R. Mazzei (*), G. Oggiano (*)

MESSA IN EVIDENZA DI DUE CICLI SEDIMENTARI NEL MIOCENE DELL'AREA DI FLORINAS (SARDEGNA SETTENTRIONALE) (**)

Riassunto — È stato effettuato il rilevamento geologico e lo studio biostratigrafico dei sedimenti miocenici dell'area di Florinas (a SE di Sassari). Sono state così individuate cinque unità litostratigrafiche informali (sabbie inferiori, calcari inferiori, unità marnoso-arenacea, sabbie superiori, calcari superiori) e definiti i relativi rapporti. In particolare è stato appurato che le sabbie inferiori, di origine continentale e di età burdigaliana, sono seguite dai calcari inferiori, rappresentativi della prima trasgressione marina che si realizza nell'area. Questo evento, collocabile nel Burdigaliano sommitale, è a sua volta seguito da un rapido approfondimento del bacino, che conduce alla sedimentazione dell'unità marnoso-arenacea, la quale non sembra essere rappresentata a Florinas da termini più recenti di un Langhiano inferiore. Le sabbie superiori, legate ad ambienti fluvio-marini, sono invece risultate appartenere all'intervallo Langhiano superiore - Serravalliano basale; esse hanno inoltre, con le marne sottostanti, un contatto di tipo erosivo, da mettere in relazione (insieme con la loro stessa deposizione) con un sollevamento del basamento a nord-est dell'area (Gallura, Anglona). In discordanza sulle sabbie superiori e sull'unità marnosoarenacea si ritrovano infine i calcari superiori, espressione di una nuova trasgressione marina più estesa, al momento riferita in via ipotetica al Messiniano inferiore.

La documentazione di due cicli sedimentari nell'ambito del Miocene, il primo collegabile con la subsidenza di una fossa tettonica ad andamento NNO all'interno del rift sardo, il secondo con la distensione tortoniano-messiniana (non si escludono al suo interno influenze di carattere eustatico), cambia sensibilmente il quadro fino ad ora noto in letteratura di un unico ciclo sedimentario Langhiano-Tortoniano (?).

Abstract — The Miocene of Florinas (North-Western Sardinia). Results of the geological survey of Miocene deposits outcropping in Florinas area (North-Western Sardinia) and associated biostratigraphic studies are reported. Five informal lithostratigraphic units («lower sands», «lower limestones», «marly-arenaceous unit», «upper sands», «upper limestones») have been distinguished and the relationships among them defined.

The «lower sands», of fluviatile-deltaic origin, are followed upward by the «lower limestones», which mark the first marine transgression on the whole area; this event is referred to the uppermost Burdigalian.

^(*) Istituto di Scienze geologico-mineralogiche, Università di Sassari

^(**) La ricerca è stata effettuata con il contributo MPI 40% - Titolare G. Oggiano e con quello MPI 60% - Titolare R. Mazzei.

A sudden deepening of the basin is marked by the «marly-arenaceous unit». This unit, which shows features indicative of an environment deeper than that of «lower limestones», in Florinas area does not seem to be younger than Lower Langhian.

The «upper sands», again of deltaic-fluviatile origin, have been ascribed to the Upper Langhian-Lower Serravallian interval. They rest on the «marly-arenaceous unit» through an erosional contact. This feature is referred to a general uplift, particularly evident in North-Eastern Sardinia, where emergence and erosion of the basement produced deposition of clastic sandy bodies corresponding to the «upper sands».

Finally the «upper limestones» lie unconformably both on the «upper sands» and the «marly-arenaceous unit»; this lithostratigraphic unit marks a new marine transgression, which probably occurred during the Lower Messinian.

The identification of two sedimentary cycles in the Miocene brings about significative changes in the tectono-sedimentary history of Florinas area so far accepted. In our opinion the first cycle is connected with the progressive deeping of a NNW-trending graben, while the second one is most likely to be related to a possible Tortonian-Lower Messinian distension (even if eustatic effects are not to be ruled out). The geological literature on Miocene of Northern Sardinia recognizes only one sedimentary cycle spanning over the Langhian-Tortonian (?) time.

Key words — Biostratigraphy, chronostratigraphy, sedimentary cycles, Miocene, Northern Sardinia.

Introduzione

Nell'ambito del programma di ricerca che si conduce nell'Università di Sassari sull'evoluzione paleogeografica e strutturale di bacini sedimentari terziari della Sardegna settentrionale, è stato effettuato uno studio geologico-paleontologico-stratigrafico di un'area della regione del Meilogu circostante l'abitato di Florinas (Fig. 1).

Secondo gli Autori del Foglio 193-Bonorva della Carta Geologica d'Italia, le unità mioceniche affioranti in quest'area sono rappresentate da tufiti lacustri (m₁l), arenarie e conglomerati a cemento calcareo (M₂t), calcari più o meno arenacei (M₂c), arenarie calcarifere (M₂s), che abbracciano, nel loro insieme, l'intervallo Langhiano-Tortoniano. Più recentemente Pomesano Cherchi (1971) e Assorgia et Al. (1988) hanno studiato delle sequenze mioceniche del tutto confrontabili con quella di Florinas, inquadrandole dal punto di vista bio-cronostratigrafico sulla base dei Foraminiferi planctonici. Per la precisione il primo Autore ha considerato alcune sezioni della regione del Logudoro ubicate poco a SE della nostra area e le ha riferite all'intervallo Langhiano-Serravalliano (solo per la porzione calcarea sommitale del M. Santo ha indicato una possibile età tortoniana); gli altri si sono interessati invece dei sedimenti del settore del

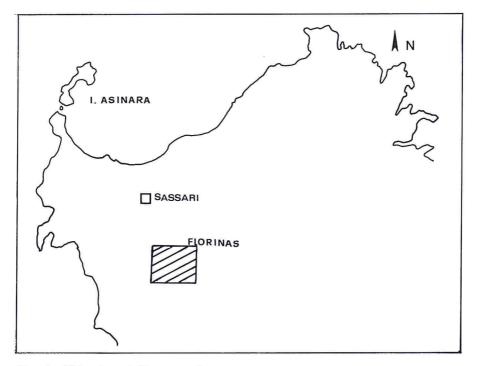


Fig. 1 - Ubicazione dell'area studiata.

Logudoro compreso tra i centri di Giave e di Cossoine ed hanno concluso per una loro sostanziale appartenenza al Burdigaliano superiore.

Per questo studio la scelta dell'area di Florinas è dovuta essenzialmente all'osservazione della variabilità dei litotipi in essa affioranti, che faceva presupporre un quadro del Miocene alquanto articolato. Un elemento certamente non meno importante per la scelta di quest'area è stata anche la presenza di litofacies favorevoli all'analisi micropaleontologica, in quanto questa caratteristica offriva l'opportunità di una verifica dell'interpretazione cronostratigrafica di sequenze similari esistente in letteratura, da effettuare magari con un gruppo fossilifero, come quello del Nannoplancton calcareo, diverso dal gruppo utilizzato dai precedenti autori.

L'assenza, nella cartografia geologica ufficiale della zona, di termini assai ben rappresentati sia orizzontalmente che verticalmente (si veda più avanti, ad esempio, quanto detto a proposito dell'unità marnoso-arenacea) o di altri termini assai significativi dal punto di vista tettonico (si vedano a questo proposito le unità delle sabbie),

ha imposto infine di concretizzare le ricerche sul terreno con un rilevamento geologico alla scala 1:25.000 (Fig. 2).

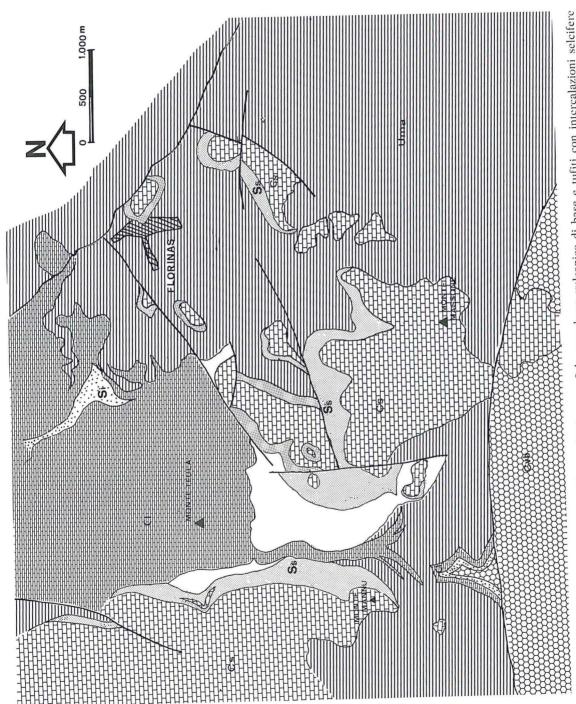
OUADRO GEOLOGICO GENERALE

La regione del Meilogu occupa una vasta area della Sardegna nord-occidentale compresa nel rift sardo, un'ampia fossa tettonica, a strutturazione oligocenica, che attraversa l'isola con direzione meridiana (Cherchi e Montadert, 1982 a, b).

Le rocce più antiche ivi affioranti sono delle vulcaniti, ascrivibili al ciclo calco-alcalino terziario (andesiti iperstenico-augitiche), aventi un'età K/Ar di 30.1 ± 1.1 MA (Montigny *et al.*, 1981). Vulcaniti calco-alcaline e rifting oligocenico testimoniano un quadro geodinamico della Sardegna cenozoica ormai ben documentato: subduzione di tipo B al di sotto del margine occidentale dell'Europa stabile (cioè del settore a est della Sardegna) con diffuso vulcanismo di arco; concomitante distensione di retroarco, con formazione di un sistema di rifts che si è evoluto nell'apertura del bacino ligure-provenzale e nella conseguente rotazione del blocco sardo-corso nella posizione attuale (Baccaletti e Guazzone, 1974; Cherchi e Montadert, 1982 a, b; Malinverno e Ryan, 1986).

Nella Sardegna settentrionale i sedimenti sin-rift, in prevalenza di natura continentale, sono rappresentati da conglomerati e da tufiti con intercalazioni selcifere; solo nell'Anglona costiera essi sono marini (Molassa a *Vaginella* auct.) e testimoniano una prima trasgressione databile all'Aquitaniano (Maxia e Pecorini, 1969; Spano e Asunis, 1984), da mettere in relazione con una maggiore subsidenza dovuta al perdurare di una distensione E-O (Cherchi e Trémolières, 1984). Di recente i suddetti sedimenti continentali sono stati correlati alla Formazione di Ussana, quelli marini alla Formazione della Marmilla (Quesney-Forest, 1984).

CHERCHI e TRÉMOLIÈRES collocano una fase compressiva nel Burdigaliano inferiore, come risposta all'arresto dell'apertura del Mediterraneo occidentale per collisione della microplacca sardo-corsa con il blocco apulo. Thomas e Gennesseaux (1986) danno una Sardegna già ruotata nel Burdigaliano inferiore (non basale); fanno risalire inoltre ad un Burdigaliano più recente una trasgressione più estesa all'interno del rift, responsabile della deposizione di calcari bioclastici di piattaforma interna; individuano infine all'interno del rift (per la precisione al largo della costa settentrionale della Sardegna)



Carta geologica schematica dell'area di Florinas. Cvb: complesso vulcanico di base e tufiti con intercalazioni selcifere (lacustre auct.); Si: sabbie inferiori; Ci: calcari inferiori; Uma: unità marnoso-arenacea; Ss: sabbie superiori; Cs: calcari superiori 7

Fig.

l'approfondimento di una nuova fossa più ristretta, da loro denominata «Porto Torres basin». A quest'ultima struttura corrisponde, nell'entroterra, una fossa tettonica delimitata da faglie a gradinata, a direzione NNO, caratterizzata da una sedimentazione marnosoarenacea (Oggiano, 1988).

Sulla base delle conoscenze attuali l'unico evento tettonico a cui può essere collegata l'emersione della regione è la distensione che nel Mediterraneo nord-occidentale ha portato alla formazione del Tirreno e che in Sardegna si caratterizza con un generale «uplift» avente il massimo sviluppo nel Plio-Quaternario (Marini e Murru, 1984).

STRATIGRAFIA

Prima di iniziare la descrizione della serie stratigrafica locale si rileva che la successione delle varie unità ed i rapporti reciproci di queste ultime sono stati definiti grazie ad una continua integrazione dei dati micro-macropaleontologici con quelli geologici di campagna.

Su un substrato di vulcaniti (andesiti iperstenico-augitiche), vulcanoclastiti (tufi) e tufiti lacustri affiorano, dal basso verso l'alto, le seguenti unità informali:

1) Sabbie inferiori (Si). Questa unità è poco rappresentata nell'area considerata ed ha sempre debole spessore. L'affioramento dove essa è meglio esposta è situato in una zona non distante da Florinas, lungo la strada che da questo centro conduce a Cargeghe (nei pressi del Km 8). Qui le sabbie affiorano per pochi metri, senza peraltro mostrare il loro rapporto con le tufiti lacustri sottostanti; sono costituite da elementi prevalentemente quarzoso-feldspatici, di dimensioni variabili (in genere contenute nel millimetro di diametro), con spigoli sia vivi che arrotondati, che, nell'insieme, esprimono un carattere di immaturità. Tali sabbie non contengono fossili; solo nella loro porzione sommitale si rinvengono rare bioturbazioni, indicative dell'evento trasgressivo marino successivo alla loro deposizione (si veda la descrizione della successiva unità).

Sabbie con caratteristiche analoghe sono state osservate anche in altre località al di fuori di quest'area. Nei dintorni di Codrongianus, ad esempio, l'unità affiora per uno spessore maggiore che a Florinas (certamente più di 10 m) ed è caratterizzata da una stratificazione incrociata; come a Florinas però essa è sormontata dappri-

ma da banchi calcarei, poi da banchi marnoso-arenacei, fossiliferi.

2) Calcari inferiori (Ci). Si tratta, in genere, di calcari detriticoorganogeni, a giacitura prevalente suborizzontale o comunque poco
inclinata, talora molto tenaci, talaltra più friabili; hanno colore
biancastro, con tonalità sul grigio o sul beige (quando i calcari hanno una maggiore componente sabbiosa); appaiono stratificati in banchi di dimensioni anche metriche e sono abbondantemente fossiliferi. Tra i fossili certamente di primario rilievo sono le Alghe calcaree, che costituiscono l'ossatura portante della roccia; diffusi, in
particolare nella porzione inferiore dell'unità, sono anche gli Ostreidi (Ostrea, con esemplari di dimensioni assai variabili) ed i Pettinidi
(Chlamys prevalente); presenti sono anche gli Echinodermi (essenzialmente con i generi Scutella e Amphiope), i Gasteropodi (Turritella) ed i Coralli.

Un ottimo affioramento dell'unità è osservabile in parete lungo la strada per Cargeghe (lato Funt.na Fritta) (Foto 1); qui sono evi-



Foto 1 - Affioramento di calcari inferiori lungo la strada Florinas-Cargeghe.

denti anche i rapporti dei calcari con le sabbie precedentemente descritte (Foto 2). Il banco calcareo basale, infatti, presenta la superficie inferiore a tratti lievemente ondulata ed è costituito da un pri-

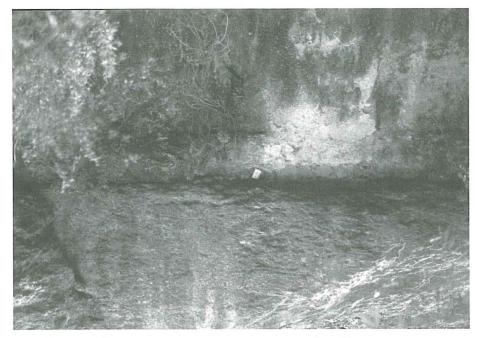


Foto 2 - Banco basale dei calcari inferiori sovrastante le sabbie inferiori lungo la strada Florinas-Cargeghe (nei pressi del Km 8).

mo intervallo in cui si notano ancora elementi delle sabbie sottostanti, cementati da sabbie calcaree con fossili mal conservati (tra cui *Amphiope, Ostrea, Chlamys* e Alghe calcaree). Nell'ambito dello stesso banco, di spessore contenuto in poco più di un metro, si ha poi un rapido passaggio a calcareniti, con totale scomparsa, però, degli elementi silicoclastici. Segue il calcare vero e proprio, in banchi e con notevoli concentrazioni di fossili (Alghe calcaree e Ostreidi in particolare) (¹).

In prossimità del suddetto affioramento, in località Sa Tanca e Su Signore, il carattere trasgressivo dei calcari sulle sabbie è evidenziato da un banco, dell'ordine del metro, ancora una volta caratterizzato da una altissima concentrazione di esemplari del genere

⁽¹) I calcari di questo affioramento hanno uno sviluppo del tutto eccezionale, raggiungendo uno spessore di diverse decine di metri. Purtroppo essi non sono stati studiati in dettaglio, se non nel loro tratto inferiore; è verosimile comunque che essi siano rappresentativi non solo dei calcari inferiori (questi ultimi difficilmente superano nell'area di Florinas una decina di metri), ma anche di eventuali «calcari intermedi», sovrapposti ai precedenti e laterali rispetto all'unità marnoso-arenacea. Uno studio sull'argomento è in fase di elaborazione da parte degli scriventi.

Ostrea. Tale banco, a differenza di quanto avviene nella situazione precedentemente illustrata, è seguito da un'alternanza di livelli duri e cementati con altri teneri, per uno spessore complessivo di circa 10 m, già transizionale all'unità marnoso-arenacea soprastante.

Uno spessore abbastanza contenuto dei calcari (inferiore a 10 m) ed un loro passaggio rapido, in senso verticale, all'unità marnosoarenacea è osservabile anche poco a NO di Codrongianus (al limite N dell'area studiata) e lungo il Riu Briai, a S di M. Mannu. Nel primo caso i calcari hanno giacitura trasgressiva sulle sabbie inferiori (sempre di debole spessore) e sono caratterizzati da tre porzioni ben distinte: una prima porzione in cui sono presenti passate argillose grigiastre (con sfumature giallastre), ricche di fossili (Ostrea e Chlamys); una seconda porzione, più sottile, in cui i calcari assumono un aspetto stratificato di tipo «nodulare»; una terza porzione, in cui i calcari divengono sabbiosi, oltre che fortemente bioturbati e fossiliferi. Questi calcari passano poi a sabbie calcaree e queste all'unità delle marne (quest'ultimo passaggio è marcato da un livello più cementato, in cui sono abbondanti gli Ostreidi ed i Pettinidi, comuni gli Spatangoidi e i Balanidi). Nel caso dell'affioramento di Riu Briai i calcari inferiori sono costituiti da un unico banco, che presenta alla base e al suo interno un microconglomerato (a elementi quarzosi e metamorfici in cemento carbonatico) ricco di Gasteropodi (Turritella) e Pettinidi (Chlamys). Tale banco calcareo è preceduto da un breve intervallo sabbioso, caratterizzato da diffusi esemplari di Amphiope e poggiante direttamente su tufiti lacustri, ed è seguito dalle marne dell'unità marnoso-arenacea.

3) Unità marnoso-arenacea (Uma). L'unità presenta i migliori affioramenti nell'area a O e a SO di Florinas (Foto 3), nei dintorni di Su Montigheddu e a NO di questa località; altri affioramenti significativi sono quelli delle località Badde, Puttu, Frassos, Monte Sorighe e della zona compresa fra Sena e Sa Pedraia, a SO e a S di Florinas. Essa segue in continuità i sottostanti calcari e presenta, come questi, una giacitura debolmente inclinata. È costituita da una più o meno fitta alternanza di strati marnosi (dell'ordine del metro e del centimetro) a componente arenacea, di colore grigio, grigio-biancastro fino a nocciola, con strati siltosi (mediamente dell'ordine del decimetro), in genere abbastanza ben cementati, di colore variabile dal giallastro al beige chiaro fino al verdastro. Negli strati marnosi sono osservabili, talvolta, «noccioli» più compatti e duri, a colorazione lievemente diversa, che probabilmente rappresentano pro-



Foto 3 - Panoramica dell'unità marnoso-arenacea a SO di Florinas. Sulla destra, in alto, poco al di sopra della strada Florinas-Ossi, è visibile l'unità dei calcari superiori.

dotti di diagenesi differenziata; in quelli siltosi, invece, possono riscontrarsi delle bioturbazioni. In alcune zone (si veda, ad esempio, la zona di M. Pizzinnu, subito a N di Florinas) gli strati più alti dell'unità marnoso-arenacea aumentano fortemente la loro componente carbonatica tanto da diventare dei veri e propri strati calcarei. Questa sequenza marnoso-arenacea, a causa del diverso comportamento dei propri livelli all'erosione, mostra una tipica morfologia in rilievo, che la rende facilmente riconoscibile e distinguibile.

In tutto lo spessore dell'unità, che ammonta a svariate decine di metri, rilevante è il contenuto fossilifero (in genere i fossili sono concentrati nelle intercalazioni più siltose): caratteristici del suo tratto inferiore sono gli Spatangoidi (tra cui *Schizaster*), i Pettinidi (essenzialmente *Chlamys*) e gli Ostreidi; caratteristici del tratto mediosuperiore sono i Pettinidi (tra cui *Amusium*), i Crostacei, gli Anellidi (molto frequente *Ditrupa*), i denti di Selaci, i Coralli isolati, i Gasteropodi (tra cui *Conus*), ecc..

4) Sabbie superiori (Ss). Costituiscono dei depositi, in genere lentiformi, assai diffusi a S e a SO di Florinas (Foto 4). Il loro spessore

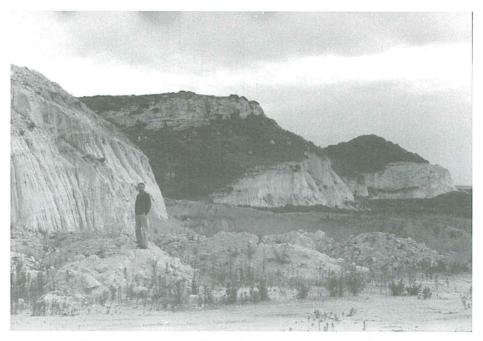


Foto 4 - Affioramenti in cava delle sabbie superiori nei pressi di M. Mannu. Al di sopra delle sabbie sono osservabili i calcari superiori.

è variabile e al massimo raggiunge i 100 m nella zona di M. Mannu. Tali sabbie poggiano sia sull'unità marnoso-arenacea che sui calcari inferiori (Foto 5) e sono costituite da elementi eterometrici (con prevalenza di quelli dell'ordine del millimetro), a composizione quarzoso-feldspatica, che presentano angoli smussati o arrotondati. Come le sabbie inferiori anche queste sabbie sono risultate prive di fossili; solo al tetto dell'unità, e limitatamente al lato SO di M. Mannu, le sabbie si intercalano per alcuni metri a strati decimetrici sabbioso-microconglomeratici, a cemento carbonatico, in cui si rinvengono fossili mal conservati (prevalgono Ostreidi e Pettinidi) e bioturbazio-ni ad andamento preferenziale verticale. Sempre su questo lato dell'affioramento è osservabile una forte riduzione laterale dello spessore delle sabbie superiori, fino ad una rapida chiusura a «pinchout» (Foto 6).

Nei pressi di Su Spadularzu le sabbie sfumano rapidamente verso l'alto in marne apparentemente prive di fossili, di debole spessore (circa 1,50 m), caratterizzate da fasce di colore grigio, alternate ad altre più scure tendenti al verdastro. Esse passano poi all'unità dei calcari superiori tramite un breve intervallo microconglomeratico



Foto 5 - Panoramica della zona subito a NE di M. Mannu. I calcari inferiori (sulla destra) si immergono al di sotto delle sabbie superiori (sulla sinistra).

(spesso circa 80 cm), a cemento carbonatico e base lievemente ondulata, con livelli centimetrici più induriti ed in rilievo in cui si rinvengono rari fossili spezzettati (in prevalenza Pettinidi).

5) Calcari superiori (Cs). Sono dei calcari detritico-organogeni, ad andamento tabulare, nell'insieme di aspetto compatto, di colore per lo più variabile da biancastro a beige chiaro; la loro stratificazione talora è poco marcata (anche se intuibile dall'andamento generale), talaltra è ben evidente, compresa la stratificazione incrociata a piccola e a grande scala (Foto 7). Sono frequenti i fossili, rappresentati principalmente da Alghe calcaree e, in subordine, da Anellidi, Lamellibranchi (tra cui Venus e Cardium), Gasteropodi (questi ultimi due gruppi con esemplari sia in modelli che interi), Briozoi, resti di Echinodermi (Clypeastreidi) e Coralli isolati; nella porzione basale, dell'unità si rinvengono anche forti concentrazioni di Heterostegina.

Questi calcari, in più località dell'area studiata (si veda, ad esempio, al M. Mannu), ma anche al di fuori di questa (si veda, ad esempio, l'affioramento nei pressi della Chiesetta di S. Margherita, lungo

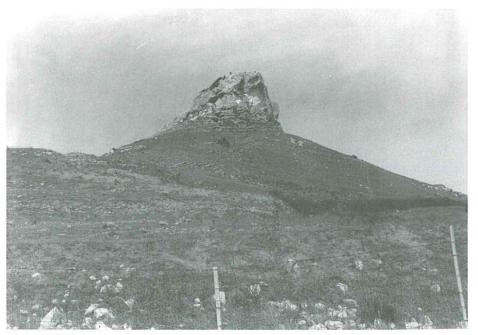


Foto 6 - Chiusura a «pinch-out» delle sabbie superiori a M. Mannu (versante destro). Sulla sinistra, in basso, è rappresentata l'unità marnoso-arenacea; alla sommità del rilievo è rappresentata l'unità dei calcari superiori.

la strada Florinas-Ossi), presentano, per alcuni metri sopra la base (talvolta anche più in alto), degli accumuli, in «canali» o in sacche ad andamento differenziato, di Ostreidi e di rodoliti («Algal balls») (Foto 8, 9). Talvolta i calcari veri e propri sono preceduti da un breve spessore di sabbie calcaree in cui relativamente diffusi sono gli Echinodermi (*Amphiope* in particolare). Un livello sabbioso privo di fossili (spesso fino ad un massimo di 5 m) si rinviene invece al loro interno.

Nell'area esaminata l'unità ha una notevole estensione. Essa è abbastanza simile, nell'aspetto e nel contenuto fossilifero, all'unità dei calcari inferiori (laddove questi hanno maggiore potenza), dalla quale, tuttavia, si distingue, se non altro per posizione stratigrafica: i calcari superiori, infatti, giacciono sempre, talvolta con evidente discordanza angolare, sulle sabbie superiori o sull'unità marnosoarenacea. La loro potenza è piuttosto varia, passando da pochi metri (in genere nei casi in cui l'unità ha al letto le sabbie superiori) a spessori decisamente maggiori (fino ad alcune decine di metri).

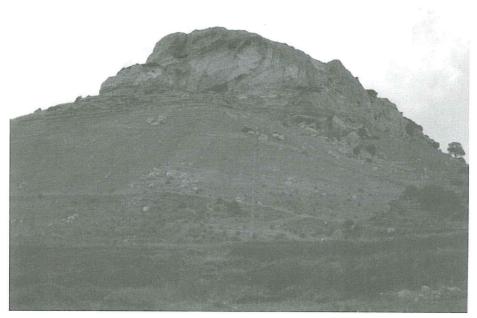


Foto 7 - Stratificazione dei calcari superiori a M. Mannu.

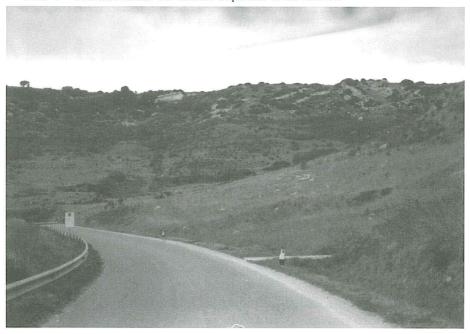


Foto 8 - Strutture di scivolamento e accumuli di «algal balls» nei calcari superiori, a SO di Florinas (nei pressi della strada Florinas-Ossi).



Foto 9 - Strutture di scivolamento e accumuli di «algal-balls» nei calcari superiori della zona di Chiesetta S. Margherita, poco al di fuori dell'area studiata.

CAMPIONATURE MICROPALEONTOLOGICHE

Oltre che con un rilevamento geologico alla scala 1: 25.000, le ricerche sul terreno si sono concretizzate anche in una fitta campionatura, sia in serie che areale, delle varie espressioni sedimentarie. Le unità prese in considerazione per tale campionatura sono state quella dei calcari inferiori, quella dei calcari superiori e l'unità marnoso-arenacea. Di queste unità la più campionata è stata senza dubbio l'ultima (70 campioni), essendo l'unica a presentare caratteristiche tali da consentire uno studio biostratigrafico di dettaglio basato sugli organismi planctonici. Comunque sono state ampiamente campionate anche le altre due unità (35 campioni), specialmente nei loro tratti inferiori, in genere i più favorevoli ed i più accessibili.

ANALISI MICROPALEONTOLOGICHE

Il contenuto fossilifero dei termini marini affioranti nell'area di Florinas è stato analizzato essenzialmente in sezione sottile (soprattutto nel caso dei calcari inferiori e dei calcari superiori) e tramite «smear slides» (soprattutto per l'unità marnoso-arenacea); esso è descritto, per ciascun termine, in ordine stratigrafico.

Calcari inferiori

I campioni provenienti dai livelli più bassi dell'unità (in genere poco al di sopra delle sabbie calcaree e delle calcareniti a *Amphio-pe*) hanno presentato in sezione sottile associazioni così costituite:

- abbondanti Alghe calcaree della famiglia Corallinaceae (sottofamiglia Melobesioideae); tra queste certamente rilevante è la presenza di Lithophyllum contii s.a., Mesophyllum sp. e Lithothamnium moreti
- comuni Macroforaminiferi (rappresentati però esclusivamente dal genere Amphistegina)
- comuni Molluschi (Lamellibranchi e Gasteropodi, con prevalenza dei primi)
- rari Briozoi e resti di Echinodermi.

I campioni prelevati da livelli più inoltrati dell'unità hanno presentato invece le seguenti associazioni:

- comuni Melobesieae (la riduzione del gruppo in questi campioni rispetto a quelli precedentemente illustrati è espressa essenzialmente dall'estrema rarefazione dei rappresentanti del genere *Lithophyllum* e dalla scomparsa del genere *Mesophyllum*; relativamente comune resta *Lithothamnium*)
- rari Macroforaminiferi (rappresentati ancora da Amphistegina; limitata ad un campione la presenza, tra l'altro rara, di Heterostegina complanata)
- comuni (fino a frequenti) Molluschi (Lamellibranchi e Gasteropodi)
- rari Briozoi e resti di Echinodermi
- rari Ostracodi
- rari Foraminiferi bentonici (essenzialmente Miliolidi e Lagenidi)
- rarissimi Foraminiferi planctonici (Globigerina)
- rarissimi Anellidi.

I campioni prelevati dai livelli sommitali dell'unità sono infine caratterizzati da:

 comuni Alghe calcaree (rappresentate solamente da Lithothamnium)

- rari (fino a comuni) Macroforaminiferi (Amphistegina)
- comuni Molluschi (in particolare Lamellibranchi, ma anche Gasteropodi)
- comuni Foraminiferi bentonici (Miliolidi, Lagenidi e Rotalidi)
- rari Foraminiferi planctonici (Globigerina)
- rari Anellidi.

I livelli dell'unità più favorevoli dal punto di vista della conservazione dei fossili sono stati campionati anche per l'analisi del Nannoplancton calcareo. Purtroppo però, nella maggior parte dei casi, essi sono risultati privi di questo gruppo, mentre le poche eccezioni (limitate alla porzione superiore dei calcari) non ne hanno mostrato che uno scarsissimo contenuto (tra l'altro mal conservato).

Unità marnoso-arenacea

I numerosi campioni prelevati in tutto lo spessore dell'unità hanno fornito, nel loro insieme, il seguente contenuto in nannofossili calcarei:

Braarudosphaera bigelowi Calcidiscus leptoporus

- » macintyrei
- » rotula

Coccolithus miopelagicus

» pelagicus

Cyclicargolithus floridanus

Cyclolithella sp.

Discoaster aulakos

- » exilis
- » cf. stellulus
- » variabilis s.l.
- » spp.

Helicosphaera ampliaperta

- » carteri
- » euphratis
- » intermedia
- » mediterranea
- » obliqua
 - scissura
- » spp.

Minilitha convallis

Pontosphaera multipora

sp.

Reticulofenestra pseudoumbilica

S

Rhabdosphaera procera Sphenolithus cf. abies

- » heteromorphus
- » moriformis
- » spp.

Dal punto di vista quantitativo il gruppo non appare distribuito in modo uniforme all'interno dell'unità, ma mostra, in genere, frequenze piuttosto basse nella sua porzione inferiore, decisamente maggiori in quella medio-superiore. Nei campioni in cui esso è meglio rappresentato sono risultati di rinvenimento comune fino a frequente Coccolithus pelagicus, C. miopelagicus, Cyclicargolithus floridanus, Helicosphaera carteri, H. ampliaperta, H. intermedia, H. spp., Pontosphaera sp., Reticulofenestra sp., Sphenolithus heteromorphus, S. moriformis; rari e di presenza saltuaria Calcidiscus leptoporus, C. macintyrei (limitamente alla porzione più alta dell'unità marnosoarenacea), C. rotula, Discoaster aulakos, D. exilis, D. cf. stellulus, D. variabilis s.l., Helicosphaera euphratis, H. mediterranea, H. obliqua, H. scissura, Pontosphaera multipora, Reticulofenestra pseudoumbilica, Rhabdosphaera procera e Sphenolithus cf. abies.

Calcari superiori

Di questi calcari è stata studiata solo la porzione inferiore. I campioni del tratto basale hanno fornito, in sezione sottile, un contenuto fossilifero diverso a seconda dell'unità su cui i calcari superiori poggiano. Quando poggiano sulla unità marnoso-arenacea essi contengono:

- comuni Melobesieae (Lithothamnium)
- comuni Macroforaminiferi (Amphistegina)
- rari resti di Echinodermi e di Molluschi
- rari Ostracodi
- rari Foraminiferi bentonici (monotalamici, Nodosaridi e Discorbidi)
- rarissimi Foraminiferi planctonici (Globigerina)
- rarissimi Anellidi
- rari Briozoi.

Quando i calcari superiori giacciono sulle sabbie superiori il contenuto fossilifero dei primi è caratterizzato da:

- strutture algali mal conservate (sembra che rappresentino «clasti», talvolta arrotondati ed erosi) di tipo calcareo (*Lithothamnium*)
- rari resti di Molluschi e di Echinodermi
- rari Foraminiferi bentonici (Textularidi e Discorbidi)
- rari Macroforaminiferi (*Amphistegina*).

Alcuni campioni, prelevati pochi metri al di sopra delle sabbie superiori, a M. Mannu, presentano associazioni analoghe a quelle appena viste, ma con in più una straordinaria ricchezza di *Heterostegina complanata* (e la presenza di rari Rotalidi).

Sempre dalla parte più bassa dei calcari, ma nella situazione in cui questi hanno alla base sabbie calcaree (con *Amphiope*), provengono le seguenti associazioni:

- abbondanti Melobesieae (rappresentate essenzialmente da Lithothamnium moreti e Lithophyllum contii s.a.)
- rari Macroforaminiferi (Amphistegina)
- comuni Molluschi (Lamellibranchi e Gasteropodi)
- rari Briozoi e resti di Echinodermi
- rari Foraminiferi bentonici (Textularidi, Rotalidi, Discorbidi e Nodosaridi)
- rarissimi Ostracodi.

Campioni prelevati in tratti più inoltrati dell'unità sono infine caratterizzati da:

- comuni fino a frequenti Melobesieae (Lithothamnium)
- comuni Macroforaminiferi (Amphistegina)
- comuni Molluschi (Lamellibranchi e Gasteropodi)
- comuni Foraminiferi bentonici (Miliolidi e Rotalidi)
- rari Anellidi
- rari Ostracodi.

Come per i calcari inferiori, anche per questa unità sono stati fatti tentativi di analisi del contenuto in nannofossili. I campioni considerati (prelevati, anche in questo caso, nel tratto inferiore dell'unità) o sono risultati del tutto privi di nannofossili o hanno fornito associazioni costituite da rarissimi taxa mal conservati.

BIOSTRATIGRAFIA E CRONOSTRATIGRAFIA

Per l'inquadramento bio-cronostratigrafico della sequenza miocenica dell'area di Florinas, è stato utilizzato lo schema zonale di Fig. 3, derivato, con piccole modifiche, dalla integrazione della zonazione per aree tropicali e subtropicali di Bukry, 1973, 1975 (si veda anche Okada e Bukry, 1980) con quella standard di Martini (1971). Nella stessa figura è riportata anche la calibratura dello schema con la scala cronostratigrafica e con quella geocronologica.

Calcari inferiori

Nonostante i numerosi tentativi effettuati, si deve riconoscere che per questa unità non sono stati raccolti dati utili ai fini di un suo inquadramento bio-cronostratigrafico. Informazioni attendibili in tal senso sono fornite, comunque, dalla sovrastante unità marnoso-arenacea, alla quale si rimanda.

Unità marnoso-arenacea

Tutti i campioni che sono stati prelevati nella parte più bassa dell'unità marnoso-arenacea sono risultati certamente di competenza della Zona a *Sphenolithus heteromorphus-Helicosphaera ampliaperta*, per la presenza concomitante dei due taxa nominali. Il riconoscimento di questa biozona non consente purtroppo di discriminare tra la parte più alta del Burdigaliano e la parte basale del Langhiano (tra poco più di 17 MA e poco più di 16 MA). Comunque il rinvenimento, nel tratto intermedio della sequenza, di elementi che sicuramente caratterizzano, con la loro comparsa, la metà superiore dell'intervallo biostratigrafico suddetto (ad esempio *Calcidiscus leptoporus, Discoaster exilis* e *Reticulofenestra pseudoumbilica*), e cioè indicanti verosimilmente un Langhiano basale, fa ritenere ragionevole un'attribuzione ad un Burdigaliano sommitale dei campioni della parte più bassa dell'unità.

Questo dato è indubbiamente significativo anche per inquadrare cronologicamente l'inizio della trasgressione miocenica nell'area. Tenuto conto, infatti, dei rapporti stratigrafici esistenti tra l'unità marnoso-arenacea e i calcari inferiori, oltre che del tipo di sedimentazione che caratterizza questi ultimi, è del tutto verosimile attribuire l'evento ancora a questa porzione di piano.

Per quanto riguarda la parte sommitale dell'unità marnosoarenacea sono stati raccolti campioni in zone caratterizzate da si-

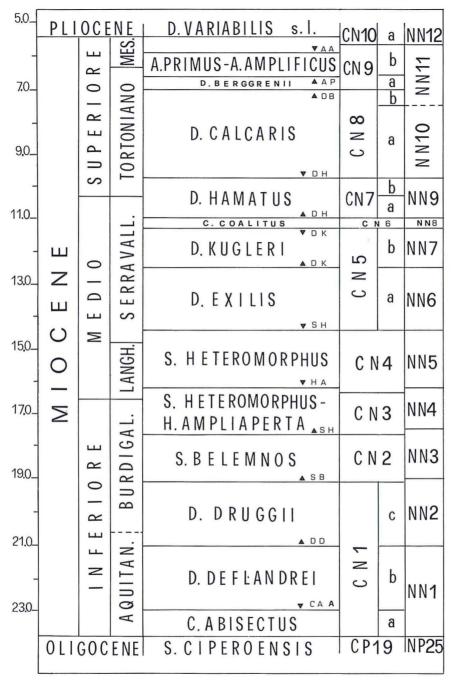


Fig. 3 - Schema zonale utilizzato e sua calibratura, rispettivamente con le zonazioni di Окара e Martini (1971) sulla destra, con la scala cronostratigrafica e geocronologica sulla sinistra.

tuazioni geologiche diverse; particolarmente interessanti sono risultati i campioni prelevati in località Su Spadularzu e al M. Mannu, dove l'unità marnoso-arenacea è sormontata dalle sabbie superiori, e in località S. Margherita (poco al di fuori dell'area rilevata), dove il passaggio dall'unità marnoso-arenacea ai calcari superiori avviene attraverso un corpo calcareo-sabbioso (dello spessore di 5-6 m) ricco in fossili. I campioni di Su Spadularzu e di S. Margherita hanno fornito associazioni a nannofossili appartenenti ancora alla porzione superiore della Zona a Sphenolithus heteromorphus-Helicosphaera ampliaperta (accompagnano i taxa nominali Calcidiscus leptoporus, Discoaster exilis e Reticulofenestra pseudoumbilica, forme che compaiono in tale porzione e che già abbiamo visto caratterizzare il tratto intermedio della sequenza); quelli di M. Mannu, invece, testimoniano un intervallo più recente, transizionale tra l'unità biostratigrafica sopradetta e la successiva Zona a Sphenolithus heteromorphus (in esso è rilevabile la comparsa di Calcidiscus macintyrei, un evento che definisce tale transizione; è inoltre presente Helicosphaera mediterranea, un taxon che sembra non andare oltre la base della Zona a S. heteromorphus).

Dal punto di vista cronostratigrafico, i campioni delle tre località sono da considerarsi tutti riferibili al Langhiano inferiore, anche se si deve riconoscere un'età leggermente più recente per i campioni di M. Mannu rispetto a quelli di Su Spadularzu e di S. Margherita. Se da un lato, quindi, viene accertata come Burdigaliano sommitale-Langhiano inferiore l'estensione stratigrafica dell'unità marnoso-arenacea nell'area di Florinas, dall'altro i dati di Su Spadularzu e di M. Mannu fanno ritenere verosimile l'esistenza di un contatto di tipo erosivo tra le sabbie superiori e l'unità marnoso-arenacea.

Calcari superiori

L'inquadramento bio-cronostratigrafico di questa unità non è stato possibile nel corso del presente studio. L'unico dato oggettivo di cui al momento disponiamo è quello che deriva dalla sua posizione stratigrafica, che la fa ritenere appartenente quanto meno ad un generico post-Serravalliano basale (si vedano, in proposito, le considerazioni cronologiche svolte sulle sabbie superiori). Si ricorda, comunque, che al Monte Santo, pochi chilometri a SE dell'area considerata, la porzione calcarea più alta della successione miocenica, con caratteristiche analoghe a quelle dei calcari superiori di Florinas, è stata riferita da Pomesano Cherchi (1971) al Serravalliano e

forse anche al Tortoniano, per la sua stretta somiglianza con la «pietra forte» e con la «pietra cantone» delle colline di Cagliari; in realtà, se corrispondesse a queste unità della Sardegna meridionale, sulla base di quanto accertato da Cherchi e Trémolières (1984) essa sarebbe da attribuire piuttosto ad un Messiniano inferiore. Anche se in via puramente ipotetica, accettiamo al momento questa indicazione, in attesa di dati più precisi e più attendibili su aree limitrofe a quella di Florinas, dove sono in studio sezioni del Miocene costituite da espressioni sedimentarie analoghe a quelle da noi esaminate.

Sabbie inferiori e sabbie superiori

Della sequenza miocenica di Florinas fanno parte anche le sabbie inferiori e quelle superiori, due unità sulle quali, nonostante l'assenza di fossili, possono essere svolte alcune considerazioni di tipo cronologico.

Per quanto riguarda la prima unità, una datazione deriva implicitamente dalla constatazione che i calcari inferiori che ad essa succedono sono da collocare, secondo i dati di questa ricerca, nella parte più alta del Burdigaliano, mentre al «lacustre», ad essa precedente, è stata riconosciuta da Bruin Rumke (1974) un'età ageniana (corrispondente, in termini marini, all'intervallo Aquitaniano mediosuperiore-Burdigaliano inferiore). Un'attribuzione delle sabbie inferiori ad un Burdigaliano non meglio precisabile sembra quindi del tutto verosimile.

Più difficoltoso risulta invece l'inquadramento cronostratigrafico della seconda unità, anche perché esso risente delle incertezze connesse con la datazione dei calcari superiori. Indicazioni utili per tale inquadramento possono essere ritrovate comunque in località S. Margherita, poco al di fuori dell'area rilevata. Come già accennato, in questa località le sabbie non sono rappresentate: tra l'unità marnoso-arenacea ed i calcari superiori si ritrova invece un corpo calcareo-sabbioso, caratterizzato da fossili a significato batimetrico diverso da quello deducibile dai fossili dell'unità sottostante (vi si rinvengono frequenti Alghe calcaree, comuni Pettinidi e Ostreidi, rari Spatangoidi) e dall'avere, alla base, sporadiche concrezioni di ossidi e, all'interno, un «ciottolo» di sabbie superiori del diametro di alcuni decimetri. Questo corpo calcareo-sabbioso, da interpretare come un deposito sinsedimentario rispetto alle sabbie superiori o di poco seguente l'inizio della deposizione di quest'ultime, contiene un'associazione a nannofossili appartenente alla parte superiore della Zona a *Sphenolithus heteromorphus* (il taxon nominale è accompagnato a *S. abies*) e quindi ad un Langhiano superiore o ad un Serravalliano basale. In questo intervallo dovrebbe quindi essersi realizzata la deposizione delle sabbie superiori, per cui tra la base di queste ultime ed il tetto dell'unità marnoso-arenacea (appartenente ad un Langhiano inferiore abbastanza basso) risulterebbe implicitamente documentato uno hiatus verosimilmente di 1 MA.

CONSIDERAZIONI PALEOAMBIENTALI

Per quanto riguarda l'unità stratigraficamente più bassa della sequenza di Florinas, quella delle sabbie inferiori, è opportuno sottolineare che la variabilità del substrato su cui essa poggia (tufi, tufiti lacustri e vulcaniti), unitamente alla sua composizione (che non riflette quella del substrato), ne mette in evidenza il carattere discordante ed una genesi continentale legata allo smantellamento di un alto strutturale in cui era esposto il basamento cristallino. La variabilità areale del suo spessore è inoltre da mettere in relazione con il processo di sedimentazione in varie depressioni morfologiche preesistenti.

La deposizione delle sabbie inferiori è seguita dalla prima trasgressione miocenica sull'area, documentata dai calcari inferiori. Le caratteristiche paleontologiche di questi calcari indicano senza dubbio ambienti deposizionali caratterizzati da un mare caldo e generalmente poco profondo (anche se una certa tendenza ad un suo approfondimento è riscontrabile verso l'alto). In questo ambiente generale si possono individuare settori di piattaforma interna, interessati da sporadici apporti terrigeni, in cui si vengono a creare condizioni ambientali idonee per un primo insediamento, su sedimenti sciolti, di Melobesieae (in particolare *Lithophyllum contii* s.a.). Il proliferare di queste alghe conduce in breve alla realizzazione di un «fondo indurito», su cui si sviluppa ulteriormente soprattutto la vita algale. Questo sviluppo è stato considerevole a O-NO di Florinas, più ridotto o realizzato con modalità diverse in altre aree.

L'inizio della deposizione dell'unità marnoso-arenacea è da mettere in relazione con un rapido approfondimento del bacino di sedimentazione. Sulla base delle microfaune bentoniche sono state rilevate, infatti, batimetrie prossime al limite neritico interno/neritico esterno, con valori di profondità massima oscillanti approssimativamente, tra i 50 e i 100 m.

Le sabbie superiori, che nella zona di Florinas hanno uno sviluppo considerevole, mostrano una distribuzione areale abbastanza circoscritta. Questo dato, unitamente alla loro omogeneità composizionale e tessiturale ed all'assenza di evidenti strutture sedimentarie lungo quasi tutto il loro spessore, fa pensare per esse a meccanismi deposizionali legati ad ambienti fluvio-marini (Martini et Al., in preparazione).

I dati paleontologici e litologici ottenuti per i calcari superiori fanno intravedere una nuova tendenza all'impostazione di colonie algali, tendenza resa più o meno difficoltosa da diverse condizioni fisico-ambientali. Lo sviluppo orizzontale e verticale dell'unità è comunque ancora una volta legato al progredire quantitativo e qualitativo soprattutto delle Alghe calcaree. A differenza di quanto si riscontra nei calcari inferiori, durante la deposizione dei calcari superiori vengono a costituirsi, in alcune zone dell'area, condizioni favorevoli allo sviluppo di *Heterostegina complanata*, verosimilmente per il prevalere di ambienti protetti, oltre che caratterizzati da basse profondità.

CONCLUSIONI

I risultati conseguiti in questa ricerca portano un contributo significativo alle conoscenze geologico-paleontologico-stratigrafiche di un'area della Sardegna settentrionale particolarmente interessante per la varietà delle espressioni sedimentarie rappresentative del Miocene.

Al di sopra di un substrato costituito da vulcaniti, vulcanoclastiti e tufiti lacustri sono state riconosciute e definite nei loro rapporti almeno cinque unità litostratigrafiche informali: le sabbie inferiori, i calcari inferiori, l'unità marnoso-arenacea, le sabbie superiori ed i calcari superiori.

La prima trasgressione marina miocenica, espressa dai calcari inferiori, si è realizzata nel Burdigaliano sommitale (a poco meno di 17 MA); ancora in questo intervallo ha avuto inizio l'approfondimento dell'area che ha portato alla sedimentazione dell'unità marnoso-arenacea. Questa unità sembra non essere rappresentata a Florinas da termini più recenti del Langhiano inferiore; considerando che in zone prossime a quella da noi studiata la porzione più alta della sequenza marnosa è stata riferita al Langhiano superiore (Pomesano Cherchi, 1971), risulta implicitamente confermato quanto

sostenuto nella presente nota circa una incisione differenziata operata dalle sabbie superiori sulla marnoso-arenacea. L'unità delle sabbie superiori, espressione di ambienti deposizionali misti (MARTINI et Al., in prepazione), è da ritenere appartenente al Langhiano superiore o al Serravalliano basale. L'unità successiva dei calcari superiori, giacente sia sulle marne che sulle sabbie, a seconda dell'assetto morfologico e strutturale delineatosi prima della trasgressione a cui è legata, è risultata di difficile datazione; una sua attribuzione al Messiniano inferiore, al momento solo ipotetica, spiegherebbe comunque alcuni aspetti che la interessano, quali strutture di scivolamento, accumuli di «algal balls», «crumpled beds» e brecce sinsedimentarie (queste ultime sono state osservate poco al di fuori dell'area studiata). Tali aspetti, indicativi di una tettonica sinsedimentaria, hanno infatti una collocazione logica nel regime distensivo tortoniano-messiniano documentato nel Tirreno centro-settentrionale (si veda, ad esempio, FABBRI et Al., 1981), che si manifesta con il sollevamento differenziale di blocchi, seguito, nel Pliocene, da un «uplift» riguardante pressoché tutta la Sardegna (MARINI e MURRU, 1984). Con un'età messiniana concorderebbe inoltre l'abbondanza di Heterostegina negli strati basali dell'unità, tenuto presente che forti concentrazioni di questo macroforaminifero sono segnalate in depositi carbonatici similari appartenenti a questo piano (si vedano, ad esempio, Giannelli e Salvatorini, 1972, 1975; Giannelli et Al., 1982; MAZZEI, 1985), sia nell'area mediterranea (Arcipelago Maltese) che in zone extramediterranee (Bordo meridionale della Meseta, Andalusia).

In definitiva, nell'area di Florinas sono stati individuati due cicli sedimentari e non un unico ciclo, com'era finora desumibile dalla letteratura. Il primo ciclo, rappresentato dai calcari inferiori e dall'unità marnoso-arenacea, si esprime con batimetrie sicuramente maggiori di quelle del secondo (anche se anch'esse non superano i 100 m), collegabili con la subsidenza della fossa ad andamento NNO (si veda in proposito Thomas e Gennesseaux, 1986) in cui rientrava la zona di Florinas; tale subsidenza è da associarsi al perdurare di un regime transtensivo, che nella Sardegna settentrionale si manifesta con faglie trascorrenti sinistre dai rigetti plurichilometrici, come quelle di Nuoro, Olbia, ecc.. Il secondo ciclo sedimentario, rappresentato dai calcari superiori, interessa aree più vaste in ambienti tettonicamente attivi, anche se è caratterizzato da batimetrie che si mantengono sempre modeste; nell'ambito di questo ciclo non si escludono influenze di carattere eustatico.

Tra i due cicli sedimentari si realizza la deposizione delle sabbie superiori, da porre in relazione con un sollevamento, seguito da rapido denudamento, del basamento a nord-est dell'area (Gallura, Anglona).

BIBLIOGRAFIA

- Assorgia A., Barca S., Casula G., Spano C. (1988) Le successioni sedimentarie e vulcaniche del Miocene dei dintorni di Giave e Cossoine (Logudoro, Sardegna NW). Boll. Soc. Sarda Sc. Nat., 26, 75-108.
- Boccaletti M., Guazzone G. (1974) Il microcontinente sardo come un arco residuo di un sistema arco-fossa miocenico. In: Paleogeografia del terziario sardo nell'ambito del Mediterraneo occidentale (1973). *Rend. Sem. Fac. Scienze Univ. Cagliari*, suppl., **43**, 57-68.
- Bruijn D.E., Rumke C.G. (1974) On a peculiar mammal association from the Miocene of Oschiri (Sardinia). K. Ned. Akad. Vet., Proc., 77(B), 46-79.
- Bukry D. (1973) Low-Latitude Coccolith biostratigraphic zonation. In: Edgard N.T., Saunders J.B. et Al., Init. Rep. DSDP, 15, 685-703.
- Bukry D. (1975) Coccolith and Silicoflagellate Stratigraphy, Northwestern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Proiect, Leg. 32. In: Larson R.L., Moberly R. et Al., Init. Rep. DSDP, 32, 677-701.
- CHERCHI A., MONTADERT L. (1982a) Oligo-Miocene rift of Sardinia and the early history of the Western Mediterranean Basin. *Nature*, **298**, 736-739.
- CHERCHI A., MONTADERT L. (1982b) 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., Trémolières P. (1984) Nouvelles données sur l'évolution structurale au Mésozoïque et au Cénozoïque de la Sardaigne et leurs implications géodynamiques dans le cadre méditerranéen. C.R. Acad. Sc. Paris, 298, 889-894.
- Fabbri A., Gallignani P., Zitellini N. (1981) Geologic evolution of the peri-Tyrrhenian sedimentary basins. In: Wezel F.C., Sedimentary basins of Mediterranean margins, 101-126.
- GIANNELLI L., MAZZEI R., SALVATORINI G. (1982) Precisazioni biostratigrafiche e cronostratigrafiche su due sezioni mio-plioceniche dell'Andalusia occidentale. *Paleont. strat. ed Evol.*, Quad. N. 2, 89-105.
- Giannelli L., Salvatorini G. (1972) I Foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'Arcipelago Maltese. I: Biostratigrafia del «Globigerina Limestone». *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Ser. A, 79, 49-74.
- GIANNELLI L., SALVATORINI G. (1975) I Foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'Arcipelago Maltese. II. Biostratigrafia di «Blue Clay», «Greensand» e «Upper Coralline Limestone». Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 82, 1-24.
- MALINVERNO A., RYAN W.B. (1986) Extension in the Tyrrhenian sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere. *Tectonics*, **5** (2), 227-245.

- MARINI A., MURRU M. (1984) Movimenti tettonici in Sardegna fra il Miocene superiore e il Pleistocene. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 6, 39-42.
- MARTINI E. (1971) Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Farinacci A., *Proc. IInd Plankt. Conf., Roma 1970,* 1, 739-785.
- MAXIA C., PECORINI G. (1969) La zona di Castelsardo: la meno incompleta serie miocenica della Sardegna. *Giorn. Geol.*, **35** (4), 345-357.
- MAZZEI R. (1985) The Miocene sequence of the Maltese Island: biostratigraphic and chronostratigraphic references based on nannofossils. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Ser. A, **92**, 165-197.
- Montigny R., Edel J.B., Thuizat R. (1981) Oligo-Miocene rotation of Sardinia: K-Ar ages and paleomagnetic data of Tertiary volcanics. *Earth and planet. Sc. Lett.*, **54**, 261-271.
- OGGIANO G. (1987) La pianura costiera Turritana (Sardegna settentrionale), carta geologica. Geogr. Fis. e Din. Quat., 10.
- Okada H., Bukry D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude Coccolith biostratigraphic zonation Bukry (1973, 1975). *Mar. Micropaleont.*, **5**, 321-325.
- Pomesano Cherchi A. (1971) Microfaune planctoniche di alcune serie mioceniche del Logudoro (Sardegna) In: Farinacci A., *Proc. IInd Plankt. Conf., Roma 1970*, 1003-1016.
- Spano C., Asunis M.I. (1984) Ricerche biostratigrafiche nel settore di Castelsardo (Sardegna settentrionale). *Boll. Soc. Sarda Sc. Nat.*, 23, 45-75.
- Tapponnier P. (1977) Evolution tectonique du systèm alpin en Mèditerranée: poinçonnement et écrasement rigide-plastique. Bull. Soc. Géol. France, 19, 437-460.
- THOMAS B., GENNESSEAUX M. (1986) A two-stage rifting in the basins of the Corsica-Sardinia straits. *Mar. Geol.*, **72**, 225-239.

(ms. presentato il 29 ottobre 1990; ult. bozze il 28 dicembre 1990)

TAVOLA I

- Fig. 1 Discoaster variabilis Martini e Bramlette (x 2000). FL 52, Unità marnoso-arenacea; Zona a Sphenolithus heteromorphus.
- Fig. 2 Discoaster aulakos Gartner (x 2000). FL 35, Unità marnoso-arenacea; Zona a Sphenolithus heteromorphus-Helicosphaera ampliaperta.
- Fig. 3 Reticulofenetsra pseudoumbilica (GARTNER) GARTNER (x 1600). Nicols incrociati. FL 13, Unità marnoso-arenacea; S. heteromorphus-H. ampliaperta.
- Fig. 4 Helicosphaera intermedia Martini (x 2400). Nicols incrociati. FL 13, Unità marnoso-arenacea; Zona a S. heteromorphus-H. ampliaperta.
- Fig. 5 Pontosphaera sp. (x 1600). Nicols incrociati. FL 10, Unità marnoso-arenacea; Zona a S. heteromorphus-H. ampliaperta.
- Fig. 6 Sphenolithus cf heteromorphus Deflandre (x 1600). Nicols incrociati. FL 8, Unità marnoso-arenacea; Zona a S. heteromorphus-H. ampliaperta.

TAVOLA I

