

Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università Cagliari Vol. 72 Fasc. 1 (2002)

Ridefinizione biostratigrafica e geocronologica delle unità formazionali neogeniche della Sardegna centrale (Italia)(*)

CARLO SPANO(**), SEBASTIANO BARCA(**), LUCIA CASU(***), ALBERTO MUNTONI(****)

Abstract. *Recent, detailed geological and stratigraphic surveys of a large area of the Marmilla region (central Sardinia) have made it possible to reconsider the litho-biostratigraphic characteristics of the formal and informal units in the literature on the Cenozoic (Late Oligocene – Neogene) which have been in use up to now. Extension of the research to adjoining lands, including Alta Marmilla, Alto Oristanese, Sinis – Planargia, Barigadu, Baronia and Sarcidano, has also made it possible to perform an overall analysis of the entire Cenozoic basin of central Sardinia and, finally, to make significant comparisons with the coeval successions outcropping in southern and northern Sardinia. In this preliminary note we then report on new data concerning the biostratigraphic aspects of the successions considered, while eco-biostratigraphic data and the depositional and sythemtic arrangement, now at an advanced stage of definition, will be discussed in a later, more complete work. Some units in the literature are once again proposed, albeit with amendments, as suggested by the new regulations governing the establishment of new formal depositional units and conservation of units in the literature, and with new geochronostratigraphic delimitations (e. g. the Gesturi Formation). Other units change their hierarchical rank (e. g. the Marmilla Group), while for others it was not deemed useful to keep them (e. g. Marne di Ales), since they might cause confusion. Most of the Formations, all of the Members and Groups are proposed in this work for the first time. The formation units outcropping in central Sardinia's Cenozoic basin are represented for the most part by a sedimentary and volcano-sedimentary succession several hundreds of metres thick, the age of which is included within the Chattian-Aquitainian passage and the Plio-Quaternary. These are sediments from silicoclastics to mixed carbonatic-silicoclastics, in some cases richly fossiliferous, in which are inserted volcanic products from acid to intermediate-basic with a calcalkaline composition, the latter almost exclusively present starting from the Aquitainian up to the Late Burdigalian, with the strongest concentration in deposits of*

(*) Lavoro realizzato con il contributo M.U.R.S.T. 60% (Resp. S. Barca e C. Spano).

(**) Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Trentino 51, 09127 Cagliari (Italia).

(***) Via Lepanto 76, 09100 Cagliari (Italia).

(****) Via Di Vittorio 40, 09028 Sestu (Italia).

Presentato il 28/06.2002

Burdigalian age. As is the case in northern and southern Sardinia, central Sardinia's Miocene formations can be referred to three main sedimentary cycles recognized on the basis of their litho-biostratigraphy and the analysis of associations of benthic macrofauna, which will be discussed in a specific article to be published shortly. The first Miocene sedimentary cycle evolved between the Chattian/Aquitainian limit and the Late Burdigalian (N6 Zone); the second cycle began in the Uppermost Burdigalian, in correspondence to the upper part of the Globigerinoides trilobus Zone (N7 Zone) and closes in the Late Serravallian (G. siakensis Zone, G. siakensis-G. obliqua obliqua Subzone); finally, after a clear regression phase, in the Tortonian (or perhaps already in the Uppermost Serravallian) the third cycle began and ended in the Early Messinian, in correspondence to the upper part of biostratigraphic N17a Zone. On the basis of a comparative analysis of autochthonous benthic associations, especially those with molluscs, and of the textural characteristics of the sediments, the prevalent depositional environment for the three cycles mentioned previously is that of a platform and secondly of a slope, but in some cases fluvio-lacustrine and deltaic. At the end of the third cycle there is a hiatus and/or erosion, or local continental sedimentation (Nuraghe Baboe Cabitza A n. Formation). A further marine sedimentary cycle locally (Sinis, Orosei) began and ends in the Lower Pliocene (Nuraghe Baboe Cabitza B n. Formation). In an overall biostratigraphic and geochronological frame, the comparison between the most important sedimentary, tectonic and volcanic occurrences in central Sardinia from the Oligocene to the Pliocene and those which occurred in the north and south of the island are pointed out. From the paleogeographic standpoint, the deposits of the first Miocene sedimentary cycle are part of the autochthonous cover of the southern European continental margin; those of the second and third cycles are instead connected with the aperture of the Balearic basin and the northern Tyrrhenian Sea; finally, the Early Pliocene marine succession is referred to the opening of the southern Tyrrhenian basin, as well as the widespread volcanic activity of prevalently basaltic alkaline nature (the «Plio-Pleistocene volcanic cycle») towards the end of the Messinian and in the Pliocene.

INTRODUZIONE

Questo lavoro si basa sui rilevamenti geologici, litostratigrafici e biostratigrafici di dettaglio che gli scriventi già da vari anni conducono anche nell'ambito degli studi biostratigrafici e paleoecologici sulle successioni terziarie della Sardegna, facenti parte del programma nazionale «Paleobenthos».

Scopo principale del lavoro è l'aggiornamento e/o una nuova definizione delle unità litostratigrafiche formali ed informali di età cenozoica affioranti nella Sardegna centrale (figura 1). Vengono, inoltre, fornite indicazioni sul loro significato paleoambientale e meglio precisati i loro rapporti stratigrafici con i prodotti vulcanici del Ciclo Calco-alcalino ad esse spesso associati. A quest'ultimo scopo sono stati di particolare aiuto i lavori di ASSORGIA *et al.* [1], [2], [3], ASSORGIA *et al.* [4], ASSORGIA *et al.* [5], ASSORGIA *et al.* [6], ARANA *et al.* [7], BECCALUVA *et al.* [8], BROTTU *et al.* [9], CHERCHI & TREMOLIÈRE [10], ESU & KOTSAKIS [11], MACCIONI *et al.* [12], POMESANO CHERCHI [13], ROBBA & SPANO [14], CHERCHI *et al.* [15], SAVELLI

[16], SAVELLI *et al.* [17], SMIT [18], LECCA *et al.* [19], PORCU [20], [21], [22], [23], LEONE *et al.* [24], SPANO [25] e ASSORGIA *et al.* [26].

I limiti delle unità litostratigrafiche già conosciute in letteratura sono stati verificati e spesso revisionati e sono stati definiti quelli relativi a nuove unità formali ed informali proposte in questo lavoro. I nuovi dati si basano sulla composizione delle associazioni planctoniche tratti da numerosi Autori. Le informazioni paleontologiche provenienti da lavori meno recenti sono state «rilette» e talora «reinterpretate» secondo i più aggiornati schemi biostratigrafici e geo-cronostratigrafici (STAINFORTH *et al.* [27], CANDE & KENT [28], OKADA & BUKRY [29], BERGGREN & MILLER [30], BERGGREN *et al.* [31], BANDET *et al.* [32], BUKRY [33] [34], IACCARINO [35], IACCARINO *et al.* [36], FORNACIARI & RIO [37], FORNACIARI *et al.* [38]) (tab. 1).

Molti lavori sui Foraminiferi planctonici e sul plancton calcareo, relativi alla Sardegna, sono stati di particolare supporto: COMASCHI CARIA [39], GANDOLFI [40], PECORINI & POMESANO CHERCHI [41], CHERCHI [42] [43], [35], [36], CORRADINI [44], BARBIERI & D'ONOFRIO [45], CIPOLLARI & COSENTINO [46].

I dati forniti da questi studi, opportunamente verificati ed aggiornati, sono stati integrati da ulteriori dati perlopiù inediti derivanti da nuove ricerche condotte dagli scriventi sia sulle associazioni paleontologiche, che sui rapporti stratigrafici rilevati sul terreno fra le diverse unità.

I dati relativi all'interpretazione dei sistemi deposizionali ed alla stima delle paleobatimetrie delle varie unità litostratigrafiche, nonché rilevamenti geologici e numerose sezioni stratigrafiche misurate saranno oggetto di ulteriori note in via di stesura.

UNITÀ STRATIGRAFICHE TRADIZIONALI DI NUOVA DEFINIZIONE E ORICTOCENOSI DOMINANTI (DATI PRELIMINARI)

L'inquadramento bio-cronostratigrafico delle unità sia formali che informali, o comunque in uso nella letteratura geologica della Sardegna, relativamente all'intervallo Cattiano/Aquitano-Messiniano, viene riportato nella tabella 1.

La loro collocazione nelle scale biostratigrafiche e cronostratigrafiche qui adottate (BLOW [47], [35] [36], [37], [38]) tiene conto delle attribuzioni e dei *datum planes* indicati per esse dagli Autori.

Nella stessa tabella 1 vengono proposti sia aggiornamenti nomenclaturali che nuove suddivisioni delle successioni sedimentarie presenti nella Sardegna centrale in unità formali di vario rango.

In particolare, alle unità istituite dagli Autori, e dagli stessi sempre indicate come «Formazioni», da noi ritenute ancora adeguate, seppure con limiti stratigrafici diversi, ma riferibili a posizioni gerarchiche diverse, è stato assegnato un rango diverso e sono state ridenominate (es. Formazione di Gesturi), seguendo le norme indicate dalla *Subcommission on Neogene Stratigraphy*. Altre volte i limiti bio-cronostratigrafici proposti dagli

scriventi ricalcano esattamente quelli attribuiti dagli Autori (es. Formazione di Capo San Marco).

Così, con riferimento al Primo Ciclo di sedimentazione marina «miocenico» riconosciuto nella parte centrale dell'Isola, la cui estensione temporale va dal passaggio Cattiano/Aquitano al Burdigaliano superiore (tabella 1), viene proposto, soprastante la Formazione di Villanovatulo, il Gruppo del Sarcidano, all'interno del quale sono state contraddistinte, dal più antico al più recente, le nn. Formazioni di Duidduru Ovest, Isili, Duidduru Est, ed il Gruppo della Marmilla con le nn. Formazioni di Gonnostramatza e di Villamar. Limitatamente all'area della Marmilla, viene inoltre proposta la n. Formazione di Turriga, eteropica con il Gruppo del Sarcidano.

Ulteriori suddivisioni delle Formazioni in Membri sono riportate nella tabella 1.

Per il Secondo Ciclo Sedimentario, riferito al Burdigaliano sommitale-Serravalliano, viene indicato il Gruppo dell'Alto Oristanese, con le nn. Formazioni di Dualchi e di Torre del Pozzo, alle quali corrisponde in Marmilla l'eteropica Formazione di Gesturi (emendata).

Il Secondo Ciclo si chiude con la messa in posto della n. Formazione di Capo Frasca Sud, che costituisce la parte stratigraficamente più bassa del Gruppo di Capo Frasca.

Per il Terzo Ciclo Sedimentario, assegnato all'intervallo Serravalliano superiore/Tortoniano-Messiniano inferiore, viene distinta, ancora in seno al Gruppo di Capo Frasca, la n. Formazione di Capo Frasca Nord.

CICLI SEDIMENTARI NEOGENICI E DEFINIZIONE DEI LORO LIMITI STRATIGRAFICI

Nel Miocene della Sardegna centrale, così come accade per i settori meridionale e settentrionale dell'Isola (tabella 2), si riconoscono tre principali cicli o successioni sedimentarie di età compresa fra il passaggio Cattiano-Aquitano ed il Messiniano inferiore; essi sono rappresentati da sedimenti silicoclastici e misti silicoclastici-carbonatici, spesso riccamente fossiliferi, nei quali si intercalano frequentemente prodotti piroclastici e lavici da acidi a basico-intermedi. Gli spessori massimi rilevati in sondaggio (Pozzo Campidano 1 [41]) raggiungono i 1000 m.

Ad una prima lettura dei dati paleoecologici ancora in via di definizione, dedotti dall'analisi comparata delle associazioni bentoniche autoctone e delle caratteristiche del sedimento, l'ambiente deposizionale prevalente è di piattaforma e subordinatamente di scarpata, ma talora anche fluvio-lacustre e deltizio.

Il Primo Ciclo Sedimentario affiora in Marmilla, Sarcidano, ecc.; esso ha inizio probabilmente già a partire dal Cattiano superiore e si imposta su un substrato vario, costituito da basamento ercinico (metamorfiti e granitoidi), oppure da vulcaniti del Ciclo Calco-alcalino «oligo-miocenico», attribuite dagli Autori alle serie $\alpha 1$ e $\tau 1$ (DERIU [48], [49]), equivalenti a SA.1 e SI.1 di COULON [50] e a LBLS e LAES di [2].

L'età cattiana è desunta, oltre che dai rapporti stratigrafici, dalla datazione rilevata da

SERRANO *et al.* [51] per il deposito di Sedda Sa Gamba (Villanovaforru).

Una forte accelerazione dell'attività tettonica e magmatica e conseguente aumento dell'energia erosiva è chiaramente documentata nel settore di Funtanazza (Sardegna meridionale) in sedimenti attribuibili al passaggio Aquitaniano-Burdigaliano ([3], BARBIERI *et al.* [52]). Un analogo *trend* vulcano-tettonico è stato evidenziato in depositi della Marmilla (Sardegna centrale), dove [51] riconoscono una microfauna del Burdigaliano basale costituita, fra l'altro, da: *Globigerina connecta*, *G. venezuelana*, *G. falconensis*, *G. woodi*, *Globigerinoides gr. trilobus*, *G. altiapertura*, *G. bisphericus*, *Neogloboquadrina siakensis*, *G. baroemoenensis*, *G. dehiscens*, *Catapsydrax stainforthi* e *Globigerinella obesa*.

Nelle parti meno distali del bacino di sedimentazione della Sardegna centrale, come nel settore di Genoni-Nureci ed in Marmilla, è ampiamente documentata, al pari di Calada Bianca (Sardegna meridionale) nel Burdigaliano inferiore (ASSORGIA *et al.* [53], [1], [2], [3]) una discontinuità, probabilmente di estensione regionale, da collegarsi ad una fase regressiva con conseguente impostazione di ambienti lacustri.

La conclusione del Primo Ciclo Sedimentario è riferibile al Burdigaliano superiore, in corrispondenza della Zona N6 dei Foraminiferi planctonici di [47] e risulta legata con l'inizio del Secondo Grande Complesso Piroclastico (tabella 1).

Il Secondo Ciclo Sedimentario affiora in Marmilla, Sinis, Montiferru, Barigadu, ecc. ed ha inizio nel Burdigaliano sommitale, in corrispondenza della parte alta della Zona a *Globigerinoides trilobus* equivalente alla Zona N7 di [47].

Su tutta l'area investigata, i primi sedimenti di questo ciclo poggiano sul Secondo Grande Complesso Piroclastico, attribuito in letteratura alla serie $\alpha 2$ di [48] [49], coeva delle serie SI.2 di [50] e UAES di [2].

Questi prodotti piroclastici, potenti sino ad oltre 5 m, corrispondono ai «tufi pomicei» di PECORINI [54], assegnati da questo Autore, sulla base delle associazioni a Foraminiferi planctonici, alla Zona a *Globigerinoides bisphericus* di CATI *et al.* [55], che, negli schemi cronostratigrafici più aggiornati riferiti al Mediterraneo, ricade nella parte alta della Zona a *Globigerinoides trilobus* di [47].

Oltre ai ben noti depositi vulcanoclastici UAES di Sa Manenzia e Paulilatino, si assegnano qui a questo Secondo Grande Complesso Piroclastico i prodotti affioranti a Ponte Su Mareu, Zoppianu, Pranu Mandara-Scala Seremida, Terra Messali-Genna Bentu, Bruncu Suergiu, Nuraghe Conca Tiddia, Monte Eguas, Bidella, Riu Florissa, Riu Gai, localizzati nel centro e nell'alta Marmilla.

Le associazioni a Foraminiferi planctonici dei depositi sottostanti ai prodotti di questo evento vulcanico sono costantemente caratterizzate dalla presenza di *Globigerinoides trilobus* (dominante), accompagnata da *G. bisphericus*, *G. altiapertura* e *Catapsydrax dissimilis*.

Ulteriori, nuove osservazioni sui Foraminiferi planctonici, condotte da uno degli scriventi (C. SPANO) su altri depositi fossiliferi di varie parti della Sardegna, nei quali si intercalano gli stessi «tufi pomicei», hanno confermato tali datazioni ed hanno

costantemente evidenziato l'assenza di *Catapsidrax dissimilis* e *Praeorbulina glomerosa* e la presenza di *Globigerinoides bisphericus* (dominanti), *G. trilobus*, *Globorotalia peripheroronda* (forme primitive), *G. continuosa*.

Nella parte alta di questo ciclo le associazioni bentoniche autoctone ed il rapporto Plancton/Benthos mostrano un *trend* regressivo su tutta l'area studiata.

I valori di questo rapporto relativi ai depositi immediatamente sottostanti al Secondo Grande Complesso Piroclastico e immediatamente soprastanti il medesimo prodotto vulcanico si attestano rispettivamente intorno a 50 ed a 10.

La chiusura del Secondo Ciclo, determinata in più larga misura da variazioni eustatiche, è documentata nella n. Formazione di Capo Frasca, riferibile alla subzona a *Orbulina universa*.

Per quanto attiene al Terzo Ciclo di sedimentazione marina, affiorante nella penisola della Frasca, penisola del Sinis, ecc., le microfaune planctoniche, non molto abbondanti, riportate dagli Autori, sono confinate soprattutto nel Membro della Baia di San Giovanni (n. Formazione dello Stagno Sale Porcus – Spiaggia San Giovanni). Esse sono riferibili alla Zona N17 (subzona N17a).

Poiché la parte alta della n. Formazione di Capo Frasca Sud è stata attribuita al Serravalliano medio-superiore e la parte più bassa della n. Formazione di Capo Frasca Nord viene riferita dagli Autori al Serravalliano superiore - Tortoniano, non si può escludere che, almeno localmente, sia presente una lacuna stratigrafica in corrispondenza di una fase erosiva durante il Serravalliano superiore.

La conclusione del Terzo Ciclo Sedimentario è riportabile al Messiniano inferiore, in corrispondenza della parte alta della Zona biostratigrafica N17a.

Le oritocenosi (CS) delle unità formazionali hanno fornito una buona diversità generica e specifica e sono governate dalle specie, riportate di seguito, identificate quando non è riportato diversamente, da C. SPANO.

Per il Primo Ciclo di sedimentazione marina (Cattiano/Aquitano – Burdigaliano superiore), dalla più antica (CS1) alla più recente (CS9):

– CS1 - n. Formazione di Duidduru Ovest – Membro A: BIVALVI - *Venus (Ventricoloidea) multilamella*, *Lucina multilamella*, *Cardium arcella*, *Aequipecten northamptoni*, *Gigantopecten cf. tournali*, *Ostrea (O.) edulis lamellosa*, *Anadara (A.) turoniensis*, *Tellina (Peronaea) planata*; GASTEROPODI - *Turritella (T.) turris*, *T. (T.) terebralis*, *Protoma (P.) cathedralis*, *Hinia (Uzita) serraticosta*, *Tympanotonos margaritaceus*.

– CS2 - Membro B: GASTEROPODI - *Turritella (T.) terebralis*, *T. (T.) turris*, *T. (Haustator) vermicularis*, *Protoma (P.) cathedralis*, *Astraea (Ormastraliium) carinatum*; BIVALVI - *Cardium arcella*, *Lucina multilamella*, *Glycymeris (G.) bimaculata*, *Mytilus haidingeri*.

– CS3 - n. Formazione di Isili: BIVALVI - *Callista (Costacallista) erycinoides*, *Pholadomia (P.) alpina*, *Glycymeris (Panopea) menardii*, *Gigantopecten tournali*, *Pecten (P.) corsicanus*, *Gastrana lacunosa*; GASTEROPODI - *Pyrula rusticula*;

ECHINOIDI - *Clypeaster crassicostatus*, *Echinolampas plagiosomus*, *Scutella* sp.

– CS4 - n. Formazione di Duidduru Est: BIVALVI - *Cardium arcella*, *Tellina (Peronaea) planata*, *Venus (Ventricoloidea) multilamella*, *Pelyciora (P.) gigas*, *Panopea (P.) glycymeris*, *Megaxinus (M.) transversus*, *Corbula (Varicorbula) gibba*, *Anadara (A.) turoniensis*; GASTEROPODI - *Turritella (T.) turris*.

– CS5 - n. Formazione di Gonnostramatza – Membro A: BIVALVI - *Amusiopecten baranensis*, *Ostreinella neglecta*; GASTEROPODI - *Vaginella depressa*, *V. austriaca*, *Clio triplicata*; PESCI - squame.

– CS6 - Membro B: BIVALVI - *Cardium arcella*, *Arca* sp., *Mimachlamys multistriata*, *Aequipecten northamptoni*, *Flabellipecten burdigalensis*, GASTEROPODI - *Cassidaria* sp..

– CS7 - Membro C: BIVALVI - *Ostreinella neglecta*; GASTEROPODI PELAGICI - *Vaginella depressa*, *V. austriaca*, *V. rotundata*, *Clio triplicata*.

– CS8 - n. Formazione di Villamar – Membro di Pauli Arbarei: GASTEROPODI PELAGICI - *Vaginella depressa*, *V. austriaca*, *V. rotundata*, *Clio triplicata*; BIVALVI - *Venus (Ventricoloidea) multilamella*, *Abra (Syndosmya) longicallus*, *Lucinoma borealis*, *Ostreinella neglecta*; ECHINOIDI - *Schizaster* sp., *Spatangua* sp.

– CS9 - Membro di Pranu Idda: BIVALVI - *Amusiopecten denudatum*, *Venus (Ventricoloidea) multilamella*, *Ostreinella neglecta*; GASTEROPODI - *Vaginella depressa* *V. austriaca*; ECHINOIDI - *Schizaster* sp.

Le specie dominanti le oritocenosi relative alle unità del Secondo Ciclo Sedimentario (Burdigaliano sommitale – Serravalliano inferiore) sono riportate di seguito, dall'unità più antica (CS10) a quella più recente (CS16).

– CS10 - n. Formazione di Dualchi: Depositi fluvio-lacustri.

– CS11 - n. Formazione di Torre del Pozzo – Membro A di Santa Caterina di Pittinuri: BIVALVI - *Ostrea (O.) edulis lamellosa*, *Aequipecten submalvinae*, *A. scabrellus*, *Gigantopecten* cf. *ziziniæ*, *G. nodosiformis*, *Amusiopecten expansus*, *Pecten (P.) paulensis*, *Cubitostrea frondosa*, *Venus (Ventricoloidea) multilamella*; ECHINOIDI - *Clypeaster intermedius*, *C. marginatus*; CROSTACEI - *Concavus (C.) concavus*, *Balanus perforatus*; PESCI - *Oxyrhina agassizi*, *Carcharodon megalodon*; ALGHE - «*Lithothamnium*».

– CS12 - Membro B di Santa Caterina di Pittinuri: BIVALVI - *Lentipecten denudatum*, *Mimachlamys multistriata*, *Aequipecten scabrellus*, *Propeamussium (Variamussium) duodecimlamellatum*; ECHINOIDI - *Schizaster desori*, *Psammechinus calarensis*, *Scutella* sp.

– CS13 - Formazione di Gesturi (emendata) – Membro di Laccu su Forraxi: BIVALVI - *Venus (Ventricoloidea) multilamella*, *Cardium* sp., *Mimachlamys multistriata*, *M. varia*, *Aequipecten* cf. *submalvinae*; GASTEROPODI - *Vaginella austriaca*, *Clio* sp., *Turritella (T.) turris*; ECHINOIDI - Radioli di *Spatangoida*; ALGHE - «*Lithothamnium*».

– CS14 - Membro di Baccu Iugesa: Sterile.

– CS15 - n. Formazione di Capo Frasca Sud: BIVALVI - *Acanthocardia (A.)*

paucicostata, *Pelecypora* (*P.*) *islandicoides*, *Aequipecten scabrellus*, *Gigantopecten* cf. *ziziniiae*, *Chlamys* (*C.*) *tauroperstriata*, *Ostrea* (*O.*) *edulis lamellosa*; ECHINOIDI - *Clypeaster* sp., *Scutella* sp., *Amphiope* sp.; CROSTACEI - *Concavus* (*C.*) *concavus*; ALGHE - «*Lithothamnium*».

– CS16 - n. Formazione di Capo Frasca Nord: BIVALVI - *Ostrea* (*O.*) *edulis lamellosa*, *Aequipecten scabrellus*, *Cubitostrea frondosa*; GASTEROPODI - *Diloma* (*Oxystele*) *rotellare*, *Turritella* (*T.*) *tricarinata*, *Cirsotrema* (*C.*) *pseudoscalare*, *Calyptraea* sp., *Polinices* (*P.*) *redemptus*, *Conus dujardini*.

Le specie dominanti relative alle oritocenosi delle unità del Terzo Ciclo Sedimentario (Serravalliano sommitale – Messiniano inferiore), dalla più antica (CS17) alla più recente (CS22).

– CS17 - n. Formazione di Stagno Sale Porcus – Spiaggia San Giovanni, Membro di Serra Araus: BIVALVI - *Ostrea* (*O.*) *edulis lamellosa*, *Cubitostrea frondosa*; CROSTACEI - *Balanus* sp..

– CS18 - Membro di Baia San Giovanni: BIVALVI - *Corbula* (*Varicorbula*) *gibba*, *Pecten* (*P.*) *vigolenensis*, *P.* (*P.*) *revolutus*, *Aequipecten scabrellus*, *Anadara* (*A.*) *turonensis*, *A.* (*A.*) *diluvii*, *Acanthocardia* (*A.*) *paucicostata*, *Pelecypora* (*P.*) *islandicoides*, *Dosinia* (*Anodontia*) *lupinus*; GASTEROPODI - *Turritella* (*T.*) *tricarinata*, *Aporrhais* (*A.*) *uttingeriana*, *Natica zigrina*; SCAFOPODI - *Dentalium* (*Antalis*) *interruptus*; ANELLIDI - *Dirupa arietina*.

– CS19 - Formazione di Capo San Marco (CHERCHI *et al.*, [48]): BIVALVI - *Acanthocardia* (*A.*) *echinata*, *Parvicardium minimum*, *Corbula* (*Vanicorbula*) *gibba*, *Timoclea* (*T.*) *ovata*, *Abra* (*Syndosmya*) *alba*, *Modiolus* (*M.*) *barbatus*, *Musculus* (*M.*) *costulatus*, *Gouldia* (*G.*) *minima*.

– CS20 - Formazione del Sinis (emendata) ([15]): Calcari bianchi microcristallini, sterili.

– CS21 - Formazione di Torre del Sevo (emendata) ([48]): BIVALVI - Modelli interni, ECHINOIDI.

– CS22 - n. Formazione di Nuraghe Baboe Cabitza B (SPANO [56]): BIVALVI - *Neopycnodonte navicularis*, *N. cochlear*, *Mimachlamys multistriata*, *M. varia*, *Aequipecten opercularis*, *Amusium cristatum*, *Pecten* (*P.*) *bipartitus*, *Himmites ercolianus*, *Clausinella fasciata*, *Parvicardium papillosum*, *Cubitostrea frondosa*, *Lucina orbicularis*; BRACHIOPODI - *Megathiris detruncata*, *Terebratula calabra*, *Megerlia truncata*; CROSTACEI - *Concavus* (*C.*) *concavus*, *Balanus spongicola*.

EVENTI SEDIMENTARIE GEODINAMICI CENOZOICI DELLA SARDEGNA CENTRALE

I tre cicli sedimentari miocenici presenti nella Sardegna centrale si sono verosimilmente evoluti in stretto rapporto con i più importanti eventi tettonici e vulcanici manifestatisi nell'Isola nell'ambito dell'evoluzione geodinamica cenozoica del Mediter-

raeano occidentale. In particolare, come già in precedenza prospettato dagli scriventi (in [2] [3]), l'inizio del Primo Ciclo Sedimentario (passaggio Cattiano/Aquitano) può essere posto in relazione con la tettonica trascorrente prodottasi in Sardegna e nella Corsica ercinica durante la fase collisionale nord-appenninica, tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore, anteriormente al distacco e migrazione verso SE della placca sardo-corsa (CARMIGNANI *et al.* [57 e bibliografia]) (tabella 1).

Questa tettonica trascorrente in varie parti della Sardegna ha dato luogo a strutture sia transpressive (pieghe «*en echelon*», *thrust* e faglie inverse) soprattutto nei tratti NE delle principali faglie trascorrenti (faglie di Nuoro, Tavolara, Olbia, ecc.), sia a bacini transtensivi ad accentuata subsidenza lungo i loro tratti SW. Anche nella parte centrale dell'Isola, particolarmente nel bacino della Marmilla, si sono accumulati forti spessori di depositi prevalentemente silicoclastici di ambienti fluviali e lacustri passanti verso SW a deltizi e marini, di età compresa fra l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore. A tali sedimenti si associano cospicui prodotti vulcanici (tufi, ignimbriti, lave) da andesitici (LBLS) a riolitici (LAES), appartenenti al Ciclo Calco-alcino «oligo-miocenico» sardo. L'ingressione marina relativa al Primo Ciclo Sedimentario miocenico sarebbe stata pertanto favorita e guidata dall'evolversi di bacini transtensivi, nei cui settori più occidentali o sud-occidentali si poterono depositare i sedimenti da continentali (nn. Formazioni di Sardara e di Villanovatulo), a transizionali e marini (livello a *Pereiraia* di Case Tati ?, Membri A e B della n. Formazione di Duidduru Ovest, nn. Formazioni di Isili e di Duidduru Est), di età cattiano-aquitano. Nel Burdigaliano, ai movimenti trascorrenti si sostituì un'importante fase di *rifting* connessa con la tettonica estensionale post-collisionale conseguente al collasso gravitativo dell'Orogene nord-appenninico [57]. Oltre ad aver dato luogo alla deriva verso SE del Blocco sardo-corso, all'apertura dei bacini delle Baleari e del Tirreno settentrionale (CHERCHI & MONTADERT [58], [57] e riferimenti), questa fase distensiva potè favorire anche l'ulteriore estensione e l'approfondimento della trasgressione marina ed il depositarsi di successioni sedimentarie da circalitorali ad epibatiali, contemporaneamente con un'intensa attività vulcanica da andesitico-basaltica (LBLS) a riolitica (LAES). L'accentuata instabilità che caratterizza la sedimentazione del Primo Ciclo di sedimentazione miocenico è chiaramente documentata da piegamenti, *slumps*, forte e costante componente vulcanogenica nei sedimenti e diffuso vulcanismo anche sottomarino (*pillow-lavas* e ialoclastiti) specialmente presenti in Marmilla e a Funtanazza (SPANO & BARCA [59]). Tali fenomenologie, che contraddistinguono, anche nella parte centrale dell'Isola, il Primo Ciclo di sedimentazione, risultano, invece, quasi del tutto assenti nei successivi due cicli sedimentari miocenici.

La nuova fase trasgressiva che nel Burdigaliano sommitale dà inizio al Secondo Ciclo di sedimentazione miocenico fu verosimilmente favorita da una energica ripresa della subsidenza nel bacino corrispondente al sistema NS del Rift Sardo, dove poterono accumularsi potenti successioni marnoso-argillose prevalentemente epibatiali, di età compresa fra il Burdigaliano superiore ed il Serravalliano medio-?superiore. A questi sedimenti marini si intercalano alcuni livelli di piroclastiti-epiclastiti acide [54], che

rientrano fra le ultime manifestazioni del Ciclo Calco-alcalino «oligo-miocenico» nell'Isola, la cui cessazione sarebbe avvenuta subito dopo la fine della deriva del Blocco sardo-corso, come documentato anche dai dati paleomagnetici (MONTIGNY *et al.* [60]). La massima batimetria raggiunta nella Sardegna centrale è registrata a partire dalla parte più alta del Burdigaliano inferiore sino al Burdigaliano superiore, in corrispondenza delle Zone N6, N7 e NN4, rispettivamente delle Scale di [47] e di MARTINI [61], come suggerito dagli Pteropodi e dalle faune bentoniche autoctone epibatiali ad essi associati (in corso di definizione). A partire dal Serravalliano inferiore, nella Sardegna centrale, questo Secondo Ciclo Sedimentario manifesta una fase regressiva documentata dai sedimenti, soprattutto infralitorali, della n. Formazione di Capo Frasca Sud.

La fase trasgressiva che diede avvio al Terzo Ciclo Sedimentario miocenico si manifestò, nell'area cui si riferisce questa nota, forse già a partire dal Serravalliano superiore, limitatamente ai settori più subsidenti del Rift sardo, e precisamente nella Penisola del Sinis e nella Penisola della Frasca. In tali settori si depositarono sedimenti marnoso-calcarei di piattaforma, la cui età arriva sino al Messiniano inferiore ([41] e riferimenti).

Successivamente, come conseguenza dell'apertura del Bacino sud-tirrenico (SARTORI [62]), verso la fine del Messiniano e nel Plio-Pleistocene, in conseguenza di un'accentuata ripresa della tettonica distensiva, che favorì anche una diffusa attività vulcanica a carattere alcalino prevalentemente basaltico («ciclo vulcanico plio-pleistocenico»), si manifestò l'ingressione marina del Pliocene inferiore nell'Oristanese (n. Formazione di Nuraghe Baboe Cabitza B), poi interrotta dai depositi continentali plio-pleistocenici della n. Formazione di Nuraghe Baboe Cabitza C.

Contributi da Tesi di Laurea inedite, su tematiche attinenti all'oggetto della presente nota, coordinate da C. SPANO e S. BARCA: A. PASSIU (1981-82), L. SANNA (1981-82), M.I. MEREU (1989-90), R. BERNARD (1991-92), P.D. SIRIGU (1991-92), E. CAPPAL (1993-94), L. CASU (1993-94), M. PINNA (1993-94), V. PINTUS (1993-94), M. SERRA (1993-94), A. MUNTONI (1995-96), M.G. ROMBI (1995-96), E. CABIDDU (1996-97), S. CARTA (1996-97), P. PILI (1996-97), D. BONEDDU (1997-98), R. ZEDDA (1997-98), L. SANNA (1998-99).

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. ASSORGIA, S. BARCA & C. SPANO, *Upper Oligocene – Lower Miocene sequences of the Arbus – Funtanazza Coast (South – Western Sardinia, Italy)*. In: Volume dedicato a Tommaso Cocozza (L. Carmignani & F. P. Sassi Eds.). IGCP N. 276, News-letter, 5: 21-31 (1992).
- [2] A. ASSORGIA, S. BARCA & C. SPANO, *Convegno-Escursione nella Marmilla «La Fossa Sarda» nell'ambito dell'evoluzione geodinamica cenozoica del Mediterraneo occidentale*. Libro-Guida e Riassunti, Villanovafornu (CA), 19-22 Giugno, 1-163 (1997a).
- [3] A. ASSORGIA, L. MACCIONI & G. MACCIOTTA, *Carta geopetrografica del vulcanismo pliocenico della Sardegna centro-meridionale, scala 1:50.000*. SELCA Firenze (1983).

- [4] A. ASSORGIA, S. BARCA, M. FARRIS, R. RIZZO & C. SPANO, *The Cenozoic sedimentary and volcanic successions in the Monastir – Furtei sector (Southern Campidano – Sardinia)*. Mem. Soc. Geol. It., 48: 391-397 (1994).
- [5] A. ASSORGIA, S. BARCA & C. SPANO, *A synthesis on the cenozoic stratigraphic, tectonic and volcanic evolution in Sardinia (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., 116: 407-420 (1997b).
- [6] A. ASSORGIA, S. BARCA, G. FLORE, R. LONIS, S. S. LUXORO, M. PINNA, A. PORCU, F. SECCHI & C. SPANO, *Carta Geologica del settore vulcanico e sedimentario cenozoico compreso tra Fordongianus e Sinis (Sardegna centrale)*. Firenze, S.E.L.C.A. (1995).
- [7] V. ARANA, F. BARBIERI & R. SANTACROCE, *Some data on the comendite type area (San Pietro and Sant'Antioco Islands, Sardinia)*. Bull. Volcan., 38: 725-736 (1975).
- [8] L. BECCALUVA, L. CIVETTA, G. MACCIOTTA & C. A. RICCI, *Geochronology in Sardinia: results and problems*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 40: 57-62 (1985).
- [9] P. BROTZU, V. FERRINI, L. MORBIDELLI & G. TRAVERSA, *Il distretto vulcanico di Capo Ferrato*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, 45: 1-46 (1975).
- [10] A. CHERCHI & L. TREMOLIÈRES, *Nouvelles données sur l'évolution structurale au Mésozoïque et au Cénozoïque de la Sardaigne et leurs implications géodinamiques dans le cadre méditerranéen*. C. R. Acad. Sc. Paris, 298: 889-894 (1984).
- [11] D. ESU & T. KOTSAKIS, *Les vétébrés et les mollusques continentaux du Tertiaire de la Sardaigne: Paleobiogéographie et biostratigraphie*. Geol. Romana, 22: 177-206 (1983).
- [12] L. MACCIONI, M. MARCHI & A. ASSORGIA, *Carta geo - petrografica dell'Isola di S. Antioco (Sardegna sud-occidentale), scala 1:25.000*. SELCA Firenze (1990).
- [13] A. POMESANO CHERCHI, *Studio stratigrafico e micropaleontologico del Pozzo Oristano 1 (Sardegna)*. Mem. Soc. Geol. It., 10 (1): 1-16 (1971).
- [14] E. ROBBA & C. SPANO, *Gasteropodi pelagici nel Miocene medio del Campidano meridionale (Sardegna)*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 84 (3): 751-796 (1978).
- [15] A. CHERCHI, A. MARINI, M. MURRU & E. ROBBA, *Stratigrafia e paleoecologia della Penisola del Sinis (Sardegna occidentale)*. Riv. It. Paleont. Strat., 84 (4): 973-1036 (1978).
- [16] C. SAVELLI, *Datazioni preliminari col metodo K-Ar di vulcaniti della Sardegna sud-occidentale*. Soc. It. Miner. e Petr., 31: 191-198 (1975).
- [17] C. SAVELLI, L. BECCALUVA, M. DERIU, G. MACCIOTTA & L. MACCIONI, *K/Ar geochronology and evolution of tertiary «calc-alkalic» volcanism of Sardinia (Italy)*. Journ. Volcanol. Geotherm. Res., 5: 257-269 (1979).
- [18] R. SMIT, *Miogipsina intermedia from Sardinia*. Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch, Ser. B, 77 (5): 432-436 (1974).
- [19] L. LECCA, R. LONIS, S. LUXORO, E. MELIS, F. SECCHI & P. BROTZU, *Oligo - Miocene volcanic sequences and rifting stages in Sardinia: a review*. Petr. Mineral., 66: 7-61 (1997).
- [20] A. PORCU, *Geologia della media valle del Tirso (Sardegna Centrale)*. Boll. Soc. Sarda di Sc. Nat., 10: 1-24 (1972).
- [21] A. PORCU, *Depositi continentali della valle del Tirso (Sardegna centrale)*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, 53 (2): 143-150 (1983).
- [22] A. PORCU, *Geologia del Graben di Ottana (Sardegna centrale)*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, 53 (2), 74-89 (1983).
- [23] A. PORCU, *Osservazioni stratigrafiche sul Miocene dei dintorni di Paulilatino (Sardegna centro-occidentale)*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, 54 (1) (1984).
- [24] F. LEONE, M. L. SANNA & C. SPANO, *Successioni stratigrafiche del Miocene inferiore a nord della Giara di Gesturi*. Boll. Soc. Sarda di Sc. Nat., 23: 21-44 (1984).

- [25] C. SPANO, *Paleocomunità a Molluschi del Miocene medio – superiore di Capo Frasca (Sardegna centro – occidentale)*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 97: 143-201 (1988).
- [26] A. ASSORGIA, S. BARCA, K. BALOGH, A. PORCU, R. RIZZO & C. SPANO, *The Oligocene-Miocene sedimentary and volcanic successions of Central Sardinia (Italy)*. Rom. J. Stratigraphy, 78: 9-23 (1998).
- [27] R. M. STAINFORTH, J. L. LAMB, H. LUTERBACHER, J. H. BEARD & R. M. JEFFORD, *Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms*. Univ. Kansas Paleontol. Contrib., 62: 1-425 (1975).
- [28] S. CANDE & D. V. KENT, *A new geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic*. Journal of Geophysical Research, 13: 917-971 (1992).
- [29] H. OKADA & D. BUKRY, *Supplementary modification and introduction of code numbers to the Low – Latitude coccolith Biostratigraphic Zonation (BUKRY, 1973, 1975)*. Marine Micropaleontology, 5: 321-325 (1980).
- [30] W. A. BERGGREN & K. G. MILLER, *Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetobiochronology*. Micropaleontology, 34: 362-380 (1988).
- [31] W. A. BERGGREN, D. KENT, C. C. SWISHER & M. P. AUBRY, *A Revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy*. Geochronology Times Scales and Global Stratigraphic Correlation. SEPM Special Publication n. 54 (1995).
- [32] Y. BANDET, J. BURGOIS, G. GLACON, Y. GOURINARD, J. MAGNE & C. MULLER, *Position du Langhien dans les échelles de chronologie biostratigraphique radiométrique et géomagnétique*. C.R. Acad. Sc. Paris, 299, II (10): 651-656 (1984).
- [33] D. BUKRY, *Low Latitude Coccolith Biostratigraphic Zonation*. In EDGARD N. T., Saunders J. B. et al. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 15: 685-703 (1973).
- [34] D. BUKRY, *Coccolith and Silicoflagellate Stratigraphy, North Western Pacific Ocean Deep Sea Drilling Project, Leg 32*. In LARSON R. I., MOBERLY R. et alii. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 32: 677-701(1975).
- [35] S. IACCARINO, *Mediterranean Miocene and Pliocene Planktic Foraminifera*. In Boll. H. M., SAUNDERS J. B. & PERCH-NIELSEN K., Eds., Plankton Stratigraphy. Cambridge Univ. Press, 283-314 (1985).
- [36] S. IACCARINO, S. D'ONOFRIO & M. MURRU, *Miocene foraminifera of several sections of the Marmilla area (Central-Western Sardinia)*. Boll. Soc. Paleont. Ital., 23 (2): 395-412 (1985).
- [37] E. FORNACIARI & D. RIO, *Latest Oligocene to early-middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropaleontology, 42 (1): 1-36 (1996).
- [38] E. FORNACIARI, A. DI STEFANO, D. RIO & A. NEGRI, *Middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropaleontology 42 (1): 37-63 (1996).
- [39] I. COMASCHI CARIA, *Prima segnalazione di Pinuxylon in Sardegna con cenni sulla questione dell'età dei tufi a piante nell'isola*. Res. Ass. Min. Sarda, 1: 1-8.
- [40] R. GANDOLFI, *Sardegna, Appennino e Mediterraneo. Alcune considerazioni alla luce delle moderne vedute geodinamiche*. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat., XIII, 23-32 (1973).
- [41] G. PECORINI & A. POMESANO CHERCHI, *Ricerche geologiche e biostratigrafiche nel Campidano meridionale (Sardegna)*. Mem. Soc. Geol. It., 8: 421-451 (1969).
- [42] A. CHERCHI, *Appunti biostratigrafici sul Miocene della Sardegna (Italia)*. V Congr. Neogène Medit. (Lyon, 1971). Mém. B.R.G.M., 78: 433-445 (1974).
- [43] A. CHERCHI Ed., *Guide Book: 19th European Micropaleontological Colloquium, Sardinia October 1-10*, 1-338 (1985).

- [44] D. CORRADINI, *Dinoflagellate cysts from the Miocene of Sardinia*. Boll. Soc. Paleont. Ital., 23 (2): 413-420 (1984).
- [45] R. BARBIERI & S. D' ONOFRIO, *Benthic Foraminifera of the Fangario Formation (Cagliari, Sardinia)*. Boll. Soc. Paleont. Ital., 23: 439-477 (1985).
- [46] P. CIPOLLARI & D. COSENTINO, *Caratteristiche stratigrafiche della Formazione della Marmilla (Miocene inferiore) nell'area di Collinas - Villanovaforru (Sardegna centro-meridionale)*. In A. ASSORGIA, S. BARCA & C. SPANO Eds. Convegno-escursione: La «Fossa Sarda» nell'ambito dell'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale, Libro-guida e Riassunti, Villanovaforru (CA), 19-22 Giugno (1997).
- [47] W. H. BLOW, *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy*. Proc. Ist. Intern. conf. plankt. Microfossils. Genova: 1-422 (1969).
- [48] M. DERIU, *Stratigrafia, cronologia e caratteri petrochimici delle vulcaniti «oligoceniche» in Sardegna*. Mem. Soc. Geol. It., 3: 676-705 (1962).
- [49] M. DERIU, *Notizie sulla costituzione geologica del Bosano, della Planargia e del Montiferro settentrionale e occidentale*. Monografia Reg. Bosano, Ass. Comm. Bosa e Cuglieri, 1-50 (1964).
- [50] C. COULON, *Le volcanism calco-alcalin cénozoïque de Sardaigne (Italy)*. Pétrographie, Géochimie et genèse des laves andésitiques et des ignimbrites-signification géodynamique. Thèse Doct. 3 Cycle Univ. Aix-Marseille III, 1-385 (1977).
- [51] F. SERRANO, L. CASU, F. GUERRERA, M. SERRA & C. SPANO, *Nuovi dati biostratigrafici sul Miocene inferiore della Sardegna*. In A. ASSORGIA, S. BARCA & C. SPANO Eds. Convegno-escursione: La «Fossa Sarda» nell'ambito dell'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale, Libro-guida e Riassunti, Villanovaforru (CA), 19-22 Giugno, 152 (1997).
- [52] M. BARBIERI, F. CASTORINA, P. CIPOLLARI & D. COSENTINO, *La successione del Miocene inferiore di Funtanazza (Sardegna sud-occidentale): nuovi dati cronostratigrafici*. In A. ASSORGIA, S. BARCA & C. SPANO Eds. Convegno-Escursione: La «Fossa Sarda» nell'ambito dell'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale, Libro-guida e Riassunti, Villanovaforru (CA), 19-22 Giugno, 65 (1997).
- [53] A. ASSORGIA, S. BARCA, G. ONNIS, F. A. G. SECCHI & C. SPANO, *Episodi sedimentari oligomiocenici nel settore occidentale dell'Arcuentu e loro contesto geodinamico (Sardegna SW)*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 229-240 (1988).
- [54] G. PECORINI, *Sui tufi pomicei langhiani della Sardegna meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., 93: 1001-1012 (1974).
- [55] CATI *et alii*, *Biostratigrafia del Neogene Mediterraneo basata sui Foraminiferi planctonici*. Boll. Soc. Geol. It., 87: 491-503 (1968).
- [56] C. SPANO, *Macrofauna circalitorale del Pliocene inferiore di Capo S. Marco (Sardegna occidentale)*. Riv. It. Paleont. Strat., 95 (2): 137-172 (1989).
- [57] L. CARMIGNANI, S. BARCA, L. DISPERATI, P. FANTOZZI, A. FUNEDDA, G. OGGIANO & S. PASCI, *Tertiary compression and extension in the Sardinian*. Boll. Geof. Teof. Appl., 36: 29-49 (1994).
- [58] A. CHERCHI & L. MONTADERT, *Il sistema di rifting oligo-miocenico del Mediterraneo occidentale e sue conseguenze paleogeografiche sul Terziario sardo*. Mem. Soc. Geol. Ital. 24: 387-400 (1984).
- [59] C. SPANO & S. BARCA, *Ecobiostratigraphic, lithostratigraphic, depositional and sythemic setting of Cenozoic units in Southern Sardinia (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., 121: 19-34 (2002).
- [60] R. MONTIGNY, J. B. EDEL & R. THUIZAT, *Oligo-Miocene rotation of Sardinia: K-Ar ages and paleomagnetic data of Tertiary*. Earth and Planetary Science Letters, 54: 261-271 (1981).

- [61] E. MARTINI, *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation*. Proc. II Planktonic Conf. (Roma, 1970), **2**: 739-785 (1971).
- [62] R. SARTORI, *Evoluzione neogenico-recente del bacino tirrenico e suoi rapporti con la geologia delle aree circostanti*. Giorn. di Geol., **3**: 51/2, 1-39 (1989).
- [63] B. U. HAQ, J. HANDBOL & P. R. VAIL, *The new chronostratigraphic basis of cenozoic and mesozoic sea level cycles*. In: Cushman foundation for Foraminiferal research. Special Publication, **24** (1987).
- [64] W. A. BERGGREN, M. P. AURBY & N. HAMILTON, *Neogene magnetobiostratigraphy of Deep Sea Drilling Project Site 516 (Rio Grande Rise, South Atlantic)*. In: P. F. BARKER, R. L. CARLSON & D. A. JOHNSON. Init. Repts. DSDP, **72**: 675-713 (1983).
- [65] S. IACCARINO & G. SALVATORINI, *A framework of planktonic foraminiferal biostratigraphy for early Miocene to late Pliocene Mediterranean area*. Paleontologia ed Evoluzione, **2**: 115-125 (1982).
- [66] C. SPANO & B. FURINA, *Osservazioni paleoecologiche sulle paleocomunità del Tortoniano di Capo S. Marco (Sardegna Centro-Occidentale)*. Atti Quarto Simposio di Ecol. e Paleoecol. delle Comunità Bentoniche-Museo Reg. Sc. Nat. Torino, **275-296** (1988).
- [67] I. DIENI & F. MASSARI, *Il Neogene ed il Quaternario nei dintorni di Orosei (Sardegna)*. Mem. Soc. It. Sc. Nat., **15** (2): 91-141 (1966).
- [68] R. MAZZEI & G. OGGIANO, *Messa in evidenza di due cicli sedimentari nel Miocene dell'area di Florinas (Sardegna settentrionale)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, **97**: 119-147 (1990).
- [70] S. BARCA, C. SPANO & T. TICCA, *Definizione lito-biostratigrafica delle unità formazionali del tardo Paleogene e Neogene del Nord Sardegna (Italia) e della Corsica (Francia)*. Questo volume.