurati sono:

- 13 Luglio 2006, Magnitudo 2.7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra;
- 23 Aprile 2007, Magnitudo 1.4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis;
- 2 Ottobre 2007, Magnitudo 1.4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini. Per avere una quadro completo della pericolosità sismica è necessario considerare anche il secondo parametro, ossia l'intensità macrosismica.

L'intensità macrosismica (MCS) rappresenta, in un certo senso le conseguenze socio-economiche di un evento sismico; descrivendo, infatti, il grado di danneggiamento causato dai terremoti; una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

Per l'area in esame le massime intensità macrosismiche sono visualizzate nella seguente figura e sono valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.



Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Sardegna” Stralcio “Massima Intensità macrosismica risentita in Italia, 1995 C.N.R. Istituto Nazionale di Geofisica e massime intensità macrosismiche osservate nel comune di Oristano e limitrofi

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	55



Comune di Oristano
Riqualficazione e Potenziamento del porto turistico e porto pescatori in Torregrande
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica

Massime intensità macrosismiche osservate nel comune di Oristano e limitrofi

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax Comu
Arborea	20	95	6	39.77330	8.58182	<= 6
Baratili San Pietro	20	95	11	39.99178	8.55724	<= 6
Cabras	20	95	18	39.92951	8.53117	<= 6
Marrubiu	20	95	25	39.74912	8.63736	<= 6
Milis	20	95	27	40.04888	8.63751	<= 6
Nurachi	20	95	35	39.97321	8.53937	<= 6
Ollastra	20	95	37	39.95057	8.73346	<= 6
Oristano	20	95	38	39.90316	8.59467	<= 6
Palmas Arborea	20	95	39	39.87501	8.64511	<= 6
Riola Sardo	20	95	43	39.99416	8.54026	<= 6
San Nicolo' D' Arcidano	20	95	46	39.68368	8.64363	<= 6
Santa Giusta	20	95	47	39.87805	8.60989	<= 6
San Vero Milis	20	95	50	40.01227	8.59958	<= 6
Siamaggiore	20	95	56	39.94866	8.63466	<= 6
Siamanna	20	95	57	39.91859	8.76331	<= 6
Simaxis	20	95	59	39.93018	8.69025	<= 6
Solarussa	20	95	62	39.95384	8.67328	<= 6
Terralba	20	95	65	39.71961	8.63707	<= 6
Tramatza	20	95	66	40.00327	8.64922	<= 6
Uras	20	95	69	39.69831	8.70230	<= 6
Villaurbana	20	95	72	39.88447	8.77814	<= 6
Zeddiani	20	95	74	39.98886	8.59571	<= 6
Zerfaliu	20	95	75	39.95788	8.70902	<= 6
Siapiccia	20	95	76	39.92749	8.76317	<= 6

Con riferimento alle suddette figure ed ai tabulati riportati le massime intensità macrosismiche osservate nel comune di Oristano sono $I_{max} \leq 6$ MCS.

Sulla base di queste informazioni la sismicità dell'area interessata dall'opera in progetto può essere definita di moderata entità.

Secondo quanto riportato nelle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC-2018) per le zone collocate in Classe 4 non si prevedono particolari problematiche dal punto di vista sismico. Dal punto di vista macro-sismico il sito in esame ricade in un'unica classe sismica.

Per la micro-zonazione sismica e per identificare la risposta sismica locale e gli specifici parametri da utilizzare per il dimensionamento delle opere fondali dell'edificio è necessario prevedere specifiche indagini sismiche.

Anche l'attività vulcanica, presente ed importante in ere precedenti, risulta oggi del tutto assente e conseguentemente l'area non è considerata a rischio vulcanico.

Sulla base di queste informazioni la sismicità dell'area interessata dalla progettazione può essere definita

PROGETTISTI:			
	(mandataria)		(mandante) 56



di moderata entità.

9.5. Azione sismica locale e spettro di risposta elastico dell'area in studio

La valutazione della pericolosità sismica locale è stata effettuata utilizzando la procedura indicata nelle NTC/2008 e nella successiva Circolare n°617/2009.

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nell'All. B delle NTC/2008.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in tale sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Questo lasso di tempo è denominato "periodo di riferimento" VR, mentre la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

Il periodo di riferimento VR è dato per ciascun tipo di costruzione dalla seguente relazione:

$$VR = VN \cdot CU$$

Dove

- VN = vita nominale della costruzione
- CU = coefficiente d'uso dipendente dalla classe d'uso dell'opera

La vita nominale di una costruzione VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata.

2.4.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.1 – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1 Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva (1)	≥ 10
2 Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3 Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

(1) Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

57



Il coefficiente d'uso C_u esprime la Classe d'uso nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

2.4.2 CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda 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 per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con 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. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

Sulla base di quanto indicato nelle normative per le opere in progetto si assume $V_N \geq 50$ anni e una classe d'uso II a cui corrisponde un valore di C_u pari a 1.

Per quanto riguarda le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento V_R esse variano al variare dello stato limite considerato. I valori di riferimento per individuare l'azione sismica sono riportati nella tabella sottostante.

STATO LIMITE		P _{VR} - Probabilità di superamento nel periodo di riferimento	
		V _R	
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati Limite Ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

Dove:

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	58

**Relazione geologica**

- SLO = Stato Limite di Operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- SLD = Stato Limite di Danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- SLV = Stato Limite di Salvaguardia della Vita: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte di resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Il periodo di ritorno T_R , una volta fissato il periodo di riferimento V_R e la probabilità di superamento P_{VR} , si ricava mediante l'espressione

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

1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Tabella 4 - Classificazione sismica p.c.m. n. 3274 del 23.03.2003

L'intero territorio della Sardegna, che precedentemente, non era classificato sismico, con la nuova classificazione sismica introdotta dall'O.P.C.M. n. 3274/2003, ricade in zona sismica 4.

La Regione Sardegna con Delibera G. R. n.15/31 del 30/03/2004 ha recepito, in via transitoria, fino

PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	59



Comune di Oristano
Riqualificazione e Potenziamento del porto turistico e porto pescatori in Torregrande
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica

a nuova determinazione, conseguente l'aggiornamento della mappa di rischio sismico nazionale, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell'allegato A dell'O.P.C.M. n. 3274/2003.

Il Territorio del Comune di Oristano e conseguentemente il sito in esame ricadono in zona sismica 4.

A	<i>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.</i>
B	<i>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 $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>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 $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>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 $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>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).</i>
Tabella 3.2.III Categorie aggiuntive	
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche</i>
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

Sulla base delle indagini geofisiche eseguite in aree limitrofe, consistite in profili sismici con metodologia MASW, la categoria di suolo di fondazione, definita secondo le specifiche del 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", dal D.M. 14 gennaio 2018, ricade nella categoria C.

Le caratteristiche orografiche dell'area, pianeggiante, riconducono il sito in esame alla categoria topografica T1.

PROGETTISTI:



(mandataria)



(mandante)

60



10. CONCLUSIONI

Il progetto proposto è compatibile con le caratteristiche geologiche e geotecniche dell'area e non ha controindicazioni tecniche di natura geologica, idrogeologica e geologico-tecnica.

Le opere non ricadono in aree la cui pericolosità per instabilità del versante o per inondabilità, sia stata evidenziata in studi alcuni (SCAI, AVI, PAI e IFFI) o lo sia per esperienza diretta o notizia alcuna, o comunque ove marginalmente presente, sia di nocumento alle opere o produca effetti su altre opere.

I terreni attraversati, per quanto caratterizzati da parametri geotecnici da scadenti a mediocri, in relazione all'intervento previsto, possono generalmente sopportare le sollecitazioni previste.

La portanza dei terreni attraversati è generalmente sufficiente alle necessità progettuali. Naturalmente in fase di progettazione esecutiva delle opere previste dovranno essere verificate le condizioni locali al fine di dimensionare adeguatamente le opere fondali necessarie.

I terreni presenti mostrano caratteristiche meccaniche atte a sopportare le sollecitazioni previste.

La portanza dei terreni attraversati è generalmente sufficiente alle necessità progettuali.

La stabilità è nel complesso buona e non viene turbata dall'attuazione del progetto proposto.

I cedimenti dei terreni hanno entità ridotte o comunque compatibili con la tipologia delle opere previste nell'area.

La scelta della tipologia di fondazione dovrà essere tale da ridurre al minimo i cedimenti differenziali.

La stabilità è nel complesso buona e non viene turbata dall'attuazione del progetto proposto.



PROGETTISTI:				
	(mandataria)		(mandante)	61