



AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI

**Stazione Marittima - Molo Sanita'
Cagliari**

**COMPLETAMENTO DELLA BANCHINA
SUL LATO NORD-EST DEL PORTO CANALE
(Porto industriale di Cagliari)**

revisione	data	descrizione della modifica

Elaborato :	PROGETTO DEFINITIVO I LOTTO FUNZIONALE	Data :
R012	RELAZIONE GEOLOGICA	Aprile 2011

Progetto :

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale OO.PP. Lazio-Abruzzo-Sardegna
Sede coordinata di Cagliari

Il Progettista

Dott. Ing. Andrea Botti

Collaboratore

D.T. geom. Emanuele Fanni

Il Responsabile del procedimento
dell'Autorità Portuale

Dott. Ing. Alessandro Boggio

Consulenti

SEACON S.R.L.

Dott. Ing. Massimo Vitellozzi

DMS Geotechnical Engineering s.r.l.

Prof. Ing. Fabio Soccodato

Dott. Ing. Marco Tartaglino

Il Geologo

Dott. Giovanni Tilocca

I Collaboratori

Dott.ssa Geol. Barbara Mascia

Dott. Geol. Angelo Vigo

RELAZIONE GEOLOGICA

1. PREMESSA

L'Autorità Portuale di Cagliari, con Decreto del Presidente n.58 del 11/04/2011, ha conferito allo scrivente l'incarico di redigere la Relazione Geologica nell'ambito progetto definitivo di "prosecuzione del banchinamento del lato di levante del Porto Canale".

1.1 Descrizione del progetto

Il progetto è articolato in *Progetto generale* e *Progetto definitivo di I lotto funzionale*.

Il Progetto generale ha come obiettivo il completamento della banchina attualmente in uso per l'ormeggio delle navi *porta container* lungo la sponda nord del canale, dall'imboccatura fino al limite del bacino di evoluzione. Esso in particolare prevede:

- A. il completamento del banchinamento sul lato di Nord Est della parte più interna del Porto Canale per uno sviluppo di 317,5 m;
- B. la pavimentazione dei piazzali di stoccaggio a tergo della banchina per una superficie di 86.116,25 mq;
- C. il dragaggio del fondo antistante la nuova banchina fino a profondità di -16.00 m;
- D. le sottostrutture e gli impianti funzionali alla struttura portuale.

Il Progetto definitivo di I lotto funzionale prevede, nello specifico, la realizzazione degli interventi in A e in C, nonché quota parte degli interventi in B.

Per quel che riguarda il solo completamento del banchinamento sul lato di Nord Est della parte più interna del Porto Canale, per uno sviluppo di 317,5 m, si rende necessaria la posa in opera di una paratia di contenimento in diaframmi di calcestruzzo armato, profonda 33 m, vincolata in testa ad un solettone fondato su pali di 28 m disposti ad interasse di 5 m, la cui trave sul lato di terra è fondata su setti di ancoraggio profondi 33 m.

Ai sensi del D.P.R. 207/2010, la relazione geologica comprende, sulla base di specifiche indagini, l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica.

Dunque, anche al di là delle prescrizioni di legge, la Relazione Geologica risulta ben giustificata anche dal contesto operativo, in particolare dalle incognite connesse ai materiali da escavare e all'identificazione dei caratteri degli strati di fondazione delle opere più rilevanti da individuarsi, ovvero dalla necessità di configurare una corretta modellazione geologica che funga da riferimento per la connessa modellazione geotecnica.

1.2 Localizzazione

Il progetto ricade per intero nella sezione 557130 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e nella Tav. 557 III "Cagliari" della cartografia I.G.M.I. in scala 1.25.000 (edizione 1989).

Si tratta, in pratica della porzione più interna nord orientale del Porto Industriale, la quale coincide con un segmento a suo tempo interno all'ambito lagunare e, dunque, sommerso, in stretta pertinenza del settore emerso noto come *Sa Illetta*.

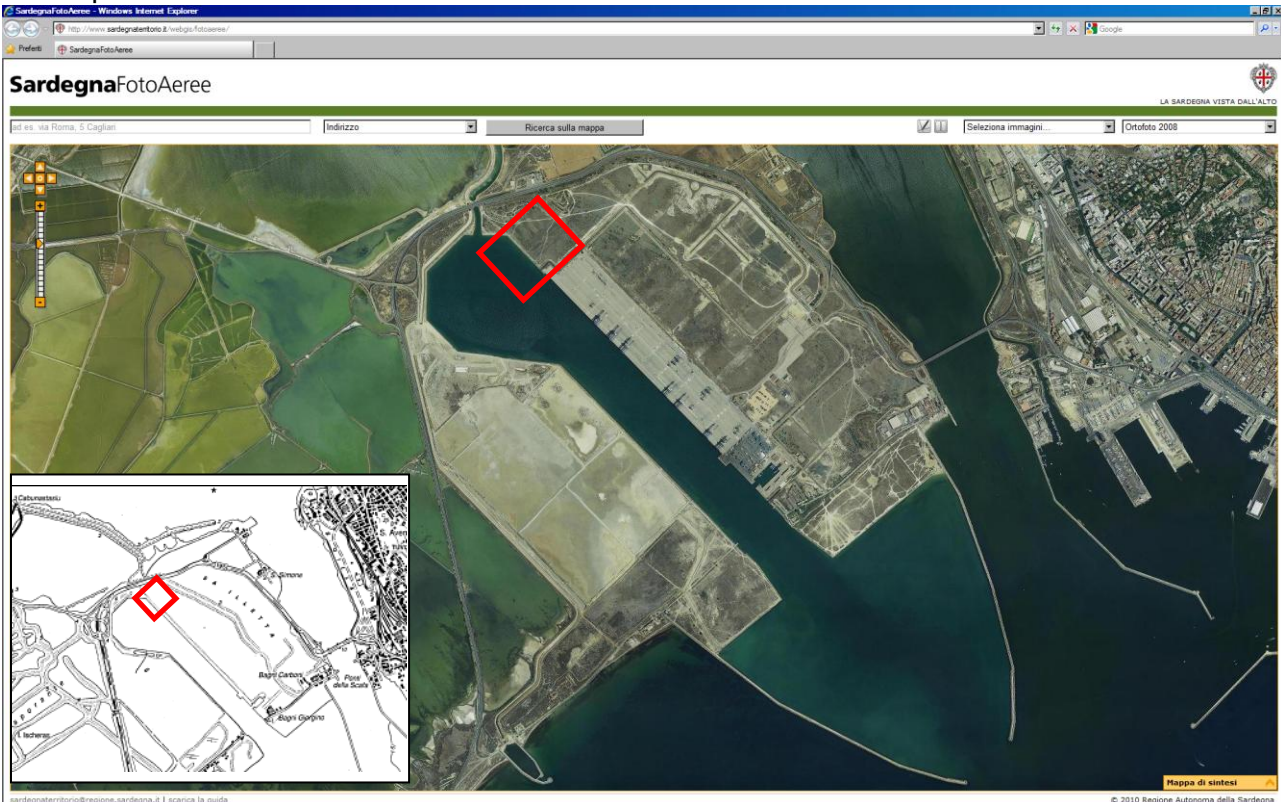


Fig. 1- Localizzazione area d'indagine e d'intervento. Immagine aerea del 2008 (da www.sardegna territorio.it) e stralcio topografico IGMI ridotto.

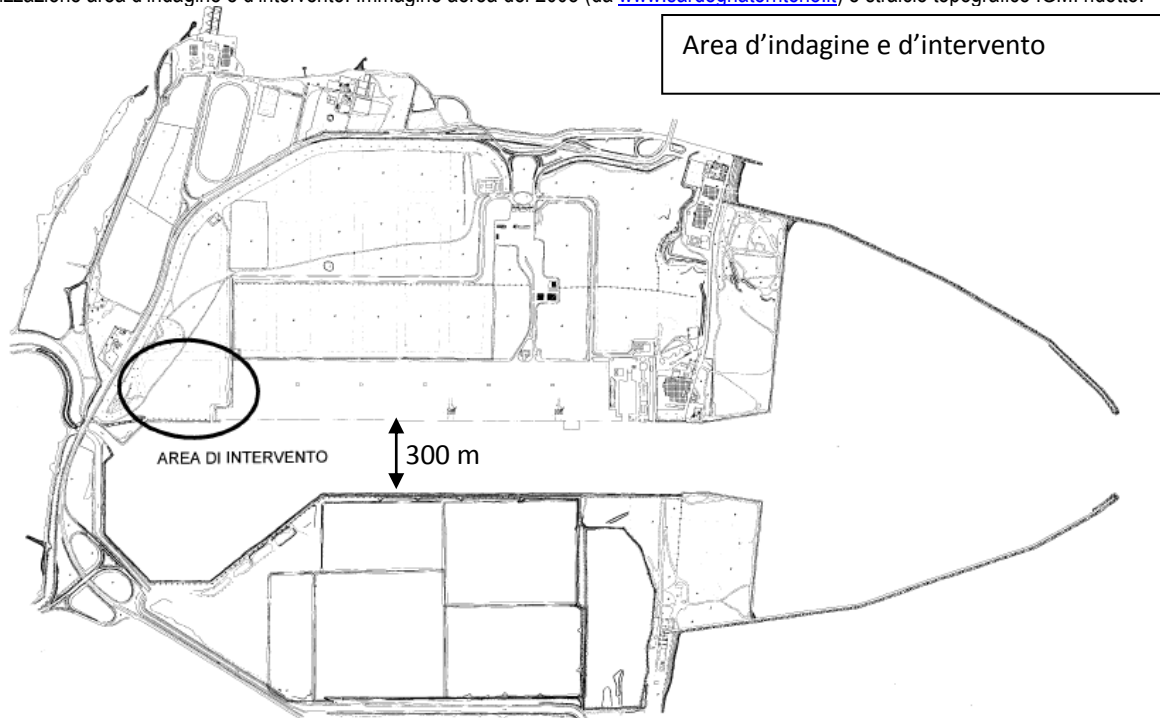


Fig. 2- Stralcio cartografico della localizzazione dell'area d'indagine e d'intervento.

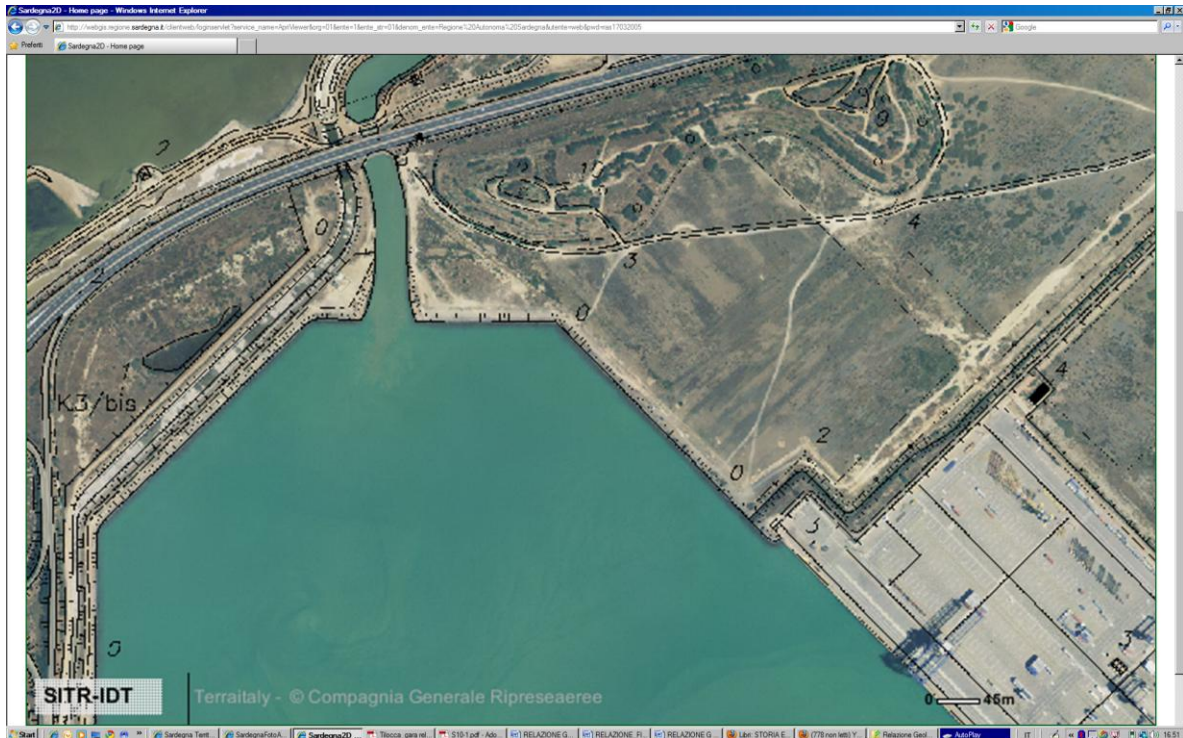


Fig. 3 - Foto aerea settore intervento (tratta da <http://webgis.regione.sardegna.it>); area, sede di banchinamento ed escavo.

1.3 Riferimenti normativi e tecnici

La relazione viene redatta ai sensi delle seguenti norme:

- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (art. 1).
- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 – Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 – Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554 – Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109 e successive modificazioni.
- D.M. 14 gennaio 2008 – Approvazione delle Norme Tecniche per le costruzioni. D.P.R. 5 ottobre 2010 n. 207 – Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 in vigore dall'8 Giugno 2011.

1.4 Cartografia

Cartografie di riferimento per l'indagine:

- RAS-2005: Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico. Perimetrazioni Pericolo e Rischio Idraulico. Assessorato dei LL. PP..
- RAS-2005: Piano Stralcio delle fasce Fluviali (adozione preliminare). ADIS
- S.G. I.- 1951: F° Geologico 234 Cagliari della Carta Geologica d'Italia. I.P.Z.S..
- RAS- 2009: *Carta Geologica di Base della Sardegna in scala 1:25.000*". Assessorato EE. LL. FF. UU. .
- APAT-RAS-2010: Carta Geologica d'Italia F°566 Cagliari, in scala 1:50.000.
- RAS-Carta Tecnica Regionale 2002 Tav. 557 III "Cagliari". Assessorato EE. LL. FF. UU. .
- INGV- 2010: <http://kharita.rm.ingv.it/Gmaps/reg/>.

1.5 Foto aeree consultate

È stato consultato il sito www.sardegna.territorio/webgis/fotoaeree nel quale, in particolare, sono stati esaminati, nei contesti d'indagine, i seguenti prodotti fotografici:

- RAS-Ortofoto 1954, RAS-Ortofoto 1977, RAS-Ortofoto 2000, RAS-Ortofoto 2003, RAS-Ortofoto 2006
- RAS-Satellite Ikonos 2005
- RAS-Ortofoto 2008

1.6 Documenti di progetto a carattere geologico

La presente Relazione Geologica costituisce l'elaborato R012 del progetto. Di essa fanno parte i seguenti elaborati:

Allegato 1 – Carta geolitologica in scala 1:10.000, Planimetria dei profili- Profili geologici A-A' e B-B' (Elaborato R012a)

Allegato 2 – Elaborato R012bi

2 CONSUNTIVO DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E GEOGNOSTICHE

Alla luce delle caratteristiche dell'intervento, comprendente come visto, interventi sia in ambito emerso artificializzato che in ambito sommerso, le indagini alla base della Relazione sono articolate in un inquadramento geologico regionale del settore emerso e sommerso e in uno studio litostratigrafico di dettaglio sia dei sondaggi geognostici già eseguiti che delle litofacies affioranti nelle pertinenze dell'area d'intervento, comprendente la ricostruzione geolitologica sulla base di un gran numero di terebrazioni eseguite nell'ambito degli interventi connessi con le opere a supporto e a completamento del Porto Industriale..

2.1 Inquadramento regionale - settore emerso

Prima di passare all'illustrazione locale si ritiene necessario un inquadramento a carattere regionale che renda possibile la comprensione delle ragioni alla base della litostratigrafia messa in luce da un'apposita campagna geognostica.

L'area di indagine è inserita nella parte più interna del Porto Industriale di Cagliari, così come riportato in Fig. 1.

2.1.1 Cenni geomorfologici

Il *Porto industriale*, è stato realizzato a seguito del completamento del cosiddetto *Porto Canale* di Cagliari, opera questa, che ha reso possibile, in primo luogo tramite un'imponente esecuzione di escavi, la comunicazione della Laguna di Santa Gilla col mare aperto sul Golfo di Cagliari, dando luogo, sia sul piano geomorfologico (rapporto aree emerse-sommerse) che geolitologico, ad una configurazione del tutto nuova rispetto a quella storica. Sono stati, infatti, portati a giorno complessi sedimentari sepolti e sottostanti complessi più recenti asportati. In conseguenza di ciò si sono rese necessarie colmate che hanno reso possibili sia vistosi pronunciamenti della linea di costa che riduzione degli originari specchi lagunari retrostanti il cordone litorale di *La Playa*. Ulteriori opere idrauliche son state via via realizzate. Fra esse emerge un ampio Canale artificiale sfociante nella parte più interna del Porto Canale.

2.1.2 Inquadramento geologico

Alla luce della sua collocazione, quindi, sul piano geologico regionale, il Porto sottende la parte più meridionale del Graben del Campidano, ovvero la più importante struttura tettonica Plio-Pleistocenica della Sardegna.

Questa struttura tettono-sedimentaria, estesa per circa 100 Km da Oristano a Cagliari ha una larghezza media più o meno regolare di circa 30 Km, è il risultato dell'abbassamento tettonico di un bacino entro una fossa (*Graben*) sigillata da sistemi di faglie sub-parallele principali (*Master faults*) sviluppatesi nell'ossatura cristallina granitico-metamorfica. Tali sistemi disgiuntivi regionali delineatisi fin dal Pliocene, con orientazione prevalentemente NNW-SSE (NE-SW nella piana di Pula-Sarroch) proseguono in mare nella Piattaforma continentale meridionale dell'Isola, condizionando in qualche modo la deposizione dei sedimenti sia nel Pleistocene che nella risalita eustatica versiliana.

La stratigrafia di massima del Graben campidanese è nota da tempo, sia a Nord che a Sud, sulla base degli studi per ricerche petrolifere degli anni '60.

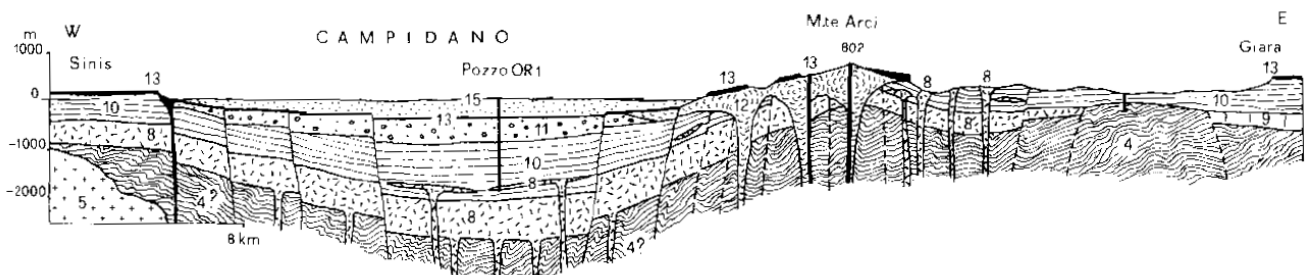


Fig.4 - A) Sezione schematica del Graben del Campidano di Oristano; B) Legenda da Pecorini in [Ricerche Geotermiche in Sardegna, 1982-CNR]. Legenda (con modificazioni in questa stesura): 4- Formazioni paleozoiche metamorfiche del basamento ercinico; 5-Graniti; 8-Vulcaniti Andesitiche dell'Oligo-Miocene; 9-Vulcaniti ignimbricite del Miocene inf.; 10-Depositi prevalentemente marini del Miocene e del Pliocene inferiore; 11-Accumuli sintettonici del Pliocene ("*Formazione di Samassi*"); 12-Rioliti del Monte Arci del Pliocene; 13-Vulcaniti basaltiche del Pliocene; 15-Sedimenti alluvionali del Quaternario

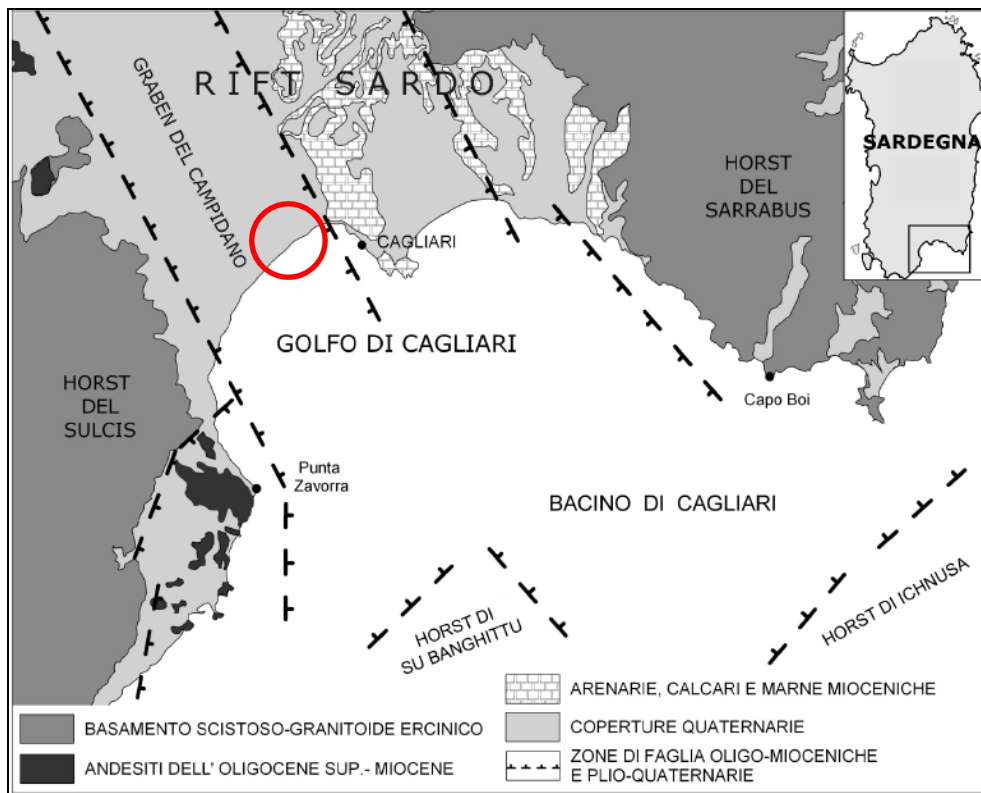


Fig. 5 - Planimetria geologica della parte emersa del Golfo di Cagliari con i principali elementi strutturali della parte sommersa [13; 7]. Nel cerchio l'inquadramento del settore d'indagine.

Il bacino risulta contenuto entro due blocchi (*Horst*), quello orientale (a cui viene attribuita la denominazione di **Horst del Sarrabus**, ovvero del Sarrabus-Sarcidano-Gennargentu) e quello occidentale (**Horst del Sulcis** ovvero del Sulcis-Iglesiente-Arburese). Il limite occidentale del Campidano corre lungo un allineamento che collega Capoterra, Decimoputzu, Villacidro, Guspini e la Laguna di Marceddi; quello orientale si sviluppa fra Cagliari, Monastir, Serrenti, Furtei, Uras e Ollastra Simaxis. In questo quadro l'Horst Orientale più di quello occidentale appare descritto da un assetto a gradinata nel settore cristallino con rilievi frammentati nel settore terziario, sia vulcanico (Cupole andesitiche di Monastir e di Furtei) che calcareo (Colline di Cagliari).

Sul lato occidentale, tuttavia la chiarezza geometrica del limite strutturale del Graben tende a complicarsi ed ampliarsi a Sud di Capoterra, in corrispondenza della parte Orientale del Sulcis. Questo si determina per l'insorgenza di una struttura tettonica "diffratta" ovvero ad orientazione coniugata NE-SW, denominata *faglia di Sarroch-Pula* che mette in contatto il basamento cristallino del Sulcis coi sedimenti eocenici e le vulcaniti mioceniche della Piana di Pula-Sarroch, connotandone peraltro gran parte degli ulteriori elementi geomorfologici e dunque l'assetto idrogeologico in generale.

Il bacino Plio-Pleistocenico campidanese consiste, dunque, di un'estesa superficie piana o blandamente sinuosa ai bordi, al di sotto della quale sono conservati apparati vulcanici del Rift oligo-miocenico e sedimenti calcarei del Miocene. La sua caratteristica principale resta tuttavia la

presenza, al suo interno, di potenti riempimenti (fino a 700m) sedimentari continentali di ambienti fluvio-lacustri, di età che vanno dal Pliocene al Quaternario Olocene).

Nell'insieme ciò consente una ricostruzione paleogeografica con riferimento ad un'ipotesi di bacino chiuso con imponenti recapiti solidi da parte della paleoidrografia, che soltanto nelle ultime fasi del Pleistocene e per meglio dire nell'ultimo interglaciale ("Tirreniano" Auct.;140-120 Ka), interferisce con l'ambiente marino. Tale interferenza è testimoniata da affioramenti o ritrovamenti in sondaggio in almeno due livelli contraddistinti da fossili marini (*Tapes diana*) o d'ambiente lagunare (*Cardium*). Si tratta per lo più di sedimenti riferibili alla cosiddetta *Panchina tirreniana* (Auct.), cioè sabbie o arenarie conchigliari, conglomerati a cemento carbonatico, talvolta di ambiente eolico, di spessore da qualche metro a qualche decina di metri.

Durante l'ultimo glaciale (120-18Ka), si determinano sovraescavazioni delle principali valli fluviali che in tempi successivi al minimo livello glacio-eustatico della cosiddetta glaciazione *würmiana* (**Ultimo Massimo Glaciale**, sensu Orombelli et Al., 2005 [17] a 19-30 Ka), con la risalita del mare nel Versiliano, vengono colmate da sedimenti detritici argillosi ricchi di sostanza organica, talora ciottolosi o con resti di fauna marina o lagunare.

La configurazione attuale della parte emersa e lagunare del Golfo di Cagliari è il risultato della formazione di un cordone litoraneo creatosi nelle ultime fasi del riempimento versiliano.

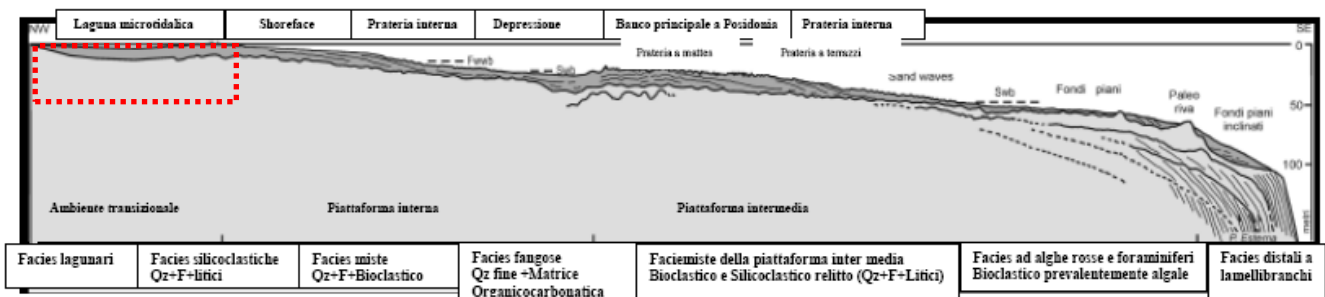


Fig.6- Sezione trasversale e schema deposizionale della Piattaforma di Cagliari. In grigio chiaro ed in grigio scuro le sequenze rispettivamente precedenti e posteriore l'ultimo minimo glacio-eustatico di 18-20 Ka (migliaia di anni fa) [Qz =Quarzo; F= Feldspati]. Nel riquadro:tratteggiato: Laguna di Santa Gilla (da Cossellu M. [2007]).

Il livello eustatico più alto della rimonta post glaciale è alla base della genesi dei principali cordoni litoranei della Sardegna (compreso quello de La Plaja), quindi delle principali lagune costiere (compresa Santa Gilla). La sedimentazione più recente per lo più fangosa rinvenibile nelle parti più superficiali della stratigrafia della Laguna di Santa Gilla (**F** in Fig. 7; da Pecorini in [24]) ha età Fiandriana (o Versiliana), cioè si è messa in posto a partire da 18Ka. Il suo spessore massimo, pari a 30-40 m è rinvenibile ad Est dell'area del Porto Canale, grosso modo in corrispondenza del canale di La Scafa.

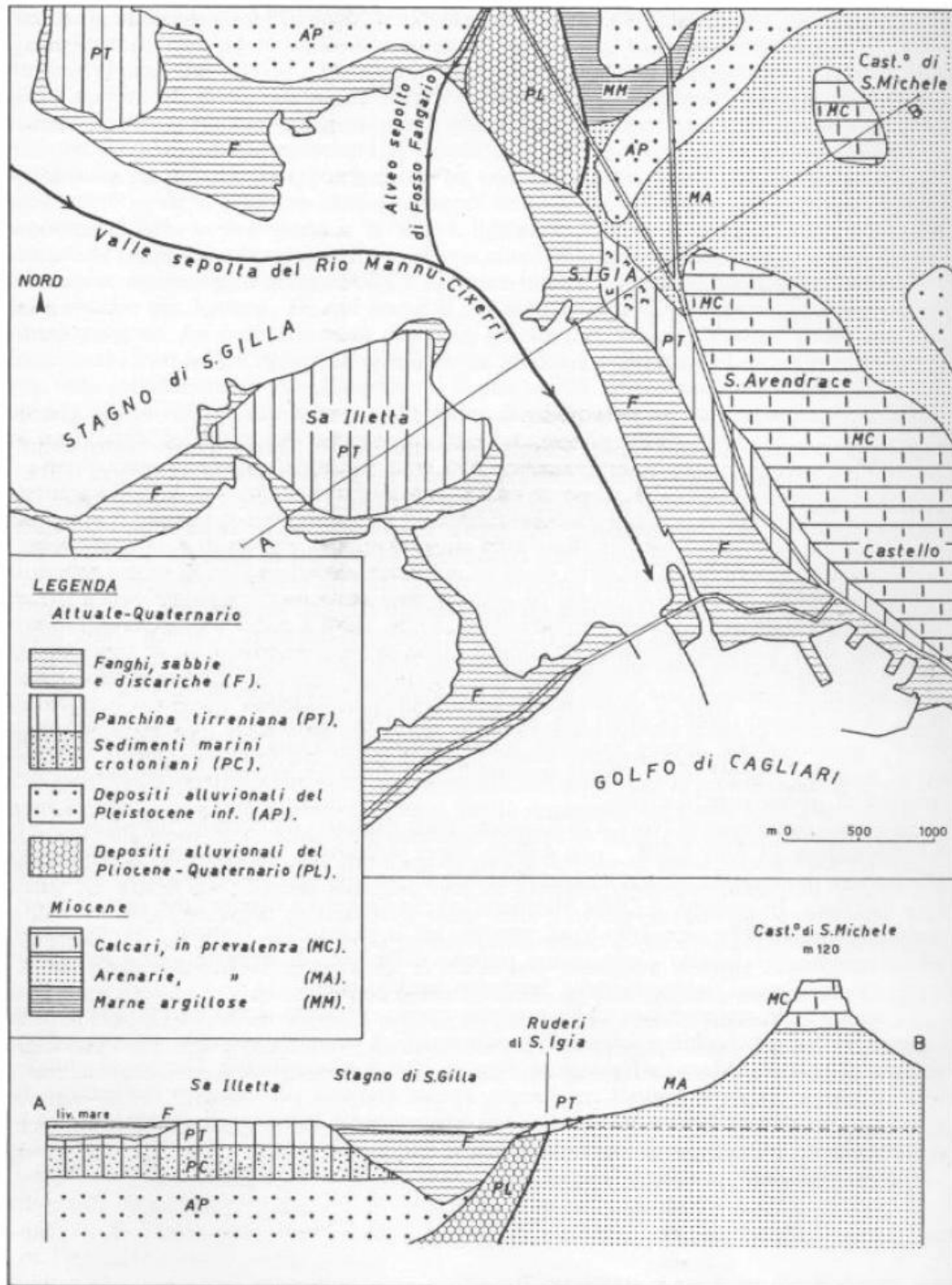


Fig.7 - Cartina geologica della sponda sud-orientale della Laguna di Santa Gilla [24]

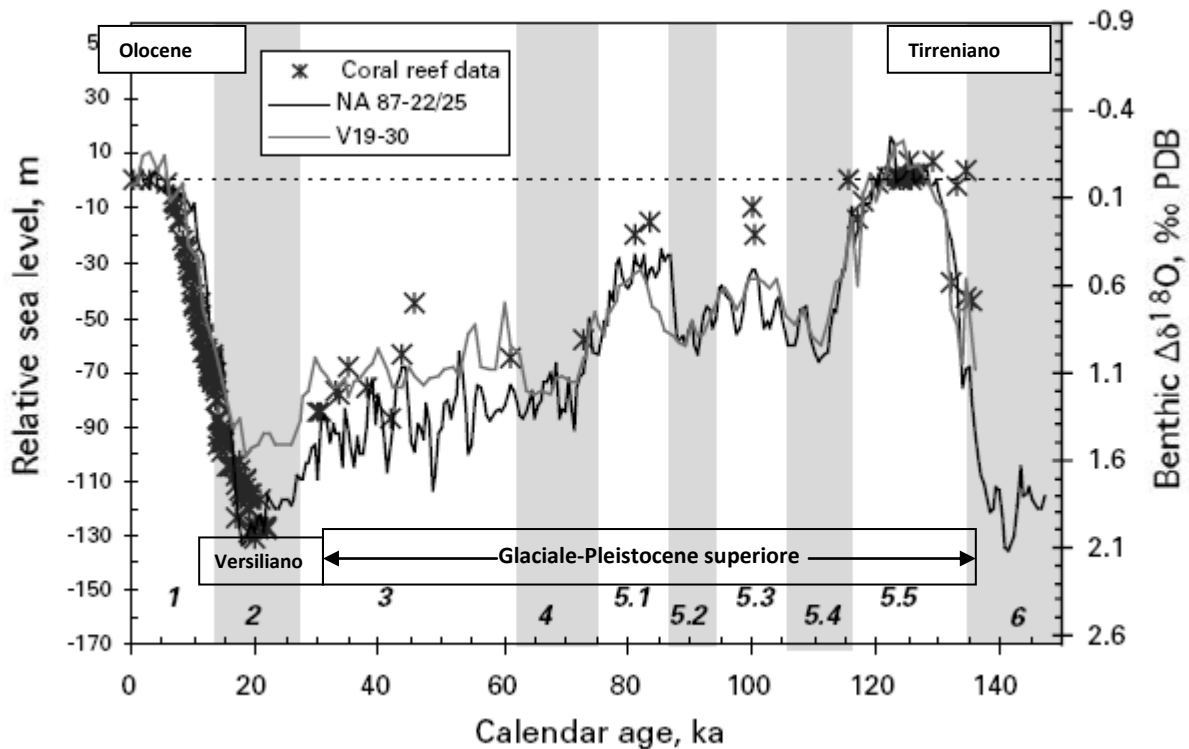


Fig.8 - Curva di Lambeck: Diagramma delle correlazioni cronologiche negli ultimi 150 Ka (modificato da [44] per l'illustrazione)

2.1.3 Sismicità

L'intero territorio della Sardegna risulta essere inserito nella Zona 4 della riclassificazione sismica nazionale operata attraverso l'**O.P.C.M. 3274/03** (si veda anche la **Deliberazione G.R. 15/31 del 30.3.2004**). In tale sfondo non sono state elaborate ulteriori suddivisioni o zonazioni da parte della R.A.S. né sono stati forniti contributi o articolazioni inerenti le palesi differenze riscontrabili nella sia pure debole pericolosità sismica. È noto, infatti, che il territorio Nord orientale e meridionale possano risentire, sia pure debolmente (M.C.S.= 4-5), della sismicità delle strutture tettoniche attive sia del Margine Ligure (o in generale del Mediterraneo occidentale) che di quello tirrenico occidentale e del Canale di Sardegna.

Gli eventi più recentemente registrati ed avvertiti sono stati:

- quello del **26/4/2000**, con magnitudo $M_d = 4,8-4,2$ della scala Richter all'epicentro sulla verticale delle strutture tirreniche (alcune miglia ad Est di Posada);
- quello del **12/12/2004** (3,6 gradi Richter) con epicentro poco diverso dal precedente;
- quello del **18/12/2004** (3,8 gradi Richter) con epicentro poco diverso dal precedente;
- quello del **22/03/2006** (3,4 gradi Richter), con epicentro nella piattaforma meridionale della Sardegna al largo di Pula;
- quello del **24/03/2006** (4,1 gradi Richter), con epicentro nella piattaforma meridionale della Sardegna al largo di Pula;
- quello del **15 Ottobre 2008** più debole ma avvertito nel medesimo spazio geografico;

- quello del 09 Novembre 2010, di magnitudo 3,3 avvertito nel Sassarese ma con epicentro nel Mediterraneo Occidentale al Largo della Corsica.

La Fig. 10 riporta la zonizzazione macrosismica assegnata alla Sardegna in conseguenza del sisma del 26/4/2000, segnalato come quello a maggior magnitudo fra i più recenti e avvertito in una vasta area della Sardegna settentrionale.

2.1.4 Sismicità Sardegna meridionale

Per una sintesi in tal senso si fa riferimento ai dati di provenienza dal Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia, in particolare all'elaborazione dei più recenti sismi fornita da <http://kharita.rm.ingv.it/Gmaps/reg/>.

Lat:	Lon:	Profondità (km)	Data UTC:	Magnitudo	Provincia evento	Località
38.898	9.000	8.6	24/03/06 10:43	4.1	SOTTOMARINO	Sardegna
38.917	9.023	10	22/03/06 22:45	3.4	SOTTOMARINO	Sardegna

Tab.1- Dati di riferimento ufficiali dei terremoti più recenti registrati nella Sardegna meridionale

In tempi recenti l'area di Sarroch-Pula, poco a Sud di quella in studio, ha risentito degli effetti macrosismici dei terremoti riportati in Tabella 1.

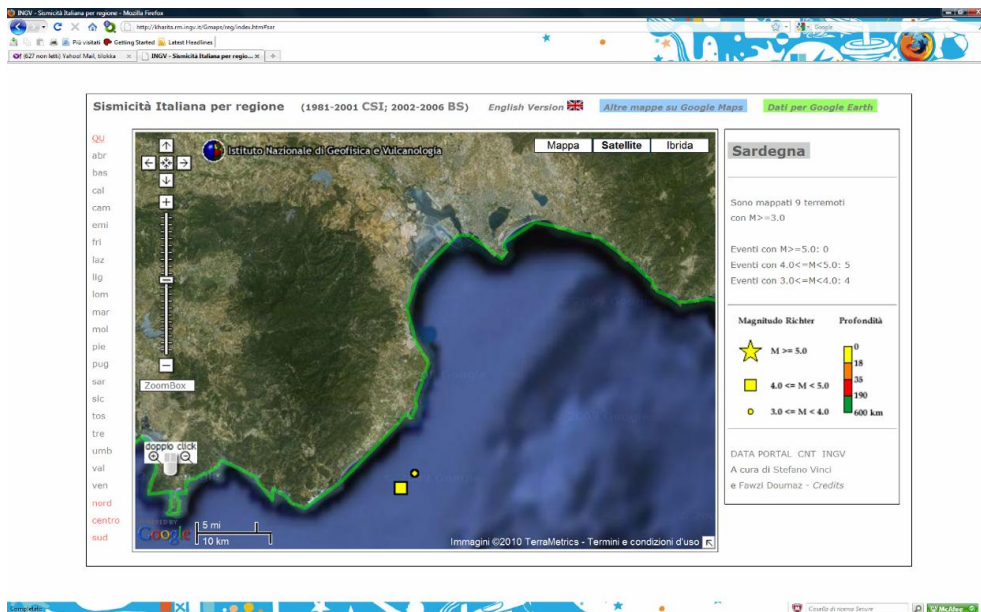


Fig.9 - Localizzazione degli eventi sismici riportati in Tabella 1 (da <http://kharita.rm.ingv.it/Gmaps/reg/>)

26 04 2000
 Capo Comino

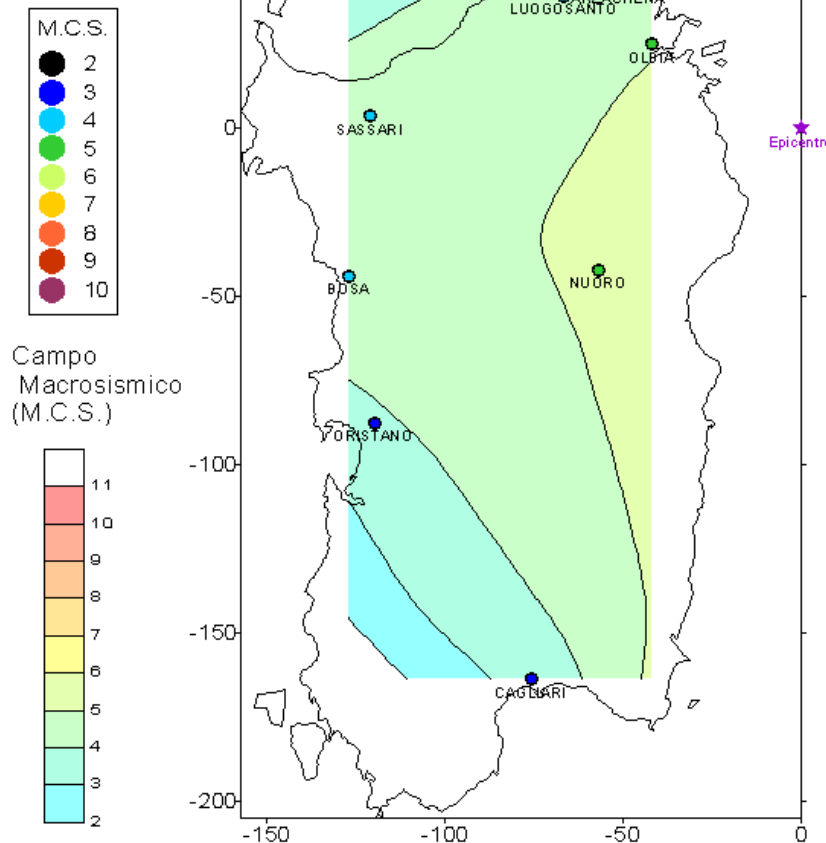


Fig. 10 - Intensità macrosismica regionale conseguente al sisma del 26 Aprile 2000.
 L'area d'indagine ricade fra il 4° ed il 5° del Campo Macrosismico M.C.S.

2.1.5 La Laguna di Santa Gilla

Il Porto Canale di Cagliari è stato realizzato attraverso un'imponente e progressiva opera di trasformazione del corrispondente tratto della Laguna di Santa Gilla, messa in atto, in primo luogo, attraverso consistenti approfondimenti del "Canale" di accesso e del Bacino di evoluzione. Questi interventi si sono tradotti in evidenti trasfigurazioni dell'originario assetto geomorfologico (cfr. Figg.11-12) , vuoi per gli escavi e dragaggi del fondale della laguna, vuoi per la rimozione di un vasto tratto di cordone litoraneo emerso, che hanno comportato una movimentazione di sedimenti ("fanghi") senza precedenti, per centinaia di migliaia di mc. Gran parte di questi sono stati impiegati per la realizzazione dei due fronti aggettanti (rispetto all'originaria falcata sabbiosa) banchinati, all'esterno dei quali si radicano i due lunghi moli posti protezione del Canale e del Porto stesso.

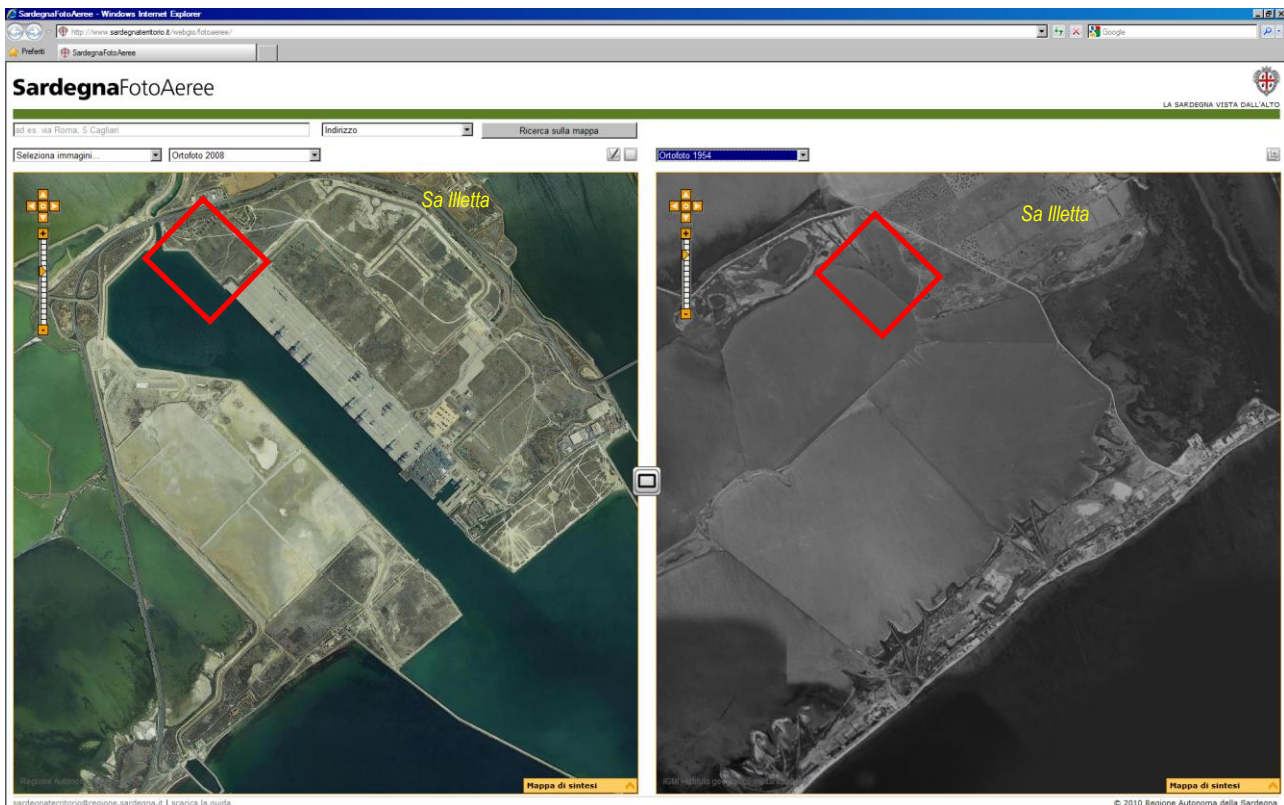


Fig.11 - Confronto diacronico 2008-1954 (da www.sardegna territorio.it, modificato): si notino le profonde differenze. Nel riquadro l'area d'indagine.

Malgrado, quindi, ciò la progressiva riduzione superficiale dell'originario specchio acqueo, la Laguna di Santa Gilla costituisce ancora oggi il corpo più importante del sistema di acque di transizione, comprendente anche Le Saline di Macchiareddu e Lo Stagno di Capoterra.

E' noto che nel suo complesso, il compendio lagunare sottende un'ampia rete idrografica drenante ad Ovest i rilievi del Sulcis meridionale (Riu Gutturu Mannu-Riu Santa Lucia) e settentrionale e dell'Iglesiente (Riu Cixerri), a Nord il Campidano, il Monte Linas (Riu Leni) e i rilievi del Sarcidano (Riu Flumini Mannu), ad Est la Trexenta (Riu Mannu di San Sperate; Riu Sa Nuxedda; Riu Sa Murta) ed il Gerrei (Riu Flumineddu). Verso mare la laguna è limitata da un esteso e largo cordone litorale (*La Playa*), risultante morfodinamica di inputs sedimentari e azioni marittime ai livelli di stazionamento massimi del mare versiliano. Si ritiene, a tale riguardo, che la definizione dell'ambiente lagunare attuale ad Ovest di Cagliari sia cronologicamente collocabile nell'Olocene, quindi, in buona sostanza in tempi assai prossimi agli attuali (4-5 ky). Tuttavia questa configurazione rappresenta, a sua volta, solo uno stadio evolutivo di una trasformazione a partire da una più antica fisiografia di fondovalle, generatasi per progressiva escavazione operata dai paleo sistemi idrografici del Riu Cixerri-Flumini Mannu, in corrispondenza del massimo ritiro eustatico correlabile col **LGM** (Ultimo Massimo Glaciale), ovvero, come detto, il minimo livello glacio-eustatico della cosiddetta glaciazione *würmiana*.

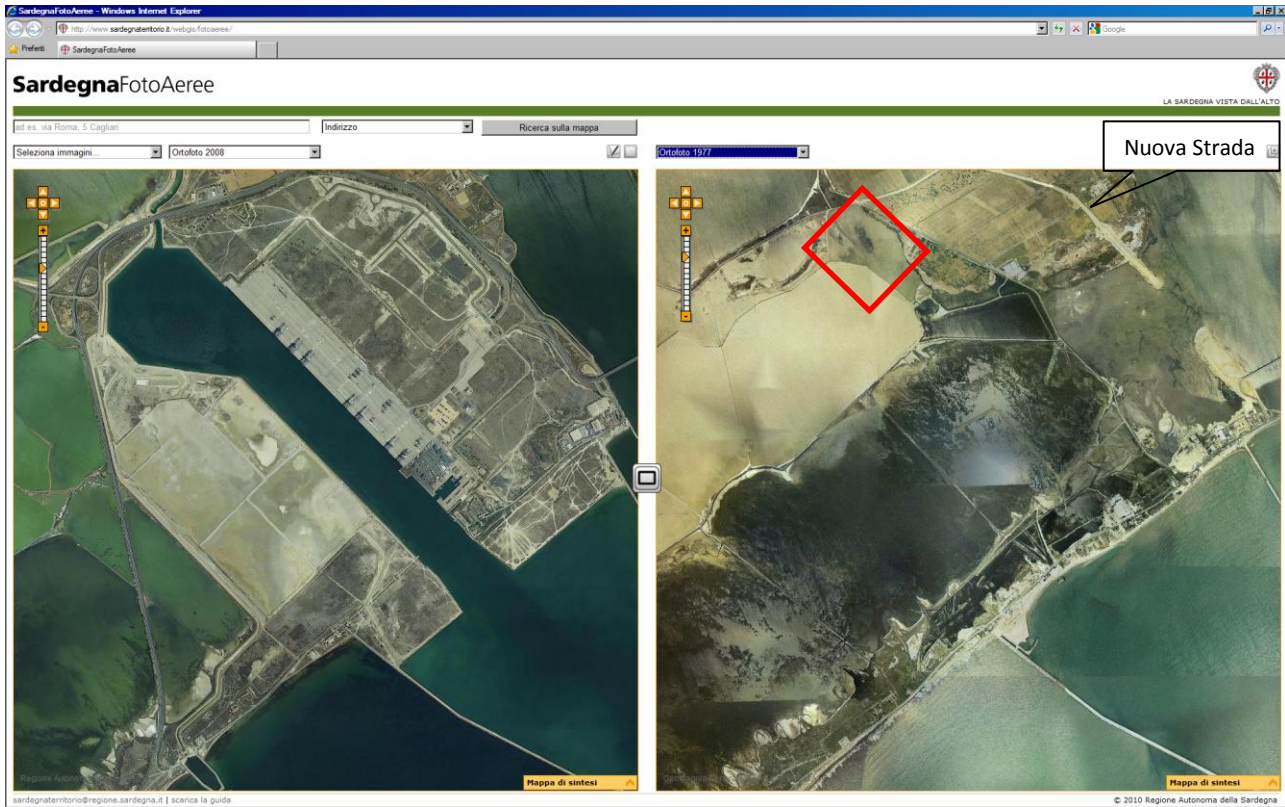


Fig.12 - Confronto diacronico 2008-1977 (da www.sardegna territorio.it). Nel riquadro l'area d'indagine.

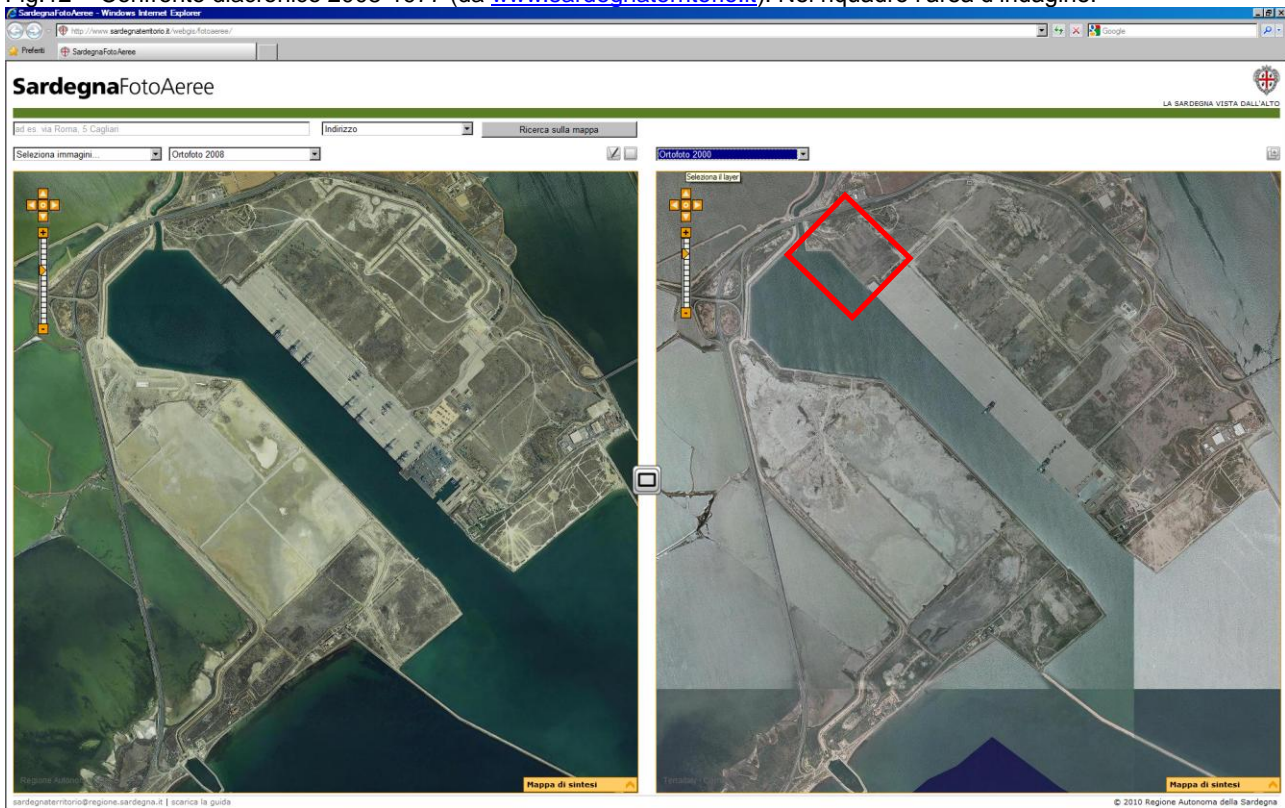


Fig.13 - Confronto diacronico 2008-2000 (da www.sardegna territorio.it)

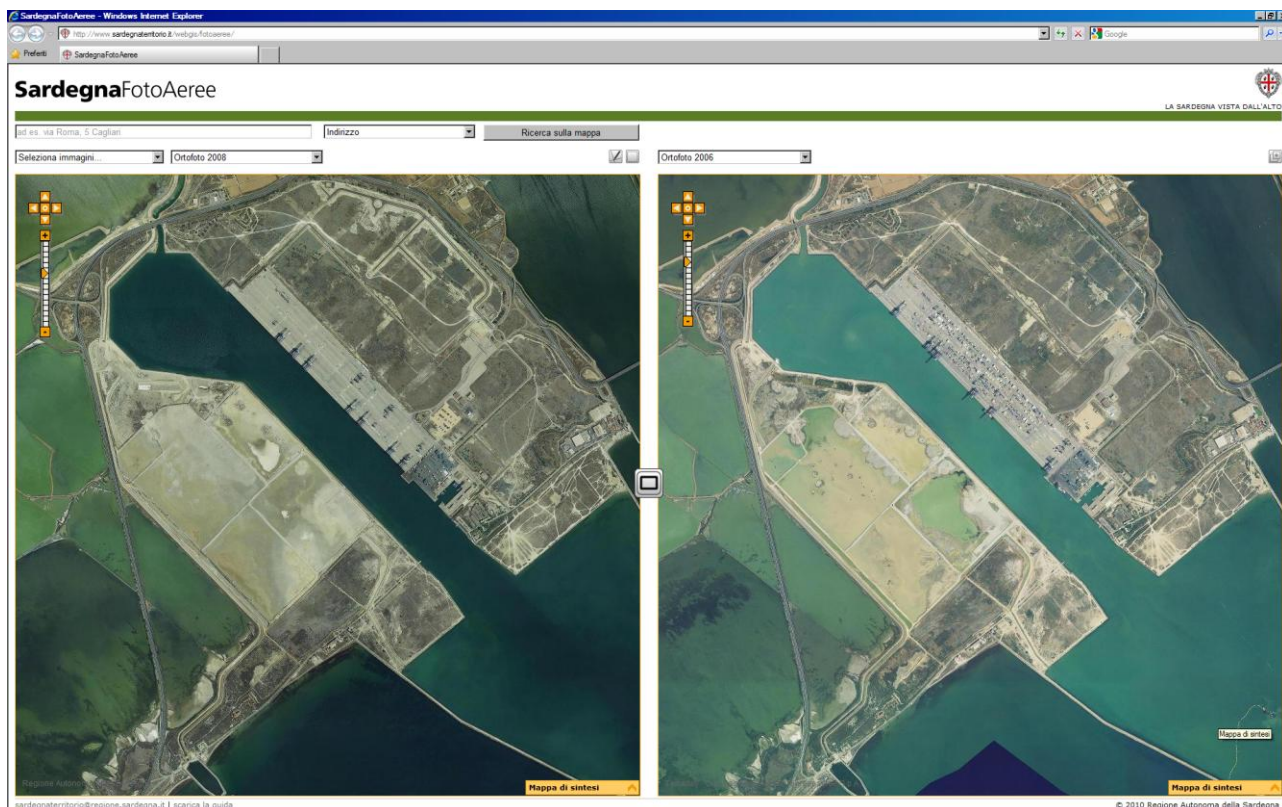


Fig.14 - Confronto diacronico 2008-2006 (da www.sardegna territorio.it)

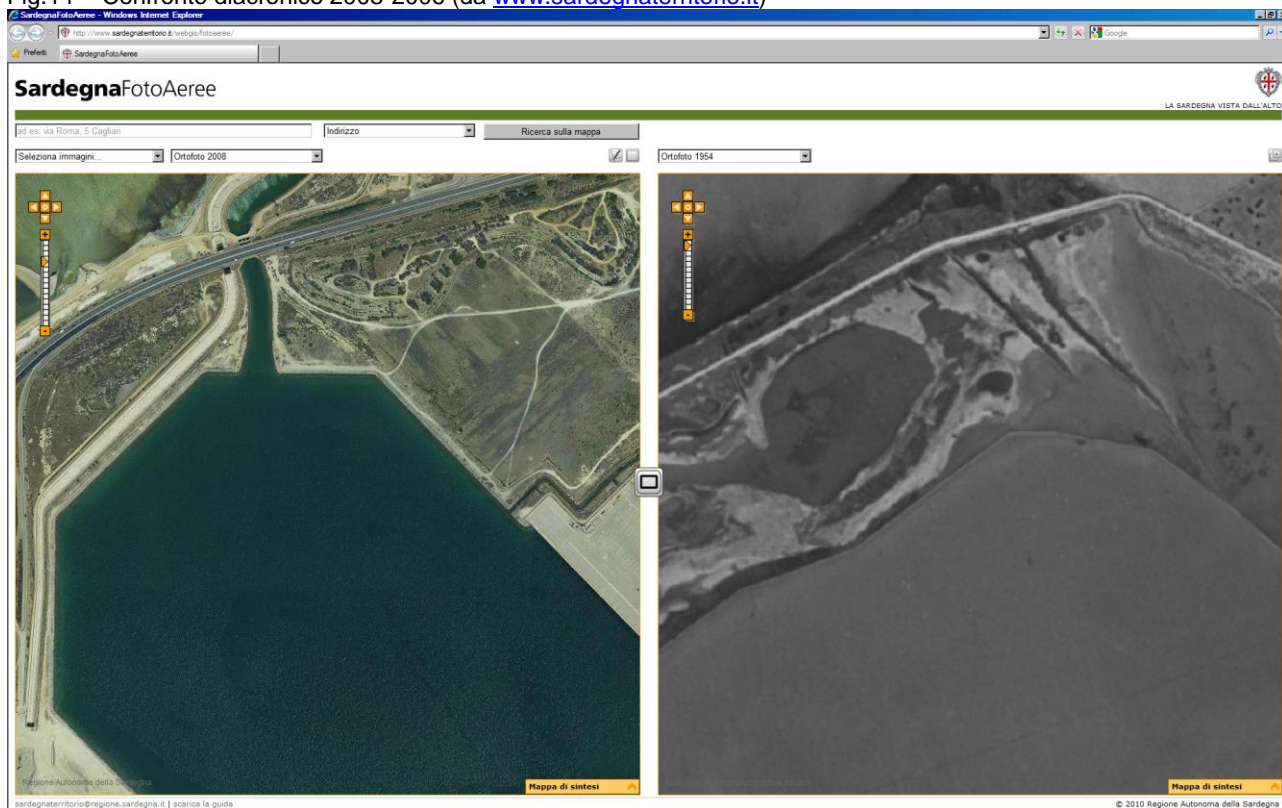


Fig. 15- Porzione più interna del Porto industriale. Confronto diacronico 2008-1954 (www.sardegna territorio.it)

In tale quadro, all'interno dello spazio attuale del sistema lagunare, la discesa eustatica ha prodotto effetti erosivi fino ad una profondità massima di circa 50 m rispetto al livello medio del mare (l.m.m.) odierno, al di sopra della quale si rinvengono oltre la discontinuità glacio-eustatica del LGM a -18Ka, sedimenti fangosi costituiti in larga misura da argille e limi del Fiandriano.

Da ciò consegue che l'assetto geologico della laguna di Santa Gilla sia caratterizzato dalla presenza di una litostratigrafia piuttosto recente in cui spiccano per estensione, diffusione e potenza, litotipi argillosi e siltosi attribuiti a riempimenti Fiandriani (o Versiliani), con spessori di circa 30-40 m al massimo localizzati poco a Est del nostro settore (Canale de *La Scafa*) posteriori alla discontinuità (*unconformity*) *würmiana*, che a sua volta mette in contatto con questi corpi, precedenti sedimenti Tirreniani per lo più arenaceo-sabbiosi a cemento calcareo e con faune fossili tipiche.

Per quanto attiene alla sola fascia costiera sottesa alla laguna, al suo attuale assetto geomorfologico contribuiscono:

1. Le portate fluviali idriche che, per tempi di ritorno elevati, possono determinare localizzati o diffusi fenomeni di rigurgito dello specchio acqueo lagunare oppure di incremento dell'apertura delle bocche artificiali, soprattutto se in combinazione con eventi marittimi intensi e escursione mareali positive.
2. gli apporti fluviali solidi, che in funzione delle portate liquide, generano il più o meno lento interrimento delle parti interne della laguna, contribuendo dunque alla diminuzione del suo volume e quindi della stessa capacità idraulica di espansione delle piene stesse al suo interno. Aumentano dunque la pericolosità idraulica nel tempo.
3. l'azione operata dai moti marini sul litorale e sulla linea di costa in particolare, sia durante le mareggiate intense che stagionalmente per effetto delle correnti longitudinali di trasporto (longshore).
4. l'azione modificatrice antropica messa in atto sull'intera Unità Fisiografica dai vari interventi localizzati in ambito demaniale marittimo, fra tutti, in primo luogo, la realizzazione delle strutture aggettanti del Porto Canale e delle sovra escavazioni del fondale.

2.1.6 Pericolosità Idrogeologica

Dato il contesto geomorfologico ed idrogeologico la Laguna di Santa Gilla, l'area d'intervento è stata assoggetta, sottoposto in modo discutibilmente discontinuo agli effetti delle Norme di Attuazione del P.A.I. (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Sardegna, 2005). Nella laguna o in prossimità di essa, infatti, solo alcune aree vengono formalmente riconosciute come area a pericolosità idraulica ad es. nelle Tavv. B7HI0326, B7HI2226, B7HI2126. L'area d'intervento non risulta perimetrata, sebbene faccia parte del medesimo contesto idrologico.

Di recente il contesto idrografico è stato tuttavia, più correttamente perimetrato nell'ambito del **P.S.F.F.** (*Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*) della R.A.S., e tutto il Porto Canale è inserito nelle Fasce Fluviali alle tavv. FM004, FM005, FM006 e FM007 del Sub Bacino 7 Flumendosa-

Campidano-Cixerri (cfr. Fig.16). Si rimanda, pertanto alla **Deliberazione n. 1/2011** del Comitato Istituzionale¹ dell'Autorità di Bacino per gli approfondimenti amministrativi sulla materia, in particolare, per quanto concerne le *Norme di Salvaguardia* e i vincoli di cui agli artt. 4, 8 cc. 8, 9, 10, 11 ed artt. 23, 24, 30 delle N.A. del P.A.I..

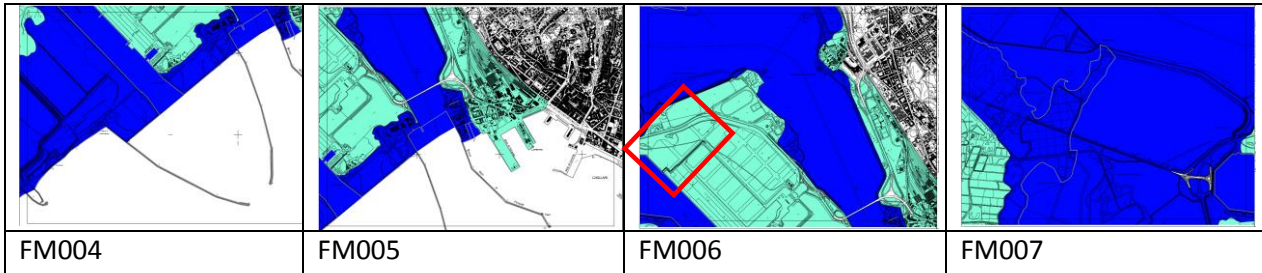


Fig.16 - Riduzione tavole PSFF. Pericolosità idraulica per eventi idrologici con tempi biennali (blu) e con criteri geomorfologici (verde chiaro). Nel riquadro in FM006: area intervento.

Il contesto fisiografico non dà, invece, luogo a forme di dissesto gravitativo ovvero di versante, in quanto vengono meno le cause normalmente predisponenti. Di conseguenza non sussistono fenomeni franosi né si può parlare di pericolosità geologica.

3. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Il modello è elaborato facendo riferimento

- all'inquadramento regionale;
- alle conoscenze pregresse derivanti da studi e ricerche localizzati sul contesto, effettuati in passato e parte dei quali sintetizzati negli specifici Studi di Settore (2009; [j]) finalizzati al Nuovo Piano Regolatore del Porto (2010) (cfr. Fig.17);
- una specifica campagna di sondaggi geognostici (elaborato T010-*Sezioni Stratigrafiche*) che ha condotto all'elaborazione delle sezioni geologiche e degli ulteriori elaborati allegati alla presente.

Lo stralcio geologico in Fig.17 deriva dalle TAV. G 02.00, TAV. G 03.00, TAV. G 04.00 dello Studio di Settore del nuovo P.R.P. denominato: *Inquadramento idrogeologico, geologico e geotecnico* della RAS (2009), distingue nel contesto d'indagine, la presenza complessi in Tab. 2.

¹ Cfr Deliberazione N. 1 del 31 Marzo 2011 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna Recante ad Oggetto: Predisposizione del complesso di "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato *Progettodi Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)*". Adozione preliminare. In particolare alle prescrizioni di cui all'Art. 3.

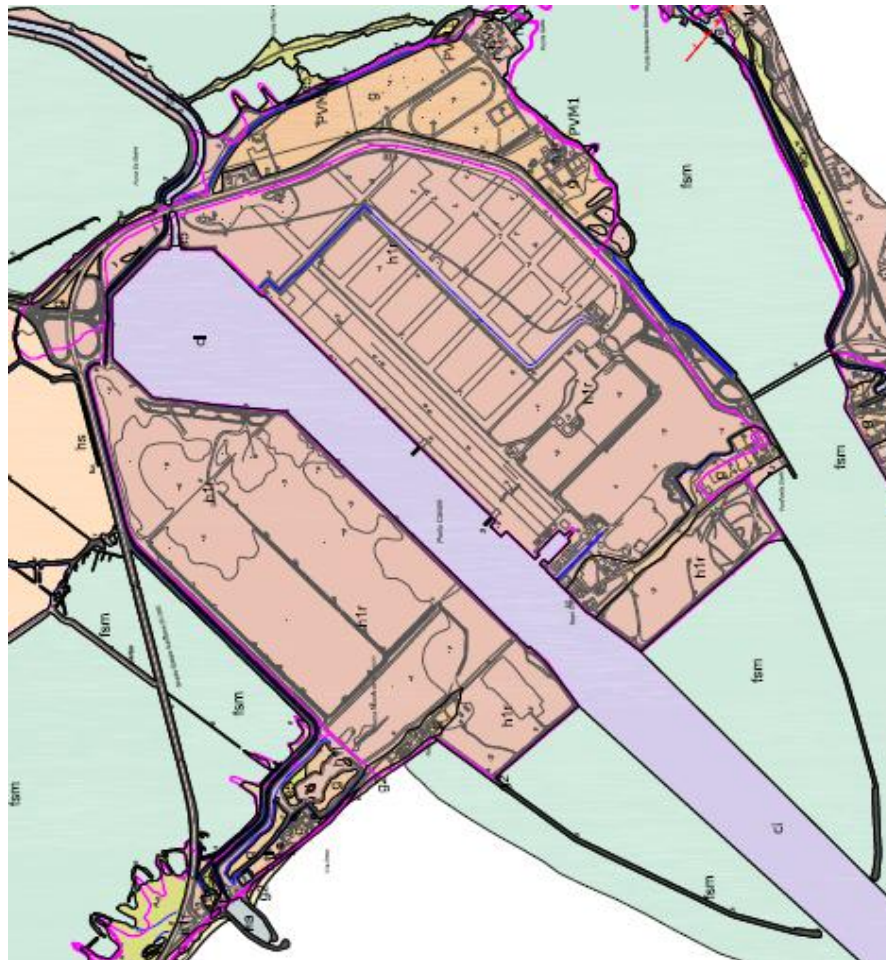


Fig.17 - Quadro geologico d'insieme del Porto Industriale di Cagliari. Stralcio ingrandito da "Carta geologica dell'area di pertinenza dell'Autorità Portuale di Cagliari"

ha	Manufatti antropici
h1r	Materiali di riporto e aree bonificate
hs	Saline e vasche di salificazione
h1i	Discariche industriali, per RSU e per inerti
e5	DEPOSITI PALUSTRI. Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi neri con frammenti di molluschi. Olocene
fsm	COMPLESSO FLUVIO-SALMASTRO MARINO. Sabbie ghiaiose o argille, con alghe e sostanze organiche carboniose. Olocene (<i>Fiandriano</i>)
g	DEPOSITI DI SPIAGGIA ANTICHI. Sabbie, arenarie, calciruditi, ghiaie con bivalvi, e gasteropodi con subordinati depositi sabbioso-limosi e calcilutiti di stagno costiero. Spessore fino a 3-4 m. Pleistocene Sup.-
PVM1	DEPOSITI LITORALI ANTICHI. Complesso marino arenaceo-calcareo o sabbioso conglomeratico con malacofaune a molluschi e coralli (<i>Panchina Tirreniana Auct.</i>). Pleistocene sup.
cl	COMPLESSO LAGUNARE. Complesso fluviale-salmastro e marino, eterogeneo, costituito da argille più o meno carboniose, più o meno compatte, di ambiente palustre o salmastro, da sabbie e da ghiaie marine e fluvio-lagunari. Pleistocene

Tab. 2 –Legenda carta in Fig. 17

La legenda utilizzata è quella della Carta Geologica di base della Sardegna dell'Assessorato degli EE.LL. FF. UU. della R.A.S., alla scala 1:25.000 riportata nelle "Linee guida per

l'adeguamento dei piani urbanistici comunali al PPR e al P.A.I. del Luglio 2008” (Versione finale corretta del Febbraio 2009), a sua volta ispirata al Foglio “Cagliari” Carg R.A.S.-A.P.A.T.”

3.1 Indagini geognostiche

All'interno dell'area emersa sede degli interventi di progetto, ricadente nella sponda NordEst del Porto Canale, dinanzi al bacino di evoluzione, è stata eseguita una campagna geognostica consistente in n.11 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a profondità di 45 m. Oltre all'incremento geognostico, ulteriori scopi della campagna erano:

- il prelievo di campioni indisturbati di terreno,
- l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche standard in foro,
- l'esecuzione di prove pressiometriche,
- l'esecuzione di prove penetrometriche statiche e con piezocono e preforo,
- l'esecuzione di prove *cross hole* (cfr. Relazione Geotecnica).

L'esame dei sondaggi geognostici ha comportato uno sforzo di caratterizzazione e di semplificazione in conseguenza del fatto che chi scrive non ha curato direttamente l'esecuzione e la descrizione in tempo reale delle carote; è ben noto quanto, invece, ciò sia importante al fine di una esaustiva caratterizzazione. A maggior ragione quando, si sia in presenza di una diffusa articolazione di facies sia in senso verticale che per eteropie laterali e laddove si registri o sia possibile la presenza di particolari termini in origine cementati ma che, una volta attraversati, possono palesarsi come sciolti (è questo il caso, come vedremo, del complesso Cm [o *Tirreniano* Auct.]). In questa sede, di seguito, si sintetizzano i dati litostratigrafici.

3.1.1 Sintesi litostratigrafica

Gli 11 sondaggi sono stati riassunti mediante 4 profili (cfr.R012a: A-A' e B-B'; R012b:C-C' e D-D') ubicati secondo lo schema della Fig. 18.

Fatte salve le considerazioni di carattere strettamente geotecnico, per le quali si rimanda agli elaborati di progetto, nella fattispecie sono stati isolati e descritti i principali complessi omogenei sotto il profilo stratigrafico e sedimentario, limitandosi a definirne gli aspetti geologico-tecnici più generali e di carattere qualitativo. Nell'ambito della ricostruzione dei rapporti stratigrafici dei suddetti complessi lo scrivente si è avvalso anche delle sezioni litologiche inserite nel P.R.P. dell'Autorità Portuale con riferimenti alla letteratura esistente sull'area ed in particolare del modello geologico attribuibile a Pecorini [24] (cfr. Fig.7).

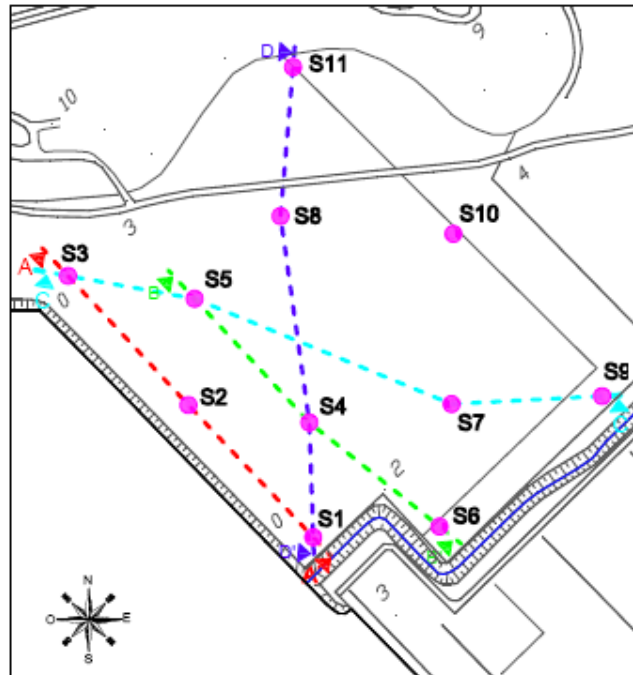


Fig.18 – Posizionamento sondaggi e tracce dei profili geologici

Le categorie delle descrizioni litologiche delle carote sono state interpolate con coerente riferimento anche alla stratigrafia degli studi di settore geologici del nuovo PRP ([J]; 2009). In linea generale, il contesto stratigrafico ricavato dai log dei sondaggi, appare a scala d'intervento, piuttosto omogeneo e definito, con tre complessi sedimentari databili tra il Pleistocene e l'Olocene, e le coperture antropiche e di bonifica dell'area portuale, riassumibili secondo le seguenti distinzioni:

Rp	Materiale vario di ripiena o di vecchie discariche
Cfsm	Complesso fluvio-salmastro-marino, sabbioso-ghiaioso o argilloso, con alghe e sostanze organiche carboniose (<i>Fiandriano</i>)
Cm	Complesso marino, arenaceo-calcareo o sabbioso-conglomeratico, con coralli e conchiglie marine (<i>Tirreniano</i>)
Cifsm	Complesso lagunare, fluviale-salmastro e marino, eterogeneo, costituito da argille più o meno carboniose, più o meno compatte, di ambiente palustre o salmastro, da sabbie e da ghiaie marine e fluvio-lagunari (<i>Pleistocene</i>)

Tab. 3

3.1.2 Caratteri litotecnici

Rp: quasi tutta l'area su cui sorge il porto canale, ad eccezione dell'isolotto di "Sa Illetta" e del cordone litoraneo di "Giorgino", è stata sottratta alla laguna mediante l'esteso accumulo di terreni di riporto, in parte dragati dai bassi fondali circostanti in parte prelevati da altri siti ed abbancati in cordoni e stradelli.

La natura prevalentemente limo-argillosa dei litotipi, privi di consistenza e ricchi in matrice organica, li rende di norma scadenti, molto compressibili e scarsamente drenanti.

Scavabili con facilità, tendono a rifluire, specie se saturi, e richiedono pertanto opere provvisionali di sostegno in trincee e sbancamenti.

Cfsm: è un complesso d'ambiente fluviale, marino o salmastro, prevalentemente costituito di argille melmose, fetide, grigio scure, talora ciottolose, ricche di sostanze organiche carboniose e non di rado di bioclasti di molluschi minuti e sabbie fini, con intercalazioni a matrice limosa o, più raramente, limoso-argillosa, e sporadica dispersione di ciottoli eterometrici.

La deposizione caotica, con frequenti lenti ed interdigitazioni sabbioso-ghiaiose e argilloso-sabbiose, denuncia evidentemente contesti deposizionali assai differenti, con ambienti fluvio-deltizi alternati a sedimenti fini di contesti lagunari e marini, generalmente normalconsolidati. L'addensamento cresce in genere con la profondità ma in generale è debole, con ampi margini di consolidazione in tempi difficilmente prevedibili e strettamente dipendenti dalla matrice fine, talora abbondante.

La presenza di livelli algali dalla consistenza torbosa e deperibile, inoltre, può esporre i volumi significativi ad ampi fenomeni di *creep* locale con consistenti variazioni di volume.

Cm: Sotto il profilo litotecnico si tratta di litotipi ben addensati in matrice sabbiosa fine o blandamente cementati e litoidi, talora con legante a cemento carbonatico (*Panchina Tirreniana* Auct.). Gli elementi nodulari dei carotaggi attestano in ogni caso di facies litoidi.

Entrambi pressoché incompressibili, si caratterizzano per un comportamento spiccatamente attritivo enfatizzato da valori di coesione non trascurabili: la resistenza al taglio è quindi apprezzabile e si giova, nei livelli sabbioso-ghiaiosi, di un'elevata permeabilità che agevola la rapida dissipazione delle pressioni neutre, con trasferimento pressoché immediato degli sforzi efficaci.

I termini più sabbioso-ghiaiosi sono prevalentemente incoerenti e, quando saturi, sono privi di autosostegno, con propensione a rifluire e scavare in scavi e trincee sotto falda.

Cifsm: è il complesso più abbondante e profondo (circa 50 m) e si caratterizza per un ambiente di sedimentazione prevalentemente di transizione lagunare eterogeneo con sedimenti molto eterogenei alternati in lenti e depositi in eteropia. Si tratta di alternanze assai variabili di argille, limi, sabbie, subordinate ghiaie, talora con rari livelli torbosi.

Prevale nettamente la componente coerente, argillosa, generalmente più consistente al progredire della profondità e accompagnata da una frazione limosa presente in percentuali assai variabili, talora con inclusi carbonatici. Nei livelli più superficiali si presentano compressibili e moderatamente plastici mentre in profondità prevalgono argille OC con significative frazioni sabbioso-ghiaiose che ne incrementano la componente attritiva e più, in generale, la compattezza.

Data la consistenza e l'elevata consolidazione, le bancate argillose più profonde si prestano quindi all'intestazione di palificate garantendo una buona portanza sia di punta che laterale, con cedimenti normalmente di bassa entità.

Le Figg. 19 e 20 portano ad esempio la riduzione dei profili A-A' e B-B'.

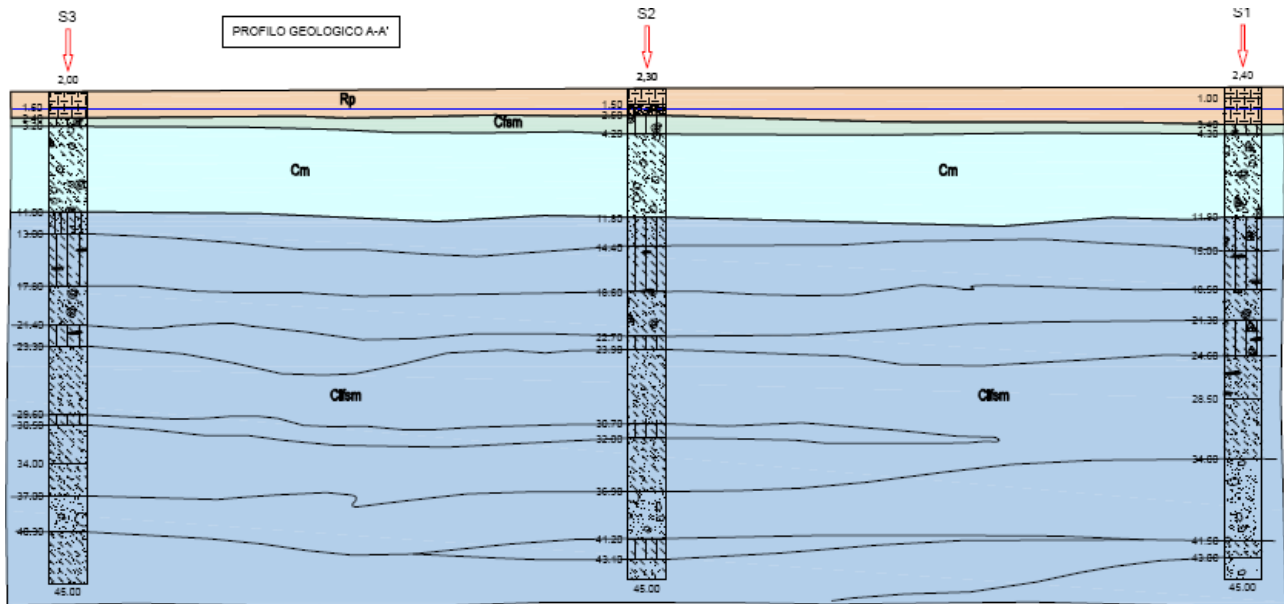


Fig.19 - Profilo geologico A-A'

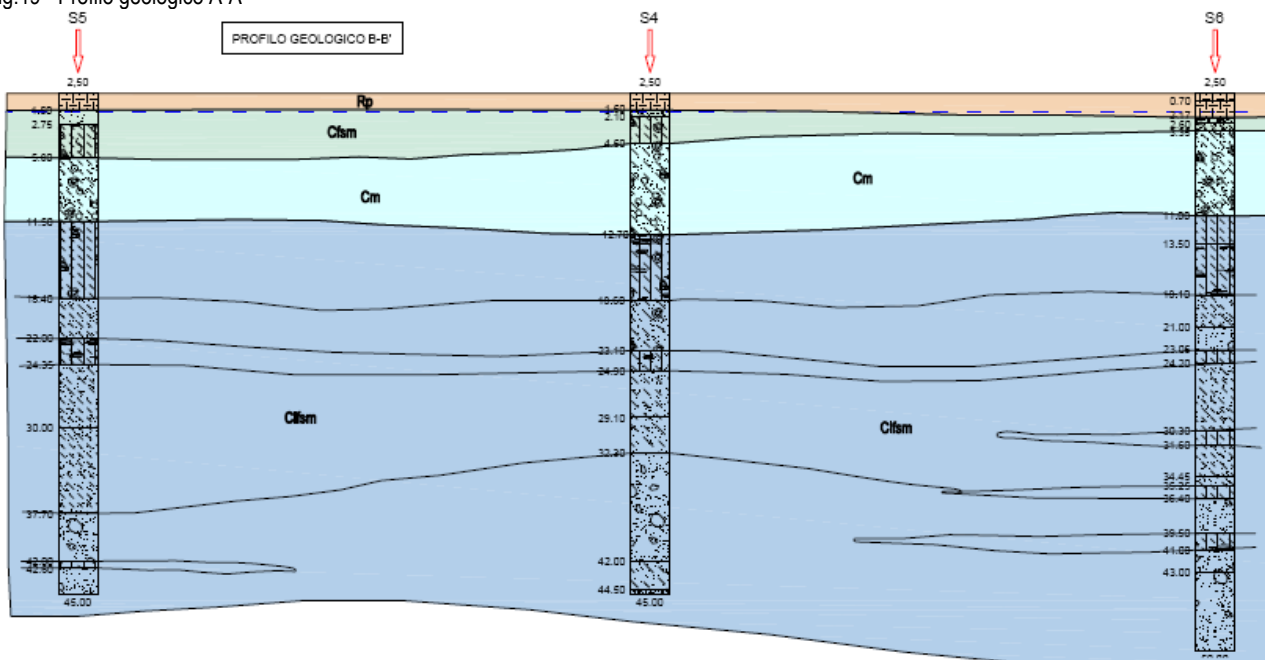


Fig. 20 - Profilo geologico B-B'

Da essi appaiono molto chiara le seguenti circostanze:

- la chiara definizione stratigrafica, data anche la sua sostanziale omogeneità litologica, del complesso **Cm**,
- l'articolazione spaziale del complesso Pleistocenico più antico pre Tirreniano, **Cism**,
- la tendenza all'ispessimento verso Nord del complesso fiandriano, **Cism**.

I dati generali e puntuali, ove correlabili ad altri sondaggi, sono sostanzialmente del tutto coerenti col quadro emergente in letteratura (cfr.[24], [27], [14], [8]).

La "Carta Geologica", in scala 1:10.000, allegata alla presente relazione (R012a; cfr. Fig.21), espone le litologie riscontrabili entro l'area in cui dovranno essere inserite le opere in progetto.

La legenda in essa inserita si rifà anch'essa alla Legenda Carg-APAT. Le correlazioni con i simboli impiegati nei profili sono le seguenti

Rp	Materiale vario di ripiena o di vecchie discariche	H1r
Cfsm	Complesso fluvio-salmastro-marino, sabbioso-ghiaioso o argilloso, con alghe e sostanze organiche carboniose (<i>Fiandriano</i>)	g
Cm	Complesso marino, arenaceo-calcareo o sabbioso-conglomeratico, con coralli e conchiglie marine (<i>Tirreniano</i>)	Non affiorante in carta
Cfsm	Complesso lagunare, fluviale-salmastro e marino, eterogeneo, costituito da argille più o meno carboniose, più o meno compatte, di ambiente palustre o salmastro, da sabbie e da ghiaie marine e fluvio-lagunari (<i>Pleistocene</i>)	cl

3.1.3 Assetto idrogeologico locale

Benché rilevata solo in due sondaggi (S4 e S11) è documentata, a livello strettamente locale, una modesta falda freatica ospitata entro i depositi antropici al *Fiandriano-Tirreniano* oltre i quali si ubica il letto argilloso dei depositi lagunari argillosi.

Si tratta di un corpo idrico di scarso rilievo, presumibilmente salmastro, con una debole cadente idraulica (~0,1%) verso l'area di manovra del canale, a tratti debolmente confinato da locali livelli limo-argillosi in seno alle formazioni oloceniche. La continuità dell'acquifero a scala di bacino non è materia del presente studio, ma è comunque presumibile che sia limitata all'area portuale ed ad eventuali propaggini sabbiose nel contesto lagunare.

L'elevata salinità della falda la rende chimicamente aggressiva soprattutto nei confronti delle strutture metalliche.

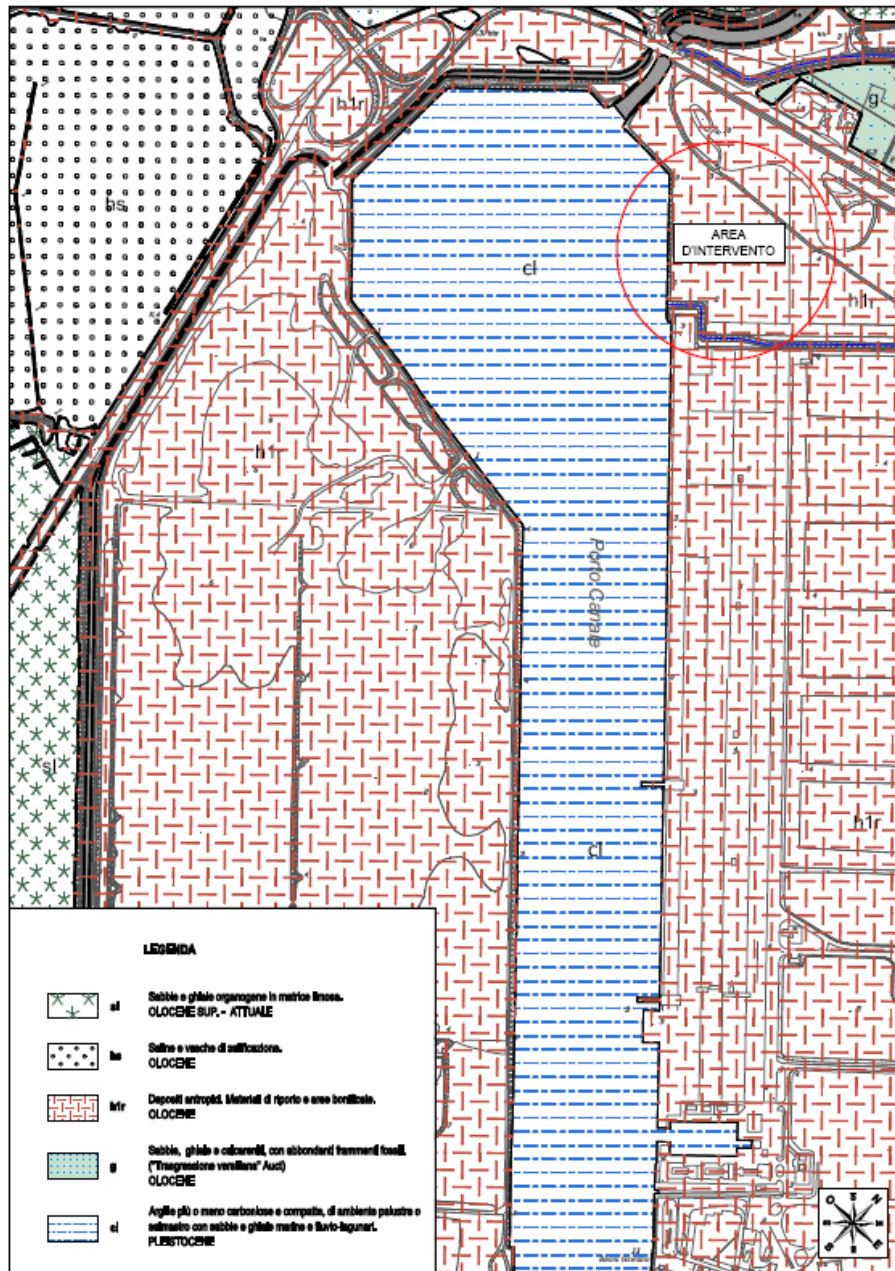


Fig.21 - Riduzione carta geologica (cfr. elaborato R012a)



Fig.22 - Sa Illetta – calcareniti della "Panchina tirreniana"



Fig.23-a. Saline vecchie de Su Cuccuru: colmata di materiale di riporto



b. Saline vecchie de Su Cuccuru: colmata di materiale di riporto

4. CONCLUSIONI

La Relazione ha illustrato gli elementi Geologicamente significativi a supporto del progetto definitivo di “*prosecuzione del banchinamento del lato di levante del Porto Canale*”. Parte integrante di essa sono i due elaborati cartografici (R012a e R012b in progetto) contenenti Carta geologica in scala 1:10.000 e Profili geologici redatti sulla base degli 11 sondaggi realizzati nell’ambito dell’indagine geognostica.

L’area d’intervento e quella d’indagine ai fini della Relazione, sono inserite in un contesto estremamente artificializzato, un tempo collocato pienamente all’interno del sistema Lagunare di Santa Gilla.

E’ stato posto in evidenza, in termini di contesto generale, che nel suo complesso, sul piano geomorfologico, tale sistema lagunare costituisce, il progressivo risultato spaziale delle interazioni geo-sedimentologiche, idrologiche e idrauliche fra gli apparati fluviali sottesi agli specchi acquei con i vari livelli di stazionamento del mare versiliano. Quest’ultimo ha generato il colmamento sedimentario della valle sovraescavata nel Pleistocene superiore dal ritiro eustatico. In sostanza, quindi, sul piano geologico, quella espressa dall’assetto morfologico e idrogeologico naturale attuale deve considerarsi, una tappa evolutiva effimera, generata dal contributo dei fiumi attuali che riversano direttamente in laguna (o artificialmente in mare, tramite sistemi di derivazione e canalizzazione), portate liquide e solide connesse alle attuali dinamiche geomorfologiche. Per tale ragione non sorprende che l’intervento ricada in area idraulicamente allagabile per eventi idrologici biennali ai sensi del P.S.F.F. (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali) della R.A.S. [31].

Sul piano litostratigrafico, nell’area d’indagine e in quella d’intervento, le artificializzazioni hanno mutato il quadro più superficiale dei terreni. Infatti, sia coi rilievi che con le indagini geognostiche, è stato possibile riscontrare l’ampiezza e la potenza dei contributi artificiali messi in posto con colmate e bonifiche, connesse o meno con la stretta realizzazione delle opere del Porto industriale. Non di meno, risulta evidente che l’escavo portuale alle profondità attuali ha esumato il complesso sedimentario Pleistocenico denominato “*Complesso lagunare, fluviale-salmastro e marino, eterogeneo, costituito da argille più o meno carboniose, più o meno compatte, di ambiente palustre o salmastro, da sabbie e da ghiaie marine e fluvio-lagunari* (cl nella carta geologica in R012a; **Cl_{sm}** nei profili in R012a e R012b). Tale complesso sedimentario si distingue nella stratigrafia poiché vi prevale nettamente la componente coerente argillosa, generalmente più consistente al progredire della profondità, dove prevalgono argille OC con significative frazioni sabbioso-ghiaiose che ne incrementano la componente attritiva e più, in generale, la compattezza, mentre nei livelli più superficiali si situano termini compressibili e moderatamente plastici. Data la consistenza e l’elevata consolidazione, le bancate argillose più profonde sono valutabile, quindi, idonee all’instatazione di palificate e a garantire una buona portanza sia di punta che laterale, con cedimenti normalmente di bassa entità. Le soluzioni tecniche previste per il progetto di banchinamento appaiono, pertanto, giustificate e condivisibili in termini geo-litologici. Parimenti, in conseguenza della scarsa qualità litotecnica dei termini **Rp** argillosi di riporto e colmamento, ricchi di sostanza organica, molto compressibili e poco drenanti,

così come di quelli **Cfsm** del Fiandriano, appare giustificata e opportuna la fase di precarica prevista per le aree da pavimentare.

L'escavo di approfondimento, in considerazione delle attuali profondità e delle correlazioni coi profili, riguarderà le litologie **Cfsm** e dunque sarà possibile l'esecuzione mediante convenzionali sistemi di escavo a pontone con benna rovescia.

BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA

- [1] Atzeni A. & Lai G. (1993): *Verifica della risposta di un modello a fondo mobile di foci instabili*. L'Energia Elettrica, vol. 70, n. 6.
- [2] Atzeni A. & Ginesu S. (1993): *Evoluzione dei litorali della Sardegna e interventi di riequilibrio*. In: La difesa de litorali in Italia- a cura di Aminti, P. e Pranzini E.. Edizioni delle Autonomie. Roma.
- [3] Atzeni A., Balzano A., Lai G. (1997): *Environmental Assessment Through Hydrodynamics and Transport Simulation in the S. Gilla Lagoon, Italy*. Environmental Modeling and Assessment.
- [4] Atzeni A., De Muro S., Di Gregorio F., Piras G. (2001): *Carta del rischio geoambientale delle coste della Sardegna (Italia)*. Scala 1:250.000, SELCA, Firenze.
- [5] AA.VV. (1997): *Atlante delle Spiagge della Sardegna. F° 234-Cagliari*. C.N.R.-M.U.R.S.T- R.A.S..
- [6] Barrocu G., Crespellani T. & Loi A. (1981): *Caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo dell'area urbana di Cagliari*. Geotecnica , 15, 2, pag. 98-144.
- [7] Coltorti M. , Melis E. , Patta D. (2009): *Geomorphology, stratigraphy and facies analysis of some Late Pleistocene and Holocene key deposits along the coast of Sardinia (Italy)*. Quaternary International, pag.1–17.
- [8] Cossellu M. (2007): *Sedimentologia e processi de posizionali della piattaforma continentale di Cagliari dal Last Glacial Maximum all'attuale*. Tesi di Dottorato in Scienze della Terra XIX Ciclo– Univ. di Cagliari, pp. 218.
- [9] Frau F. (1989): *Le zone umide della Sardegna*. pp.161. Studiograf Editrice.
- [10] Gavrilovic S. (1959) : *Methodes de la classification des bassins torrentiels et equation nouvelles pour le calcul des hautes eaux et du debit solide*. Vadoprivreda, Belgrado.
- [11] Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (2006): *Le spiagge della Sardegna*. In: "Lo stato dei litorali italiani" - Studi Costieri, n.10, pag.45-52.
- [12] I.N.Q.U.A. (1980): *Compte-rendus de l'excursion table ronde sur Tyrrhenien de Sardaigne*. Pubbl. Univ. Cagliari-Univ. Liege, pp.112. Cagliari.
- [13] La Marmora A. (1857): *Voyage en Sardaigne*. pp.781, Bocca Imp. Roy, Torino.
- [14] Lecca L, De Muro S., Cossellu M. & Pau M. (2005): *I sedimenti terrigeno-carbonatici attuali della piattaforma continentale del Golfo di Cagliari*. Il Quaternario (Italian Journal of Quaternary Sciences) 18(2), 2005, pp.201-221.
- [15] Maxia C. & Pecorini G. (1968): *Il Quaternario della Sardegna*. Atti del X Congresso Internazionale di Studi Sardi, pag. 59-69.
- [16] Mori A. (1950): *Le Saline della Sardegna*. Mem. Geogr. Econ., 3, CNR-Napoli.

- [17] Mori A. & Spano B. (1952): *I porti della Sardegna*. Mem. di Geogr. Economica, 6, pp. 238. CNR-Napoli.
- [18] Orombelli G., Ravazzi C. & Cita B.M. (2005): *Osservazioni sul significato dei termini LGM (UGM), Tardoglaciale e Postglaciale in ambito globale, italiano ed alpino*. Il Quaternario, v. 18, pag. 147-155.
- [19] Orrù P. & Ulzega A. (1996): *Coastal hazard in environmental geomorphology*. Elsevier – Amsterdam, pp. 268.
- [20] Pala A. (1983): *Studio geoidrologico della Piana di Capoterra*. Rend. Sem. Fac. Scienze Univ. Cagliari, v. 53.
- [21] Pala A. (1997): *Carta idrogeologica di Cagliari*. Di.S.Ter. Cagliari.-Coedisar Ed..
- [22] Pecorini G. (1984): *Ambienti contesi: le formazioni a lido e gli stagni*. Sardegna-l'uomo e le coste, pag. 111-122; Banco di Sardegna.
- [23] Pecorini G. (1984): *Le isole minori, rocce modellate dal mare e dal vento*. Sardegna -l'uomo e le coste, pag. 123-134, Banco di Sardegna.
- [24] Pecorini G. (1986): *Considerazioni geomorfologiche intorno a S. Igia. (Stagno di Santa Gilla, Cagliari)*. In S. Igia, Capitale Giudicale; Ist. Soria Medievale, Univ. Cagliari ETS ed. Pisa, pag. 15-20.
- [25] Pelletier J. (1960): *Le relief de la Sardaigne*. Fasc. Hors Série Rev. Geogr. Lyon, pp. 484.
- [26] Pinna M. (1954): *Il clima della Sardegna*. La Goliardica-Pisa.
- [27] Porcu A. (1976): *L'evoluzione geomorfologica degli stagni di Cagliari e loro rappresentazione cartografica dal 1834 ad oggi*. Pubbl. Ist. Geol., Paleont. e Geogr. Fisica dell'Univ. di Cagliari, pp. 16, 6 fig., Cagliari.
- [28] R.A.S. (2003): *Linee guida per l'individuazione dei criteri generali per la difesa dei litorali - Propedeutiche all'avvio dell'attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione della difesa dei litorali di cui all'art. 3, comma 1, lettera g della L. 183/89*. Servizio Difesa del Suolo, pp. 49. Assessorato dei LL.PP..
- [29] R.A.S. (2005): *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Sardegna-P.S.A.I. - Cartografia degli Hi, Ri, Hg e Rg, Sub Bacino 7 Flumendosa-Campidano-Cixerri. Scala 1:10.000*. Assessorato dei LL. PP.
- [30] R.A.S. (2005): *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Sardegna-P.S.A.I. - Norme di Attuazione e S.M. I.*. Assessorato dei LL. PP..
- [31] R.A.S. (2010): *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali – Sub Bacino7-Atlante delle Fasce*. Agenzia Regionale del Distretto Idrografico.
- [32] Serra M. S. (1984) - *Il Quaternario nel sottosuolo di Santa Gilla (Cagliari-Elmas-Assemini)*. Tesi di laurea inedita, Corso di Laurea Sc. Geologiche. Relatore Giuseppe Pecorini. Univ. Cagliari, 1-121. Allegati: stratigrafie dei sondaggi e carta geologica.
- [33] Servizio Geologico d'Italia (1971): *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, F° Geologico n°234-Cagliari*. I.P.Z.S -Roma.

- [34] Servizio Geologico d'Italia (2001): *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia-Geologia della Sardegna-Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000*. I.P.Z.S. vol. 60, pp. 283.
- [35] Servizio Geologico Nazionale e R.A.S. (1996): *Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000*. L. A. C. – Firenze.
- [36] Schmiedt G. (1965): *Antichi porti d'Italia*. L'Universo, 45, pag. 250-281- IGMI-Firenze.
- [37] Spano B. & Pinna M. (1956): *Le spiagge della Sardegna*. Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane, pp. 254, CNR Faenza.
- [38] Vardabasso S. (1934): *Profilo geomorfologico del massiccio sardo-corso*. Atti del XII° Congresso Geografico Italiano. pp. 5 – Cagliari.
- [39] Vardabasso S. (1955): *Il Quaternario della Sardegna*. Atti del 4° Congresso INQUA, pag. 995-1018. Roma-Pisa.
- [40] Vardabasso S. (1968): *Il Quaternario lungo la fascia costiera della Sardegna*. Atti del X Congresso Internazionale di Studi Sardi, pag. 33-58.
- [41] Ulzega A. (2002): *Panchina Tirreniana Auct. and Tyrrhenian Stage in Sardinia*. Rend. Soc. Paleont. Ital., vol. 1, pag. 353-354.
- [42] USACE Manuals (1995): *Engineering and Coastal design*. EM 1110-2-1810 -cap. 4., pp. 59.
- [43] Wright L.D. (1985): *River Deltas*. Coastal Sedimentary Environments. 2nd ed., R.A. Davis, ed., Springer-Verlag, New York, pag. 1-76.
- [44] Waelbroeck C., Labeyrie L., Michel E., Duplessy J.C., Mc Manus J.F., Lambeck K., Balbon E. & Labracherie M. (2002): *Sea Level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records*. Quaternary Sciences Reviews, 21, pag. 295-305.
- [45] Wright L.D. & Coleman J.M. (1973): *Variations in morphology of major river deltas as functions of ocean wave and river discharge regimes*. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, vol. 57, 2, pag. 370-398.

BIBLIOGRAFIA PROGETTI E INDAGINI

- a. *Progetto del Canale navigabile del nuovo porto industriale di Cagliari (1970)*.
- b. *Dighe ed infrastrutture a terra del nuovo porto industriale di Cagliari (1970)*.
- c. *Progetto nuova strada Martelli (nell'ambito del progetto del Canale navigabile del nuovo porto industriale di Cagliari;1970)*.
- d. *Progetto per il Viadotto variante S.S. 195 per il nuovo Porto Industriale di Cagliari (1970)*.
- e. *Progetto di fattibilità del tunnel sottopassante il canale navigabile (1974)*.
- f. *Autorità Portuale di Cagliari (2001): Indagini geotecniche nello specchio acqueo prospiciente l'avamposto lato Est del Porto Canale e lungo il canale di avvicinamento al Porto Canale*. Verifiche integrative.
- g. *Autorità Portuale di Cagliari (2003): Lavori di approfondimento del canale di accesso (-18,5 m), dell'avamposto (-18.0m, -17.0m; -16..0m) e del bacino operativo (-16..0m) del Porto Canale di Cagliari*. Progetto esecutivo

- h. Autorità Portuale di Cagliari (2004): *Banchinamento del lato Sud del bacino di evoluzione del Porto Canale (Porto Industriale)*. Progetto esecutivo.
- i. Autorità Portuale di Cagliari (2008): *Completamento del banchinamento del lato Sud del Porto Canale (Porto Industriale)*. Progetto definitivo.
- j. Autorità Portuale di Cagliari (2009): *Inquadramento idrogeologico, geologico e geotecnico dell'ambito portuale. Relazioni e Cartografie*. Studi di Settore del Piano Regolatore Portuale 2009.
- k. Autorità Portuale di Cagliari (2010): *Rapporto Ambientale per la Valutazione Ambientale Strategica del Piano Regolatore Portuale*.

SITOGRAFIA

- www.sardegna.territorio/webgis/fotoaeree
- <http://webgis.regione.sardegna.it>
- <http://kharita.rm.ingv.it/Gmaps/reg>

Dott. Geol. Giovanni TILOCCA

