

I SEDIMENTI TERRIGENO-CARBONATICI ATTUALI DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE DEL GOLFO DI CAGLIARI

Luciano Lecca¹, Sandro De Muro¹, Michele Cossellu¹ & Mauro Pau²

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Cagliari, Via Trentino 51, 09127, Cagliari

²c/o Faculty of Physics and Astronomy, Princetonplein 5, Postbus 80.000, 3508 TA-Utrecht, The Netherlands.

RIASSUNTO: Lecca L., De Muro S., Cossellu M. & Pau M., *I sedimenti terrigeno-carbonatici attuali della piattaforma continentale del Golfo di Cagliari*. (IT ISSN 0394-3356, 2005).

Nuove indagini ecografiche e sedimentologiche sono state intraprese nella piattaforma di Cagliari con gli obiettivi di riconoscere il rapporto tra la sedimentazione terrigena e quella carbonatica, e di individuare il comportamento del sistema sedimentario durante la risalita eustatica olocenica. Ad integrazione di dati già disponibili, il rilevamento ecografico, consistente di 11 nuove linee eseguite trasversalmente alla costa da riva fino al bordo della piattaforma, ha permesso di distinguere diversi ambienti sedimentari. La spiaggia sottomarina, sabbiosa e priva di vegetazione nella parte superiore e colonizzata da basse fanerogame e Posidonia in quella inferiore, termina in una depressione della piattaforma interna, disposta circa parallelamente alla linea di costa. Verso il largo, oltre la depressione, seguono una fascia in rilievo, sede del banco principale a Posidonia e il pendio esterno al banco, a vegetazione diradata sotto la profondità di 30 metri. Nel pendio esterno si osserva una fascia a onde di sabbia di altezza e lunghezza decrescenti verso il largo, fino alla profondità di circa 50 m dove prevalgono fondali planari, interrotti da bassi rilievi allungati riconducibili a paleo-linee di riva sommerse. Esternamente alle paleo-rive è presente una stretta piattaforma esterna fino a circa -115÷125 m. La depressione in piattaforma interna e il rilievo di media piattaforma, sono interpretabili come antecedente residuale della regressione "würmiana" (MIS 4-2, paleo-erosione fluviale e paleo rilievo). Sul paleo-rilievo si sono sovrapposti sedimenti di spiaggia sottomarina e infine il banco a Posidonia debolmente aggradante e progradante, contestualmente ad un apporto terrigeno insufficiente a colmare lo spazio disponibile nella depressione prodotto dalla trasgressione post-glaciale. Complessivamente sono state eseguite 98 campionature lungo le linee ecografiche e in battigia. Le analisi granulometriche e composizionali semi-quantitative hanno consentito di riconoscere 8 gruppi di litofacies che documentano le caratteristiche dei diversi ambienti deposizionali. Il sedimento silicoclastico attuale è confinato in piattaforma interna, dove si depongono sabbie da molto grosse a medio-fini che gradano lateralmente a sabbie molto fini e fanghi nelle depressioni. In piattaforma intermedia la produttività carbonatico-bioclástica del banco a posidonie (molluschi, briozoi, alghe rosse, echinidi e foraminiferi) dà luogo a facies bioclastiche e miste per la contemporanea presenza di sedimenti terrigeni relictivi derivati dall'erosione del mare in risalita a spese di depositi di precedenti fasi eustatiche. Distalmente il sedimento è in prevalenza carbonatico (alghe rosse e foraminiferi) con rari affioramenti di sedimenti misti in prossimità delle paleo-rive. La facies più distale osservata in piattaforma esterna è caratterizzata da sabbie medio-fini quarzoso-bioclastiche a lamellibranchi e foraminiferi. L'insieme delle litofacies campionate documenta che tale piattaforma ha una sedimentazione mista, terrigena e carbonatica, di mare temperato. La componente bioclastica è attribuibile all'attuale produttività in piattaforma intermedia e distale dove è prevalente, mentre la componente terrigena proviene nella spiaggia sottomarina dall'alimentazione fluvio-continentale attuale ordinata dal moto ondoso, in piattaforma intermedia e distale da sedimenti terrigeni relictivi. Un contesto sedimentologico analogo deve essere attribuito alle precedenti fasi di alto stazionamento eustatico del Pleistocene medio-superiore. Diversamente, durante le precedenti fasi glacio-eustatiche di abbassamento, stazionamento basso e risalita, la piattaforma è stata interessata da sedimentazioni terrigene emerse o di spiaggia sottomarina che vengono attualmente ri-sedimentate in piattaforma intermedia e distale. Pertanto il modello deposizionale di questa piattaforma risulta costituito da fasi terrigeno-carbonatiche di mare temperato, durante la diminuzione dell'alimentazione terrigena per risalita e alto eustatico e clima mediterraneo caldo poco piovoso, alternate a fasi maggiormente terrigene durante i periodi di mare basso e clima mediterraneo più fresco e più piovoso.

ABSTRACT: Lecca L., De Muro S., Cossellu M. & Pau M., *Modern terrigenous-carbonate sediments of the continental shelf of the Gulf of Cagliari*. (IT ISSN 0394-3356, 2005).

Echographic and sedimentological investigations were undertaken on the shelf of Cagliari with the purpose of underlining the relationships between modern terrigenous and bioclastic sediments and the behaviour of the sedimentary system during the Holocene eustatic rising. The Gulf of Cagliari is a sub-tropical, semi-arid Mediterranean area located in the southern part of the NW striking Oligo-Miocene Sardinian Rift, within which the Pliocene Campidano Graben is superimposed. The Quaternary continental shelf developed transversally to this tectonic trough, being fed by terrigenous sediments derived from the Palaeozoic metamorphic basement and from Tertiary sedimentary and volcanic rocks. The new echographic survey, consisting of 11 lines performed transversally from the coast to the shelfbreak, integrated previously available data and allowed us to divide the shelf into different sedimentary environments. From shore to shelfbreak we first encounter a shoreface, gently sloped and distally seagrass-covered (close to the fair-weather wave base), which ends in a wide trough parallel to the coast. Toward the open shelf is a relief, site of the Posidonia oceanica main bank, reaching a minimum depth of 13 meters under the sea level, followed by its external slope. At a depth of about 30 meters the vegetation becomes rare, as less luminosity limits the growth of Posidonia, and starting from depths of 35-40 meters a large belt of sand waves appears, with gradually decreasing heights and increasing frequencies basinward. At the depth of 50 m a flat bottom prevails, followed by several reliefs stretching roughly NE-SW at 55 m depth, interpreted as submerged shore lines. Externally to such structures a narrow outer shelf occurs and the shelf break is observed at a depth of 115÷125 m. Sampling sites were located along the echographic lines and on the foreshore; 98 samples were taken with a 2 dm grab-sampler. Compositional and grain size analysis allowed us to identify 8 groups of facies related to present day depositional environments. Shoreface sediments are represented by almost completely terrigenous coarse to medium sands in the eastern sector, and finer mixed terrigenous-bioclastic sands on the S. Gilla shoreface. Two distinct groups of lithic facies are present near Capo S. Elia and near P.ta Zavorra, due to sediment dispersal from the limestone and andesite outcrops along the cliffed coast. The western inner-shelf depression is characterized by mixed quartzose-bioclastic sandy muds with bivalves. Mixed facies of relict terrigenous sediments and present day biogenic production (mollusks, bryozoans, red algae, echinoids and foraminifers) are on the Posidonia oceanica bank's fore slope, where the siliciclastic component is found between -30 and -50 meters with decreasing importance seaward. Through the sand-wave belt a transition is observed to bioclastic, poorly sorted gravely sands of red algae and foraminifers. Here the sediment is completely bioclastic with rare breakthroughs of mixed sediments in proximity to the -55 m paleo-shores. From a depth of 75 meters, sediments are represented by fine bioclastic-quartzose sands with bivalves and foraminifers. A peculiar feature of this shelf is the depression in the inner shelf that can be interpreted as the product of

paleo-river erosions produced during the "Würmian" low stand (MIS 4-2), associated with terrigenous inputs insufficient to fill up the available space during the post-glacial sea level rise. Towards the middle shelf the trough is bounded by paleo-reliefs where the Posidonia bank at present overgrows, weakly aggrading and prograding. The depositional facies described document the present day sedimentary system as of a temperate water mixed terrigenous-carbonate shelf. The sedimentation is highly siliciclastic in the inner shelf from fluvial-continental feeding, and bioclastic in the rest of the shelf with a maximum productivity along the intermediate shelf's Posidonia bank and its foreslope. In the middle and outer shelf the siliciclastic component is related to previous eustatic phases and attributable to continental and nearshore deposits lying underneath the middle-shelf Posidonia bank. Analogous depositional contexts must be attributed to the preceding high stand phases of the Middle-Upper Pleistocene. Otherwise, during glacio-eustatic phases of falling, low-stand and rising sea level, the shelf has been affected by terrigenous continental sedimentation or shoreface sequences that are currently resedimented in the middle and outer shelf. In summary, the depositional model of this shelf is characterised by alternating phases of terrigenous-carbonate sedimentation of middle latitude, with a poorly rainy, warm Mediterranean climate during high-standing sea-level conditions, and terrigenous phases during low stands with rather rainy, cooler Mediterranean climate.

Parole chiave: piattaforma continentale, sedimenti terrigeno-carbonatici, sedimenti relitti, Posidonia oceanica, variazioni eustatiche, Quaternario, Sardegna.

Keywords: continental shelf, terrigenous-carbonate sediments, relict sediments, Posidonia oceanica, sea level change, Quaternary, Sardinia.

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa

La piattaforma continentale del Golfo di Cagliari è stata recentemente oggetto di descrizione alla scala dell'intero bacino di Cagliari (LECCA *et al.*, 1998), di studi di dettaglio in aree campione (DE MURO & KALB, 2003) e di valutazioni geologico-applicative finalizzate al ripascimento della spiaggia del Poetto che ha suscitato accese discussioni in sedi non scientifiche. In questo lavoro, trascurando volutamente gli aspetti applicativi, si presenta la descrizione dei sedimenti, delle strutture e dei processi che costituiscono il sistema deposizionale attuale. Tenuta presente l'importanza che la sedimentazione carbonatica delle zone a clima temperato (LEES & BULLER, 1972; ADEY & MACINTYRE, 1973; LEES, 1975; CARANNANTE *et al.*, 1988; POMAR, 2001; POMAR *et al.*, 2004) ha avuto nei tempi neogenici e quaternari in Mediterraneo (BUROLLET, 1981; COLANTONI *et al.*, 1993; FORNOS & AHR, 1997) e in Sardegna (CARBONI *et al.*, 1989; CARBONI & LECCA, 1992; LECCA *et al.*, 1998; CHERCHI *et al.*, 2000), tale tipo di sedimentazione è stata descritta e interpretata nella attuale piattaforma del Golfo di Cagliari. Allo scopo di pervenire ad una prima sintesi alla scala dell'intera piattaforma, sono state eseguite una copertura di profili ecografici, una campionatura e le analisi sedimentologiche che hanno permesso di evidenziare, in particolare, le relazioni tra la sedimentazione terrigena dello shoreface (spiaggia sottomarina) e quella carbonatico-bioclastica della piattaforma intermedia ed esterna.

1.2 Elementi geologico-regionali

Il Golfo di Cagliari è ubicato nella parte meridionale del Rift Sardo oligo-miocenico all'interno del quale, come è noto, si è sovrapposto il Graben del Campidano (PECORINI, 1966; PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969; CHERCHI & MONTADERT, 1982; CASULA *et al.*, 2001; FINETTI *et al.*, 2005). Questo golfo si apre verso il margine continentale della Sardegna meridionale dove è attivo un sistema sedimentario sottomarino composto da una piattaforma continentale, una scarpata e da diversi bacini di scarpata che contribuiscono a loro volta alla sedimentazione della piana abissale sardo-algerina (LECCA *et al.*, 1998). Nella parte più interna di tale sistema sedimentario è ubicato il Bacino di Cagliari che rappresenta la prosecuzione del Rift Sardo, riattiva-

ta durante il Plio-Quaternario contestualmente all'apertura del Tirreno. Questo bacino, controllato nei tempi pliocenico-quaternari dai movimenti dei blocchi tettonici della Sardegna meridionale (Sulcis e Sarrabus) e dai blocchi sottomarini di Su Banghittu e del Monte Ichnusa (Fig. 1), è composto da una relativamente ampia piattaforma continentale, da un pendio e da una parte profonda fino a circa - 800±1000 m (Fig. 2).

Nella regione emersa prospiciente il golfo possono essere individuate due parti strutturalmente omogenee che proseguono nella infrastruttura della piattaforma continentale. La parte orientale comprende i promontori calcarei di Cagliari e funge da horst orientale del Graben del Campidano, a est del quale si erge il più antico horst del Rift Sardo (Horst del Sarrabus). La parte occidentale è costituita dalla prosecuzione del Graben del Campidano, limitato a ovest dall'Horst del Sulcis e colmato da diverse centinaia di metri di sedimenti clastici fluviali e marino-transizionali-litorali plio-quaternari, derivati dalla erosione delle sequenze mioceniche del rift e delle formazioni paleozoiche.

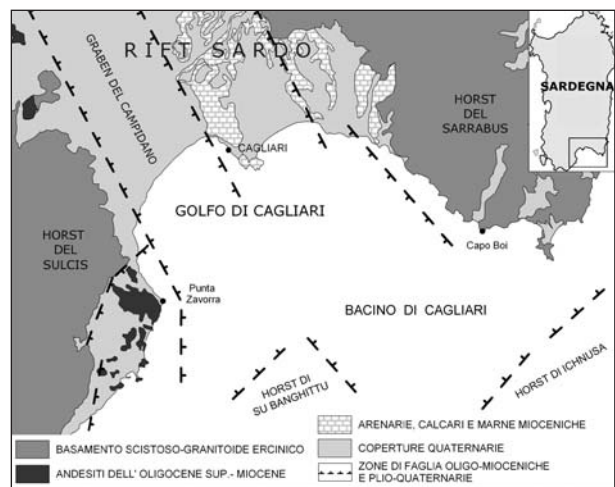


Fig.1 - Schema geologico della Sardegna meridionale e ubicazione dell'area studiata.

Geological sketch of southern Sardinia and location of the studied area.

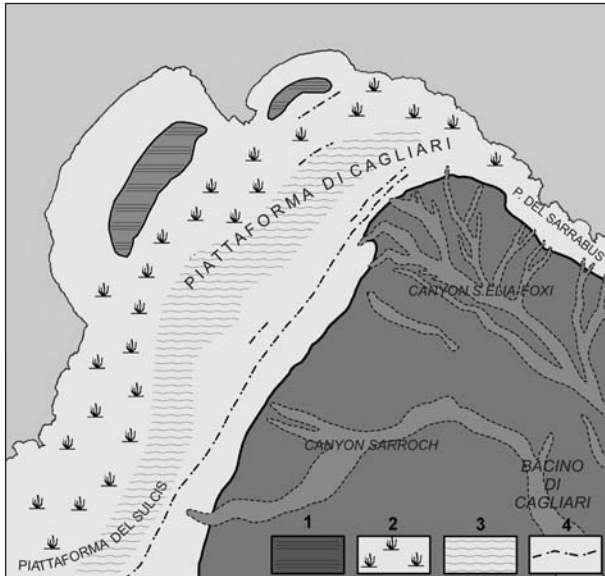


Fig.2 - Sistema deposizionale del Golfo di Cagliari: 1) depressioni della piattaforma interna; 2) prateria a posidonia; 3) fascia a sand waves; 4) paleo-linee di riva.

Depositional system of the Gulf of Cagliari: 1) troughs of the inner shelf; 2) Posidonia meadows; 3) sand wave belt; 4) paleo-shorelines.

1.3 La piattaforma del Golfo di Cagliari

La piattaforma continentale del Golfo di Cagliari, ubicata trasversalmente al Rift Sardo oligo-miocenico della Sardegna meridionale, dal punto di vista strutturale e sedimentologico risulta costituita dalla congiunzione di tre diversi segmenti: la terminazione orientale della piattaforma del Sulcis, la piattaforma di Cagliari s.s., che costituisce la parte più importante, e la stretta piattaforma del Sarrabus (Fig. 2). I tre segmenti di piattaforma vengono alimentati da apporti terrigeni, di cui non sono disponibili valutazioni quantitative, provenienti da tre diverse aree. Il Sarrabus, costituito in prevalenza da metamorfiti erciniche di basso grado, da plutoniti tardo erciniche e, nella regione costiera, da sequenze clastiche continentali e marine mioceniche e quaternarie. Il Sulcis, dove affiorano in genere rocce del basamento ercinico, localmente coperture sedimentarie paleogeniche terrigene e, in prossimità della faglia occidentale del Graben del Campidano, importanti apparati vulcanici andesitici oligo-miocenici. Infine l'area di Cagliari, la cui parte orientale è costituita da marne e marne arenacee del Miocene inferiore e medio e da arenarie e calcari di piattaforma bioclastico-algale del Miocene superiore, e quella occidentale costituita dai complessi continentali e transizionali-litorali pliocenico-olocenici del Campidano meridionale.

Le prime descrizioni di questa piattaforma risalgono a SEGRE (1968), che al di sotto dei sedimenti attuali riconobbe elementi morfologici riconducibili alla risalita eustatica del Pleistocene superiore-Olocene, e alle indagini eseguite mediante la nave oceanografica Bannock (C.N.R.) dall'Università di Genova che consentirono le prime descrizioni sedimentologiche (PICCAZZO *et al.*, 1981). Sulla base di nuovi rilievi ecografici e sismici, realizzati nell'ambito del progetto Oceanografia

e Fondi Marini-CNR (CARTA *et al.*, 1986), e di successive ricerche, seguirono descrizioni di dettaglio dei paleodepositi litorali interpretati come *beach rock* (ULZEGA *et al.* 1986; DE MURO & ORRÙ, 1998). L'architettura complessiva della piattaforma di Cagliari, ricostruita principalmente sulla base di linee *sub-bottom profiler* e *sparker 500 J*, risulta costituita da tre accrescimenti debolmente progradanti: uno silicoclastico di *shoreface*, uno bioclastico della media piattaforma e infine uno fangoso della piattaforma esterna-pendio, all'interno di un bacino estensionale (LECCA *et al.*, 1998). Tali progradazioni sono state attribuite ad ambienti deposizionali distinti, attivi contemporaneamente e relativi allo stazionamento alto (*high stand*) tardo olocenico-attuale, che mostrano alimentazioni sedimentarie, facies e fattori di controllo diversi. La sezione più completa di tale piattaforma mostra una sequenza di ambienti, disposti circa parallelamente alla costa e rappresentativi di piattaforme terrigeno-carbonatiche di mare temperato.

Il clima a cui è soggetto il Golfo di Cagliari, come noto, è mediterraneo caldo (sub-tropicale), poco piovoso (inferiore a 500 mm/a; PINNA 1971; RAIMONDI *et al.*, 1995). Il regime delle maree è microtidalico con massimi di circa 40 cm, la salinità è di circa 37÷38‰, le temperature medie superficiali del mare oscillano tra i 13° invernali e i 24° estivi (METALLO, 1971; MOSETTI, 1977).

2. DATI

Un nuovo rilevamento ecografico, eseguito tra il 2002 e il 2003, ha permesso la precisazione di elementi batimetrici e l'ubicazione di una nuova campionatura dei sedimenti (COSSELLU, 2003; PAU, 2003). Sono stati eseguiti 9 profili *narrow-beam* (200 kHz), perpendicolarmente alla linea di costa fino alla profondità di circa 125 metri e spazati da 2 a 4 Km, e due profili *multi-beam - side scan sonar* (Reson SeaBat 81125) di comparazione (Fig. 3). Tali dati sono stati integrati con le linee *sparker* (500 J) ed ecografiche già disponibili e utilizzate in LECCA *et al.* (1998).

Complessivamente sono state eseguite 77 campionature, di cui 33 lungo la battigia e 44 in piattaforma fino alla profondità di circa 50 m mediante benna *Van Veen* del volume di 2 dm³. Queste ultime sono state effettuate lungo le linee ecografiche per fasce batimetriche: un campione alla profondità di 5 metri, tre campioni tra la fine del primo banco a posidonie e l'inizio del banco principale (dove questa suddivisione è presente), un campione all'interno del banco principale, un campione dopo il limite inferiore della prateria a circa -35 m ed un campione attorno ai -50 m.

A causa della presenza continua della prateria a posidonie, non tutte le campionature hanno recuperato sedimento; al fine di evidenziare tale dato le campionature senza prelievo sono state indicate in chiaro nella carta di posizionamento (Fig. 3). Inoltre, sono stati analizzati 23 campioni prelevati nella parte distale della piattaforma (-50 ÷ -103 m), non inseriti nella tabella 1, che costituiscono parte di uno studio ancora in corso e attinente il dottorato di ricerca di uno degli autori (M. COSSELLU).

La maggior parte delle operazioni sono state svolte a bordo di un'imbarcazione messa a disposizione

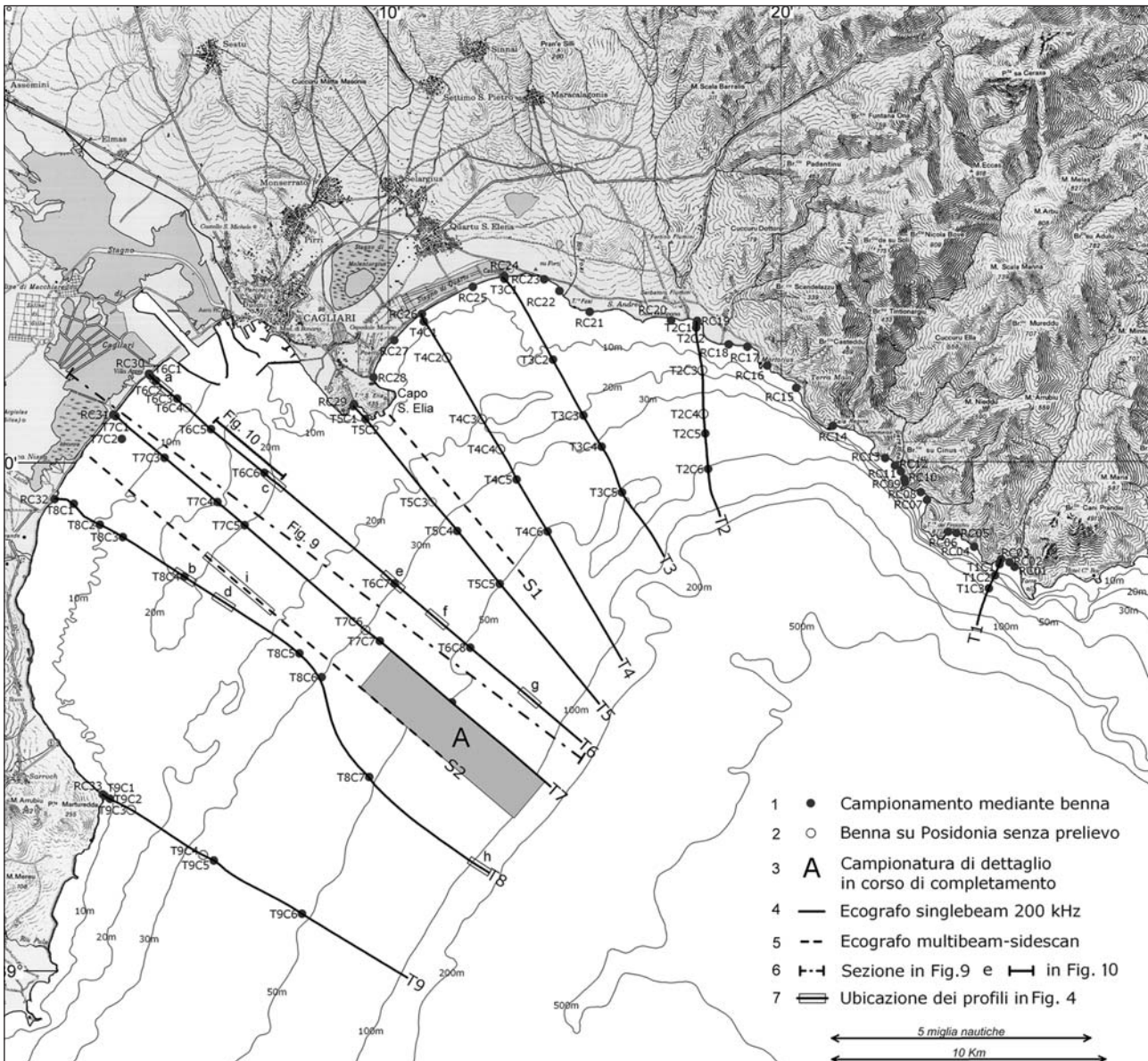


Fig.3 - Ubicazione delle nuove linee ecografiche, delle campionature e delle figure 4, 5, 7, 9 e 10.
 Location of new echographic lines, sampling sites and figures 4, 5, 7, 9 and 10.

dalla Base Logistico-Operativa Navale del Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna. L'utilizzo di un'imbarcazione con ridotto pescaggio (0,5 m) ha consentito di eseguire i profili e le campionature a poca distanza dalla linea di costa, in fondali bassi fino a 1 metro circa.

3. ZONAZIONE DELLE FACIES ECOGRAFICHE

Nelle registrazioni ecografiche sono state riconosciute la tipologia del fondo marino e alcune caratteristiche sedimentarie grazie alla struttura della riflessione e ai caratteri del segnale (Figg. 4 e 5). La risposta ecografica risulta più o meno lunga a seconda che il segnale sia stato riflesso o diffratto da diversi tipi di fondale marino. In genere una risposta breve si associa a

superfici deposizionali lateralmente continue prodotte da sedimenti sabbiosi con coda fine e regolare coefficiente di riflessione, mentre una risposta più lunga evidenzia superfici irregolari o materiali di maggior granulometria. Le posidonie sono facilmente riconoscibili dai caratteristici gradini che evidenziano la presenza di *mattes* (*sensu* PEREZ & PICARD, 1964), e canali o depressioni chiuse di *inter* e *intra-matte*. La prateria fitta e continua si riconosce per una morfologia ondulata non periodica e una maggior lunghezza della risposta ecografica rispetto alle aree in sedimentazione sabbiosa con fondali planari e ondulati. Un tipico *pattern* ecografico indicativo della presenza di *sand waves*, conosciuto in altre piattaforme (ALLEN, 1982; MCCAVE & LONGHORNE, 1982; Fornos & AHR, 1997), è costituito da un'alternanza di risposta breve nella cresta e di una risposta lunga nel cavo delle ondulazioni (Fig. 4f).

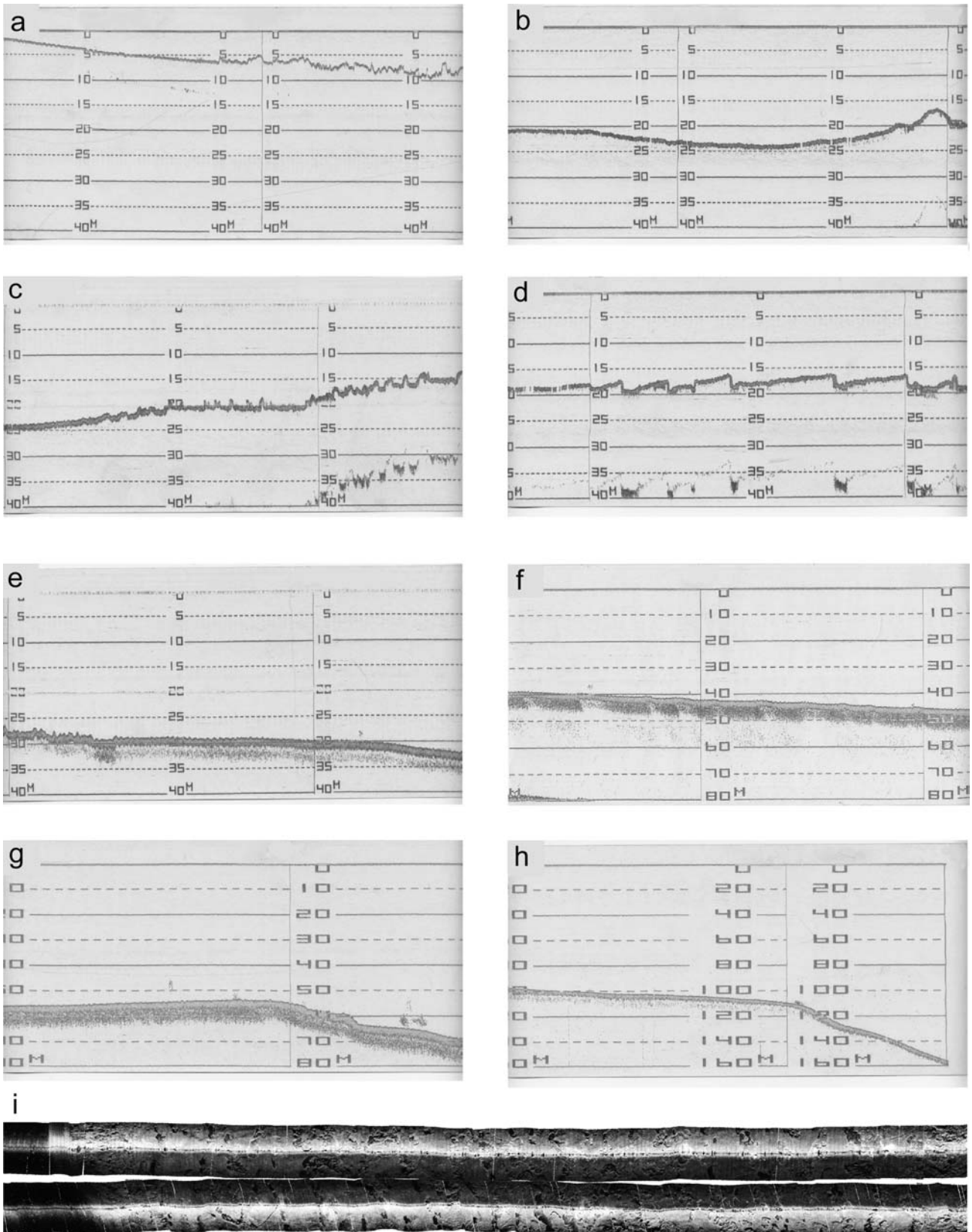


Fig. 4 - Principali tipologie dei profili ecografici: a) Shoreface sabbioso e inizio prateria interna; b) depressione della piattaforma interna; c) transizione al banco principale a Posidonia; d) prateria a terrazzi; e) prateria diradata e transizione alla fascia a sand waves; f) sand waves; g) paleo linea di riva; h) bordo della piattaforma; i) depressione e banco principale a Posidonia in profilo side-scan sonar. Ubicazione in Fig. 3.

Main ecographic patterns: a) Sandy shoreface and beginning of inner Posidonia meadows; b) inner shelf trough; c) transition to mid-shelf Posidonia bank; d) terraced meadows; e) bank slope and transition to sand wave belt; f) sand waves; g) drowned shoreline; h) shelfbreak; i) trough and Posidonia bank in side-scan sonar profile. For locations see Fig.3.

Dalle linee ecografiche può inoltre essere dedotta la posizione dei livelli idrodinamici critici relativi al moto ondoso, consentendo di riferire l'inizio delle prateria continua circa alla "base del moto ondoso di bel tempo" (*fair weather wave base: fwwb*) nella parte interna della piattaforma, e la transizione dalla fascia a *sand waves* ai fondali planari alla "base del moto ondoso di tempesta" (*storm wave base: swb*) in piattaforma intermedia.

L'assenza in tutte le linee ecografiche di avvallamenti o incisioni localizzate e il prevalere di limiti zonali tendenzialmente paralleli alle isobate inducono a ritenere che l'idrodinamismo sia attribuibile in prevalenza al moto ondoso, rispetto a correnti di fondo di piattaforma.

Sulla base dell'intera copertura ecografica disponibile sono stati riconosciuti i caratteri morfologico-deposizionali dei principali ambienti della piattaforma (Fig. 6).

3.1 Piattaforma interna

Shoreface

Lo *shoreface* superiore è caratterizzato da una superficie inclinata debolmente convessa, spoglia di vegetazione sottomarina, che si estende in prosecuzione delle spiagge fino alla profondità di circa 3÷8 m (Fig. 4-a). Lo *shoreface* inferiore è invece variamente colonizzato da posidonie e da altre fanerogame. Tale unità è assente davanti alle falesie di P. Zavorra e di C. S. Elia e ai promontori della piattaforma del Sarrabus.

Prateria interna

Da pochi metri di profondità si sviluppano cespugli isolati di posidonie seguiti da *mattes* generalmente basse, piccole depressioni chiuse e canali profondi 1÷2 m riempiti di sedimento. Più esternamente, al di sotto di una profondità critica di attenuazione dell'azione erosiva del moto ondoso, variabile nelle diverse aree del golfo, la prateria interna è invece più continua (Fig. 5). Nelle parti più profonde della depressione, davanti allo *shoreface* di S. Gilla, il fondale passa gradualmente a superfici spoglie.

Depressioni della piattaforma interna

Due peculiari depressioni, disposte circa parallelamente alla linea di costa, sono presenti nella parte più interna della piattaforma a NE e a SW del Capo S. Elia, profonde rispettivamente 22 e 27 m (profilo T4, Fig.5-A e profilo T7, Fig. 5-B). Tali depressioni risultano protette dalle tempeste dei quadranti meridionali grazie alla presenza del banco a posidonie della media piattaforma. Il fondo della depressione del settore occidentale è spoglio e perfettamente planare, e viene pertanto associato a una sedimentazione fangosa; diversamente in quella orientale anche il fondo è colonizzato da fanerogame.

3.2 Piattaforma intermedia

Banco principale a posidonie

La culminazione della piattaforma intermedia è sede del banco principale a posidonie, che verso il largo prosegue con un debole pendio esterno. Verso terra il banco è limitato da un netto pendio di transizione alle depressioni (Figg. 4c e 5). All'interno del banco possono essere individuate diverse tipologie della

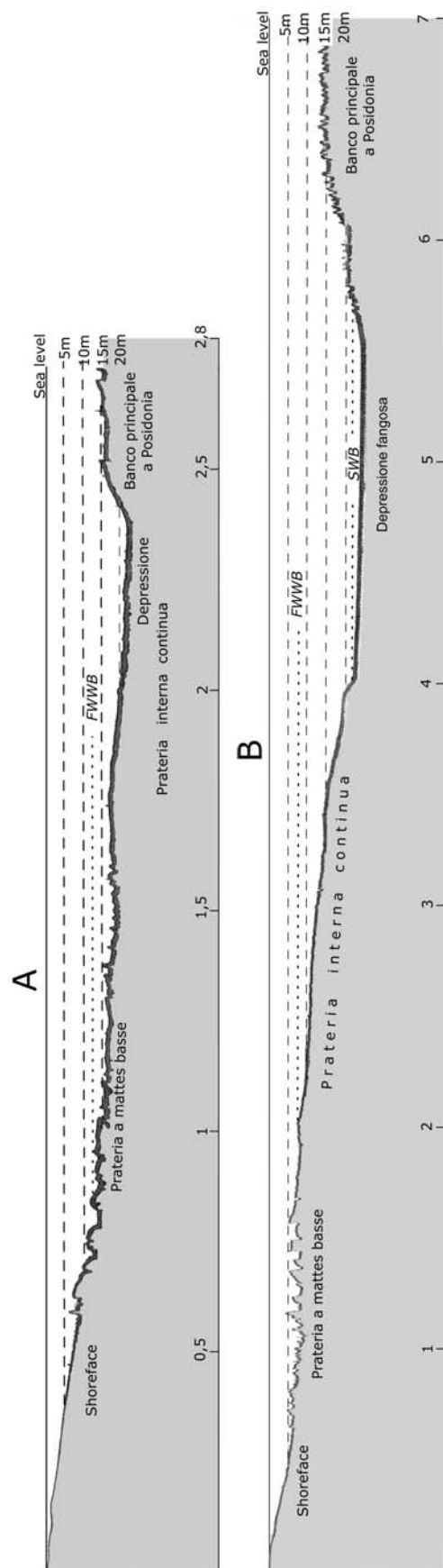


Fig.5 - Sezioni ecografiche interpretate dei profili T4 (A) (Spiaggia del Poetto) e T6 (B) (Spiaggia della Playa). Fwwb: Base del moto ondoso di bel tempo; Swb: base del moto ondoso di tempesta. Scala orizzontale del profilo B doppia rispetto a quello A. Ubicazione in Fig. 3.
Interpreted echographic sections of the profiles T4 (A) (afore Poetto Beach) and T6 (B) (afore Playa Beach). Fwwb: fair weather wave base; swb: storm wave base. Horizontal scale of the profile B doubled in comparison to that of A. For locations see Fig.3.

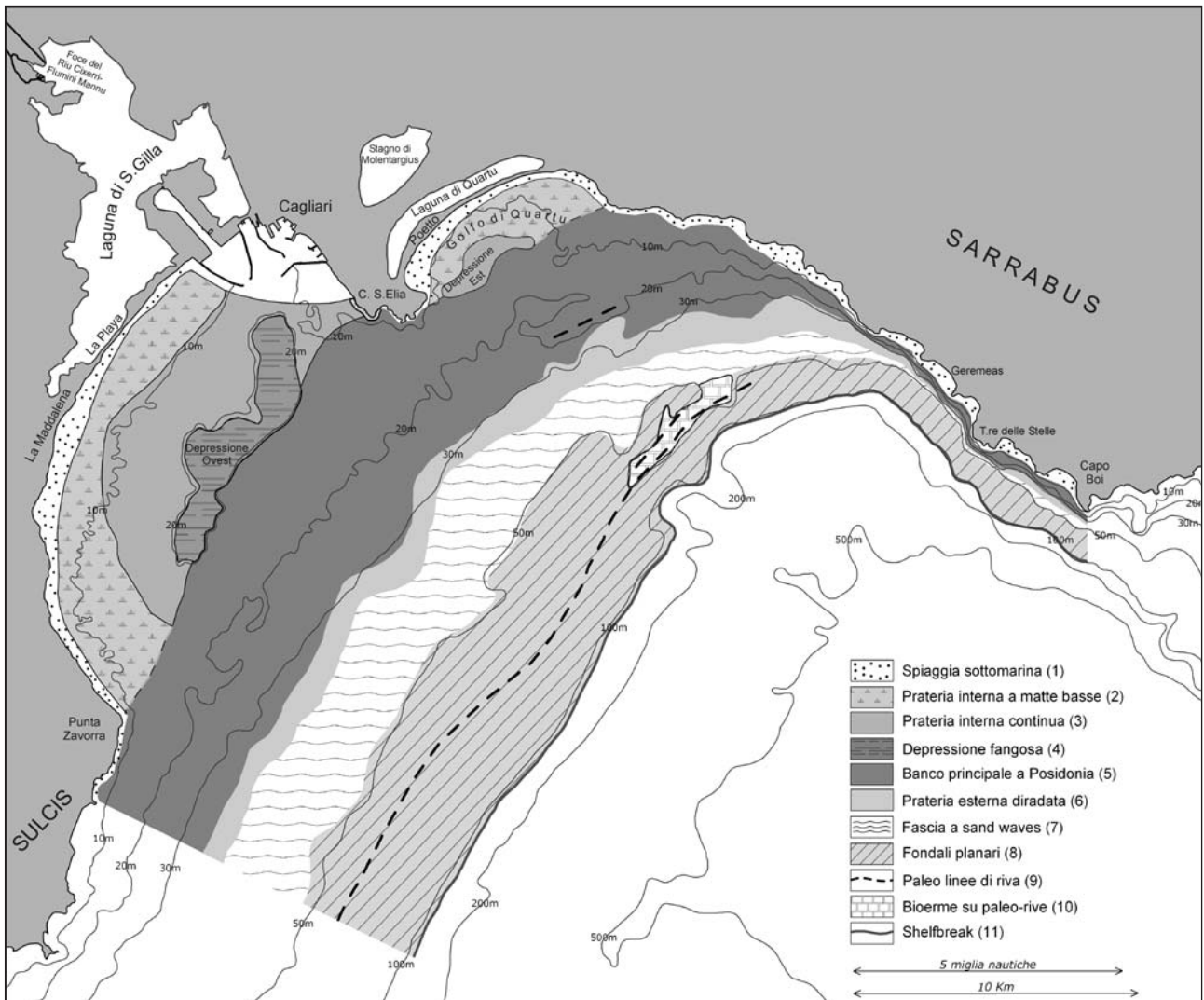


Fig.6 - Zonazione degli ambienti deposizionali sulla base dell'analisi dei profili ecografici.

Sedimentary framework of the Gulf of Cagliari, based on the analysis of the echographic profiles: 1) shoreface; 2) discontinuous inner Posidonia meadows; 3) continuous inner Posidonia meadows; 4) inner shelf trough; 5) mid-shelf Posidonia bank; 6) fore slope depleted Posidonia; 7) sand wave belt; 8) plane bottoms; 9) drowned shorelines; 10) bioherms on paleo-shores; 11) shelfbreak.

distribuzione areale delle posidonie. La prateria a *matte* alte 3÷4 m, con relativi canali e depressioni, occupa la parte alta e prossimale del banco, da circa -10÷15 m fino a circa -25 m presentando, probabilmente in relazione con l'idrodinamismo del moto ondoso, una tipica geometria terrazzata con ampi ripiani e gradini rivolti verso il largo (Fig. 4d). Analogamente alla prateria interna delle depressioni, la struttura appare distalmente più continua e omogenea, evidentemente per diminuzione dell'energia idrodinamica. La prateria prevalentemente continua occupa un'areale compreso tra i -20÷25, fino circa -30 m che costituisce il limite inferiore attribuibile al fattore luminosità (Fig. 4e).

Sand waves

Lungo il pendio esterno la prateria passa a un fondale a morfologia ondulata interpretata come onde di sabbia (Fig. 4f). Le strutture, che hanno inizialmente una lunghezza d'onda di circa 200 m e un'altezza di 3 m circa, aumentano in frequenza e assumono dimen-

sioni minori procedendo verso il largo. Le *waves* sono asimmetriche con i *lee sides* rivolti verso terra indicando una direzione del trasporto associabile principalmente alla base delle onde di tempesta provenienti da SE (Istituto Idrografico della Marina, 1980). Il limite inferiore si individua a una profondità di 50÷55 metri e viene messo in relazione con la profondità massima di azione delle onde di tempesta.

Fondali piani

Esternamente alla fascia a *sand waves* si instaurano fondali a morfologia piana che indicano una ulteriore diminuzione dell'idrodinamismo. Tale fascia è limitata verso l'esterno dall'affioramento di diverse paleo-forme litorali, tra i -50 e i -60 m circa, relative a livelli di basso eustatico del Pleistocene superiore. La maggiore di queste strutture (Fig. 4h) si presenta allungata SW-NE e in rilievo di circa 4-5 m, e nella parte nord-orientale mostra talvolta due culminazioni con andamento sub-parallelo ricoperte da pinnacoli algali sub attuali.

3.3 Piattaforma Esterna:

All'esterno delle paleo-forme, il fondo marino mostra inizialmente un ridotto versante ricoperto da un accrescimento sigmoide fangoso olocenico ($-60 \div 80$ m circa), seguito da una fascia a debole pendenza che termina con un bordo a circa -125 a sedimentazione progradante inclinata (Fig. 4h). La rottura di pendio della stretta piattaforma esterna nella parte nord-orientale avviene a circa -90 m per attività erosionale retrograda del Canyon S. Elia-Foxi, mentre nella piattaforma del Sarrabus (Fig. 3 transetto T1) è individuabile a -70 m per controllo strutturale.

4. ANALISI DEI SEDIMENTI

4.1 Granulometrie

Seguendo le consuete metodologie dell'analisi granulometrica, i campioni sono stati suddivisi in 7 classi con intervalli interi di unità ϕ tra 4000 e $63\mu\text{m}$. Per ogni campione è stata realizzata la curva di frequenza, utilizzata nella valutazione percentuale delle varie tipologie di granuli, e la curva cumulativa mediante la quale è stato calcolato il coefficiente di cernita ($\sigma\phi = (\phi_{84} - \phi_{16})/2$, INMAN, 1952; Tab. 1).

4.2 Composizione

Per motivi di celerità è stato adottato un metodo semi-quantitativo, eseguendo il riconoscimento delle diverse componenti al microscopio binoculare e valutando contestualmente le percentuali areali mediante comparatori per stima visiva (BACELLE & BOSELLINI, 1965; SWANSON, 1985). Data la varietà delle componenti e la taratura dei comparatori ogni $5 \div 10$ %, i risultati ottenuti sono soggetti a errori dell'ordine del $\pm 10\%$ della singola componente.

Le varie famiglie di granuli sono state distinte sulla base dei caratteri morfologici, del colore e del comportamento all'attacco HCl diluito. Allo scopo di valutare l'importanza delle diverse componenti, le stime areali sono state moltiplicate per il peso di ciascuna frazione e infine normalizzate sul campione totale. Pertanto il significato del valore percentuale così ottenuto non è più strettamente ponderale, bensì ponderale-areale. Il metodo inoltre, non tenendo conto delle differenze di peso di volume, per esempio tra bioclasti e clasti terrigeni, contiene ulteriori errori nelle valutazioni ponderali-areali. Poiché i vari bioclasti hanno diverse porosità intragranulare e conseguentemente diverso peso di volume, tali errori non possono essere corretti tramite l'introduzione di un unico coefficiente. Al fine di valutare l'ordine dell'errore, su cinque campioni sono state eseguite le calcimetrie (misura della CO_2 sviluppata su attacco con HCl) che hanno evidenziato una sopravvalutazione complessiva del carbonato bioclastico e delle frazioni fangose nelle stime ponderali-areali rispetto a quelle rigorosamente ponderali, intorno al $10\% \div 15\%$. Questi errori, superabili nel prosieguo della ricerca con più precise metodologie, non pregiudicano tuttavia il significato deposizionale dei risultati, consentendo la suddivisione dei sedimenti campionati in tre principali gruppi di facies: silicoclastiche, miste e bioclastiche.

Componente terrigena

Sono state distinte le seguenti componenti terrigene: quarzo, feldspati s.l., miche s.l., litoclasti meta-

morfici e magmatici, litoclasti calcarei, minerali accessori e granuli antropici. In generale il criterio di riconoscimento per il quarzo è basato sul suo aspetto vitreo; il feldspato s.l., spesso riconoscibile sulla base della forma, raramente idiomorfa, della presenza di sfaldature e del colore; il K-feldspato è distinguibile per il tipico colore più o meno roseo e i plagioclasti per il colore biancastro. Tali criteri qualitativi in certi casi possono aver portato alla confusione di specie mineralogiche, ma è certamente affidabile per la distinzione dei feldspati s.l. rispetto al quarzo e per il riconoscimento del litico in base all'evidenza della morfostruttura, del colore e della polimineralogia. In ogni caso queste imprecisioni nel riconoscimento dei granuli non influiscono sulla finalità dello studio, che è maggiormente rivolto alla valutazione dei rapporti tra la totale componente terrigena e quella carbonatico-bioclastica.

Componente bioclastica

La componente bioclastica, facilmente distinguibile in base alla struttura scheletrica confrontata con la fauna descritta nel Mediterraneo e nella piattaforma sarda (D'ANGELO & GARGIULLO, 1978; RIEDL, 1991; BOUDORESQUE et al., 1992 cum. bibl.), risulta costituita dai seguenti organismi: molluschi (bivalvi e gasteropodi in frammenti e gusci interi), talli di alghe rosse, colonie di briozoi, foraminiferi (soprattutto forme bentoniche), echinodermi (frammenti di gusci e radioli), ostracodi (presenti nelle frazioni $500 \div 125 \mu\text{m}$) e numerosi organismi a guscio chitinoso-proteico appartenenti principalmente agli artropodi. Inoltre si segnala la presenza di *fecal pellets* in alcuni campioni della depressione interna occidentale.

In questa piattaforma, come in tutto il Mediterraneo, gran parte della produzione bioclastica deve essere associata all'ecosistema della Posidonia (*Posidonia oceanica*, L., Delile) che assieme a *Cymodocea nodosa* (Ucria, Ascherson), *Zostera noltii* (Hornemann) e *Zostera marina* (L.), esercita un controllo ecologico dominante e ha importanti relazioni di *feedback* con l'intero sistema biologico e sedimentario (UNESCO, 1977).

Nell'ambito dell'intera piattaforma, che per l'importanza della componente organogena è da considerarsi come carbonatica *cold temperate-transitional* (zona B - zona C sensu CARANNANTE et al., 1988), emerge che i produttori più significativi sono le alghe rosse. Tra queste possono essere distinte le alghe calcificate, dirette produttrici di bioclasti, dalle specie non calcificate dove la deposizione di carbonato si verifica solo nella parte sciafila per opera di organismi epifiti. Il gruppo più produttivo è quello delle *Corallinaceae*, come noto provviste di tallo (*hypothallium* e *perithallium*) calcificato (ADEY & MACINTYRE, 1973; RIEDL, 1991). La distinzione speditiva tra i generi e le specie è stata eseguita mediante il confronto con le forme descritte in letteratura (JOHNSON, 1962; JOHNSON & ADEY, 1965; BOUDORESQUE et al., 1992) che possono essere variamente ramificate (*Lithophyllum racemosum*, *Lithothamnium fruticosum*), incrostanti o a struttura a foglia (per esempio *Lithophyllum expansum*, *Pseudolithophyllum expansum* e *Mesophyllum lichenoides*). Tra le varie forme sembrano prevalere quelle a ramificazioni distanziate (*loose branching*, cfr. *Lithothamnium solutum*, JOHNSON, 1962) non fissate sul fondo rispetto alle forme incrostanti e a

Tab. 1 - Granulometrie, cernita e composizione dei campioni analizzati. Nei totali con asterisco non è compresa la componente organica. Arrotondamenti all'unità percentuale.

Grain sizes, sorting and compositions of the analyzed samples. Values with asterisk lack the organic component. Approximation to the whole number.

CAMPIONE	PROF. (m)	CLASSI % PESO - UNITA ϕ							$\sigma\phi$	COMPONENTE TERRIGENA					COMP. BIOC.	
		< -1	-1 \div 0	0 \div 1	1 \div 2	2 \div 3	3 \div 4	> 4		Quarzo	Feldsp.	Minori	Litoc.	TOTALE		
CAMPIONI IN BATTIGIA	RC1	-	50%	31%	9%	9%	0%	0%	0,80	53%	43%	0%	4%	100%	0%	
	RC2	-	25%	66%	9%	0%	0%	0%	0,55	49%	47%	0%	3%	100%	0%	
	RC3	-	38%	50%	11%	0%	0%	0%	0,60	53%	40%	0%	7%	100%	0%	
	RC4	-	38%	44%	6%	4%	7%	0%	0,70	46%	44%	0%	5%	96%	4%	
	RC5	-	0%	3%	22%	60%	14%	0%	0,65	53%	33%	2%	4%	92%	8%	
	RC6	-	0%	0%	6%	59%	34%	0%	0,60	56%	32%	3%	3%	91%	9%	
	RC7	-	0%	0%	0%	2%	85%	12%	0,35	64%	21%	6%	1%	93%	7%	
	RC8	-	23%	49%	5%	7%	15%	1%	0,55	48%	42%	1%	6%	98%	2%	
	RC9	-	5%	40%	30%	18%	7%	0%	1,05	53%	39%	0%	7%	99%	1%	
	RC10	-	2%	31%	42%	21%	4%	0%	0,90	51%	39%	0%	10%	100%	0%	
	RC11	-	17%	60%	16%	5%	1%	0%	0,60	46%	42%	0%	12%	100%	0%	
	RC12	-	19%	68%	6%	3%	5%	1%	0,50	50%	39%	0%	10%	100%	0%	
	RC13	-	3%	58%	35%	3%	1%	0%	0,70	50%	42%	0%	8%	100%	0%	
	RC14	-	26%	30%	9%	7%	23%	4%	0,185	39%	31%	1%	25%	96%	4%	
	RC15	-	23%	28%	10%	8%	26%	4%	0,185	40%	34%	1%	22%	97%	3%	
	RC16	-	3%	13%	55%	27%	1%	0%	0,65	50%	39%	0%	11%	100%	0%	
	RC17	-	1%	3%	3%	24%	68%	1%	0,55	57%	33%	2%	3%	95%	5%	
	RC18	-	0%	1%	36%	61%	2%	0%	0,60	55%	36%	0%	9%	100%	0%	
	RC19	-	0%	3%	8%	25%	61%	2%	0,70	62%	30%	1%	5%	99%	1%	
	RC20	-	1%	5%	3%	8%	82%	2%	0,40	62%	32%	3%	3%	100%	0%	
	RC21	-	3%	4%	7%	64%	22%	0%	0,60	50%	28%	0%	20%	98%	2%	
	RC22	-	0%	0%	0%	21%	77%	2%	0,45	53%	35%	1%	4%	93%	7%	
	RC23	-	0%	0%	4%	18%	61%	17%	0,60	59%	28%	3%	4%	92%	8%	
	RC24	-	0%	1%	3%	30%	56%	8%	0,65	64%	30%	2%	3%	98%	2%	
	RC25	-	0%	0%	5%	56%	39%	0%	0,60	61%	29%	0%	7%	98%	2%	
	RC26	-	1%	2%	6%	18%	72%	1%	0,55	53%	16%	2%	2%	73%	27%	
	RC27	-	1%	5%	67%	22%	6%	0%	0,60	13%	7%	0%	3%	29%	77%	
	RC28	-	5%	8%	33%	27%	25%	2%	0,115	19%	7%	0%	2%	29%	71%	
	RC29	-	6%	20%	60%	10%	3%	0%	0,65	12%	5%	1%	80%	99%	1%	
	RC30	-	0%	4%	35%	33%	27%	1%	1,00	44%	33%	1%	9%	87%	13%	
	RC31	-	1%	0%	0%	2%	81%	15%	0,40	50%	28%	5%	2%	85%	15%	
	RC32	-	15%	34%	35%	9%	6%	0%	1,00	39%	49%	1%	3%	92%	8%	
	RC33	-	43%	37%	20%	0%	0%	0%	0,75	1%	0%	0%	85%	86%	14%	
CAMPIONI IN PIATTAFORMA	T1C1	7,0	0%	0%	1%	28%	65%	4%	0,60	55%	38%	4%	2%	100%	0%	
	T1C2	10,0	0%	3%	56%	40%	0%	0,60	56%	39%	1%	4%	100%	0%		
	T1C3	40,0	8%	42%	33%	13%	3%	1%	0,90	1%	1%	0%	0%	3%	97%	
	T2C1	3,5	0%	0%	1%	6%	57%	33%	3%	0,65	64%	28%	3%	3%	98%	2%
	T2C2	5,5	1%	1%	1%	6%	58%	26%	7%	0,60	67%	21%	4%	2%	94%	6%
	T2C5	39,2	13%	42%	34%	9%	1%	0%	0,85	1%	1%	0%	0%	3%	97%	
	T2C6	50,5	14%	33%	34%	13%	5%	1%	1,05	1%	1%	0%	0%	2%	98%	
	T3C1	1,0	0%	0%	4%	48%	41%	7%	0,70	70%	27%	1%	2%	99%	1%	
	T3C2	14,2	35%	56%	8%	0%	0%	0%	0,55	44%	19%	0%	36%	99%	1%	
	T3C3	21,8	25%	31%	20%	12%	8%	4%	1,40	2%	1%	0%	1%	4%	96%	
	T3C4	33,0	3%	9%	18%	30%	22%	15%	3%	1,40	18%	9%	1%	3%	31%	69%
	T3C5	52,4	13%	20%	20%	20%	19%	8%	1%	1,70	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	T4C1	6,0	0%	0%	0%	1%	40%	56%	3%	0,65	67%	27%	2%	1%	97%	3%
	T4C5	35,0	9%	33%	35%	16%	5%	2%	0,105	15%	11%	0%	4%	30%	70%	
	T4C6	51,0	5%	16%	43%	28%	7%	2%	0,95	18%	7%	0%	2%	27%	73%	
	T5C1	1,6	0%	0%	1%	31%	50%	15%	3%	0,70	36%	0%	51%	0%	87%	13%
	T5C2	4,3	0%	0%	3%	88%	8%	0%	0,35	45%	5%	43%	0%	93%	7%	
	T5C4	33,5	4%	13%	23%	31%	24%	5%	0,130	32%	8%	0%	3%	43%	57%	
	T5C5	48,3	19%	46%	25%	8%	2%	1%	0,90	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
	T6C1	2	0%	0%	0%	0%	69%	29%	1%	0,50	51%	13%	2%	3%	69%	31%
	T6C2	4	0%	0%	0%	1%	17%	55%	27%	0,70	39%	29%	1%	3%	72%	28%
	T6C3	8	30%	16%	16%	16%	13%	7%	1%	1,85	12%	3%	0%	0%	15%*	79%
	T6C5	12,5	25%	20%	15%	0%	31%	7%	2%	2,00	17%	5%	0%	2%	26%	74%
	T6C6	23,2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0,30	20%	10%	0%	5%	35%*	30%
	T6C7	29	3%	18%	19%	23%	25%	9%	2%	1,50	18%	13%	0%	11%	43%	57%
	T6C8	50,1	14%	48%	27%	7%	3%	2%	0,90	3%	0%	0%	0%	3%	97%	
	T7C1	2,1	0%	0%	0%	0%	35%	60%	4%	0,65	62%	6%	6%	3%	77%	23%
	T7C2	5,3	0%	0%	0%	0%	3%	69%	27%	0,55	61%	7%	3%	3%	75%*	9%
	T7C3	11,9	68%	10%	6%	5%	4%	5%	2%	1,20	4%	2%	0%	1%	7%*	86%
	T7C4	17	12%	7%	11%	46%	20%	4%	1%	1,35	30%	11%	0%	4%	45%*	31%
	T7C5	24,4	0%	0%	0%	19%	61%	16%	4%	0,60	34%	10%	2%	21%	67%*	29%
	T7C7	36,6	22%	43%	20%	9%	4%	2%	1%	1,00	30%	9%	0%	17%	56%	44%
	T7C8	50,7	10%	32%	29%	17%	9%	3%	0%	1,25	0%	0%	0%	0%	0%	100%
T8C1	1	2%	4%	8%	25%	50%	10%	1%	0,85	34%	21%	0%	0%	66%	44%	
T8C2	10,5	1%	4%	6%	10%	9%	22%	48%	1,55	48%	23%	2%	3%	76%	24%	
T8C3	15	0%	0%	0%	0%	9%	30%	60%	0,70	41%	20%	5%	6%	71%	29%	
T8C4	23	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0,30	20%	10%	0%	5%	35%*	30%	
T8C5	25	5%	10%	22%	31%	27%	4%	0%	1,25	32%	19%	0%	4%	55%*	37%	
T8C6	32	7%	31%	27%	16%	15%	4%	1%	1,45	26%	22%	0%	18%	66%	33%	
T8C7	50	12%	40%	28%	11%	6%	3%	1%	1,10	2%	0%	0%	0%	2%	98%	
T9C1	1,9	20%	29%	34%	15%	1%	0%	0%	1,05	3%	6%	0%	28%	38%	62%	
T9C2	6,5	32%	46%	15%	8%	0%	0%	0%	0,80	4%	6%	0%	43%	53%	47%	
T9C5	37	7%	38%	43%	7%	3%	2%	1%	0,85	38%	17%	0%	13%	68%	32%	
T9C6	51	5%	36%	38%	14%	5%	1%	0%	0,95	2%	1%	0%	0%	3%	97%	

quelle globose.

Tra le specie debolmente calcificate si osserva *Peyssonnelia squamaria* (gruppo delle *Peyssonneliaceae*, cui fanno parte organismi a diversi gradi di calcificazione), che presenta una consistenza fogliacea. Tra le forme non calcificate infine troviamo frequentemente la specie *Vidalia volubilis*, in quantità volumetricamente rilevante nei sedimenti mobili della piattaforma intermedia, oltre il limite della Posidonia.

Generalmente nelle frazioni granulometriche superiori a 0,5 mm si rinvencono frammenti e gusci interi di numerose specie di bivalvi e di gasteropodi. La componente bioclastica attribuibile ai molluschi, pur non costituendo elevate percentuali nei singoli campioni, riveste una notevole importanza data la sua distribuzione in tutta la piattaforma.

Anche i foraminiferi fanno parte dei più importanti gruppi di organismi che contribuiscono alla produzione dei sedimenti carbonatici, in particolare nelle componenti sabbiose medio-fini della piattaforma intermedia ed esterna. Sono presenti soprattutto le forme bentoniche tra le quali è facilmente riconoscibile la *Miniacina miniacea*, che forma sulle posidonie colonie irregolarmente ramificate simili a quelle dei briozoi e dal tipico colore rosso, e diverse specie di *Miliolidae* anch'esse molto frequenti. Le *Textulariidae*, talvolta molto abbondanti, sono riconoscibili per il tipico guscio agglutinato biseriale. Nei sedimenti delle parti distali aumentano progressivamente i foraminiferi planctonici.

Un altro importante gruppo di organismi biocostruttori è costituito dai briozoi, le cui colonie ricoprono diversi tipi di substrato e di organismi tra i quali le varie parti delle piante di Posidonia. Nei sedimenti si riconoscono facilmente le colonie a struttura reticolata (*Cellopora pumicosa*, *Sertella septentrionalis*, *Schizobranchiella sanguinea*), da quelle a struttura radiale come la *Lichenopora radiata*, e frammenti di specie ramificate (*Myapora truncata*).

Gli Echinodermi, *Regularia* e *Irregularia*, sono presenti in diversi vagli granulometrici come frammenti di gusci e, nelle frazioni più fini, radioli degli irregolari. L'aspetto e le dimensioni dei bioclasti permettono di distinguere tra i *Regularia* prevalentemente il *Paracentrotus lividus* e tra gli *Irregularia* l'*Echinocyamus pusillus* spesso in associazione con alghe rosse e briozoi, lo *Schizaster canaliciferus*, abbondante nei substrati fangosi a diverse profondità, e lo *Spatangus purpureus*.

Altre componenti sono rappresentate in genere nelle granulometrie comprese tra 125 e 500 µm da Ostracodi, in percentuali nettamente subordinate rispetto al volume totale dei carbonati, e da piccoli organismi a guscio chitinoso-proteico.

Data la complessità dell'ecosistema, questo elenco comprende solo i più importanti gruppi di bioclasti riconosciuti nei campioni senza escludere la presenza di altri organismi biocostruttori identificabili in altre parti della piattaforma e/o riconoscibili in uno studio specialistico.

5. FACIES DEPOSIZIONALI

Comparando le facies ecografiche con i risultati delle analisi dimensionali e composizionali dei sedimenti campionati si è giunti alla individuazione di 8 gruppi di

litofacies, rappresentative dell'associazione di facies deposizionali dell'attuale piattaforma del Golfo di Cagliari (Tab. 2; Figg. 7 e 8).

5.1 Facies silicoclastiche prossimali

In questo gruppo vengono comprese le facies di *foreshore* e di *shoreface* superiore, cioè dalla battigia all'inizio delle posidonie, presenti nel Golfo di Quartu e nella sua prosecuzione fino alla piattaforma del Sarrabus.

Dal punto di vista granulometrico i sedimenti hanno generalmente una moda compresa negli intervalli delle ghiaie (*granule*), delle sabbie molto grosse (Fig. 7A) e delle sabbie grosse che nelle spiagge più protette, o per selezione eolica, possono arrivare alle sabbie fini-molto fini. La composizione del sedimento è quasi esclusivamente terrigena (quarzoso-arcosica). La componente bioclastica si limita a frammenti di molluschi perché il moto ondoso domina ostacolando la vita degli organismi, mentre la scarsa componente fine viene allontanata verso settori più distali.

I campioni prelevati lungo la costa orientale hanno una composizione mineralogica che deriva direttamente dal substrato granitoide ampiamente affiorante nell'Horst del Sarrabus. Nella spiaggia del Golfo Quartu i sedimenti, che mostrano maggiori indici di maturità tessiturale e composizionale, provengono invece dalle arenarie e marne arenacee mioceniche che affiorano a est di Cagliari, quindi derivano anch'essi dal basamento metamorfico e granitoide del Sarrabus, ma tramite più cicli deposizionali che possono risalire fino al Paleogene.

Le composizioni presentano un'alta percentuale in quarzo, generalmente superiore al 45%, una percentuale associata di feldspati e una componente litica nelle code ghiaiose. Si associa inoltre una modesta quantità di biotiti e di altri minerali accessori. Alcune eccezioni sono rappresentate dalle sabbie fini, campionate in località Torre delle Stelle (RC7 e RC8), ad abbondanti miche e minerali femici derivati probabilmente da locali affioramenti di rocce basiche, oltre a una componente bioclastica fino a circa il 10% di alcuni campioni.

Il limite batimetrico inferiore attribuito a questo gruppo di facies è individuato, nelle registrazioni ecografiche, dalla presenza continua delle posidonie che segna l'inizio della sedimentazione bioclastica.

5.2 Facies quarzoso-bioclastiche dello shoreface di S. Gilla

Nel *foreshore-shoreface* del settore occidentale del golfo sono presenti sabbie quarzose fini e molto fini, indici di un ambiente di spiaggia a bassa energia. Infatti, questa parte del golfo, oltre a essere protetta dal contorno della costa, si avvale dell'attenuazione delle tempeste dei quadranti meridionali operata dal banco della media piattaforma. Grazie a tale bassa energia, a pochi metri di profondità lo *shoreface* è stabilizzato da una prateria di basse fanerogame (*Cimodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*) e alghe verdi (*Caulerpa prolifera*, *Codium fragile* e *Codium bursa*) che precede internamente la prima fascia a posidonie. La composizione dei sedimenti è prevalentemente terrigena con circa il 50% di quarzo che proviene dagli apporti fluviali del Graben del Campidano, mentre la componente bioclastica si

Tab. 2 - Sintesi degli ambienti e delle facies deposizionali della piattaforma di Cagliari.
Sketch of environments and depositional facies on the shelf of the Gulf of Cagliari.

GRUPPI DI FACIES	AMBIENTE E PROCESSI DOMINANTI	GRANULOMETRIA	COMPOSIZIONE (vedi Tab. 1)
SILICOLASTICHE PROSSIMALI (QUARZOZO - FELDSPATICHE) 0-14m	<i>Foreshore</i> e <i>shoreface</i> superiore del settore orientale del golfo esposto al moto ondoso e alle correnti da esso indotte che selezionano e rimangono i sedimenti.	Sabbie ghiaiose molto grosse-grosse che passano a sabbie fini-molto fini nella parte occidentale (Poetto pre ripascimento). Le granulometrie maggiori si riscontrano in battigia e in prossimità della costa. I sedimenti a terra sono da bene a discretamente classati ($0,35 < \sigma < 0,80$) salvo rare eccezioni, i campioni in mare sono discretamente classati.	<i>Facies silicoclastiche</i> SILICOLASTICO: quarzo, feldspati (dalla alterazione dei graniti), litoclasti del basamento ercinico. BIOCLASTICO: limitato a piccole conchiglie di gasteropodi e a frammenti di gusci di bivalvi.
QUARZOZO-BIOCLASTICHE DI S.GILLA 0-6 m	<i>Foreshore</i> e <i>shoreface</i> superiore del settore occidentale del golfo protetto dalle massime intensità del moto ondoso. Le condizioni di scarso idrodinamismo favoriscono la presenza di infauca e fauna bentonica che producono un importante volume di bioclasti. La bassa intensità del moto ondoso induce limitato trasporto e scarsa selezione.	Sabbie quarzose fini e molto fini si depongono in condizioni di moto ondoso di bassa energia. Moda compresa tra le sabbie fini e molto fini (250-63µm). Le sabbie sono da discretamente a mediocrementemente classate.	<i>Facies miste, silicoclastiche</i> e in subordine carbonatiche SILICOLASTICO: quarzo a spigoli vivi (50% o più), feldspati e litoclasti. BIOCLASTICO circa 15-20%: molluschi e in subordine: foraminiferi, echinidi irregolari (radioli e frammenti di gusci), briozoi, spicole di spugne silicee.
LITICO-BIOCLASTICHE DI PUNTA ZAVORRA 0-6,5 m	<i>Base di falesie wave dominated</i> . Coperture sedimentarie discontinue si depongono su fondali rocciosi alla base delle falesie delle andesiti oligo-mioceniche di P.ta Zavorra soggette a forte moto ondoso. Il substrato è colonizzato irregolarmente da mattee isolate di <i>Posidonia oceanica</i> ; i sedimenti si accumulano all'interno di piccole depressioni erosionali. Organismi agglutinanti e incrostanti generano incrostazioni e aggregati di frammenti litici, radioli e altri bioclasti.	Sabbie grosse o molto grosse con discreta componente ghiaiosa. Da discretamente a mediocrementemente classate ($0,75 < \sigma < 1,05$)	<i>Facies miste, litoclastico-bioclastiche</i> SILICOLASTICO: litoclasti andesitici, quarzo e feldspati a elevato grado di arrotondamento. BIOCLASTICO: piccoli gasteropodi; lamellibranchi; componente subordinata: radioli e frammenti di echinidi, frammenti algali, briozoi, piccoli crostacei.
CALCLITICHE DI CAPO S. ELIA 0-5 m	<i>Base di falesie wave dominated</i> . Sedimenti discontinui del foreshore e shoreface della piccola spiaggia di Cala Mosca alla base delle falesie delle coline calcaree di Capo S. Elia, caratterizzati dalla presenza di abbondanti clasti calcarei. Le condizioni idrodinamiche all'interno della baia sono protette mentre altrove l'energia del moto ondoso è elevata. Rapido decremento della componente calcilittica verso il largo per l'azione schermante della <i>Posidonia</i> .	Sedimenti a moda compresa nelle sabbie medie e fini da bene a discretamente classati ($0,35 < \sigma < 0,70$). Componente silicoclastica dominante negli intervalli delle classi fini e molto fini. Componente calcilittica espressa nelle frazioni delle sabbie medie e fini.	<i>Facies calcilittico-silicoclastico-carbonatiche</i> CALCLITICO: clasti di calcari miocenici SILICOLASTICO: quarzo e feldspati. BIOCLASTICO: molluschi, foraminiferi bentonici, briozoi, radioli di echinidi.
FANGOSE A LAMELLIBRANCHI 8-27 m	<i>Shoreface</i> inferiore antistante la laguna di S. Gilla e depressione della piattaforma interna, caratterizzato da alternanza deposizionale di fanghi di bel tempo e lamine sabbiose di tempesta. I sedimenti della depressione presentano una laminazione piano-parallela costituita da una fitta alternanza di lamine millimetriche di sabbia molto fine e livelli argillosi ad alto contenuto in materia organica. Fenomeni di cospirazione del sedimento e fermentazione anaerobica. Basse energie idrodinamiche per profondità inferiori alla base del moto ondoso di bel tempo e di tempesta.	Curve granulometriche ad andamento irregolare, in alcuni casi marcatamente bimodali o polimodali, corrispondenti a sedimenti poco/mediocrementemente classati. I campioni completamente fangosi risultano cerniti (T8C4, T6C6). Le frazioni a diametro maggiore sono rappresentate da frammenti di gusci di organismi bentonici. Le frazioni fini sono quarzose con subordinata componente bioclastica.	<i>Facies miste silicoclastico-carbonatiche</i> SILICOLASTICO: quarzo a spigoli vivi e feldspati. BIOCLASTICO: bivalvi e gasteropodi. Frazione organica: residui di <i>Posidonia</i> in concentrazioni importanti nelle frazioni fini. Granuli di origine antropica: scarti da nave a vapore e rari aggregati bituminosi.
MISTE BIOCLASTICO-TERRIGENE 15-50 m	<i>Banco di media piattaforma</i> . Fascia a produzione carbonatica con presenza di sedimenti terrigeni relitti e di subordinati apporti terrigeni attuali. Transizione tra la prateria a canali e quella continua controllata dall'idrodinamismo del moto ondoso di tempesta. Controllo della sedimentazione da parte dei fattori biologici: produzione di sedimento calcareo e intrappolamento nei rizomi e radici delle <i>posidonia</i> dei sedimenti calcarei e terrigeni. I campionamenti con benna non sempre sono possibili per l'integrità della prateria.	Curve granulometriche ad aspetto irregolare, talvolta bimodali (T6C7 e T8C6). La componente terrigena rinvenuta nelle frazioni più grosse è relitta. Sedimenti nel complesso mediocrementemente o poco classati ($0,85 < \sigma < 1,50$) con abbondante silt carbonatico (non è da escludersi un leggero incremento di tale frazione dovuto a frantumazione meccanica in fase di setacciatura).	<i>Facies miste silicoclastico-carbonatiche</i> BIOCLASTICO: molluschi (varie specie di lamellibranchi e piccoli gasteropodi), briozoi, foraminiferi bentonici e svariate specie di organismi della biocenosi a <i>Posidonia</i> . SILICOLASTICO: quarzo e feldspati in grossi individui e nelle frazioni fini, arenaria cementata, frammenti litoclastici del basamento metamorfico. Il terrigeno diminuisce nel pendio inferiore.
FASCIA A SAND WAVES PENDIO ESTERNO FASCIA A SAND WAVES 50-75 m	<i>Plattforma intermedia distale ed esterna</i> . Areele situato oltre il limite esterno della prateria, in una fascia che si estende dalla batimetria iniziale di circa 45m. Produttività organica limitata ad aree non stabili e discontinue. Rimaneggiamento operato dal moto ondoso di tempesta; ambiente idrodinamico nel complesso a scarsa capacità selettiva (abbondante materiale a granulometria fine). Evidenze sui granuli, di episodi di alterni seppellimenti e successive mobilizzazioni. Sul paleo cordone si sviluppano dei calcari organogeni prevalentemente ad alghie rosse a costituire localmente dei pinnacoli. La fine della componente algale e la presenza di sedimenti più fini a matrice fangosa delimita verso il largo la transizione alla successiva zona di facies.	Le classi più rappresentate sono quelle delle sabbie grosse e molto grosse (da 2000 a 500 µm) benché il sedimento risulti distribuito in un ampio spettro (fra -1 φ e 2 φ). Presenza di abbondante frazione fine carbonatica. Classatura mediocre ($0,90 < \sigma < 1,25$).	<i>Facies carbonatiche</i> . Associazione formata da una componente indigena costituita in prevalenza da alghie rosse calcaree, e da componenti provenienti dalla parte più elevata del banco a <i>Posidonia</i> . BIOCLASTICO: alghie rosse calcaree ramificate e incrostanti, molluschi, foraminiferi bentonici, frammenti di echinidi, briozoi. Piccole percentuali di terrigeno relitto (campioni T6C8, T8C7 e T9C6) non tale da caratterizzare delle facies miste.
DISTALI A LAMELLIBRANCHI E FORAMINIFERI 75 - 110 m	<i>Plattforma esterna</i> . Fascia batimetria al di sotto della base del moto ondoso di tempesta a decantazione fangosa. Produttività organica rappresentata da lamellibranchi, foraminiferi sia bentonici che planctonici ed echinidi irregolari (minori). Alta concentrazione di quarzo e minerali pesanti nelle frazioni fini. Presenza inoltre di minerali autigeni.	Sabbie fini e molto fini con discreta componente fangosa. Classi granulometriche maggiori rappresentate da piccole conchiglie di bivalvi che danno luogo a un sedimento, nel complesso mediocrementemente classato ($0,75 < \sigma < 1,15$).	<i>Facies miste</i> . BIOCLASTICO: bivalvi, foraminiferi planctonici e bentonici. Subordinati: briozoi, frammenti di gusci e aculei di echinidi irregolari. SILICOLASTICO: quarzo a spigoli vivi, minerali accessori Componente autigena: glauconite (modelli interni di foraminiferi).

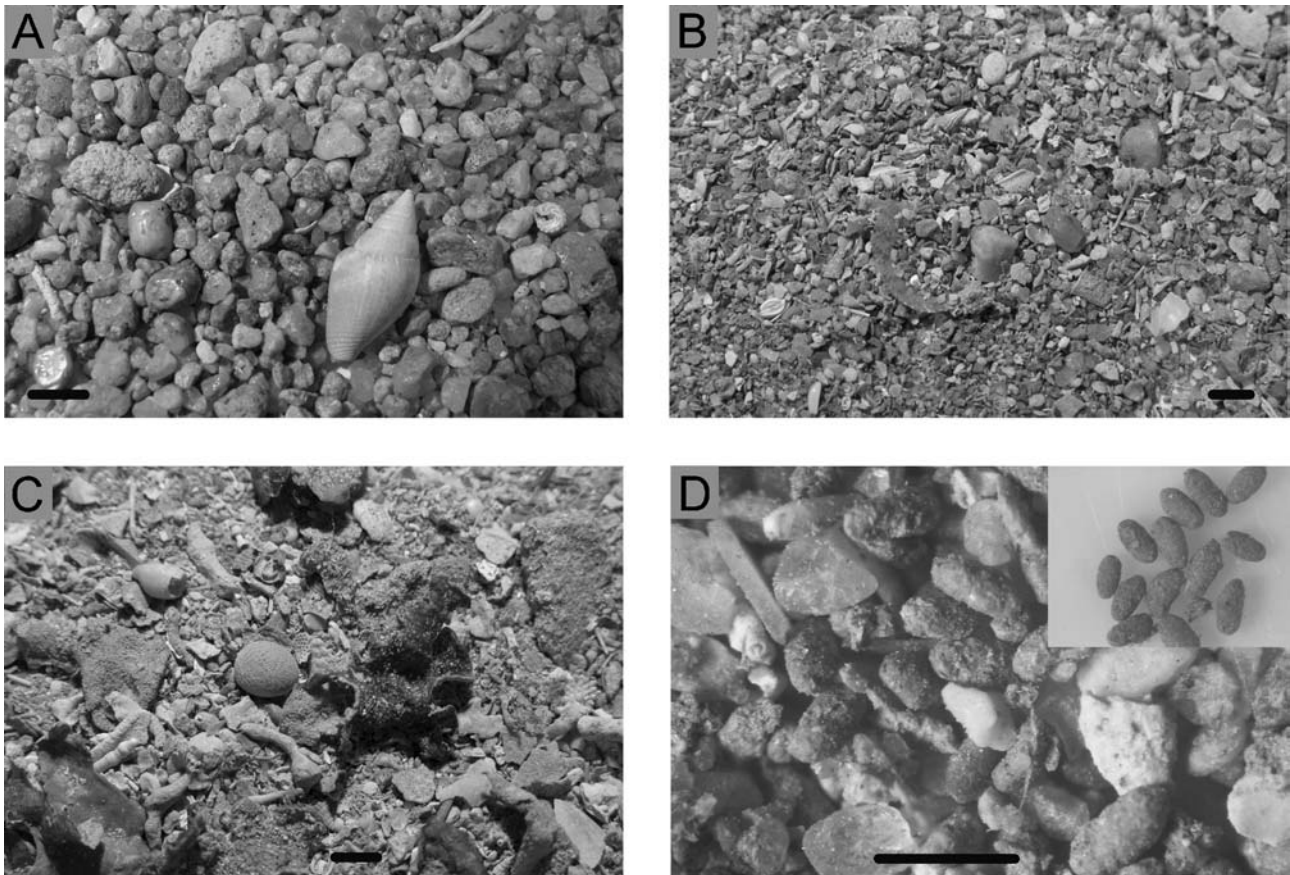


Fig.7 - Principali litofacies: a) Campione T3C2: sabbie ghiaiose silicoclastiche di shoreface; b) campione T4C6 misto bioclastico-terri-
geno del pendio esterno del banco a Posidonia; c) campione T3C5 in facies ad alghe rosse e foraminiferi; d) campione T7C5 misto alla
transizione della depressione ovest col banco principale, frazione 250÷125µm: nel riquadro granuli fecali isolati. La barra di scala è
lunga 5 mm in A, B, C e 1 mm in D. Ubicazione in Fig. 3.

*Main lithofacies: a) Sample T3C2: shoreface siliciclastic gravelly sands; 2) sample T4C6: bioclastic-terrigenous gravelly sand of the
outer slope of the Posidonia bank; 3) sample T3C5: red algae and foraminifers facies; 4) sample T7C5 in western trough, fraction
250÷125µm: in square selected fecal-pellets. Bar scales are 5 mm in length for A, B, C and 1 mm for D. For locations see Fig.3.*

attesta, nei campioni prelevati sulla battigia, intorno al 10÷15% e nei campioni di spiaggia sommersa al 30% circa del totale, fino a circa il 45% nel campione T8C1. I bioclasti sono in prevalenza gusci di molluschi (lamelli-branchi e gasteropodi), talvolta sub-attuali calcitizzati e sepolti da sabbie siltose nerastre. Si ritrovano inoltre radioli e frammenti di gusci di echinidi irregolari, briozoi, foraminiferi e, nelle frazioni di diametro minore, rare spicole di spugne silicee. Sempre in relazione con la bassa energia, nei campioni più distali di tale gruppo di facies è spesso presente una componente organica costituita da frammenti di foglie di Posidonia. Tale componente nel campione T6C3 arriva fino a circa il 30% (stima areale al binoculare) nella frazione 500÷250 µm, nel T7C2 il al 30% nella frazione 250÷125 µm e nel T7C3 al 20% nelle frazioni 1000÷500 µm.

5.3 Facies litico-bioclastiche di Punta Zavorra

Nei pressi di Punta Zavorra si osservano facies poligeniche con componente litoclastica e bioclastica. Il fondo marino è in prevalenza roccioso (andesiti) e i sedimenti si accumulano all'interno di concavità erosionali che si alternano a *mattes* isolate di Posidonia. I sedimenti sono rappresentati da sabbie grosse o molto

grosse con una discreta componente ghiaiosa. Nella battigia predomina la componente litoclastica (85%), mentre in mare predomina la componente bioclastica (50÷60% circa). I clasti litici, in genere arrossati, provengono dall'erosione delle andesiti oligoceniche e dei depositi quaternari esposti in falesia, e indirettamente dal basamento dell'Horst del Sulcis. Nettamente subordinati sono i piccoli granuli di quarzo a spigoli vivi, che diventano relativamente importanti nelle frazioni a granulometria minore.

La componente bioclastica è composta prevalentemente da piccoli gasteropodi, mentre i lamelli-branchi sono meno rappresentati. Inoltre sono presenti radioli e frammenti di gusci di echinidi e, in misura subordinata, frammenti algali, briozoi e chele di piccoli crostacei, oltre a incrostazioni e particelle aggregate per opera di vermi.

5.4 Facies calcititiche di Capo S. Elia

Attorno al Capo S. Elia e soprattutto all'interno dell'insenatura di Cala Mosca è presente un gruppo di facies terrigene a componente calcititica. Sulla battigia le sabbie sono grosse e composte prevalentemente da granuli calcarei poco elaborati, provenienti dall'erosione

delle falesie dove affiora una sequenza del Miocene superiore costituita da calcari a *lithotamnium*, assieme a calcari marnosi e in subordine areniti quarzoso-feldspatiche debolmente cementate (LEONE et al., 1992). Questa componente litica subisce un rapido calo spostandosi verso il largo con l'instaurarsi dei banchi di posidonie, presenti già a poca distanza dalla riva. La componente terrigena è in parte quarzosa (fino al 45% in T5C2) con granuli di dimensioni minori rispetto a quelli calcilitici. La componente bioclastica è decisamente subordinata in battigia (circa 1% del totale) ma acquista maggiore importanza a qualche metro di profondità (circa 10%). Tale componente è costituita da molluschi (compresi vermetidi), briozoi, radioli di echinidi, foraminiferi bentonici e ostracodi. La materia organica, come frammenti di fanerogame ed alghe di bassa profondità, è talvolta presente in quantità importante.

5.5 Facies fangose a lamellibranchi dello *shoreface* inferiore antistante S. Gilla e della depressione della piattaforma interna

La depressione interna, rispetto allo *shoreface* superiore e al banco principale della prateria a posidonie, è un ambiente a bassa energia dove si depongono in prevalenza sabbie fini e fanghi. Le curve granulometriche hanno un andamento irregolare, in alcuni casi sono marcatamente bimodali o polimodali. Questo carattere è dovuto alla presenza di gusci provenienti da infauna e fauna bentonica che colonizzano il fondale fangoso. Inoltre nel campione T6C5 si trovano ciottoli fluviali relitti che documentano una sedimentazione tardo-olocenica-attuale discontinua che, in aree limitate, lascia esposti sedimenti più antichi. Le sabbie fini e molto fini quarzose presentano una componente organica di frammenti di Posidonia, oltre a gusci di lamelli-

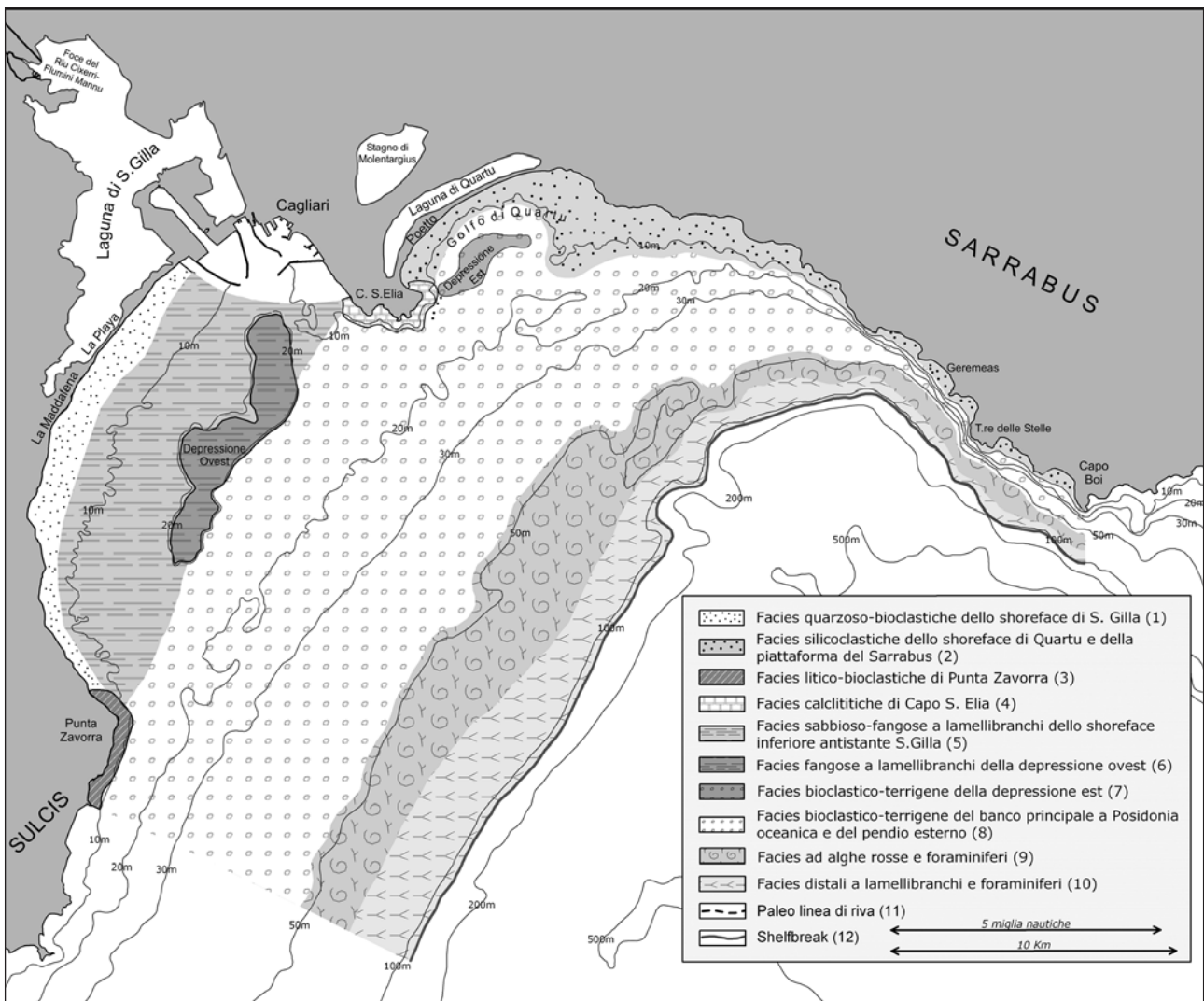


Fig.8 - Zonazione delle facies deposizionali della piattaforma del Golfo di Cagliari.

Depositional facies on the shelf of the Gulf of Cagliari: 1) quartzose-bioclastic facies of S. Gilla's shoreface; 2) terrigenous facies of Quartu's shoreface and Sarrabus' shelf; 3) Punta Zavorra lithic-bioclastic facies; 4) Cape S. Elia calcilithic arenite facies; 5) sandy-muddy bivalve bearing facies of the lower western shoreface; 6) muddy facies with bivalves of the western inner shelf's trough; 7) mixed bioclastic-terrigenous facies of the eastern shelf's trough; 8) middle-shelf mixed bioclastic-terrigenous facies; 9) red algae and foraminifers facies; 10) distal facies with bivalves and foraminifers; 11) paleo shore-line; 12) shelfbreak.

branchi e a una componente bioclastica. L'importanza dei frammenti di posidonie, è stata quantificata per stima areale nei campioni T7C3 (30% nelle frazioni 2000÷250 µm), T7C4 (60% tra 2000÷1000 µm, 50% tra 1000÷500 µm e 30% tra 500÷250 µm), T7C5 (20% tra 500÷250 µm) e T6C5 (5% tra 250÷125 µm).

In T7C4 si riscontrano rari pirosseni e biotiti attribuibili a una piccola componente andesitica proveniente da Punta Zavorra o altri affioramenti di andesiti (Fig. 1). Si ritrovano infine materiali di origine antropica, probabili scarti di combustione di navi a vapore che stazionavano in rada. Questa zona del Golfo di Cagliari anche ai nostri giorni è infatti interessata da ancoraggi di navi commerciali. A tal proposito si segnala in questo gruppo di facies così come nello *shoreface* di S.Gilla la presenza di rari granuli aggregati da bitume.

Le facies più fangose sono rappresentate dai campioni T6C6 e T8C4 nei quali tutto il materiale passa al vaglio dei 63 µm. Questi fanghi danno una discreta effervescenza all'HCl per cui la parte carbonatica è stata valutata mediante calcimetria intorno al 20%. Al microscopio è visibile, dopo un attacco con HCl, molta materia organica, particelle siltose di vario aspetto e una componente argillosa terrigena (argille e materiale organico = 43,0%). Infatti questa zona del golfo è soggetta all'accumulo dei sedimenti più fini degli eventi di piena del Rio Mannu e del Cixerri, le cui torbide si è constatato che raggiungono quasi tutta la parte occidentale della piattaforma.

Il materiale bioclastico è costituito per lo più da grossi lamellibranchi come mitilidi, pettinidi e cardidi e subordinati gasteropodi. La parte restante è costituita da foraminiferi, briozoi, radioli di echinidi, rari noduli algali e numerosi *fecal pellets* (Fig. 7D). Questi ultimi hanno dimensioni variabili tra 500÷125 µm e sono costituiti da fango terrigeno-carbonatico e materia organica.

I sedimenti mostrano, al momento del prelievo (la benna ha campionato fino a circa 20 cm sotto la superficie del fondo), una tipica struttura costituita da una fitta alternanza di lamine millimetriche di sabbia molto fine e argille nere. Inoltre la parte interna di alcuni bioclasti si presenta annerita a causa del seppellimento nel fango. Questi elementi documentano che tale facies laminata è attribuibile all'alternanza di fanghi di bel tempo, ricchi di materia organica, con lamine sabbiose di tempesta, e che in questo ambiente si instaurano precocemente condizioni riducenti subito al di sotto dell'interfaccia acqua-sedimento.

5.6 Facies miste bioclastico-terrigena

Sedimenti misti bioclastico-terrigeni sono presenti in piattaforma intermedia nel banco principale a Posidonia e nel pendio esterno al banco. L'ambiente deposizionale di questo gruppo di facies corrisponde circa all'areale dell'*offshore* superiore (15÷50 m circa). I sedimenti sono mediocrementemente classati (Fig. 7B), talvolta bimodali (T6C7 e T8C6), prevalentemente distribuiti nelle classi delle sabbie grosse e molto grosse (2000-500 µm), con una discreta coda fine. Generalmente il bioclastico prevale sul terrigeno con percentuali del 60÷70%, ma talvolta è subordinato con valori del 30÷40%. La componente bioclastica è dominata dai molluschi, mentre nella parte distale assumono maggiore rilevanza i frammenti di alghe rosse. Inoltre

risulta importante la presenza di briozoi, tra i quali sono stati riconosciuti *Cellepora pumicosa* e *Lichenopora radiata*, e di numerosi foraminiferi bentonici di dimensioni fino a 1000 µm. È da notare la frequente presenza di *Miniacina miniacea*, che vive sulle radici e rizomi esposti delle posidonie. In quantità subordinata si rinvengono radioli o frammenti di gusci di echinidi, alcuni piccoli crostacei e rari coralli aermatipici.

La componente silicoclastica rinvenuta nella parte prossimale del banco è generalmente rappresentata da sabbie medie e fini, mentre nella parte esterna del banco e del pendio si rinvengono sabbie molto grosse debolmente ghiaiose costituite da quarzo, feldspati, litoclasti metamorfici e arenarie cementate, oltre a una subordinata coda fine quarzosa. L'origine di tale componente silicoclastica nella parte prossimale del banco (zone in cui il banco a posidonie si raccorda direttamente allo *shoreface*) può essere ricondotta alla attuale sedimentazione di sabbie di *shoreface* mobilizzate da eventi di tempesta. Diversamente, nelle parti separate dalle depressioni, nel banco a posidonie e nel pendio fino a -50 m circa, la componente silicoclastica deve essere attribuita al rimaneggiamento e risedimentazione di sedimenti relitti presenti in questa parte di piattaforma. Questi sedimenti, sulla base del grado di elaborazione e della presenza di granuli di arenarie cementate senza matrice possono essere attribuiti in parte a paleo spiagge, e in parte, per la presenza di granuli cementati da matrice arrossata, a paleo depositi continentali (probabilmente fluviali o colluviali). L'analisi dei diversi profili ecografici eseguiti mostra che il banco costituisce una struttura continua trasversale a tutto il Golfo, pur presentando areali a diversa tipologia. Purtroppo in questa zona spesso la benna non ha prelevato alcun sedimento a causa della continuità delle posidonie; pertanto per una migliore descrizione della sedimentazione relitta si rimanda successive campionature.

5.7 Facies ad alghe rosse e foraminiferi

Queste facies compaiono nella parte più esterna del pendio del banco a Posidonia, cioè lungo la fascia delle *sand waves*, e sui fondali pianeggianti fino alla transizione verso la piattaforma esterna (*offshore* superiore-*offshore* inferiore). Il sedimento è costituito da una componente indigena ad alghe rosse e foraminiferi, e da sedimenti alloctoni provenienti dal pendio esterno del banco.

La composizione è quasi esclusivamente bioclastica (Fig. 7C) ma verso terra si osserva una transizione graduale con le facies miste. L'andamento delle curve granulometriche mostra una moderata uniformità tra tutti i campioni prelevati; gli intervalli più rappresentati sono quelli delle sabbie grosse e molto grosse (da 2000 a 500 µm), benché il sedimento risulti distribuito in un intervallo tra le ghiaie e i fanghi. L'importante presenza di una coda di sabbia molto fine - fango carbonatico documenta l'ambiente distale a bassa energia.

La componente predominante è costituita da grossi frammenti algali prevalentemente ramificati (*Lithophyllum racemus*) e altre forme indeterminate *loose branching* (*sensu* JOHNSON 1962 e JOHNSON & ADEY, 1965) di pochi millimetri. Seguono per importanza i foraminiferi, frammenti di molluschi, di echinidi e, in subordine, briozoi. La fauna bentonica si sviluppa probabilmente su zone in rilievo e in substrati semi stabili

dove le alghe rosse si rinvencono regolarmente vive e lasciano supporre un ampio areale di distribuzione.

Questo gruppo di litofacies si riscontra a cavallo della paleo-riva dei -55 m al di sopra della quale, talvolta nella parte orientale, le linee ecografiche evidenziano la presenza di pinnacoli algali.

Il limite batimetrico inferiore di queste facies è stato ubicato, indicativamente in base ai profili ecografici, lungo i fondali pianeggianti a sedimentazione fangosa della piattaforma esterna. Tali facies, campionate maggiormente nella zona "a" di Figura 3, saranno descritte con maggior dettaglio in successive fasi di questa ricerca.

5.8 Facies distali a lamellibranchi e foraminiferi

Le campionature tuttora in corso nel settore occidentale del golfo hanno permesso di riconoscere, nella parte più esterna della piattaforma (-75÷-110 m), la transizione ad una fascia a sedimentazione sabbiosa fine e fangosa mista quarzoso-bioclastica.

La produttività organogena è rappresentata da piccole conchiglie di bivalvi, foraminiferi sia bentonici che planctonici e in minor quantità da echinidi irregolari. La componente silicoclastica è rappresentata da sabbie fini quarzose a spigoli vivi. Inoltre è presente una discreta concentrazione di minerali autigeni, accresciuti all'interno di foraminiferi, e altri minori indeterminabili.

6. MODELLO DEPOSIZIONALE TARDO OLOCENICO-ATTUALE DELLA PIATTAFORMA DI CAGLIARI

6.1 Ambienti e processi

La piattaforma del Golfo di Cagliari si delinea come un sistema sedimentario complesso, sede di processi deposizionali controllati da diversi tipi di fattori sedimentologici. Il regime idrodinamico è quello di uno *shelf wave-dominated* "attenuato", essendo il golfo esposto alle sole mareggiate dai quadranti meridionali e ridossato rispetto a quelle dei quadranti occidentali (SERRA, 1971; ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA, *op. cit.*), infatti le posidonie riescono a prevalere nella piattaforma intermedia, diversamente a quanto avviene nella Sardegna occidentale dove le frequenti tempeste da nordovest danno luogo ad una piattaforma tipicamente *wave-dominated* (CARBONI *et al.*, 1989). Gli apporti terrigeni sono scarsi mentre, in piattaforma intermedia, una importante produttività carbonatica si sovrappone a sedimenti di precedenti cicli deposizionali a controllo eustatico. Il risultato è quello di una piattaforma mista terrigeno-carbonatica organizzata in un sistema di ambienti documentati dalla presenza dei diversi gruppi di facies deposizionali (Tab. 2 e Fig. 9).

Ambiente transizionale

Le più complete sezioni della piattaforma mostrano una transizione all'ambiente estuarino costituita da una laguna microtidalica, schizoalina, separata dal dominio marino mediante la discontinua barriera sabbiosa attuale. Questo ambiente, non descritto in questo studio, deve essere considerato integrante del sistema della piattaforma continentale per gli apporti terrigeni estuarini che alimentano lo *shoreface*, per i controlli marini che subisce attualmente da parte delle tempeste, per la produttività bioclastica salmastra (COTTIGLIA

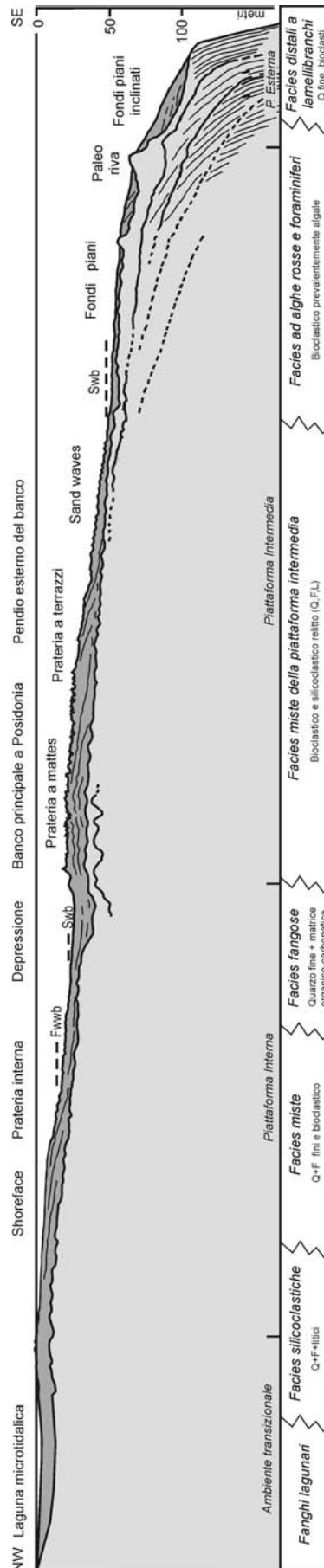


Fig.9 - Ambienti e modello deposizionale della piattaforma di Cagliari. Sezione ricostruita sulla base di un profilo sparkler 500 J e diverse linee ecografiche: il profilo mostra le sequenze deposizionali precedenti l'ultimo minimo glacio-eustatico dei 18-20 Ka (grigio chiaro) e la sequenza di trasgressione e di alto eustatico post-glaciale (grigio scuro). Ubicazione in Fig. 3. Environment and depositional model of the shelf of Cagliari. Interpretative cross-section of a 500 J sparkler profile and of several ecographic lines of the western sector of the Gulf. Light grey: pre 18-20 Ka sediments, dark grey: post 18-20 Ka sediments. For location see Fig. 3.

et al., 1973) e infine perché durante gli stazionamenti alti quaternari è stata sede dei più interni *coastal onlap*. Rispetto all'attuale piattaforma tale ambiente viene pertanto considerato come un paleo *shore-shoreface*-depressione interna della piattaforma quaternaria durante le fasi di massimo eustatico come per esempio è stato durante il Tirreniano (*MIS 5, Marine Isotope Stage 5 sensu* MARTINSON et al., 1987; PECORINI, 1986).

Shoreface superiore

La sedimentazione in *shoreface* è generalmente *fining basinward* con sabbie grosse in prossimità della battigia, dove dominano le strutture a *ripples* da onda di bel tempo, e fini verso le depressioni della piattaforma interna. Il profilo complessivo è quello di un corpo sabbioso ampio da qualche decina fino a diverse centinaia di metri, debolmente convesso. Attualmente questo ambiente mostra condizioni instabili, anche se i bilanci volumetrici totali sono difficilmente valutabili; il *foreshore*, che costituisce l'elemento maggiormente osservabile, mostra in tempi storici arretramenti per cause globali e probabilmente anche per cause antropiche locali. La produttività carbonatica si evidenzia nella parte distale dei fondali sabbiosi e con l'inizio delle posidonie, che nelle linee ecografiche può essere ubicato a profondità di $-4 \div -8$ m nel settore orientale e a circa $-2 \div -6$ m in quello occidentale, dove gli organismi crescono in condizioni idrodinamiche generalmente tranquille. Nel settore orientale del golfo (spiaggia del Poetto pre-ripascimento, Golfo di Quartu), il dinamismo del moto ondoso ostacola lo sviluppo delle praterie interne nella zona prossimale dello *shoreface* ($< -4 \div -8$ m). La sedimentazione bioclastica è ridotta ai clasti più grossi, mentre i più fini e/o i meno pesanti vengono allontanati verso settori più distali, dando luogo a una sedimentazione quasi completamente silicoclastica. Nel settore occidentale del golfo (Spiaggia della Maddalena - La Playa) le fanerogame colonizzano le aree prossimali più protette già a pochi metri di profondità, e le sabbie presentano un'importante componente bioclastica fino a circa il 40%. Infatti, l'energia in questo tratto di costa è piuttosto bassa e il substrato di sabbie fini-molto fini permette la presenza di una ricca fauna epi ed endo-bentonica di limivori e filtratori.

Shoreface inferiore e prateria a posidonie interna

Come è già stato illustrato, i profili ecografici documentano una prima prateria a Posidonia, con una fascia prossimale a *mattes* e canali *intermatte* e una più profonda dove la prateria si presenta continua. I sedimenti sono silicoclastici di *shoreface* nella parte interna e siltosi e bioclastici nella parte più profonda di transizione alla depressione della piattaforma interna. Questa colonizzazione prossimale da parte della prateria è un prezioso indicatore delle condizioni idrodinamiche e consente di ubicare, anche se in modo approssimato, la base del moto ondoso di bel tempo (*fwwb*) all'inizio della fascia a posidonie "continue" (Fig. 5). Poiché lo sviluppo della struttura a matre richiede diversi anni si deduce che questo limite non è soggetto alle fluttuazioni stagionali, ma è piuttosto da ritenersi stabile lungo un arco di tempo almeno decennale; solo durante le maggiori tempeste viene modificato e le posidonie vengono spiaggiate. Sulla base dell'analisi ecografica il *fwwb* è ubicabile lungo il profilo T4 (settore nord-orien-

tale del golfo) alla profondità di $12 \div 13$ m, e a circa $7 \div 8$ m nel profilo T6 (settore occidentale, fig 7).

Depressioni della piattaforma interna

La piattaforma di Cagliari, rispetto al resto della piattaforma sarda, è caratterizzata dalla presenza di due depressioni che si sviluppano parallelamente alla linea di costa, ubicate tra lo *shoreface* e il banco della piattaforma intermedia.

La più importante, quella a ovest di Capo S. Elia e antistante la laguna di S. Gilla, è colonizzata dalla prateria solo tra lo *shoreface* e l'*offshore* superiore, mentre la parte più profonda è spoglia e planare. La sedimentazione varia da un'alternanza di lamine di fango e di sabbie fini (facies fangose a lamellibranchi), a sedimenti completamente fangosi nella parte più profonda (-27 m, profilo T7; campioni T6C6, T8C4). L'idrodinamismo è molto basso grazie alla protezione data dal banco della piattaforma intermedia che accresce delimitando una zona chiusa a scarsa circolazione delle acque dove episodicamente, sul fondo, s'instaurano condizioni anossiche. L'assenza della prateria in questa parte della depressione è probabilmente riconducibile agli effetti sfavorevoli indotti dalla sedimentazione fangosa asfittica sull'apparato radicale e dal materiale fine in sospensione derivato dalle torbide fluviali argillose e dal disfacimento delle foglie delle posidonie delle zone adiacenti. In questo ambiente si individua dunque un limitato "offshore inferiore" chiuso nella piattaforma interna protetta (Fig. 9), come evidenziano i fondi piani e la laminazione parallela nella parte più profonda della depressione, mentre esternamente al banco, nella parte aperta ed esposta della piattaforma, l'inizio dell'*offshore* inferiore (*swb*) si delinea a maggiori profondità, tra le *sand waves* e i fondi piani.

I campioni più fangosi mostrano una componente carbonatica con valori di circa il 20% (da calcimetria) che si associa a una quarzosa di circa il 60% e una componente organica di circa il 10-20%. Oltre a queste componenti si sottolinea la presenza di fango in granuli fecali (Fig. 7D).

Nella depressione della piattaforma a est di Capo S. Elia, invece, un simile contesto deposizionale non si verifica, essendo la depressione più piccola e meno profonda (-22 m, profilo T4). L'esposizione al moto ondoso consente sia un maggior ricambio d'acqua sia l'allontanamento delle frazioni fini, pertanto i sedimenti sono più sabbiosi e le posidonie sono presenti anche nella parte più profonda.

Banco principale a posidonie

Nel Golfo di Cagliari, le attuali condizioni favorevoli fanno sì che le posidonie e i sedimenti associati producano un rilievo riccamente carbonatico che, non avendo una struttura interna *wave resistant*, viene denominato banco *sensu* RIDING (2002). Il banco a Posidonia si eleva di $10 \div 15$ metri rispetto alle depressioni interne, culmina a circa -12 metri e possiede un pendio esterno, anch'esso con una importante componente carbonatica, fino alla transizione con i fondi planari esterni a circa 50 metri. Il suo sviluppo occupa un'ampia fascia quasi parallela alla linea di costa che si raccorda verso NE alla piattaforma del Sarrabus e verso SW a quella del Sulcis meridionale e nella parte centrale al promontorio di Capo S. Elia. I profili ecogra-

fici evidenziano che la zona di *offshore* superiore, coincidente con la parte alta del banco, è completamente colonizzata dalla *Posidonia*, come dimostrano i numerosi tentativi di campionamento non riusciti in diverse parti del banco. La prateria, pur ricoprendo in maniera omogenea dei vasti areali, presenta discontinuità e differenze di accrescimento al suo interno. La struttura a *matte* con pareti alte e canali *intra-matte* è probabilmente prodotta dalla frequente azione delle onde di bel tempo e dall'azione più intensa di quelle di tempesta. Più esternamente la prateria appare più continua e caratterizzata spesso da un profilo ad ampi gradini. Nelle parti distali comincia a diradarsi per poi scomparire alla profondità di circa 30 ÷ 35 m per diminuzione della luminosità.

Al banco si associa un'importante produttività bioclastica che si diversifica in prossimità dell'apparato radicale, nei rizomi e nelle foglie. Gli abbondanti resti scheletrici carbonatici vengono intrappolati dalla prateria e colmano locali depressioni di *inter* o *intramatte*. Il ruolo della prateria nel controllo della sedimentazione attuale si esplica da un lato nella produzione di materiale organico e di sedimento carbonatico-bioclastico, dall'altro nelle funzioni di consolidamento delle superfici deposizionali, che impediscono la dispersione degli apporti terrigeni al largo, e di smorzamento del moto ondoso di tempesta e delle correnti associate. Lo sviluppo verticale delle *mattes* è relazionato al tasso di

sedimentazione e può raggiungere velocità di crescita dell'ordine di 1 m/secolo (PÉRÈS & PICARD, 1964; RIEDL, 1991). I profili sparker (LECCA *et al.*, 1998) ed SBP (Fig. 10) effettuati trasversalmente al banco mostrano una capacità almeno debolmente aggradante.

La facies deposizionale più diffusa è quella mista bioclastico-terrigena. La componente terrigena nella parte prossimale del banco può provenire da risospensioni per tempesta di sabbie fini, mentre distalmente deve essere attribuita al rimaneggiamento di sedimenti relitti.

Pendio esterno del banco, settore distale a fondo piano e paleo-riva

Il pendio esterno del banco principale, ormai spoglio di *posidonie*, presenta ondulazioni del fondo disposte circa parallelamente al banco, chiaramente riconoscibili come *sand waves* prodotte dall'azione delle onde di tempesta sul fondale, in una fascia batimetrica compresa tra -35 e -55 metri circa. Il sedimento è costituito da sabbie bioclastiche molto grosse e mal classate con matrice fangosa, testimoniando un ambiente idrodinamico attuale episodicamente trattivo.

La componente bioclastica è costituita da frammenti algali (prevalentemente alghe ramificate non fissate al fondo), da briozoi, molluschi, echinidi e foraminiferi. La frazione algale è costituita soprattutto da *Lithophyllum racemosum*, oltre a *Lithophyllum expansum*,

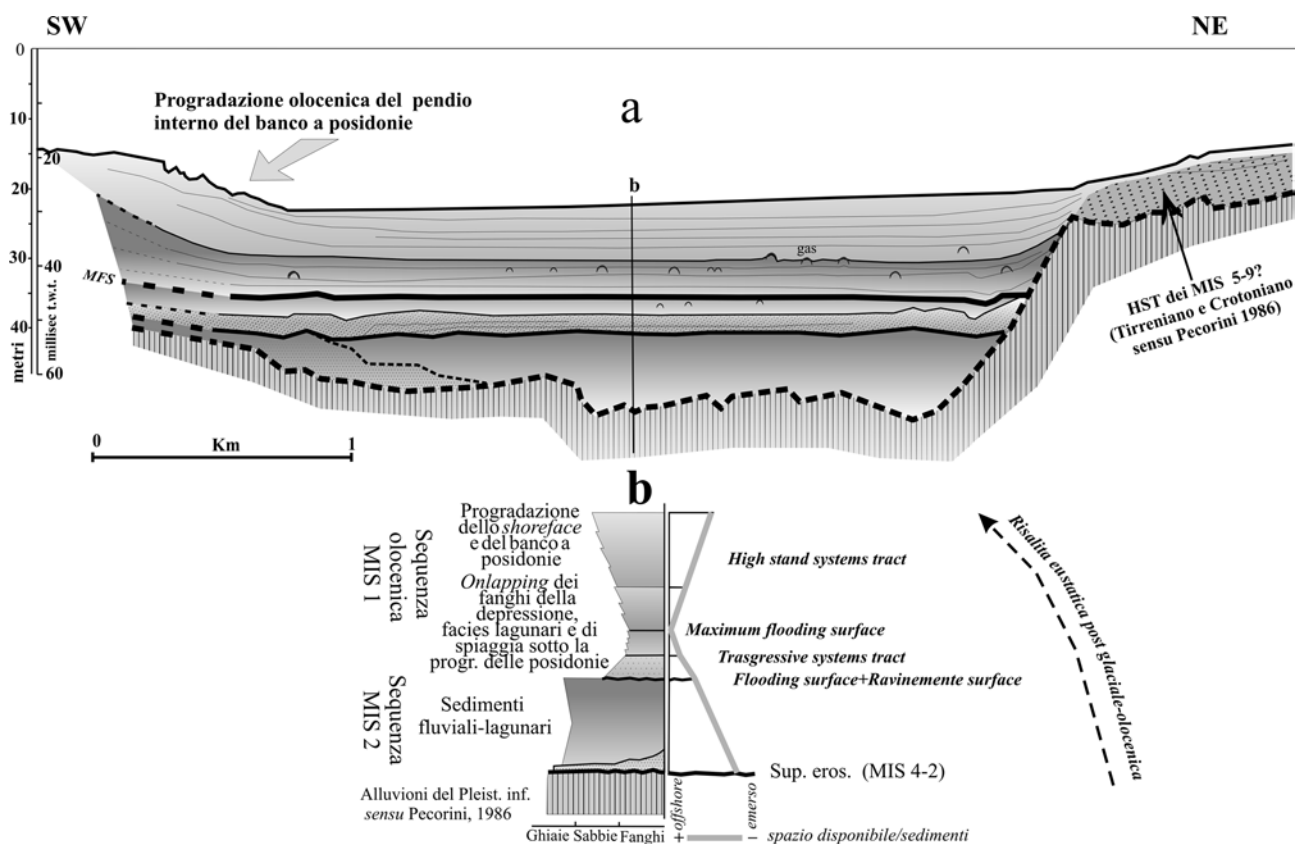


Fig. 10 - Interpretazione sequenziale dei sedimenti che colmano la depressione occidentale della piattaforma interna. a) interpretazione dei profili 3,5 kHz (CONTU *et al.*, 1983; LECCA *et al.*, 1998), b) unità genetiche, fasi eustatiche e sequenziali. Ubicazione in Fig. 3.

Interpretation of 3.5 kHz profiles (CONTU *et al.*, 1983; LECCA *et al.*, 1998) showing: a) the genetic units and b) the sequential and eustatic stages of the western trough infilling sediments. For location see Fig. 3.

Peysonnelia sqamaria e *Vidalia volubilis*, quest'ultima parzialmente calcificata. I frammenti algali appaiono spesso di colore grigio scuro testimoniando episodi di seppellimento.

La componente silicoclastica relitta è stata campionata tra -30 e -50 m con percentuali decrescenti verso il largo. Nella parte terminale del pendio le litofacies tendono a perdere il carattere terrigeno fino a divenire completamente bioclastiche. Tenuta presente l'evoluzione paleogeografica durante la risalita olocenica, questa componente deve essere ritenuta più ampiamente disponibile e ricondotta fino alla linea di costa verso il Sulcis e il Sarrabus, sia verso il Capo Sant'Elia. I tipi di granuli individuati nei sedimenti campionati (clasti litici metamorfici, granuli millimetrici di quarzo e k-feldspato e rari granuli di arenarie debolmente cementate), sono attribuibili a diverse antiche facies verosimilmente presenti attualmente sotto il banco principale delle posidonie (tra i -10 e i -50 m circa). Tra le facies relitte prevalgono quelle attribuibili a depositi alluvionali e colluviali continentali, a depositi di spiaggia e in subordine a complessi dunari, come inizialmente ipotizzato da SEGRE (1968).

Dall'analisi dei profili risulta che le strutture ad onde di sabbia diminuiscono gradualmente di lunghezza e altezza e aumentano di frequenza, fino a scomparire alla profondità di 55 m. In questa fascia batimetrica si osserva la transizione ai fondi planari, interrotti alla profondità di circa 55 ÷ 60 m dal paleo-cordone litorale.

Le alghe rosse prevalgono nettamente a profondità più basse (45÷75 m) rispetto all'areale di distribuzione delle posidonie, e si sovrappongono con queste ultime solo parzialmente a profondità minori. Ciò evidenzia una possibile complementarità con le posidonie. Infatti dove le posidonie hanno il maggiore accrescimento le alghe rosse non riescono ad essere competitive, avendo una struttura scheletrica molto più bassa, mentre al diradarsi della prateria per la diminuita luminosità ne risultano avvantaggiate. In questa fascia l'idrodinamismo delle tempeste rimuove episodicamente i sedimenti algali favorendo le specie variamente ramificate dei fondi incoerenti, mentre sulla cima del paleo cordone si osservano caratteristici pinnacoli prodotti piuttosto da specie di tipo incrostanti.

Nonostante nella zona campionata (T7-T8) la transizione tra la zona ad alghe rosse e quella più profonda a sedimenti sabbiosi fini a lamellibranchi si verifichi esternamente alla paleo-riva, si ritiene che quest'ultima costituisca un limite fisiografico-deposizionale che dovrà essere meglio definito dal prosieguo delle campionature nella piattaforma esterna.

Piattaforma esterna

Della piattaforma esterna si ha una buona definizione su base ecografica mentre della sedimentazione si hanno solo dati preliminari che documentano la presenza di sabbie fini fangose a lamellibranchi, foraminiferi ed echinidi irregolari. Essa è individuabile esternamente alla paleo-riva dei -55 m, fino al bordo deposizionale della piattaforma posto a circa -115÷-125 metri. L'ampiezza della piattaforma esterna, che costituisce l'infrastruttura per i fondali ricoperti dalle litofacies distali, è nettamente subordinata rispetto agli altri ambienti perché il livello eustatico di *low-stand* dei 19-20 Ky e i precedenti *low-stand* intercettavano il prisma

deposizionale in prossimità della transizione alla parte profonda del bacino di Cagliari; i sedimenti venivano pertanto deposti in condizioni poco stabili e in tempi brevi subivano processi di trasporto, granulare e di massa, verso il bacino.

7. DISCUSSIONE

7.1 Ipotesi genetiche delle depressioni e del banco principale a posidonie

La genesi delle depressioni e del banco principale a posidonie è decisiva per la comprensione del funzionamento sedimentario dell'intera piattaforma attuale. Nella interpretazione di SEGRE (1964) l'origine delle depressioni veniva attribuita alla erosione di valli fluviali durante la fase eustatica di *low stand* "wurmiana" (MIS 4-2). Riferendosi all'attuale funzionamento sedimentario della piattaforma, l'accrescimento del banco bioclastico a posidonie della piattaforma intermedia avrebbe sbarrato verso lo *shoreface* una depressione che costituirebbe una "laguna" fangosa silicoclastica e moderatamente carbonatica di mare temperato. Questo implicherebbe, trascurando i fattori delle antecedenze di *low stand*, che l'alimentazione terrigena alla transizione *shoreface*-piattaforma intermedia non sia stata volumetricamente paragonabile all'accrescimento silicoclastico-carbonatico del banco verso l'alto, cioè abbia prevalso l'aumento di spazio disponibile (*eustatic accommodation sensu* POSAMENTIER et al., 1988) rispetto all'*input* terrigeno in *shore face*.

Una miglior ricostruzione deriva dall'interpretazione sequenziale delle registrazioni *sub-bottom profiler* (Fig. 10) che evidenzia una genesi controllata contemporaneamente dai due fattori. Si deduce che l'erosione di *low stand*, verificatosi lungo valli fluviali a est e a ovest di Capo S. Elia, abbia isolato delle colline; in fase di innalzamento eustatico le valli fluviali divenivano sede di lagune estuarine, mentre sulle colline si sono deposte sequenze sabbiose terrigene di *shore-shoreface* seguite, con l'annegamento, dall'instaurarsi del banco bioclastico a posidonie. Col proseguire dell'innalzamento eustatico olocenico (*maximum flooding*), la depressione si sarebbe accentuata sia per la capacità del banco a posidonie di crescere verso l'alto, sia per il verificarsi di un *deficit* volumetrico di sedimenti nelle paleo-valli fluviali, derivato dalla retrogradazione dell'*input* terrigeno e dall'aumento dello spazio disponibile per l'innalzamento eustatico. Pertanto i più recenti fattori di controllo di questa parte di piattaforma sarebbero individuabili nella presenza di paleo-morfologie del MIS 2, nell'*input* terrigeno e nella produttività bioclastica. Tali fattori hanno avuto entità paragonabili con una debole prevalenza della produttività carbonatica in fase di *high stand* (Fig. 10).

7.2 Definizione ed evoluzione della piattaforma nel Quaternario

Il carattere essenzialmente bioclastico di gran parte della sedimentazione nell'intera piattaforma è chiaramente riferibile all'odierno contesto eustatico di *high stand* e alle condizioni di controllo della temperatura, salinità e limpidezza delle acque che permette condizioni di vita ottimali alle biocenosi a posidonie, ad alghe rosse, a molluschi e diverse altre. Una tale pro-

duttività è comparabile ad altre aree del mediterraneo centrale e occidentale dove sono state descritte sedimentazioni carbonatiche come a ovest della Sicilia e a est della Tunisia (BUROLLET, 1981; COLANTONI *et al.*, 1993) e nelle isole Baleari (MATEU, 1989; FORNOS *et al.*, 1991; FORNOS & AHR, 1997), ma nel Golfo di Cagliari si evidenzia una piattaforma articolata in ben diversificati ambienti. L'attuale morfologia del fondo marino caratterizza questa piattaforma e ne controlla i processi biologici, di trasporto e di deposizione. La presenza di aree depresse, attribuibili a paleo ambienti fluviali e costieri transizionali, contribuisce a confinare il terrigeno in piattaforma interna, mentre una fascia in rilievo distante dagli apporti terrigeni, in media piattaforma, costituisce un'areale ottimale per l'ecosistema a Posidonia e, a maggiori profondità, per quelli algali, a lamellibranchi, echinidi e foraminiferi.

Il terrigeno prevale nello *shoreface* mentre nel resto della piattaforma viene prodotto sedimento carbonatico che, in piattaforma intermedia, si unisce ai sedimenti relitti terrigeni dando luogo a facies miste.

Nonostante il chiaro riconoscimento dell'attuale fase carbonatica, questa piattaforma non può essere definita carbonatica in senso stretto, perché durante tutto il tempo in cui tale piattaforma si è trovata in condizioni di livello eustatico più basso dell'attuale, fino ai massimi *low stand*, si sono avvantaggiati sempre più gli ambienti subaerei e di *shoreface* a sedimentazione continentale e sabbiosa terrigena. Quindi i sedimenti relitti rappresentano un *input* terrigeno che si è realizzato maggiormente durante le fasi eustatiche di *falling*, *low stand* e *rising*, mentre la produttività bioclastica durante quella di *high stand*. In tal senso si può attribuire a questa piattaforma la seguente evoluzione con alterno comportamento. Durante il "Tirreniano" (*MIS 5*) la piattaforma di Cagliari ha funzionato come piattaforma carbonatica, probabilmente maggiormente produttiva dell'attuale, come si deduce dalla presenza di faune calde (CARBONI & LECCA, 1985; CARBONI & LECCA, 1992). Durante la regressione "würmiana" (*MIS 4-2*) le facies terrigene hanno raggiunto almeno la linea della paleoriva dei -55-60 m e nella fase di massimo *low stand* le valli fluviali hanno inciso anche la piattaforma esterna (LECCA *et al.*, 1988). In seguito, nel post-glaciale, la risalita del mare ha rimaneggiato il terrigeno continentale in depositi sabbiosi di trasgressione (*ravinement surface* e *trasgressive systems tract*) fino a raggiungere l'attuale stadio di *high stand systems tract* terrigeno-carbonatico.

Possibili comparazioni con piattaforme mioceniche

La distribuzione delle facies e l'evoluzione di questa piattaforma costituisce un modello, oltre che per le piattaforme quaternarie della Sardegna e del Mediterraneo, anche per le sequenze del Miocene della Sardegna, dove piattaforme miste *heterozoan*, prevalentemente ad alghe rosse, si sono impostate in un contesto trasgressivo a controllo tettonico, nel Miocene inferiore (CHERCHI *et al.*, 2000), e in un contesto regressivo nel Miocene superiore (SPANO & BARCA, 2002). L'elemento di maggior interesse appare il controllo sulla produttività carbonatica di mare temperato operato dalla risalita eustatica, associata a bassi valori della subsidenza, come avviene attualmente nel Golfo di Cagliari, oltre ad altri fattori ambientali non considerati in questo lavoro e noti in letteratura (POMAR *et al.*, 2004).

Dal punto di vista della organizzazione spaziale della sedimentazione durante le fasi di *high stand*, deve essere sottolineata la contemporaneità delle facies terrigene "trasgressive" dello *shoreface*, con quelle carbonatiche della media piattaforma e l'inclinazione dello *shoreface* verso il bacino; tale architettura deposizionale implica la non coincidenza dei limiti litostratigrafici con le isocrone, come già illustrato nei modelli di stratigrafia sequenziale (e. g. SARG, 1988).

8. CONCLUSIONI

Una nuova campionatura e nuovi dati ecografici hanno consentito di meglio documentare e interpretare la presenza di una sedimentazione carbonatica di mare temperato nella piattaforma del Golfo di Cagliari. Sono stati individuati 8 gruppi di litofacies che testimoniano la presenza di altrettanti distinti ambienti deposizionali, di cui è stata presentata una prima zonazione cartografica. Dove la sedimentazione non risente di una sensibile produzione bioclastica i dati hanno confermato i modelli di sedimentazione delle spiagge sottomarine terrigene. Nelle aree a sedimentazione mista, la zonazione è risultata più complessa e controllata da fattori sia idrodinamico-batimetrici che biologici.

Tale piattaforma è sede di un sistema sedimentario complesso che si evidenzia con processi deposizionali controllati dalla paleo-morfologia, in particolare legata all'ultimo stazionamento basso del *MIS 2*, dal trasporto terrigeno, dall'energia del moto ondoso e dalla produttività carbonatica organogena. L'attuale contesto risulta quello di uno *shelf wave-dominated* "attenuato", a clima caldo mediterraneo, con scarsi apporti terrigeni e importante produttività carbonatica in piattaforma intermedia e sedimenti relitti a diversi livelli batimetrici.

I risultati portano a non considerare questa piattaforma come una rampa silicoclastica distalmente gradata, come ci si potrebbe aspettare dalla posizione "pericontinentale" e dalla presenza di apporti terrigeni a spese di rocce cristalline. L'associazione di due ambienti speciali come la depressione interna e il banco della piattaforma intermedia, infatti, caratterizzano la piattaforma di Cagliari e le fanno assumere aspetti fisiografici e sedimentologici di tipo piattaforma carbonatica di mare temperato, nonostante il terrigeno sia comunemente presente. La produttività carbonatica ha prevalso nell'attuale *high stand* e negli altri precedenti del Pleistocene medio-superiore, mentre i sedimenti relitti testimoniano una sedimentazione terrigeno-silicoclastica che ha prevalso durante le fasi glacio-eustatiche di *falling*, *low stand* e *rising* in ambienti di *shoreface*, transizionali e fluvio-alluvionali.

RINGRAZIAMENTI

Il rilievo dei profili ecografici e il lavoro di campionatura sono stati eseguiti grazie alla disponibilità e alle competenze del Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna (Resp. S.V.M. Dott. Stefano Orrù, Dir. S.T.I.R. Dott. Paolo Floris), che ha messo a disposizione i mezzi e il personale a cui vanno i nostri più sentiti ringraziamenti, in particolare alla Base

Logistica Operativa Navale di Cagliari (Isp. C. Salvatore Barabino, Isp. C. Angelo Piga, Ass. Antonio Pira, Ass. Gianni Dedola, Ass. Bruno Cara, Ass. Marco Mentisci, Ass. Carlo Degioannis e Ass. Paolo Locci).

Si ringraziano i revisori per la lettura critica e i consigli per la correzione del manoscritto.

Lavoro realizzato nell'ambito dei Progetti: Università degli Studi di Cagliari (M.I.U.R., 60%): "Evoluzione dei bacini neogenico-quadernari del blocco sardo-corso: analisi tettono-sedimentarie stratigrafiche, sedimentologiche, paleoclimatiche e confronti con altre aree" (responsabile L. Lecca). Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche, (G.N.D.C.I.-C.N.R.): "Prevenzione e previsione degli eventi franosi a grande rischio – Interlinea difesa dei litorali – Unità operativa Sardegna" (responsabile S. De Muro).

BIBLIOGRAFIA

- ADEY W.H. & MACINTYRE I.G. (1973) - *Crustose coralline algae: a re-evaluation in the geological sciences*. Geol. Soc. Am. Bull., **84**, 883-904.
- ALLEN J.R.L. (1982) - *Transverse bedforms in multidirectional flows: wave-related ripple marks, sand wavy, and equant dunes*. In Developments in sedimentology, Allen J.R.L. ed., **30A**, 419-470, Elsevier.
- BACELLE L. & BOSELLINI A. (1965) - *Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie*. Annali Univ. Di ferrara, sez. IX, vol. **16**, 19-40.
- BOUDORESQUE C.F., MEINESZ A. & VERLAQUE M. (1992) - *Guides des algues des mers d'Europe Méditerranée*. Delachaux et Niestlé, 139-219.
- BUROLLET P.F. (1981) - *The Pelagian Sea east of Tunisia: bioclastic deposit under temperate climate*. Marine Geology, **44**, 157-170.
- CARANNANTE G., ESTEBAN M., MILLIMAN J.D. & SIMONE L. (1988) - *Carbonate lithofacies as paleolatitude indicators: problems and limitations*. Sedimentary Geology, **60**, 333-346.
- CARBONI S. & LECCA L. (1985) - *Osservazioni sul Pleistocene medio-superiore della Penisola del Sinis (Sardegna occidentale)*. Boll.Soc.Geol.It., **104**, 459-477.
- CARBONI S. & LECCA L. (1992) - *Quaternary carbonate sedimentation in the western Sardinian Shelf*. XXXIII Congr.-Ass. Plénière de la CIESM, Trieste 1992, 123.
- CARBONI S. & LECCA L. & FERRARA C. (1989) - *La discordanza versiliana sulla piattaforma continentale occidentale della Sardegna*. Boll.Soc.Geol.It., **108**, 503-519.
- CARTA M., DEL FA' C., ULZEGA A. & URAS I. (1986) - *La piattaforma continentale sarda, studi geogiacimentologici, geofisici, sedimentologici e di valorizzazione dei minerali contenuti*. In P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Sottoprogetto Risorse Minerarie, Rapporto tecnico finale, CNR, Roma 1986, 1-35.
- CASULA G., CHERCHI A., MONTADERT L., MURRU M. & SARRIA E., (2001) - *The Cenozoic graben system of Sardinia (Italy): geodynamic evolution from new seismic and field data*. Marine and Petroleum Geology **18**, 863-888.
- CHERCHI A. & MONTADERT L. (1982) - *Il sistema di rifting oligo-miocenico del Mediterraneo occidentale e sue conseguenze paleogeografiche sul Terziario sardo*. Mem.Soc.Geol.It., **24**, 387-400.
- CHERCHI A., MURRU M. & SIMONE L. (2000) - *Miocene carbonate factories in the Syn-rift Sardinia Graben subbasins (Italy)*. Facies, **43**, 223-240.
- COLANTONI P., LIGI M., MORSIANI M. P., PENITENTI D., (1993) - *Morphology and recent sedimentary evolution of the western Sicilian Continental Shelf*. Geological development of the Sicilian-Tunisian Platform. Unesco Reports in Marine Science, **58**, 93-98.
- CONTU A., LECCA L., LEONE F., MULAS P., SARRITZU G., SCHINTU M. & ULZEGA A. (1983) - *Indagine chimica e geomorfologica nel Golfo di Cagliari*. Atti 5° Congr. AIOL Stresa 1982, 349-364.
- COSSELLU M. (2003) - *Prima zonazione tessiturale e composizionale dei sedimenti attuali della piattaforma continentale del Golfo di Cagliari (parte orientale)*. Università degli Studi di Cagliari, Tesi di Laurea inedita, 1-285.
- COTTIGLIA M., MAXIA C. & TAGLIASACCHI M.L. (1973) - *L'inquinamento dello stagno di Cagliari*. La programmazione in Sardegna. **48**, 31-47.
- D'ANGELO G. & GARGIULLO S. (1978) - *Guida alle conchiglie mediterranee*. Fabbri ed., Milano, 224 pp.
- DE MURO S. & KALB C. (2003) - *Carta geo-litologica dei fondali marini compresi tra Capo Boi e Torre de Su Fenugu. Sardegna sud-orientale*. Congresso Naz. Geosed Alghero, Sardegna, 2003.
- DE MURO S. & ORRÙ P. (1998) - *Il contributo delle beach-rock nello studio della risalita del mare olocenico. Le beach-rock post-glaciali della Sardegna nord-orientale*. Il Quaternario, **11** (1), 19-39.
- FINETTI I.R., DEL BEN A., FAIS S., FORLIN E., KLINGELE E., LECCA L., PIPAN M., PRIZZON A. (2005) - *Crustal tectono-stratigraphic setting and geodynamics of the Corso-Sardinian Block from new CROP seismic data*. In I. R. FINETTI editor, Crop Deep seismic exploration of Mediterranean region. Elsevier, in press.
- FORNOS J.J., FORTEZA V., JAUME C., MARTINEZ-TABERNER A. (1991) - *Present-day Halimeda carbonate sediments in temperate Mediterranean embayments: Fornells, Balearic Islands*. Sedimentary Geology, **75**, 283-293.
- FORNOS J.J. & AHR W.M. (1997) - *Temperate carbonates on a modern, low-energy, isolated ramp: the balearic platform, Spain*. Journal of Sedimentary Research, **67**, 364-373.
- INMAN D.L. (1952) - *Measures for describing the size distribution of sediments*. Jour. Sed. Petr., **22**, 35, 354-365.
- JOHNSON J.H. (1962) - *The algal genus Lithothamnium and its fossil representatives*. Golden, Colorado, Colorado School of Mines, vol. **57**, 1, 1-111.
- JOHNSON J.H. & ADEY W. H. (1965) - *Studies of Lithophyllum and related algal genera*. Golden, Colorado, Colorado School of Mines, vol. **60**, 1, 1-105.
- LECCA L., CARBONI S., FERRARA C., MARCHI M., DE MURO S., PISANO S., TILOCCA G., IBBA A., PANIZZA V., PIN-

- TUS C., GALLUS M., MUSCAS A., PANI D. (1988) - *Report on cruise MCS/87 (Western and Southern Margin of Sardinia)*. Rend. Soc. Geol. It., **11**, 73-74.
- LECCA L., PANIZZA V., PISANO S. (1998) - *The sedimentary framework of Cagliari basin: a Plio-quaternary underfed rift basin in the Southern Sardinian Margin*. Il Quaternario, **11** (2), 301-318.
- LEES A. (1975) - *Possible influence of salinity and temperature on modern shelf carbonate sedimentation*. Marine Geology, **19**, 159-198.
- LEES A. & BULLER A.T. (1972) - *Modern temperate-water and warm-water shelf carbonate sediments contrasted*. Marine Geology, **13**, 67-73.
- LEONE F., PONTILLO C. & SPANO C. (1992) - *Benthic paleocommunities of the middle-upper Miocene lithostratigraphic units from the Cagliari hills (Southern Sardinia, Italy)*. Cont. to the Geology of Italy. Vol. dedicated to Tommaso Coccozza. L.Carmignani & F.P.Sassi Eds, IGCP n.276, Newsletter vol. **5**, Siena 1992, 151-158.
- MATEU G. (1989) - *La Bahía de Palma de Mallorca (Balears-Espana) y los recientes estudios geosísmicos, bionómico-sedimentarios y micropaleontológicos en un litoral de difícil regeneración antropica*. Rev. Ciènc. (IEB), **4**, 65-81.
- MARTINSON D.G., PISIAS N.G., HAYS J.D., IMBRIE J, MOORE T.C. & SHACKLETON N.J. (1987) - *Age dating and the orbital theory of the Ice Ages: development of a high-resolution 0 to 300.000 year chronostratigraphy*. Quat. Res., **27**, 1-29.
- MC CAVE I.N. & LANGHORNE D.N. (1982) - *Sand waves and sediment transport around the end of a tidal sand bank*. Sedimentology, **29**, 95-110.
- METALLO A. (1971) - *Correnti marine e temperature delle acque superficiali*. In Pracchi R. & Terrosu-Asole A., Atlante della Sardegna. La Zattera editrice Cagliari, 17-19, tavv. 9-10
- MOSETTI F. (1977) - *Le acque, il nostro universo*. Utet, Torino, 579 pp.
- PAU M. (2003) - *Prima zonazione tessiturale e compositiva dei sedimenti attuali della piattaforma continentale del golfo di Cagliari (parte occidentale)*. Università degli Studi di Cagliari, Tesi di Laurea inedita, 1-234.
- PECORINI G. (1966) - *Sull'età "oligocenica" del vulcanismo al bordo orientale della fossa tettonica del Campidano (Sardegna)*. Acc. Naz. Lincei, **33**, 1058-1065.
- PECORINI G. (1986) - *Considerazioni geomorfologiche intorno a S. Igia (Stagno di S. Gilla, Cagliari)*. In "S. Igia, Capitale Giudiciale", Ist. Storia Medioevale, Univ. Cagliari, ETS ed. Pisa, 15-20.
- PECORINI G. & POMESANO CHERCHI A. (1969) - *Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna)*. Mem. Soc. Geol. It., **8**, 421-451.
- PERES J.M. & PICARD J. (1964) - *Nouveau manuel de biologie benthique de la Mer Méditerranée*. Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume, Bull., **31**, 59-63.
- PICCAZZO M., TEDESCHI D. & VANNUCCI G. (1981) - *Analisi di sedimenti marini superficiali della Sardegna meridionale*. Quaderni dell'Istituto di Geologia della Università di Genova, **2**, 39-60.
- PINNA M. (1971) - *Piovosità e tipi di clima in Sardegna*. In Pracchi R. & Terrosu-Asole A., Atlante della Sardegna. La Zattera editrice Cagliari, 49-57, tav.26.
- POMAR L. (2001) - *Types of carbonate platforms, a genetic approach*. Basin Research, **13**: 313-334.
- POMAR L., BRANDANO M., WESTPHAL H. (2004) - *Environmental factors influencing skeletal grain sediments associations: a critical review of Miocene examples from the western Mediterranean*. Sedimentology, **51**, 627-651.
- POSAMENTIER H.W., JERVEY M.T. & VAIL P.R. (1988) - *Eustatic controls on clastic deposition I: conceptual framework*. In Sea level changes-An integrated approach, SEPM Special publ. **42**, 109-124.
- RAIMONDI S., BALDACINI P. & MADRAU S. (1995) - *Il clima ed il pedoclima dei suoli della Sardegna durante gli anni 1951-80*. In Soc.It.Sc.suolo, Conv. Ruolo della Pedologia, Cagliari 1995, 299-308.
- RIDING R. (2002) - *Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories*. Earth-Science Review, **58**, 163-231.
- RIEDL R. (1991) - *Fauna und Flora des Mitterlmeeres*. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin, 777 pp.
- SARG J. F. (1988) - *Carbonate sequence stratigraphy*. In Sea level changes, an integrated approach, SEPM Special publ. **42**, 154-181.
- SEGRE A.G. (1968) - *Linee di riva sommerse e morfologia della piattaforma continentale italiana relative alla trasgressione marina versiliana*. Quaternaria, **11**, 1-14.
- SERRA A. (1971) - *Venti al suolo, tav. 17*. In Pracchi R. & Terrosu-Asole A., Atlante della Sardegna. La Zattera editrice Cagliari, pp 39-41.
- SPANO C. & BARCA S. (2002) - *Ecobiostratigraphic, lithostratigraphic, depositional and sythemic setting of cenozoic units in southern Sardinia (Italy)*. Boll.Soc.Geol.It. **121**, 19-34.
- SWANSON R.G. (1985) - *Sample Examination Manual*. AAPG, 35 pp..
- ULZEGA A., LEONE F., ORRÙ P. (1986) - *Geomorphology of Submerged Late Quaternary Shorelines on the South Sardinian Continental Shelf*. Journal of Coastal Research, **SI (1)**, 73-82.
- UNESCO (1977) - *Marine ecosystem modelling in the Mediterranean - Report of the Second Unesco Workshop on Marine Ecosystem Modelling*. UNESCO Reports in Marine Sciences, 1-111.

Ms. ricevuto l'1 giugno 2005
 Testo definitivo ricevuto il 19 ottobre 2005

Ms. received: June 1, 2005
 Final text received: October 19, 2005.

