

Comune di Arzachena

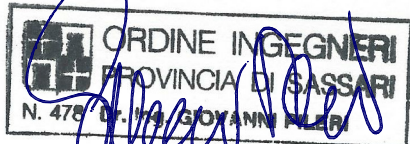
Loc. Marina di Porto Cervo

PROGETTO DI ADEGUAMENTO DELLA FLOTTA TIPO NELLA MARINA DI PORTO CERVO PER ATTRACCO DI GIGA YACHT

RELAZIONE GEOLOGICA

ELAB.	AFTPCM0010	DATA			
		AGOSTO 2018			

STUDIO PILERI ING. GIOVANNI
INGEGNERIA DEL MARE
URBANISTICA - DD. LL.



Via Nazionale, 89 07021 CANNIGIONE (OT)
Tel./Fax 0789 88450 E - mail: studiopileri@virgilio.it
www.studiopileri.com



Giuseppe Puliga

Viale Trieste, 65/i - 09123 Cagliari - Italy
Tel. +39 070 6848202 - Fax +39 070 6404743
www.martech.it e-mail: info@martech.it

IL CONCESSIONARIO:
PORTO CERVO MARINA Srl

SOMMARIO

1 - GENERALITA'	2
1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED UBICAZIONE DELL'AREA	3
2 – MODELLO GEOLOGICO AREA MARINA E COSTIERA	5
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO DELLA PIATTAFORMA E DEL MARGINE CONTINENTALE	5
2.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	10
2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGIA DELL'AREA MARINO COSTIERA DI INTERESSE	14
2.4 INDAGINI E ANALISI DI LABORATORIO	16
2.5 STRATIGRAFIE E SEZIONI	18
2.6 RISCHIO SISMICO	28
3 - CONCLUSIONI	29
ALLEGATI	
ANALISI DI LABORATORIO	30

1 - GENERALITA'

La presente relazione contiene lo Studio Geologico relativo alla progettazione dei lavori necessari all'adeguamento dei sistemi di attracco della Marina di Porto Cervo per consentire l'ormeggio di Giga Yacht di lunghezza fino a 156 metri con larghezza fino a 24 metri e pescaggio fino a 6 metri.

Lo scrivente Dott. geologo Giuseppe Puliga, con studio in Senorbi –CA- al civico n° 7c della Via Arno, PI: 02783110923, libero professionista regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Sardegna, con il n° 545, ha redatto la presente relazione in quanto documentazione di supporto necessaria alla sopra citata progettazione.

Al fine di verificare la fattibilità del progetto, i progettisti hanno verificato la possibilità di poter adeguare gli alcuni ormeggi presso il Marina di Porto Cervo (posti barca 24-25-26), già utilizzati per ormeggio di giga yacht di lunghezza variabile tra i 100 ed i 120 metri.

Nell'ambito della progettazione sono state effettuate una serie di verifiche ed indagini finalizzate ad acquisire dati relativi alla situazione strutturale, dati batimetrici, dati di tipo tecnico relativi ai sistemi propulsivi e non ultimo alle condizioni meteo marine, sviluppando un apposito studio, che ha consentito di poter dimensionare i sistemi di ormeggio necessari a garantire l'ormeggio in sicurezza.

Le opere in oggetto ricadono all'interno degli specchi acquei già in concessione alla Marina di Porto Cervo S.r.l.

Di seguito verranno trattati gli aspetti geologici che caratterizzano l'ambito nel quale andrà ad inserirsi l'opera in progetto.

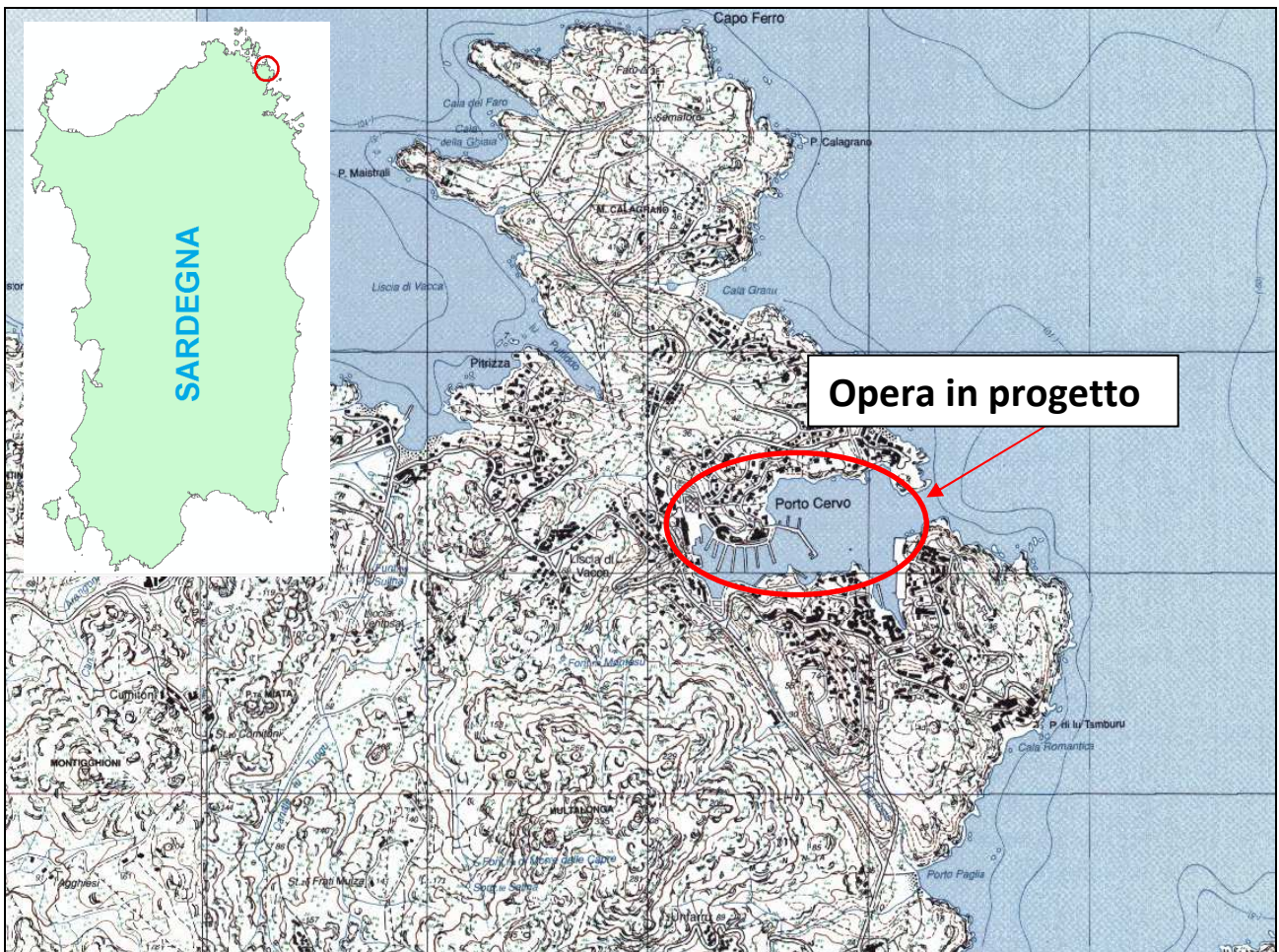
La presente relazione è composta da 30 pagine più allegati (Analisi di laboratorio).

1.1 Inquadramento geografico ed ubicazione dell'area

L'area interessata dalle opere in progetto è localizzata nella regione sarda denominata Gallura e ricade totalmente all'interno del territorio comunale di Arzachena (OT) in località Porto Cervo.

La stessa area è compresa nei fogli dell'Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI) alla scala 1:50.000 n° 428 "Arzachena" e nella tavoletta alla scala 1:25.000, sempre IGMI, n° 428_I "Porto Cervo". In riferimento alla cartografia regionale l'area è compresa nella tavoletta 428070 "Porto Cervo", della Carta Tecnica Regionale Numerica (CTR) della Sardegna alla scala 1:10.000.

Di seguito è possibile osservare l'ubicazione dell'area studiata (Carta IGM Scala 1:25.000 - fig.1 e immagine satellitare - fig.2).



**Fig. 1 - Inquadramento sito di indagine
Cartografia IGM alla Scala 1:25.000. (Immagine non in scala)**

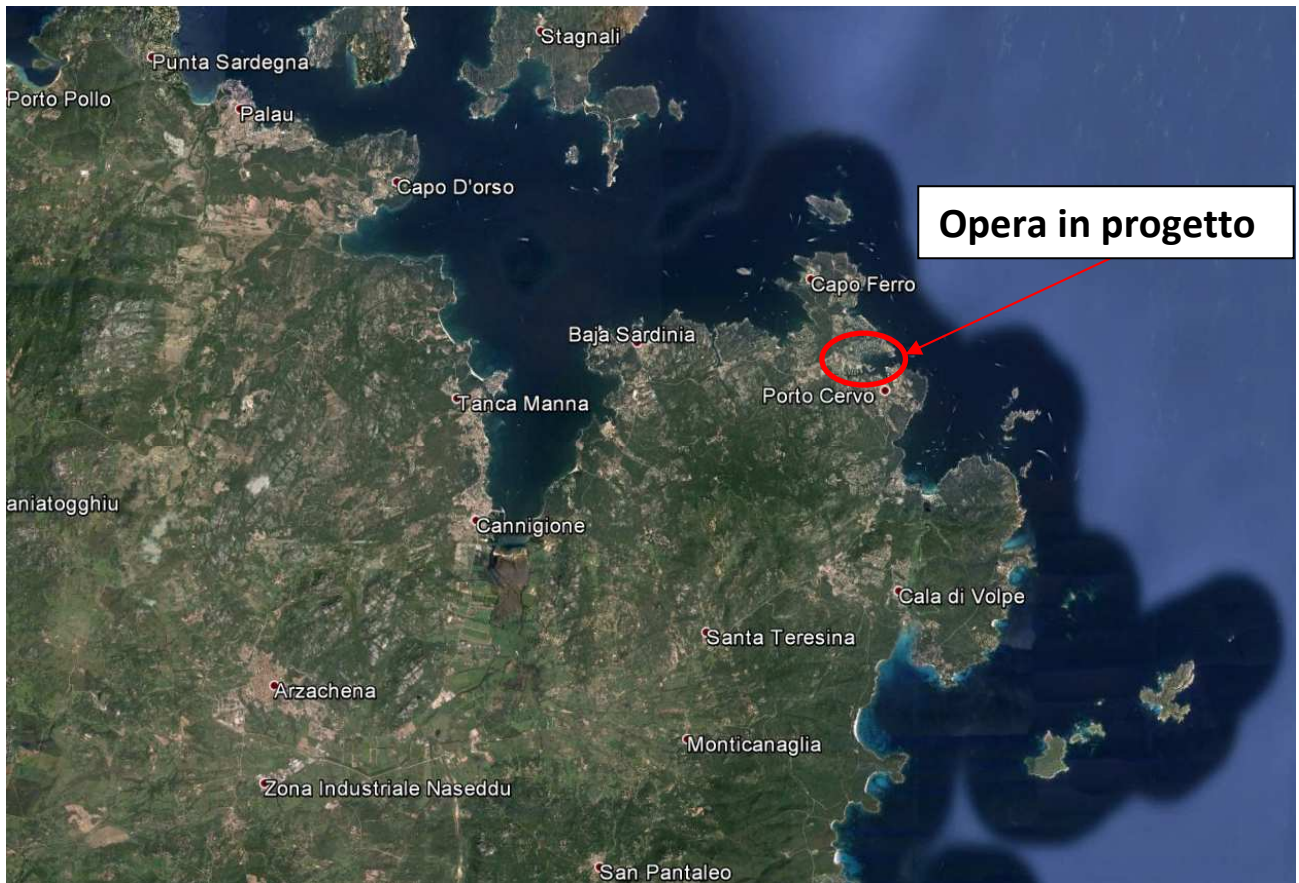


Fig. 2 – Immagine satellitare del sito di indagine

2 – MODELLO GEOLOGICO AREA MARINA E COSTIERA

2.1 Inquadramento geologico e stratigrafico della piattaforma e del margine continentale

Il settore marino costiero nel quale verrà realizzata l'opera in progetto è impostato nella porzione settentrionale della piattaforma continentale orientale sarda.

La piattaforma continentale e il margine orientale sardo sono stati oggetto di studi approfonditi a partire dagli anni 70 del secolo scorso e presentano peculiarità significative che le distinguono nettamente da quelle relative al settore occidentale.

Nell'ambito del presente studio si farà riferimento alle varie pubblicazioni scientifiche disponibili ed in particolare a:

FERRARO F. et alii, Terrazzi deposizionali sommersi della piattaforma continentale della Sardegna orientale e meridionale, Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LVIII (2004), pp. 27-36)

ARCA S. et alii (1979) Dati preliminari sullo studio della piattaforma continentale della Sardegna meridionale per la ricerca di placers. Atti Conv. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Roma, 567-576.

CARTA M. et alii (1986) - La piattaforma continentale della Sardegna. P.F. Oceanografia e Fondi Marini. R.T.F.

FANUCCI F. et alii (1976) - The continental shelf of Sardinia: structures and sedimentary characteristics. Boll. Soc. Geol. It., 95, 1201-1217.

FIERRO G. et alii (1974) - Analisi vettoriale dei minerali pesanti dei sedimenti di piattaforma continentale e scarpata. Studi Sassaresi, 22, 32 pp.

GRILLO S.M. et alii (1984) - La piattaforma continentale da Capo Comino a Capo Coda Cavallo (Sardegna NE): aspetti geomorfologici, mineralogico-sedimentologici e applicativi. Mem. Soc. Geol. It., 27, 361-380.

LECCA L. et alii (1986) - Schema stratigrafico della piattaforma continentale occidentale e meridionale della Sardegna. Mem. Soc. Geol. It., 36; 31-40.

LECCA L. et alii (1979) - La piattaforma continentale della Sardegna sud-orientale: indicazioni metodologiche e primi risultati. Atti Conv. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Roma, 557-566.

ORRÙ P. & ULZEGA A. (1987) - Rilevamento geomorfologico costiero e sottomarino applicato alla definizione delle risorse ambientali (Golfo di Orosei, Sardegna orientale). Mem. Soc. Geol. It., 37, 471-479.

ORRÙ P. & ULZEGA A. (1988) - Ricerche geomorfologiche sul canyon Gonone. Bulletin de la Société Royale de Liege, 4-5, 415-427.

OZER A. et alii (1983) - Les beach-rock de Sardaigne. Distribution et implications paleogeographiques. Colloque sur le grès de plage ou beach-rock. Lyon, 113-124.

ULZEGA A. et alii (1980a) - Il significato delle linee di riva sommerse nella ricerca dei placers. Conv. Naz. sui Placers, CNR, Trieste 25-26 giugno, 109-120.

ULZEGA A. et alii (1980b) - Indagini geologiche sulla piattaforma continentale sarda per la ricerca di placers. Atti Conv. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Trieste, 11-26.

ULZEGA A. et alii (1981) - Niveaux marins submergés dans la plate-forme continentale de la Sardaigne orientale. Rapp. Comm. Int. Mar Mediterraneo, 27, 35-36.

ULZEGA A. et alii (1984) - Primi risultati della crociera oceanografica L.M.84 per lo studio delle linee di riva sommerse della Sardegna. Rend. Sem. Facoltà di Scienze dell'Università di Cagliari, 54, 1-15.

ULZEGA A. et alii (1986) - Geomorphology of submerged Late Quaternary shorelines on the south Sardinian continental shelf. Journal of Coastal Research, 1, 73-82.

ULZEGA A. (1988) - Carta geomorfologica della Sardegna marina e continentale. C.N.R., Ist. Geogr. De Agostini.

U.O. BACINI SEDIMENTARI (1977) - Sedimenti e struttura del bacino della Sardegna (Mar Tirreno). Ateneo Parmense, Acta Nat., 13, 549-570

Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 428 Arzachena

Con il "Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini" del C.N.R. e il Progetto M.P.I. "Geologia dei Margini Continentali" sono state organizzate e condotte, dall'Unità Operativa afferente all'Istituto di Geologia dell'Università di Cagliari, numerose crociere oceanografiche che hanno interessato l'intera piattaforma continentale dell'isola. Lo studio sistematico della piattaforma continentale sarda, al fine di ricostruire la morfologia, l'evoluzione geomorfologica e la struttura geologica, venne impostato inizialmente con lo scopo di individuare sulla piattaforma le condizioni, sia attuali che passate, che potevano aver favorito la concentrazione di minerali utili. Nel corso delle crociere effettuate dal 1976 al 1991 sono stati eseguiti rilievi ecografici ad alta (Narrow Beam, 12 Khz) e bassa (SBP, 3.5 Khz) frequenza e a scansione laterale (SSS), rilievi sismici a riflessione ad alta risoluzione (sparker e uniboom) e magnetometrici, nonché numerose stazioni di campionatura dei sedimenti di fondo, mediante bennate, dragaggi, carotaggi e prelievi diretti con sommozzatori.

In particolare il margine orientale sardo presenta una larghezza media di qualche miglio con la scarpata molto acclive che si arresta alla profondità di circa -1000 m in corrispondenza del bacino sardo. La larghezza estremamente ridotta (da meno di 1 miglio a 6-7 miglia) è dovuta ad una serie di faglie N-S parallele all'allungamento della costa, che hanno interessato la scarpata superiore ed il suo ciglio.

Il basamento della piattaforma continentale orientale è ricoperto quasi completamente da uno spessore importante di sedimenti plio-quadernari che influiscono sulla morfologia rendendola estremamente monotona e regolare. In generale l'acclività si presenta pressoché costante dalla linea di costa al ciglio, il quale presenta una netta rottura di pendio ed è costituito da accumuli di sedimenti in progradazione.

Il ciglio, mediamente sopra i -120m, presenta una netta rottura di pendio con aree in progradazione estremamente limitate; in corrispondenza delle testate dei canyon l'erosione regressiva porta talora in affioramento il substrato.

La piattaforma continentale sarda relativa al Foglio geologico n°428 Arzachena (Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – APAT), si estende per circa 10 mn verso mare con una debole pendenza fino al bordo (-110m/120m). Quest'ultimo si presenta frastagliato in quanto caratterizzato dalla presenza di una serie di

testate (in arretramento) di canyon (Canyon Caprera, Canyon Cervo, Canyon Mortorio) che incidono la sottostante scarpata (Scarpata Gallurese; Ulzega, 1988) (fig. 3).

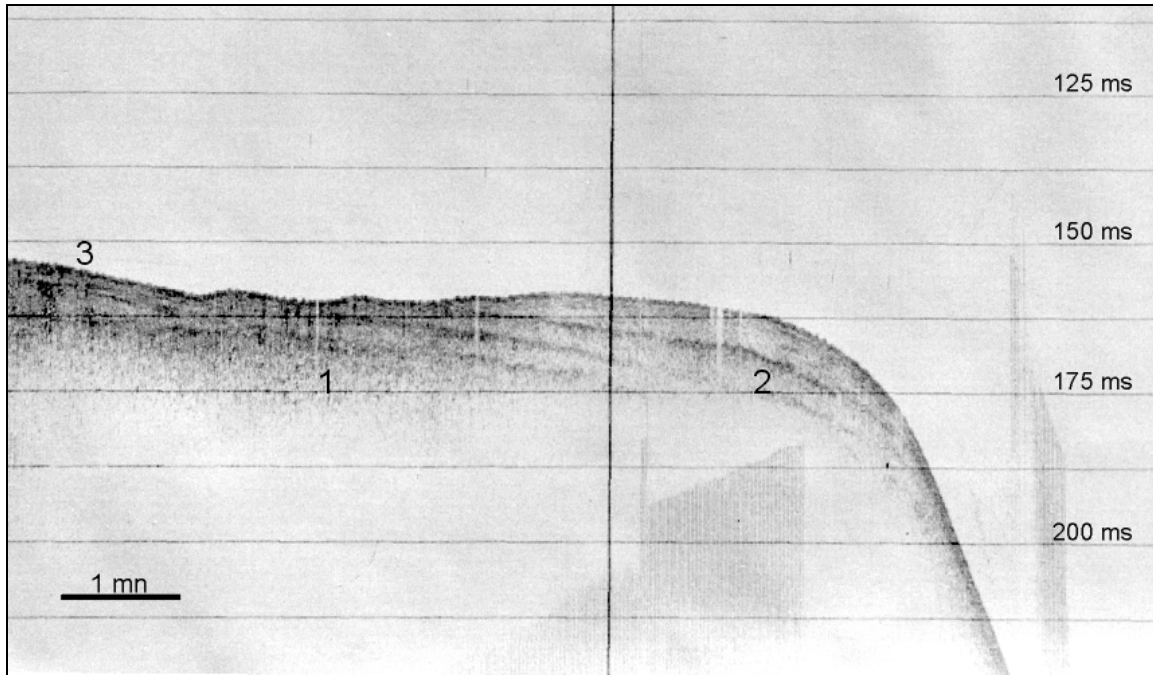


Figura 3 - Registrazione sismica Subbottom Profiler 3,5 Khz – Sezione in zona del bordo della piattaforma continentale 12 mn a E dell’Isola di Soffi: 1) substrato cristallino(Mg); 2) prisma di progradazione plio-quadernaria in facies sismica opaca è caratterizzata da rari riflettori inclinati, le geometrie sedimentarie sono rappresentate da foreste inclinati verso mare; 3) sedimentazione marina olocenica, limi e limi sabbiosi. Da: Note illustrative Foglio geologico n°428 Arzachena.

La piattaforma continentale, definita da Ulzega (1988) come Pianu Gaddurese, si divide in: piattaforma interna o prossimale, molto articolata e complessa ed in piattaforma esterna o distale. La suddivisione risulta necessaria in quanto si esplicano differenti modalità della dinamica marina che condizionano in modo determinante i processi evolutivi sia delle coste che dei fondali.

La parte interna dell’unità fisiografica considerata, si estende dalla linea di riva alla batimetrica –50 m e comprende tutti i fondali prossimali in cui si trovano le isole maggiori e minori, gli scogli e le secche. In quest’area di mare avviene la sedimentazione terrigena degli apporti terrestri e la dispersione dei sedimenti ad opera delle correnti di fondo, soprattutto in relazione all’elevata dinamica delle masse d’acqua mobilizzate lungo i canali tra le isole dalle mareggiate dei quadranti settentrionali (fig. 4).

L'area di piattaforma esterna è caratterizzata da debole sedimentazione a bassa energia su una morfologia estremamente regolare.

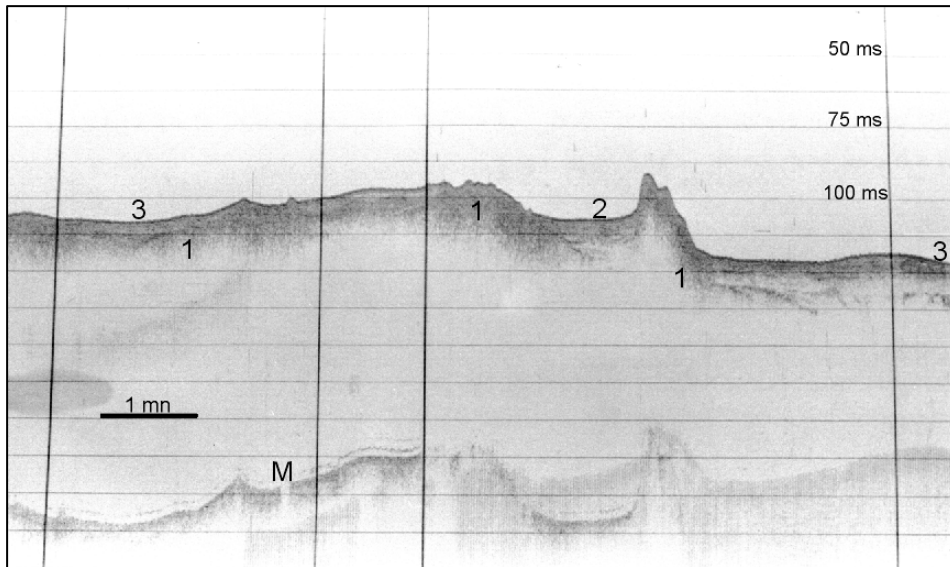


Figura 4 - Registrazione sismica Subbottom Profiler 3,5 KHz – Sezione in piattaforma distale 1 mn a ENE dell'Isola dei Nibani: 1) substrato cristallino (Mg); 2) colmata a sedimenti sabbiosi, probabile sedimentazione di fine ciclo continentale; 3) sedimentazione olocenica a sabbie limose; M) multipla. Da: Note illustrative Foglio geologico n°428 Arzachena.

Nel paesaggio sommerso della grande unità fisiografica (interna, esterna), si rilevano delle depressioni dall'interpretazione (variazione dello spessore del corpo sedimentario) dei profili sismici (SubBottomProfiler), attualmente colmate da sedimenti olocenici, localizzate principalmente in corrispondenza delle grandi insenature (Golfo di Cugnana, Golfo di Marinella, Golfo del Pevero e Cala di Vople), la cui genesi risulta di natura tettonica e lo sviluppo si manifesta secondo le principali linee di faglia (direzione NNE-SSW) che caratterizzano l'area. Il loro modellamento è da imputarsi alle fasi glacio-eustatiche che caratterizzano l'ultima era geologica (Quaternario), durante soprattutto la forte fase regressiva wurmiana (stage 4,3,2); in questo momento si verificano processi erosivi da parte sia degli agenti esogeni sia dei corsi d'acqua, determinando un paesaggio ben diverso dall'attuale, con la formazione di sistemi cordone litorale-laguna durante la progressiva regressione marina (massimo regressivo -110/120m) a cui è seguita la trasgressione versiliana che rimaneggia e rimodella le morfologie preesistenti (fig. 5).

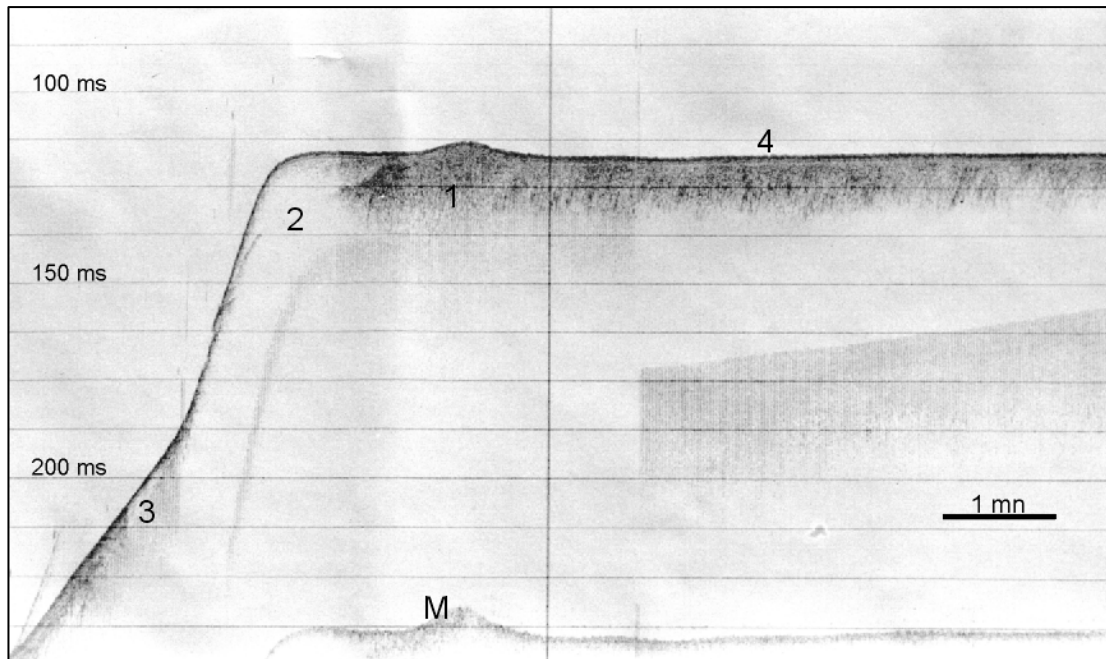


Figura 5 - Registrazione sismica Subbottom Profiler 3,5 Khz – Sezione in zona del bordo della piattaforma continentale, a 10 mn a ESE dell’Isola dei Nibani: 1) substrato cristallino (Mg); 2) prisma sedimentario progradante plio-quadernario con riflettori a geometria convessa; 3) sedimentazione olocenica da scivolamento gravitativi;4) sedimentazione marina olocenica, limi e limi sabbiosi; M) multipla. Da: Note illustrative Foglio geologico n°428 Arzachena.

Questa situazione è testimoniata dall’andamento delle principali linee di drenaggio sommerse che terminano in corrispondenza delle testate dei canyon precedentemente citati. Ulteriori testimonianze morfologiche ben conservate, legate alle fasi regressive e trasgressive quaternarie, sono le morfologie litorali (cordoni litorali fossili, beach-rock), soprattutto relative all’ultimo sollevamento tardo-pleistocenico ed olocenico del livello del mare. Si tratta in particolare di depositi di spiaggia cementati, in facies di beach-rock, localizzati a varie profondità: sono significativi i livelli a –70m, a –50m ed a quote via via superiori fino alle ultime beach-rock presenti in prossimità spiagge sia della Corsica che della Sardegna, che testimoniano l’ultimo sollevamento del livello del mare olocenico corrispondenza dell’optimum climatico.

In questo discorso non si esclude una componente tettonica polifasica (NNE-SSW; NNW-SSE) che abbia predisposto il substrato per il modellamento finale sopra citato; infatti si rilevano le evidenze di faglie sepolte con direzione NNE-SSW che caratterizzano il settore sud-orientale del Foglio Arzachena.

Dalla piattaforma continentale superiore si passa gradualmente all’ambiente di spiaggia sommersa che presenta un andamento parallelo alla costa delimitato dal limite superiore della prateria a posidonia oceanica.

2.2 Caratterizzazione geologica del sito

L'analisi geologica della fascia marino/costiera e dell'entroterra si è basata sulle informazioni bibliografiche e sul rilievo di campagna a terra che ha permesso di dettagliare gli aspetti relativi all'ambito marino.

L'area è inquadrabile nel settore orientale della regione denominata Gallura ed è caratterizzata prevalentemente dall'affioramento di litologie di natura intrusiva di età paleozoica e forse più antica, appartenenti al Complesso Migmatitico Pre Cambriano (?) e al Complesso Granitoide della Gallura, ricoperti da diffusi depositi detritici olocenici.

Il Complesso Migmatitico Pre Cambriano (?) è rappresentato dalle Diatessiti di Cala Capra afferenti al Gruppo di Cugnana mentre per quanto riguarda il Complesso Granitoide della Gallura è rappresentato dalla Facies Castel Cervo (Subunità intrusiva di Monte Tiana - UNITÀ INTRUSIVA DI ARZACHENA) a monzograniti inequigranulari, a fenocristalli subedrali di Kfs di taglia compresa tra 1 e 3 cm, e Qtz talvolta globulare, datati CARBONIFERO SUP. – PERMIANO.



Fig. 6 – Diatessiti di Cala Capra MGD. Località strada per Punta di lu Tamburu.



Fig. 7 – Complesso Granitoide della Gallura - Facies Castel Cervo AZN2f. Località Liscia di Vacca.

Tali complessi, ed in generale tutta l'area, è interessata da un corteo filoniano acido e basico a composizione estremamente variabile e andamento prevalente NS e secondariamente ENE-WSW. Si va principalmente dai filoni basici ad affinità alcalina e shoshonitica, ai filoni a composizione da intermedia ad acida (associati prevalentemente alle plutoniti del batolite alle quali verosimilmente risultano geneticamente collegati).

I materiali sopra descritti sono spesso ricoperti da coltri di posizionali oloceniche.

Si tratta dei depositi di spiaggia a sabbie e ghiaie, talvolta con frammenti conchigliari, e dei limitati depositi eolici a sabbie di duna ben classate, entrambi ascrivibili all'Olocene – Attuale.

La genesi di tali corpi di posizionali è da mettere in relazione con la produzione detritica dell'entroterra che ha fornito e fornisce gli apporti sedimentari necessari alla loro genesi ed evoluzione.



Fig. 8 – Stralcio Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 – Foglio 428 Arzachena.

Il settore sommerso di contro è caratterizzato da sabbie organogene in matrice limosa (sl) afferenti ad ambiente di spiaggia sommersa. Si tratta di sedimenti sabbiosi medio-fini con una componente limosa derivante dalla decantazione di un particellato organico dovuto all'immissione dei centri abitati adiacenti e dalle imbarcazioni. Questi sedimenti caratterizzano le zone portuali e sono ascrivibili all'Olocene superiore - Aattuale. La fascia di distribuzione di tali sabbie litorali, è limitata dall'irregolare limite superiore della prateria di Posidonia oceanica (-5/-7 m) o da cornici in roccia che limitano verso terra piattaforme di abrasione incise nel substrato cristallino a diverse quote. Lo spessore è spesso difficilmente valutabile a causa della scarsa penetrabilità di questi sedimenti nei confronti dei rilievi geofisici, l'andamento del substrato si coglie fino a spessori compresi tra 5 e 10 metri. La stessa facies sedimentaria è rilevabile in aree confinate all'interno della prateria a fanerogame marine, in piattaforma continentale interna, qui le aree di accumulo dei sedimenti sono

localizzate in corrispondenza di depressioni e canali intramattes, in questi casi la potenza delle sabbie bioclastiche carbonatiche è rappresentata da modesti spessori, limitati a 1 – 2 m.

Tali depositi ricoprono spesso sedimenti sottostanti attribuibili alla sedimentazione tardo pleistocenico-olocenica, successiva quindi alla ultima fase regressiva wurmiana, che hanno riempito le depressioni legate alla paleo idrografia dell'area. Lo spessore dei corpi sedimentari definisce un cuneo deposizionale che raggiunge la potenza maggiore in corrispondenza di depressioni a controllo morfologico strutturale.

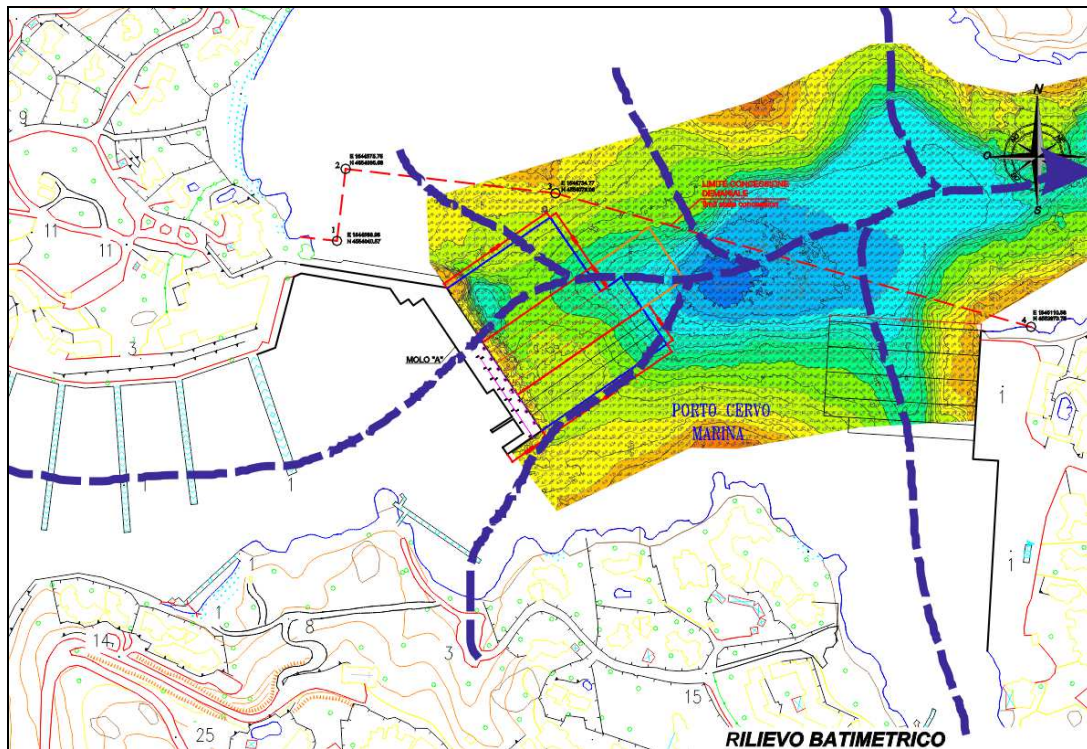


Fig. 9 – Schema paleoidrografia ria di Porto Cervo.

L'area è inoltre colonizzata dalle praterie a fanerogame, costituite essenzialmente da *Posidonia oceanica*, la cui distribuzione è principalmente localizzata secondo una fascia batimetrica compresa tra -5m/-35m, che contorna l'area emersa. Le praterie presentano condizioni critiche di stabilità e presentano fenomeni di arretramento del limite superiore o addirittura abbandono delle matte.

Per quanto riguarda gli aspetti tettonici le strutture disgiuntive, a prevalente andamento NS ed ENE-WSW, si osservano in tutta l'area e sono collegate principalmente alle diverse fasi della Tettonica Ercinica.

Come si può facilmente desumere la composizione mineralogica delle litologie affioranti è strettamente legata alla composizione dei sedimenti che vanno a costituire i corpi di spiaggia emersa e sommersa.

2.3 Caratterizzazione geomorfologia dell'area marino costiera di interesse

Nel presente paragrafo verranno trattati gli aspetti geomorfologici dell'area marina e costiera; particolare attenzione verrà prestata al settore all'interno del quale verrà realizzata l'opera in progetto.

L'evoluzione geomorfologica dell'area è fortemente influenzata dalle caratteristiche del substrato, costituito da rocce appartenenti al basamento paleozoico sardo, in genere massicce e fortemente fratturate.

L'eredità strutturale ha svolto un ruolo importante nel modellamento dell'area dato che la maggior parte delle valli si approfondiscono lungo le faglie e le fratture della tettonica alpina orientate prevalentemente circa N-S e WNW-ESE.

L'area in esame è caratterizzata da una morfologia fortemente accidentata in cui i processi costieri e quelli di alterazione su rocce granitiche da un parte e la successiva rielaborazione ad opera delle acque meteoriche e marine dall'altra, giocano un ruolo predominante. Lungo le zone maggiormente fratturate e fagliate si sono approfonditi i corsi d'acqua a generare un reticolo di drenaggio tipicamente angolare.

La dinamica costiera è caratterizzata da un'alternanza di promontori scolpiti sulle rocce del basamento e piccole spiagge del tipo pocket beach, tra un promontorio ed un'altro, costituite da elementi prevalentemente grossolani. Sono frequenti anche le baie scolpite su roccia senza che siano presenti depositi litorali. In questi casi è verosimile che l'erosione marina abbia agito con maggiore rapidità impedendo la formazione di depositi sedimentari costieri.

Nell'area costiero-marina sono state osservate diverse morfologie, sia erosive sia deposizionali, alcune attualmente attive ed altre inattive o quiescenti.

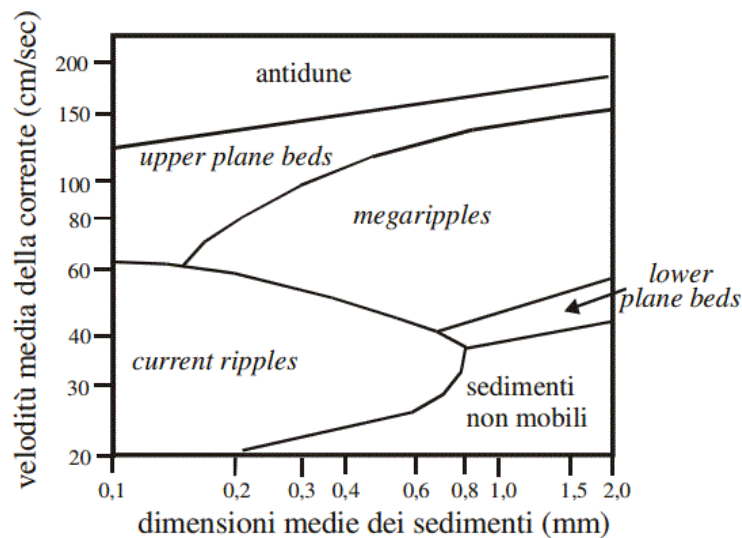
Nel settore costiero, alla base delle pseudofalesie intrusive, sono stati osservati depositi di crollo legati all'instabilità delle coste alte e caratterizzati da grossi blocchi subangolari che tendono ad assumere una disposizione a ventaglio con selezione dimensionale inversa dei blocchi. Questi processi risultano agevolati dalla naturale fratturazione della roccia che risulta inoltre alterata dai processi subaerei.

La presenza di questi depositi impedisce l'ulteriore sviluppo dei processi di crollo, collegati principalmente all'azione erosiva del moto ondoso e della corrente di deriva litorale, preservando il piede della falesia stessa e rallentando l'arretramento. Lo scalzamento alla base appare comunque il meccanismo principale per l'evoluzione del processo.

Per quanto concerne il settore sommerso sono presenti ripiani di erosione sommersi su roccia, a giacitura sub orizzontale, interpretabili come piattaforme d'abrasione marina che orlano con discontinuità la fascia costiera. La loro estensione è estremamente variabile. Queste morfologie si sviluppano da pochi decimetri sotto l'attuale livello medio marino e raggiungono, con debole inclinazione, profondità superiori ai 7 m (la presenza

della Posidonia oceanica ne impedisce una definizione precisa). Considerando la loro posizione batimetrica è indubbia l'attuale attività erosiva. L'evoluzione policiclica di questi elementi è legata a momenti eustatici recenti prossimi come quota al livello marino attuale.

Spostandoci verso la piattaforma interna è possibile riconoscere diverse morfologie impostate sia sui litotipi affioranti sia sui sedimenti mobili. L'evoluzione degli affioramenti rocciosi è favorita dalla presenza di discontinuità rappresentate sia da diaclasi più o meno beanti, sia da lineazioni tettoniche che presentano in mare lo stesso stile osservabili nell'area emersa. Alle morfologie erosive associate al basamento roccioso si associano quelle deposizionali dei fondi mobili. L'intero ambito di piattaforma prossimale è ricoperto dai sedimenti mobili ed è caratterizzato da strutture sedimentarie di vario tipo ed in particolare ripples mark, forme subacquee più piccole che si sviluppano con i silt o le sabbie medie.



I fondali della piattaforma prossimale sono inoltre caratterizzati da una copertura vegetale continua rappresentata principalmente da piante di Posidonia oceanica. Dal punto di vista geomorfologico, di fondamentale importanza è il ruolo che le praterie hanno nel limitare processi di erosione costiera e di dispersione dei sedimenti.

2.4 Indagini e analisi di laboratorio

Allo scopo di definire gli aspetti stratigrafici del sito nel quale si inserirà l'opera in progetto, è stata eseguita una campagna di indagine multitematica.

In particolare sono state effettuate indagini dei seguenti tipi:

- a) Rilievo geologico-geomorfologico di superficie dell'area emersa,
- b) Sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo.

Per quanto concerne le attività svolte il rilevamento geologico-geomorfologico è stato espletato valutando preliminarmente gli aspetti geologici ovvero orientamento di diaclasi, parametri giaciture di strati, estensione e natura di affioramenti rocciosi, limiti tra le diverse litologie, distribuzione delle biocenosi e dispersione delle diverse facies dei sedimenti mobili. Successivamente al rilievo dei dati geologico-strutturali si è passato alle osservazioni morfologiche come ad esempio le direzioni delle strutture sedimentarie di fondo (ripples, megaripples e dune idrauliche).

Di contro i sondaggi sono stati realizzati al fine di ricostruire il profilo stratigrafico e prelevare i campioni da avviare al laboratorio al fine di eseguire la caratterizzazione geotecnica dei materiali interessati dalla realizzazione dell'opera.

Sono stati eseguiti n. 3 sondaggi geotecnici verticali a rotazione e a carotaggio continuo. L'ubicazione dei punti è stata scelta dai progettisti come riportato in planimetria. La seguente tabella riassume le profondità raggiunte nei rispettivi sondaggi.

Sondaggio	Profondità investigata (ml da p.c. ovvero dal piano della banchina portuale)
S1	15.50
S2	15.50
S3	21.00

L'avanzamento a carotaggio continuo è avvenuto con carotieri semplici a diametro nominale pari a 101 mm, di lunghezza pari a 150 cm con corone in widia.

I materiali estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici in plastica di dimensioni 0.50*1.00 m a 5 scomparti da 1 m; sulle cassette sono stati apposti in modo indelebile la sigla e le profondità progressive del sondaggio.

Dal sondaggio S3, alla profondità di 17.50 m circa è stato prelevato un campione di sedimento avviato al laboratorio per le analisi specifiche riportate in allegato alla presente e nell'elaborato Relazione geotecnica.

In particolare i sondaggi hanno intercettato la superficie ed il fondo del cassone (- 8.30 m) che costituisce l'attuale banchinamento, lo scanno di pietrame alla base (spessore medio 6 m circa) ed hanno intercettato la roccia in posto nei sondaggi S1 (roccia compatta) ed S2 (roccia alterata) e le sabbie di spiaggia sommersa nel sondaggio S3.

Di seguito è possibile osservare il posizionamento dei sondaggi.

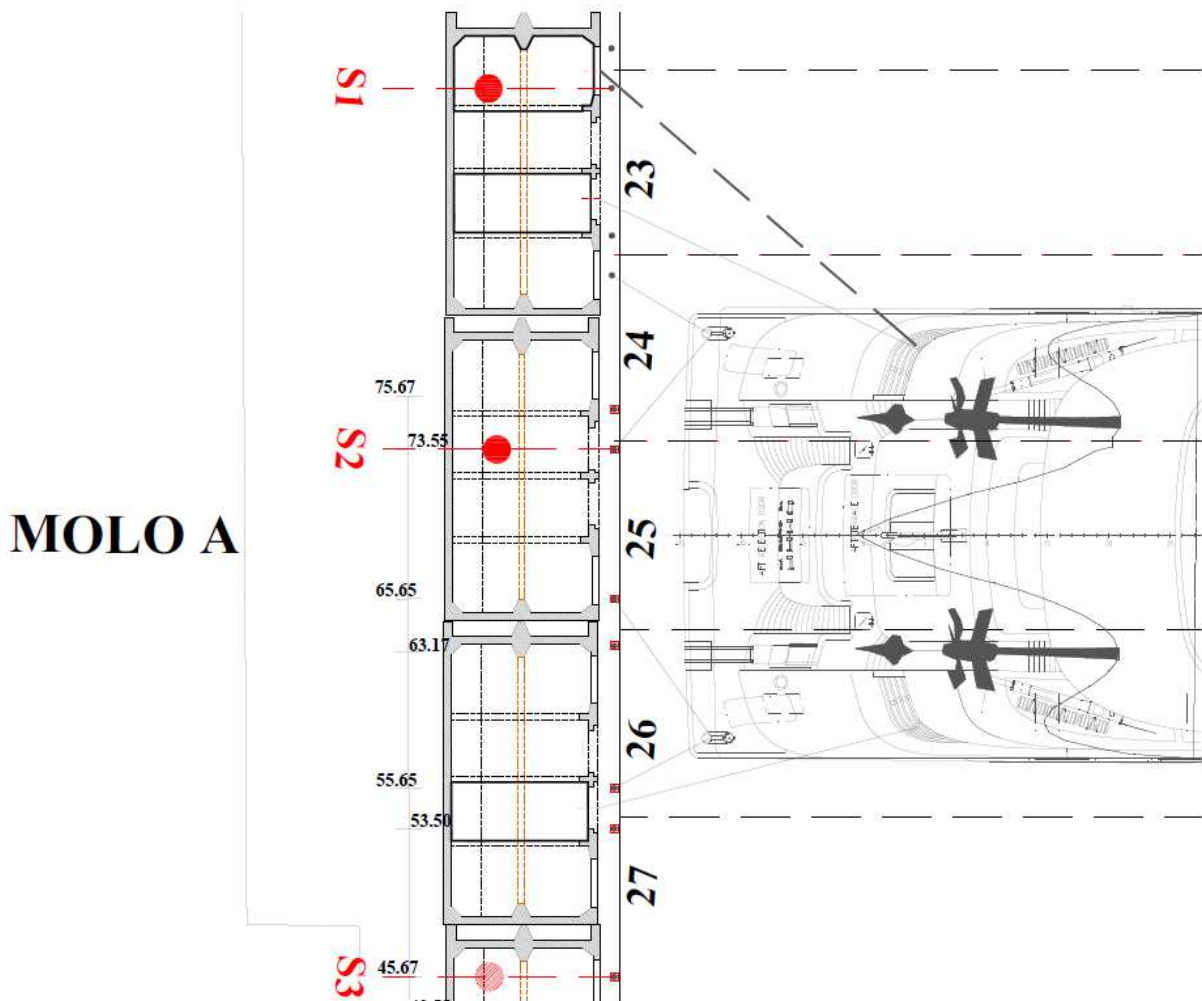


Fig. 10 – Ubicazione sondaggi.

2.5 Stratigrafie e Sezioni

L'esito dei sondaggi è stato descritto in appositi moduli stratigrafici rappresentati alla scala di 1:50 (1cm – 0.50 m), tali moduli espongono:

- rappresentazione stratigrafica e descrizione dei terreni intercettati/attraversati alle varie profondità,
- quota relativa al prelievo di campioni.

L'analisi dei materiali prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi a rotazione a campionamento continuo ha permesso di ricostruire la stratigrafia del sito.

Le perforazioni sono state impostate a partire dalla banchina del molo esistente ed hanno attraversato nei primi 8 metri circa il cassone esistente intercettando la superficie ed il fondo del cassone in conglomerato cementizio armato.

Al disotto della base del cassone è presente uno scanno in pietrame di varia pezzatura composto prevalentemente da ciottoli a spigoli vivi di natura prevalentemente cristallina. Questo primo materiale è stato messo in posto per la realizzazione della banchina e ricopre differenti materiali di seguito descritti.

Sulla base di quanto osservato si rileva che il basamento lapideo cristallino paleozoico interessa in modo discontinuo l'intera area portuale e presenta caratteristiche differenti. Lo stesso basamento affiora in modo diffuso al disotto dello scanno di sottofondazione esistente e si presenta da compatto ad alterato e fratturato (sondaggi S1 ed S2). In ogni caso manifesta un'estrema tenacità ed una forte resistenza alla perforazione, caratteristica dei materiali cristallini.

Nella porzione più distale del molo è stata individuata una sabbia medio fine limosa intercettata nella parte profonda del sondaggio S3 per uno spessore osservato di circa 6 m (fino a fondo foro). Tale materiale è interpretabile come deposito di spiaggia sommersa attuale associato al materiale di riempimento delle depressioni associate alla paleo idrografia relitta, colmate dai depositi trasgressivi di risalita dall'ultimo low stand wurmiano; si presenta discretamente resistente alla perforazione e ciò può essere legato ad una precoce cementazione non rilevata nel materiale carotato che potrebbe risultare completamente disgregato a seguito delle stesse operazioni di perforazione.

Per quanto riguarda i materiali costituenti lo scanno, a comportamento esclusivamente attritivo, è possibile, sulla base dell'esperienza e dei dati bibliografici, ipotizzare la seguente parametrizzazione geotecnica:

$$\gamma = 1.600-1.900 \text{ Kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.700-2.000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\varphi = 30^\circ - 40^\circ$$

$$C = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$$

Per quanto riguarda i materiali cristallini osservati nel sondaggio S1 ed S2, a comportamento esclusivamente lapideo, è possibile, sulla base dell'esperienza e dei dati bibliografici, ipotizzare la seguente parametrizzazione geotecnica (i valori inferiori sono riferiti a facies più alterate e fratturate):

$$\gamma = 2.000-3.000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\varphi = 45^\circ - 60^\circ$$

$$E_d = 50.000 \text{ Kg/cm}^2$$

Per quanto riguarda i materiali incoerenti (sabbia limosa) rinvenuti nel sondaggio S3, a comportamento prevalentemente attritivo, è possibile, sulla base dell'esperienza e dei dati bibliografici, ipotizzare la seguente parametrizzazione geotecnica:

$$\gamma = 1600-1800 \text{ Kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1750-2000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\varphi = 26^\circ - 38^\circ$$

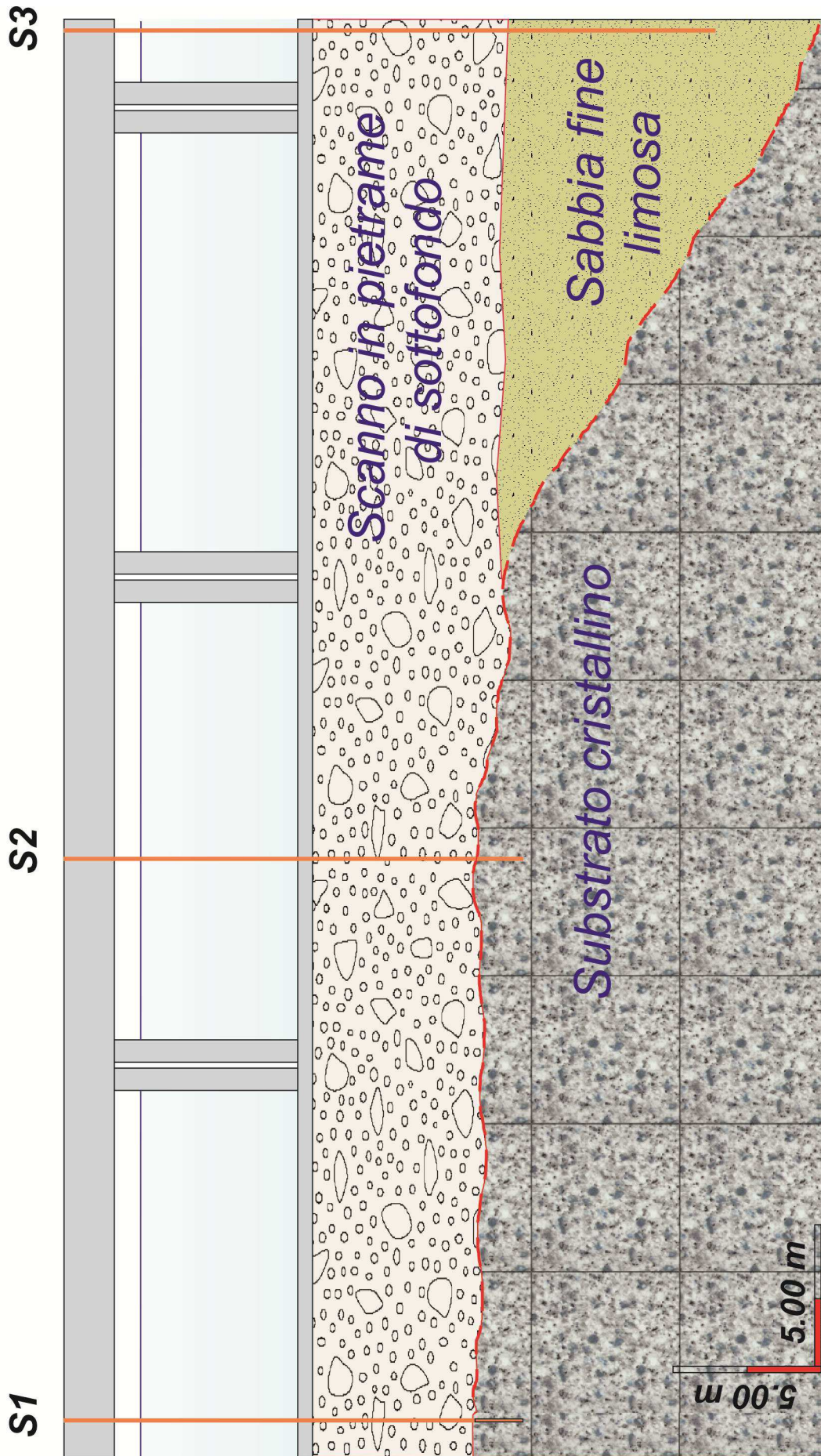
$$C = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_d = 150 - 300 \text{ Kg/cm}^2$$

Questi ultimi materiali sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio pertanto, ai fini di calcolo, sarà necessario fare riferimento ai parametri ottenuti tramite le prove su campione; tali parametri sono indicati nell'apposita sezione dell'elaborato Relazione Geotecnica.

Di seguito si riportano la sezione stratigrafica di sintesi e le stratigrafie dei tre sondaggi corredate della rispettiva documentazione fotografica.

SEZIONE STRATIGRAFICA Sc. 1:200



Riferimento: Adeguamento sistemi di attracco Marina di Porto Cervo	Sondaggio: S1
Località: Porto Cervo - Arzachena (OT)	Quota: 1
Impresa esecutrice: Geosarda dei f.lli Porceddu	Data: 21/04/2016
Coordinate:	Redattore: Dott. Geologo Giuseppe Puliga
Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				13	Scanno banchina - pietrame di varia natura ad elementi a spigoli vivi									
				14	Roccia granitoide compatta.								13.8	
				15									15.5	



Riferimento: Adeguamento sistemi di attracco Marina di Porto Cervo	Sondaggio: S2
Località: Porto Cervo - Arzachena (OT)	Quota: 1
Impresa esecutrice: Geosarda dei f.lli Porceddu	Data: 21/04/2016
Coordinate:	Redattore: Dott. Geologo Giuseppe Puliga
Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				13	[Pattern: irregular shapes]									Scanno banchina - pietrame di varia natura ad elementi a spigoli vivi
				14	[Pattern: cross-hatch]								13.8	Roccia granitoide alterata e fratturata.
				15									15.5	



Riferimento: Adeguamento sistemi di attracco Marina di Porto Cervo	Sondaggio: S3
Località: Porto Cervo - Arzachena (OT)	Quota: 1
Impresa esecutrice: Geosarda dei f.lli Porceddu	Data: 21/04/2016
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Giuseppe Puliga
Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				13	Scanno banchina - pietrame di varia natura ad elementi a spigoli vivi									
				14										
				15									15.0	Sabbia fine limosa di spiaggia sommersa.
				16										
				17										
				18										
				19										
				20										
				21									21.0	

C1



2.6 Rischio sismico

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

L'Ordinanza del P.C.M. 20 Marzo 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 del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", individua due gradi di pericolosità sismica :

- Bassa pericolosità sismica per le zone 3 e 4;
- Alta pericolosità sismica per le zone 1 e 2.

Il Comune di Arzachena rientra in zona 4: Zona con pericolosità sismica molto bassa. E' la zona meno pericolosa dove le possibilità di danni sismici sono basse.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Le norme tecniche indicano quattro valori di accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare. Considerato che le opere previste andranno concepite e dimensionate secondo le linee guida per le zone a classe 4, caratterizzate da accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni, $a_g < 0,05g$, si ritiene trascurabile l'insorgenza di problematiche connesse con la sismicità propria dell'areale in esame.

3 - CONCLUSIONI

In merito allo studio geologico trattato e sulla base dell'esperienza derivante dalla pratica professionale, è emerso un quadro cognitivo completo. Lo studio geologico esposto nel presente lavoro ha fornito elementi essenziali per le analisi tecniche di dettaglio esposte nelle relazioni specialistiche facenti parte integrante del presente lavoro.

Il presente studio geologico-geomorfologico ha consentito di definire:

- a. l'inquadramento geologico/geomorfologico di dettaglio dei settori litorali emersi e sommersi;
- b. la variabilità dei livelli superficiali in caratteristiche e spessore e che gli stessi si impostano su un substrato cristallino paleozoico e pre-paleozoico spesso affiorante;
- c. la stratigrafia di dettaglio degli ambiti litorali indagati;
- d. una parametrizzazione geotecnica di massima dei materiali;
- e. il modello geologico di riferimento.

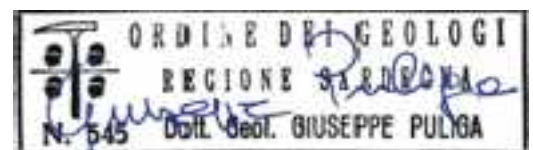
In dettaglio è stato possibile ricostruire la stratigrafia tipo dei materiali presenti alla base della banchina, costituita da un cassone profondo 8 m circa, che risultano composti da uno scanno in pietrame alla base (spessore medio 6 m circa) da roccia cristallina in posto (intercettata nei sondaggi S1, roccia compatta, ed S2, roccia alterata, e le sabbie di spiaggia sommersa nel sondaggio S3.

Come prescritto dalla normativa la relazione geotecnica dovrà tenere conto della presente relazione geologica e del modello geologico da essa scaturito.

In definitiva, esaminati gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e ambientali, non si ravvisano particolari controindicazioni alla realizzazione dell'opera in progetto.

Senorbì, maggio 2016

Il Professionista



ALLEGATI

Analisi di laboratorio

Sede : Via Libeccio 32 - 09126 Cagliari ☎ 070/371705
Laboratorio Geotecnico :
Via Di Vittorio Lottizzazione ex Fornaci Usai 09028 Sestu (CA)

e-mail info@servizigeotecnici.com
web www.servizigeotecnici.com



ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA

Pagina 1 di 1

Spettabile
Dott. Geol. Giuseppe Puliga
Via Arno,7 C
09040 Senorbì (CA)

P.IVA N. 02783110923

Cagliari, 4 maggio 2016

Oggetto : "Località Porto Cervo"

Trasmissione certificati

Settore terre

Cert. N.	Tipo prova	Data
11228	Analisi granulometrica CNR-UNI	03.05.2016
11229	Prova di Taglio	03.05.2016

Servizi Geotecnici sas
Dott. Geol. Alessandro Melis



ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

Committente: Dott. Geol. Giuseppe Puliga - Senorbì (CA)

Cantiere: Località Porto Cervo

№ 1 1 2 2 8

Sondaggio : S3
Campione: S3C1
Profondità campionamento (m da p.c.): -18,0
Data prelievo: 21/04/2016

Certificato N.
Data 03/05/2016

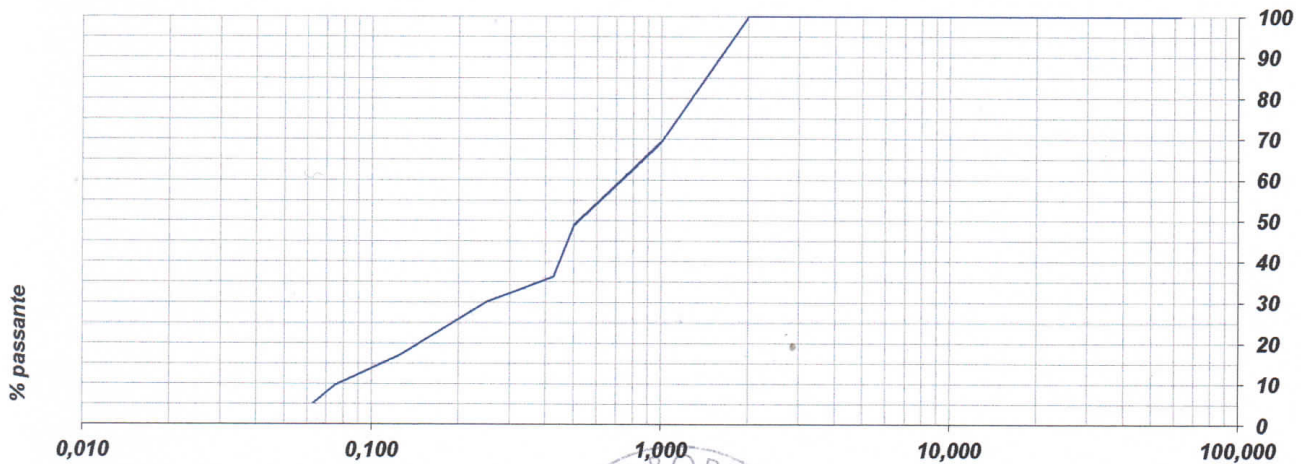
Setacciatura	
Setacci (mm)	Passante (%)
63	100,00
31,5	100,00
20	100,00
16	100,00
14	100,00
1205	100,00
10	100,00
8	100,00
4	100,00
2	100,00
1	69,39
0,5	48,98
0,425	36,33
0,2500	30,20
0,1250	17,14
0,0750	9,80
0,0630	5,31

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	N.D.
Limite Plastico	N.D.
Indice Plastico	N.P.
Classificazione	A3
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI		
Ghiaia ($\phi > 2$ mm)	%	0,0
Sabbia ($2 > \phi > 0,06$ mm)	%	94,7
Limo ($0,06 > \phi > 0,002$ mm)	%	5,3
Descrizione: Ghiaia limoso sabbiosa		

Tipo campionamento: Campione rimaneggiato

DIAMETRO DEI GRANI (mm)



IL TECNICO
Dott. Geol. Giorgio Madrone



IL COORDINATORE
Dott. Geol. Alessandro Melis

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert.N. SGQ022/09

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D3080-90

Committente: Dott. Geol. Giuseppe Puliga - Senorbi (CA)

Cantiere: Località Porto Cervo

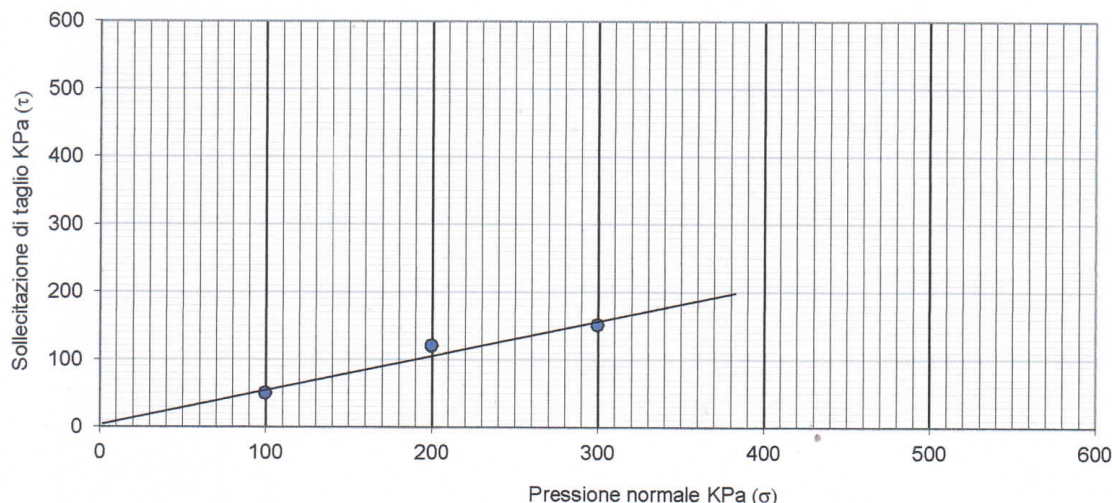
Certificato N. **№ 11229**
Data 03.05.2016

Sondaggio S3
Campione S3C1
Profondità campione: -18,0 m da p.c.
Data prelievo: 21.04.2016

CONSOLIDAZIONE		1	2	3
PRESSIONE VERTICALE	σ KPa	100	200	300
CEDIMENTO	mm	0,221	0,242	0,391

ROTTURA		1	2	3
SOLLECITAZIONE DI TAGLIO	τ KPa	49,6	119,8	150,5

Tipo campione: Campione rimaneggiato ricostruito in laboratorio	
Descrizione: Sabbia fine	
Peso di volume (g/cmc)	1,46



Angolo di resistenza al taglio

Coesione efficace

27,0 °

5 KPa

Note:

IL TECNICO
Dott. Geol. Giorgio Madigale



IL COORDINATORE
Dott. Geol. Alessandro Melis