

PROGRAMMA DI RICERCA - MODELLO A
Anno 2003 - prot. 2003040755

1.1 Programma di Ricerca di tipo

Interuniversitario

Area scientifico disciplinare Scienze della Terra (100%)

1.2 Titolo del Programma di Ricerca

Testo italiano

L'evento Lago Mare del Messiniano superiore: stratigrafia ad alta risoluzione e ruolo dei fattori tettonici e climatici nelle modificazioni paleoambientali ad alta frequenza connesse alle fasi finali della Crisi di Salinità del Mediterraneo

Testo inglese

The late Messinian Lago Mare event: high-resolution stratigraphy, tectonic and climatic control on high-frequency paleoenvironmental changes related to the final stage of the Messinian Salinity Crisis of the Mediterranean area

1.3 Abstract del Programma di Ricerca

Testo italiano

Le modificazioni paleoambientali dell'area mediterranea connesse alla crisi di salinità del Messiniano costituiscono un tema di grande attualità per un'ampia comunità scientifica, comprendente non solo geologi e paleontologi, ma anche paleobiologi, biologi evolutivisti e paleoclimatologi. La comprensione dei meccanismi di risposta degli ecosistemi terrestri e marini a perturbazioni di grande ampiezza e breve durata rappresenta infatti un tema di grande interesse, soprattutto in chiave predittiva. In tal senso gli eventi messiniani costituiscono una buona opportunità, per la disponibilità di registrazioni sedimentarie espanse che consentono una elevata risoluzione temporale. Vari gruppi di ricerca a livello internazionale hanno avviato tentativi di modellizzazione quantitativa degli scenari paleoclimatici e paleoceanografici legati agli eventi messiniani, ma l'assenza di un quadro attendibile dell'evoluzione paleogeografica li ostacola fortemente.

Ciò è dovuto a vari fattori, 1) il carattere ancora ignoto delle successioni messiniane nei bacini mediterranei profondi, 2) la possibile sottovalutazione dell'entità e velocità di deformazione tettonica dell'area mediterranea durante il Messiniano, 3) la mancanza di una sintesi stratigrafica ad alta risoluzione estesa a scala regionale.

Questo ultimo aspetto riguarda in particolare il breve (<300 ka) intervallo tardo-Messiniano di isolamento totale del Mediterraneo dall'oceano, noto come fase post-evaporitica, evaporitico superiore o Lagomare. In questa fase si assiste ad un brusco e generalizzato passaggio da condizioni iperaline a ipoaline, con sviluppo di bacini endoreici lacustri o salmastri, caratterizzati da condizioni climatiche e bilanci idrologici fortemente differenziati, fino al ristabilimento improvviso e sincrono delle connessioni marine alla base del Pliocene.

L'articolazione dell'area mediterranea in questa fase si riflette in una grande variabilità litostratigrafica e l'assenza di criteri certi per correlazioni di dettaglio tra successioni sviluppate in contesti diversi determina ricostruzioni paleogeografiche a bassa risoluzione e impedisce la comprensione di modalità, velocità e ruolo dei fattori di controllo delle modificazioni ambientali.

Questo progetto si propone come obiettivo principale di colmare questa lacuna mediante la definizione di un quadro stratigrafico ad alta risoluzione dell'intervallo tardo-Messiniano, basato su una cronologia di eventi riconoscibili e tracciabili in tutta l'area Mediterranea.

L'obiettivo sarà perseguito con lo studio in superficie e in sottosuolo (con dati resi disponibili da Eni-Agip) di successioni appartenenti a contesti geotettonici differenziati (Bacino della Laga, Bacini toscani e tirrenici, Bacini siciliani, Bacino Terziario Piemontese), ed il loro confronto con altre aree (avanfossa appenninica, Grecia continentale, Cipro, Spagna e Marocco), per le quali sono disponibili sintesi stratigrafiche parziali, grazie a studi condotti negli ultimi anni. Particolare attenzione sarà rivolta all'inquadramento geologico regionale delle successioni studiate, al fine di assicurarne la significatività a scala mediterranea.

Sulla base dello schema stratigrafico ricostruito, verranno poi affrontati a scala mediterranea temi di particolare rilevanza:

- il ruolo della fase di strutturazione tortoniano-messiniana dell'area mediterranea nella genesi degli eventi messiniani;*
- la genesi della grande superficie erosiva intra-Messiniana e dei depositi ad essa associati;*
- tempi e modalità del passaggio da condizioni iperaline ad ipoaline;*
- controllo climatico sullo sviluppo ciclico ad alta frequenza dei sistemi deposizionali continentali della fase post-evaporitica;*
- definizione temporale ed areale di incursioni marine nei bacini di Lago Mare ed implicazioni di tipo paleogeografico;*
- storia deposizionale e diagenetica delle facies evaporitiche del Messiniano superiore;*
- sintesi regionale del passaggio Mio-Pliocene.*

Testo inglese

The dramatic palaeoenvironmental change of the Mediterranean area related to the Messinian salinity crisis still represent a largely debated item for a large scientific community, consisting not only of geologists and paleontologists but also evolutionary biologists, paleobiologists and paleoclimatologists. The better understanding of the response of terrestrial and marine ecosystems to high-amplitude and short period perturbations represents a very interesting issue, especially for predictive purposes. To this respect, Messinian events represent a good chance, due to the availability of expanded sedimentary records allowing high potential time resolution. Many international research groups have began the quantitative modelling of paleoclimatic and paleoceanographic Messinian scenarios; however the lack of a reliable paleogeographic framework of the Mediterranean during the Messinian put severe limitations to such attempts.

This is due to three main factors: 1) the still unknown nature of the Messinian deposits buried in the deep Mediterranean basins, 2) the possible overlooked amplitude and velocity of tectonic events during this interval and 3) the lack for some specific time intervals of a high-resolution sovra-regional stratigraphic framework.

The latter point particularly concerns the short latest Messinian interval (300 kyrs) known as post-evaporitic, Upper Evaporites or Lago Mare stage, characterized by the total isolation of the Mediterranean basin from the ocean. During this stage, a sudden switch to non marine conditions is observed throughout the whole Mediterranean area, leading to the development of freshwater to brackish endoreic basin, with hydrological budgets and climatic conditions strongly diversified, up to the sudden reopening of marine connections at the base of the Pliocene.

The articulation of Mediterranean basins in this interval is mirrored by the great lithostratigraphic variability; the lack of criteria for reliable and detailed long-range correlations is responsible for low-resolution paleogeographic reconstructions and does not allow to understand the mechanisms, velocity and role of the factors controlling environmental changes in the different realms. For these reasons, the main aim of this project is the attempt to define a high-resolution stratigraphic framework for the latest Messinian interval, based on a detailed chronology of events recognizable and correlatable throughout the Mediterranean area. The main objective will be achieved through the study of outcropping and buried successions (the latter with seismic and well data made available by Eni-Agip) belonging to different geotectonic settings (extensional Tuscan and Tyrrhenian basins, compressive basins of Sicily, Tertiary Piedmont Basin, Laga Basin) and their comparison with basins of other areas (Apennine foredeep, continental Greece, Spain and Morocco) for which partial stratigraphic synthesis are already available. Particular attention will be paid to frame all the studied sections in their regional geologic context, in order to strenghten their significance at a larger, Mediterranean scale.

Based on the reconstructed high-resolution stratigraphic framework for the latest Messinian, the following important issues will be studied at a Mediterranean scale:

- the role of the Tortonian-Messinian phase of tectonic deformation of the Mediterranean area in the genesis of Messinian events through its sedimentary record;
- the origin of the great intra-Messinian erosional surface and associated deposits;
- timing and modes of the transition toward non marine, Lago Mare stage;
- the climatic control of the high-frequency cyclical changes in the Lago Mare depositional systems;
- time and space distribution and paleogeographic implications of marine incursions within the Lago Mare successions;
- depositional and diagenetic history of evaporitic deposits of the uppermost Messinian;
- sovra-regional synthesis of the Miocene/Pliocene transition.

1.4 Durata del Programma di Ricerca

24 Mesi

1.5 Settori scientifico-disciplinari interessati dal Programma di Ricerca

GEO/02 - Geologia stratigrafica e sedimentologica

GEO/01 - Paleontologia e paleoecologia

GEO/03 - Geologia strutturale

GEO/08 - Geochimica e vulcanologia

GEO/06 - Mineralogia

1.6 Parole chiave**Testo italiano**

CRISI DI SALINITÀ MESSINIANA ; STRATIGRAFIA FISICA ; PALEOECOLOGIA ; PALEOGEOGRAFIA ; BIOSTRATIGRAFIA ; PALEOCLIMATOLOGIA ; MEDITERRANEO ; CAMBIAMENTI PALEOAMBIENTALI AD ALTA FREQUENZA ; TETTONICA

Testo inglese

MESSINIAN SALINITY CRISIS ; PHYSICAL-STRATIGRAPHY ; PALAEOECOLOGY ; PALAEOGEOGRAPHY ; BIOSTRATIGRAPHY ; PALAEOCLIMATOLOGY ; MEDITERRANEAN ; HIGH-FREQUENCY PALAEOENVIRONMENTAL CHANGES ; TECTONICS

1.7 Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca**ROVERI****MARCO****Professore Ordinario****01/09/1959****RVRMRC59P01A9440****GEO/02 - Geologia stratigrafica e sedimentologica****Università degli Studi di PARMA****Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI****Dipartimento di SCIENZE DELLA TERRA****0521-905354***(Prefisso e telefono)***0521-905354***(Numero fax)***roveri@unipr.it***(Email)***1.8 Curriculum scientifico****Testo italiano**

Nato a Bologna il 01/09/1959; laureato in Scienze Geologiche il 15/07/1983 presso l'Università degli Studi di Bologna.

Dal 1986 al 1990 ha svolto attività di sedimentologo presso l'Unità di Sedimentologia dei Servizi Centrali per l'Esplorazione, AGIP S.p.A., S. Donato Milanese (MI).

Nel 1990 è divenuto Ricercatore presso l'Istituto di Geologia Marina del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Bologna; dal 2000 è Professore Straordinario di Geologia presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Parma.

Nell'ambito delle varie esperienze maturate, ha partecipato e coordinato vari progetti di ricerca ed è stato responsabile scientifico di campagne oceanografiche a bordo di mezzi navali del CNR. Si è occupato in questa fase anche di cartografia geologica marina.

Le principali linee di ricerca seguite negli ultimi anni riguardano la Stratigrafia fisica e paleoceanografia dei depositi tardo-quadernari dei margini continentali mediterranei, i caratteri sedimentologici, stratigrafico-fisici e paleoecologici delle successioni neogeniche dell'area mediterranea, la ciclicità climatica registrata nelle successioni sedimentarie.

Testo inglese

Born in Bologna (Italy) on September 1st, 1959, graduated in Geological Sciences at Bologna University on 1983, he joined Agip S.p.A on 1986, carrying out his activity in the Sedimentology Unit.

Researcher at the CNR Institute of Marine Geology from 1990 to 2000; in this position he participated to several scientific projects and cruises on board of CNR research vessels in the Mediterranean Sea as scientist and chief scientist. Professor of Geology at the Earth Sciences Department of the University of Parma (Italy) since 2000.

Main research interests concern the sedimentology, physical-stratigraphy, palaeoceanography and palaeoecology of Neogene Mediterranean deposits, with particular attention to the climatic control on high frequency cyclicity of siliciclastic sedimentary successions and to the relationships between tectonics and sedimentation in syn-orogenic basins.

1.9 Pubblicazioni scientifiche più significative del Coordinatore del Programma di Ricerca

1. ROVERI M.; MANZI V.; RICCI LUCCHI F.; ROGLEDI S. (2003). *Sedimentary and tectonic evolution of the Vena del Gesso basin (Northern Apennines, Italy): Implications for the onset of the Messinian salinity crisis* GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA BULLETIN. (vol. 115/4 pp. 387-405)
2. ROVERI M.; BASSETTI M.A.; RICCI LUCCHI F. (2001). *The Mediterranean Messinian salinity crisis: an Apennine foredeep perspective* SEDIMENTARY GEOLOGY. (vol. 140 pp. 201-214)
3. ROVERI M.; MANZI V.; BASSETTI M.A.; MERINI M.; RICCI LUCCHI F. (1998). *Stratigraphy of the Messinian post-evaporitic stage in eastern-Romagna (northern Apennines, Italy)* GIORNALE DI GEOLOGIA. (vol. 60 pp. 119-142)
4. BASSETTI M.A.; RICCI LUCCHI F.; ROVERI M. (1994). *Physical stratigraphy of the Messinian post-evaporitic deposit in central-southern Marche area (Apennines, central Italy)*. MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA. (vol. 48 pp. 275-288)
5. ROVERI M.; MANZI V. (2003). *The Messinian salinity crisis: looking for a new paradigm?* PALAEOGEOGRAPHY, PALAEOCLIMATOLOGY, PALAEOECOLOGY. vol. in press

1.10 Elenco delle Unità di Ricerca

| n° | Responsabile Scientifico | Qualifica | Settore Disc. | Università | Dipartimento/Istituto | Mesi Uomo |
|----|--------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------|--|-----------|
| 1. | COSENTINO DOMENICO | Professore Ordinario | GEO/02 | ROMA TRE | SCIENZE GEOLOGICHE | 18 |
| 2. | GRASSO MARIO | Professore Ordinario | GEO/03 | CATANIA | SCIENZE GEOLOGICHE | 16 |
| 3. | NEGRI ALESSANDRA | Ricercatore Universitario | GEO/02 | Politecnica delle Marche | SCIENZE DEL MARE | 12 |
| 4. | PASCUCCI VINCENZO | Professore Associato | GEO/02 | SASSARI | Scienze geologico-mineralogiche | 12 |
| 5. | PINI GIAN ANDREA | Ricercatore Universitario | GEO/03 | BOLOGNA | SCIENZE DELLA TERRA E GEOLOGICO-AMBIENTALI | 12 |
| 6. | ROVERI MARCO | Professore Ordinario | GEO/02 | PARMA | SCIENZE DELLA TERRA | 12 |
| 7. | SANDRELLI FABIO | Professore Ordinario | GEO/02 | SIENA | SCIENZE DELLA TERRA | 12 |

1.11 Mesi uomo complessivi dedicati al programma

| | Numero | Mesi Uomo |
|--|------------|------------|
| Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca | 37 | 299 |
| Personale universitario di altre Università | 6 | 43 |
| Titolari di assegni di ricerca | 7 | 44 |
| Titolari di borse dottorato e post-dottorato | 10 | 69 |
| Personale a contratto | 10 | 82 |
| Personale extrauniversitario | 32 | 120 |
| TOTALE | 102 | 657 |

2.1 Obiettivo del Programma di Ricerca

Testo italiano

Questo progetto si propone di portare un contributo di conoscenza su un aspetto specifico del problema delle modificazioni ambientali dell'area mediterranea, che costituiscono nel loro complesso la cosiddetta crisi di salinità del Messiniano. Il problema individuato è particolarmente sentito presso la comunità scientifica e riguarda la corretta definizione dell'assetto paleogeografico del Mediterraneo. Tale assetto è poco definito in generale, ma in particolare per l'intervallo tardo-Messiniano (5.6-5.33 Ma), noto come fase post-evaporitica, evaporitico superiore o Lagomare, soprattutto a causa dell'assenza di criteri solidi per correlazioni di dettaglio tra successioni molto diversificate dal punto di vista litostratigrafico e sviluppate in contesti fisiografici e strutturali diversi e distanti tra loro, di cui si ignorano i rapporti originari.

L'obiettivo principale di questo progetto (task 1) è la definizione di un quadro stratigrafico ad alta risoluzione, basato su una cronologia di eventi riconoscibili e tracciabili in tutta l'area Mediterranea, dell'intervallo tardo-Messiniano, per cercare di ricostruire scenari di evoluzione paleogeografica dettagliati ed omogenei.

Sulla base dello schema stratigrafico ricostruito saranno poi affrontati a scala mediterranea alcuni temi specifici, che rappresentano problemi ancora aperti nell'ambito della crisi di salinità e che si concentrano proprio nell'intervallo temporale oggetto di studio.

Questi temi costituiranno gli obiettivi di alcuni sottoprogetti, qui di seguito indicati come task, affrontati con approccio interdisciplinare da gruppi trasversali alle varie unità operative:

task 2 - ruolo della fase di strutturazione tortoniano-messiniana dell'area mediterranea nella genesi degli eventi messiniani;

task 3 - genesi della grande superficie erosiva intra-Messiniana e dei depositi ad essa associati;

task 4 - tempi e modalità del passaggio da condizioni iperaline ad ipoline;

task 5 - controllo climatico sullo sviluppo ciclico ad alta frequenza dei sistemi deposizionali continentali della fase post-evaporitica;

task 6 - definizione temporale ed areale di incursioni marine nei bacini di Lago Mare ed implicazioni di tipo paleogeografico;

task 7 - storia deposizionale e diagenetica delle facies evaporitiche del Messiniano superiore;

task 8 - sintesi regionale del passaggio Mio-Pliocene.

Testo inglese

This project is aimed to improve the general knowledge about some specific aspects of the environmental changes underwent by the Mediterranean area during the Messinian salinity crisis. The main problem is well known by the scientific community and concerns the possibility to achieve a better paleogeographic framework of the Mediterranean area, still poorly known in particular for the short post-evaporitic interval (5.61-5.33 Ma). This is mainly due to the lack of reliable criteria for detailed, long-distance correlations between sedimentary successions developed in very different physiographic and structural settings.

The main goal of this project is the definition of a high-resolution stratigraphic framework for such time interval, based on a chronology of events recognizable and correlatable throughout the Mediterranean area. For this objective (task 1), a specific working group and a series of regionally-based sub-groups with scientific personnel from all the Local Units will be created to study the selected areas and compare the different stratigraphies. Based on this high-resolution stratigraphic scheme, other specific issues, representing important problems related to the salinity crisis and occurring in the late Messinian time interval, will be then studied at a Mediterranean scale.

These issues represent the objective of specific subprojects, or tasks, that will be carried out by interdisciplinary working groups formed by specialists of the different Local Units, according to their competences:

task 2 – timing, modes and role of tectonic activity in the genesis of Messinian events;

task 3 - the origin of the intra-Messinian erosional surface and associated deposits;

task 4 - timing and modes of the transition from iperhaline to ipohaline, Lago Mare stage;

task 5 - the climatic control of high-frequency cyclical changes in the Lago Mare depositional systems;

task 6 - time and space distribution and paleogeographic implications of marine incursions within the Lago Mare successions;

task 7 - depositional and diagenetic history of Latest Messinian evaporitic deposits (Upper Evaporites);

task 8 - supra-regional synthesis of the Miocene/Pliocene transition.

2.2 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

Testo italiano

Le grandi modificazioni degli ecosistemi terrestri e marini dell'area mediterranea connesse alla crisi di salinità del Messiniano (Hsu, Ryan & Cita, 1972), costituiscono tuttora un tema di grande attualità per la comunità scientifica. Le ricerche in questo campo si stanno ora orientando verso la modellizzazione quantitativa degli scenari del cambiamento ambientale attraverso parametri paleoclimatici e paleoceanografici. Questi tentativi sono ancora in una fase preliminare, essenzialmente per tre fattori: 1) il carattere ancora ignoto delle successioni messiniane nei bacini mediterranei profondi, 2) la sottovalutazione dell'ampiezza e della velocità delle modificazioni topografiche legati agli eventi deformativi che interessano l'area mediterranea durante l'intervallo Tortoniano superiore-Pliocene inferiore, 3) la mancanza di una sintesi stratigrafica regionale ad alta risoluzione nel breve intervallo tardo Messiniano (300 ka), nel quale si concentrano, peraltro, una serie di eventi ancora oscuri.

Per le successioni messiniane di molti bacini mediterranei non si dispone ancora di sintesi geologico-stratigrafiche regionali omogenee per approccio e grado di risoluzione; l'enfasi posta su singole sezioni ritenute significative a scala mediterranea, ha messo talora in secondo piano l'importanza del loro inquadramento regionale, con ripercussioni negative sulla corretta definizione della evoluzione paleogeografica.

I progressi ottenuti grazie alla introduzione della ciclostratigrafia astronomica hanno portato alla calibrazione della scale geomagnetiche e biostratigrafiche del Neogene, consentendo la taratura dei principali eventi messiniani. Il GSSP del Messiniano è definito nella sezione di Oued Akrech (Marocco) a 7.251 Ma, (Hilgen et al., 2000a-b); il tetto corrisponde al GSSP dello Zancleano, posto a 5.33 Ma nella sezione di Eraclea Minoa, in Sicilia (Van Couvering et al., 2000).

La cronologia degli eventi all'interno del Messiniano è controversa; il modello ciclostratigrafico di Krijgsman et al. (1999a-b)

ripropone la tipica suddivisione del Messiniano in tre fasi: 1) pre-evaporitica (7.251-5.96 Ma), caratterizzata dallo sviluppo diffuso di depositi eusinici che indicano una riduzione della circolazione profonda del Mediterraneo; 2) evaporitica inferiore (5.96-5.61 Ma), con deposizione di evaporiti marine nei bacini marginali; 3) evaporitica superiore, post-evaporitica o fase Lago Mare (5.61-5.33 Ma), in cui si assiste allo sviluppo generalizzato di depositi non marini (salmastri e dulcicoli), caratterizzati da una biofacies a Molluschi, Ostracodi e Dinoflagellati ad affinità paratetidea (Lago Mare; Iaccarino & Bossio, 1999); la fine di questa fase è legata al ritorno istantaneo e sincrono di acque marine nel Mediterraneo (Iaccarino et al., 1999). Questa successione di eventi coincide sostanzialmente con il modello a due fasi della crisi di salinità proposto da Clauzon et al. (1996), che prevede la deposizione in tempi diversi delle evaporiti marginali e bacinali.

La risoluzione stratigrafica delle tre fasi è molto diversificata. Nella prima fase le acque mediterranee hanno una salinità normale e solo localmente si sviluppano condizioni iperaline prima dell'inizio della fase evaporitica principale; le numerose inversioni magnetiche e il forte segnale climatico espresso da una ciclicità sedimentaria precessionale evidente sia nelle successioni marine sia in quelle terrestri (51 cicli riconosciuti e correlati a distanza), determinano l'alta risoluzione stratigrafica di questo intervallo. La possibilità di effettuare correlazioni accurate ha consentito di definire e modellizzare le variazioni idrologiche e di salinità, mediante l'utilizzo di parametri isotopici e paleoecologici. Molto stimolante appare inoltre la possibilità di confrontare record paleoclimatici terrestri e marini, offerta dalle successioni lacustri della Grecia continentale (Steenbrink, 2001), utilizzate anche per calibrare la scala geomagnetica.

La seconda e terza fase ricadono nell'intervallo magnetico a polarità inversa C3R; le condizioni iper e ipoaline limitano la definizione di una stratigrafia ad alta risoluzione. Tuttavia, il carattere ciclico delle evaporiti inferiori ha suggerito l'esistenza di un controllo climatico anche sulla loro deposizione; assumendo una periodicità precessionale per i 16 cicli osservati, la durata della fase evaporitica è stata calcolata in ca. 370 ka (Vai, 1997; Krijgsman et al., 1999a-b) e il suo tetto posto a 5.61 Ma. Le correlazioni a distanza dei cicli evaporitici consentono di valutare quantitativamente la dinamica idrologica del Mediterraneo. La composizione isotopica normale ed omogenea delle evaporiti inferiori (Flecker & Ellam, 1999) implica un riequilibrio con il serbatoio oceanico rispetto alla situazione di parziale isolamento della fase precedente. La contraddizione è solo apparente: l'inizio della fase evaporitica implica un moderato abbassamento relativo del livello marino (100 m secondo Clauzon et al., 2001), testimoniato dal carattere "regressivo" che si osserva spesso nei depositi pre-evaporitici sommitali; il carattere aggradazionale dell'unità evaporitica, comune ai vari contesti geotettonici del Mediterraneo, richiede una subsidenza generalizzata o un innalzamento del livello marino; nella seconda ipotesi, le evaporiti si sarebbero deposte in una fase "trasgressiva", e il conseguente aumento negli scambi con l'Atlantico sarebbe in accordo con i valori isotopici.

Prima e seconda fase consentono un buon dettaglio stratigrafico; i problemi aperti riguardano essenzialmente 1) l'età di inizio della fase evaporitica; alcuni modelli prevedono un suo sviluppo diacrono legato ad una continua caduta eustatica evaporativa (Butler et al., 1995; 1999), 2) il carattere ignoto degli equivalenti bacinali delle evaporiti inferiori. Questo secondo punto rappresenta un nodo irrisolto di tutta la vicenda messiniana, che potrà essere sciolto quando i depositi messiniani dei bacini profondi del Mediterraneo potranno essere raggiunti da sondaggi a carotaggio continuo (McKenzie, 1999).

Per la terza fase esiste accordo sull'età del limite superiore, corrispondente al passaggio Mio/Pliocene, mentre per quello inferiore, marcato su tutti i margini mediterranei da una superficie erosiva (discontinuità intra-Messiniana), i problemi sono maggiori. Se si accetta la datazione ciclostratigrafica del tetto delle evaporiti inferiori e il carattere sincrono della loro base, si ottiene per la discontinuità un'età di 5.61 Ma. La scala tempo calibrata astronomicamente presenta alla base dell'intervallo post-evaporitico un gap di ca. 100 ka (Krijgsman et al., 1999a), messo in relazione con il disseccamento totale del Mediterraneo ed i conseguenti movimenti tettonici legati a rimbalzi isostatici. Il problema deriva dalle difficoltà che si incontrano nel definire le relazioni tra contesti marginali e profondi tracciando verso bacino la discontinuità intra-Messiniana. Nell'avanfossa appenninica questo esercizio, condotto a scala regionale mediante l'integrazione di dati di superficie e di sottosuolo, ha portato al riconoscimento di una unità deposta in bacino durante la fase di esposizione subaerea dei margini, consentendo quindi di chiudere l'ultimo Messinian gap (Roveri & Manzi, in press); in tutti gli altri contesti bacinali questo intervallo di tempo è ancora di fatto sconosciuto.

La fase post-evaporitica vede una grande variabilità delle successioni sedimentarie (Cita & Corselli, 1990), il cui carattere non marino e l'assenza di una cronostratigrafia ad alta risoluzione, rendono difficile la ricostruzione di scenari paleogeografici dell'area mediterranea.

Durante questa fase, in seguito alla chiusura delle connessioni atlantiche, si ipotizza il disseccamento e la deposizione di evaporiti nei bacini profondi del Mediterraneo, ad eccezione dell'avanfossa appenninica; la discontinuità intra-Messiniana e l'incisione di grandi canyon (Ryan, 1978; Ryan & Cita, 1978; Clauzon, 1982) sono imputati ad un abbassamento eustatico evaporativo di oltre 1000 m., con conseguente esposizione subaerea e ringiovanimento del drenaggio fluviale. L'origine della discontinuità intra-Messiniana è un punto di fondamentale importanza; la possibile sovrapposizione ai movimenti eustatici di una componente tettonica, connessa ad una fase deformativa di portata sovraregionale, è stata ritenuta trascurabile. In alcuni aree (Avanfossa appenninica, bacini estensionali tirrenici, BTP, Sicilia), la superficie erosiva è invece chiaramente associata ad una discordanza angolare sviluppata in regimi deformativi differenti. Evidenze di attività tettonica tra il Tortoniano superiore ed il Pliocene inferiore sono note in molte aree mediterranee e suggeriscono l'esistenza di una importante fase di riorganizzazione strutturale del margine collisionale Africa-Eurasia (Meulenkamp et al., 2000), ma il suo ruolo tra i fattori di controllo della crisi di salinità e la sua registrazione nella stratigrafia delle successioni messiniane non sono state ancora messe a fuoco con chiarezza.

La fase terminale della crisi di salinità vede lo sviluppo di bacini lacustri e salmastri (Lago Mare), le cui cause e modalità sono ancora oscure; comunemente si ipotizza una invasione di acque paratetidee a causa del disseccamento del Mediterraneo, ma mancano a tal riguardo elementi certi. Nei depositi di Lago Mare e nelle evaporiti superiori ad esso associate sono state segnalate in vari bacini (Sicilia, Cipro, Avanfossa appenninica), su base paleontologica e geochimica (Coradossi e Corazza, 1976; Rouchy et al., 2001, Snel et al., 2001), evidenze di incursioni di acque marine, ma non esiste al momento un quadro chiaro della loro effettiva distribuzione areale e temporale. Si tratta di un argomento di grande interesse, che potrebbe determinare scenari paleogeografici molto diversi da quelli comunemente immaginati. La presenza simultanea di incursioni marine in bacini ritenuti non interconnessi e aventi livelli di base differenti, è infatti difficilmente compatibile con l'idea del disseccamento totale del Mediterraneo.

L'anomalia appenninica, ovvero il suo mancato disseccamento, è spiegata con il particolare contesto strutturale e paleoclimatico, che ne avrebbe provocato il precoce isolamento dal resto del Mediterraneo ed un bilancio idrologico positivo, con il perdurare di un profondo bacino di tipo Lago Mare. Gli studi condotti negli ultimi anni da vari gruppi di ricerca sulla evoluzione tettonica e sedimentaria dell'avanfossa appenninica durante il Messiniano (Iaccarino & Papani, 1980; Gelati et al., 1987; Rossi et al., 2002; Bassetti et al., 1994; Bassetti, 2000; Roveri et al., 1998; Roveri et al., 2001; Roveri et al., 2003) ha portato, attraverso un approccio stratigrafico-fisico basato sull'analisi di facies e sull'integrazione di dati di superficie e di sottosuolo, alla ricostruzione di una sintesi stratigrafica di dettaglio, in particolare della fase post-evaporitica. La fine della deposizione delle evaporiti è qui connessa all'acme di una fase compressiva iniziata nel tardo-Tortoniano che determina il sollevamento e l'emersione della catena

appenninica e la concomitante migrazione verso l'avampaese dei depocentri dell'avanfossa. La superficie erosiva intra-Messiniana si sviluppa in seguito a questo sollevamento tettonico regionale che determina lo smantellamento e la risedimentazione mediante processi gravitativi delle evaporiti inferiori nei bacini profondi, caratterizzati dalla permanenza di una colonna d'acqua relativamente profonda durante tutto il Messiniano. Sulla base dei caratteri fisici della successione post-evaporitica (discontinuità di diverso rango gerarchico, modalità di impilamento e organizzazione ciclica dei sistemi deposizionali, livelli guida) è stato ottenuto un quadro stratigrafico regionale dettagliato di questo intervallo, che può rappresentare un termine di confronto con le successioni degli altri bacini. Una seconda discontinuità regionale suddivide la successione post-evaporitica in due unità; quella inferiore inizia con evaporiti risedimentate associate alla discontinuità intra-Messiniana, cui fa seguito in continuità una successione terrigena presente solo nelle depressioni strutturali; questa unità bacinale chiude il noto "Messinian gap" di Krijgsman et al. (1999a,b); l'unità superiore, costituita da depositi più grossolani, ha una tendenza generale di tipo trasgressivo e sigilla tutte le strutture precedentemente sollevate, suggerendo una fase di quiescenza tettonica e subsidenza generalizzata e/o un innalzamento del livello di base; essa è caratterizzata da una ciclicità sedimentaria molto evidente espressa dalla attivazione periodica di sistemi fluvio-deltizi grossolani dominati da piene catastrofiche (Roveri et al., 1998) e ciò suggerisce un controllo climatico. Recenti studi palinologici (Bertini, in press) hanno evidenziato variazioni climatiche significative che consentono di suddividere questo intervallo di tempo in due fasi, coincidenti con le unità principali definite su basi stratigrafiche fisiche: una inferiore, più secca e calda, e una superiore, più fredda e umida. Nell'unità superiore si riconoscono dai 3 ai 4 cicli sedimentari; una analoga ciclicità, meno sviluppata, caratterizza anche la parte alta dell'unità inferiore. Il carattere ciclico ed il trend trasgressivo dei depositi di Lago Mare che precedono la base del Pliocene sembrano caratteri piuttosto diffusi e potrebbero rappresentare un ottimo criterio di correlazione tra i vari contesti geotettonici mediterranei: 4 cicli sono stati infatti segnalati nella parte alta della successione di Cipro (Rouchy et al., 2001), 3-4 cicli caratterizzano i depositi deltizi tardo-Messiniani del delta del Nilo (Abu-Madi Fm), 4 cicli sono stati riconosciuti nei depositi fluvio-deltizi del Bacino Terziario Piemontese (Ghibaudo et al., 1985); analoga organizzazione si osserva nel Bacino della Laga; in Sicilia, la successione di Lago Mare del bacino di Caltanissetta mostra due unità (Evaporiti superiori e Arenazzolo; Decima & Wezel, 1973), le cui relazioni con quelle individuate nell'avanfossa appenninica, sia pur ipotizzate (Roveri & Manzi, in press), non sono state ancora appurate; nel Bacino di Corvillo 4 cicli in depositi fluvio-deltizi caratterizzano una successione di Lago Mare discordante sulle evaporiti inferiori (Butler et al., 1999). Assumendo anche in questo caso una frequenza precessionale, questa unità potrebbe rappresentare un intervallo di ca. 60/80 Ka che precede il ritorno a condizioni marine alla base del Pliocene. Il controllo tettonico degli eventi messiniani, ben documentato nell'avanfossa appenninica, non rappresenta una anomalia a livello mediterraneo; collegamenti e ripercussioni potrebbero essere letti nelle successioni sedimentarie dei domini adiacenti e geneticamente connessi da un punto di vista geodinamico (BTP, bacini estensionali tirrenici, catena maghrebide siciliana), e le forti analogie stratigrafiche desumibili da studi recenti sembrano confermare questa ipotesi (Pascucci et al., 1999; Cipollari et al., 1999; Testa e Lugli, 2000; Butler et al., 1995). Il passaggio Mio/Pliocene, che marca il subitaneo ritorno a condizioni marine profonde, appare sincrono lungo la fascia meridionale del Mediterraneo, come dimostrano gli studi delle successioni carotate nei leg ODP e affioranti in Sicilia e Calabria (Iaccarino et al., 1999), dove i depositi pliocenici basali hanno un carattere profondo. Meno dati al momento si hanno per altri settori, dove non si può escludere che, grazie alla cronostratigrafia ad altissima risoluzione disponibile per la base del Pliocene, studi di dettaglio possano far emergere indicazioni diverse, legate a differenti contesti morfostrutturali regionali e/o locali.

Testo inglese

The great palaeoenvironmental change of the Mediterranean area related to the Messinian salinity crisis (Hsu, Ryan & Cita, 1972), still represent a largely debated item for a large scientific community. Research on this subject tends now to the quantitative modelling of the different sceneries of Messinian palaeoenvironmental changes through paleoclimatic and paleoceanographic proxies. These attempts are still preliminary, due to three main factors: 1) the still unknown nature of the Messinian deposits buried under the deep Mediterranean basins, 2) the possible overlooked amplitude and velocity of topographic changes related to tectonic events affecting the Mediterranean area during the Late Tortonian-Early Pliocene time interval and 3) the lack of a high-resolution sovra-regional stratigraphic framework for the short latest Messinian interval (300 ka), characterized by several still obscure events. For the Messinian successions of many Mediterranean basins high-resolution regional geologic and stratigraphic synthesis are still lacking; the great emphasis on individual sections considered highly significant at a Mediterranean scale, paying low attention to their regional framework, led to negative implications for correct paleogeographic reconstructions.

The recent stratigraphic advances mainly due to the introduction of the astronomical cyclostratigraphy led to the calibration of geomagnetic and biostratigraphic Neogene time scales, allowing the accurate tuning of the main Messinian events. The Messinian GSSP has been defined in the Oued Akrech section (Morocco) and an age of 7.251 Ma has been assigned to the Tortonian-Messinian boundary (Hilgen et al., 2000a-b); the top of the Messinian corresponds to the Zanclean GSSP, hold defined in the Eraclea Minoa section (Sicily) with an age of 5.33 Ma (Van Couvering et al., 2000). The chronology of Messinian events is controversial; the cyclostratigraphic model of Krijgsman et al. (1999a-b) proposes the classical three-fold subdivision of the Messinian stage: 1) pre-evaporitic (7.251-5.96 Ma), characterized by the common occurrence of euxinic, organic-rich deposits, witnessing a reduced circulation of deep Mediterranean waters; 2) Lower Evaporites (5.96-5.61 Ma), with precipitation of shallow-water evaporites in marginal basins; 3) Upper Evaporites, or post-evaporitic Lago Mare stage (5.61-5.33 Ma), showing the development of non-marine deposits with Mollusk, Ostracod and Dynoflagellate assemblages of Paratethyan affinity (Lago Mare biofacies; Iaccarino & Bossio, 1999); the end of this stage is due to the sudden, almost synchronous return to fully marine conditions in the Mediterranean basin (Iaccarino et al., 1999). This reconstruction of Messinian events is basically coincident with the two-step model of the salinity crisis proposed by Clauzon et al. (1996), claiming for the diachronous deposition of marginal and basinal evaporites.

Stratigraphic resolution within the three stages is very different. During the first one, Mediterranean waters have a normal salinity and iperhaline conditions are only locally developed just before the onset of the main evaporitic phase; the occurrence of several magnetic reversals and the strong climatic signal materialized by a precessional sedimentary cyclicity well developed in both marine and terrestrial successions (51 cycles recognized and correlated across the Mediterranean), allowed the reconstruction of a very high-resolution stratigraphic framework for this interval. The possibility to make long-distance, accurate correlations allowed the modelling of hydrological and salinity changes through isotopic and palaeoecologic proxies. Very exciting is the possibility to compare marine and terrestrial paleoclimatic records offered by the spectacular lacustrine deposits of the Ptolemais Basin (Greece; Steenbrink, 2001), that also allowed a better calibration of the geomagnetic scale.

The second and third stages are comprised within the magnetic reverse chron C3R; the iper and ipohaline conditions further limit the possibility to get a high-resolutions stratigraphy. However, the cyclical character of the Lower Evaporites suggested a possible climatic control on their deposition as for the previous stage; assuming a precessional periodicity for the observed 16 cycles, the evaporitic stage should last 370 kyrs (Vai, 1997; Krijgsman et al., 1999a-b) and his top would be at 5.61 Ma. Long-distance

correlations of evaporitic cycles allowed a quantitative evaluation of the hydrological budget changes in the Mediterranean basin. The normal isotopic composition of the Lower Evaporites, compared to the anomalous values of the previous stage indicating a partial isolation (Flecker & Ellam, 1999), implies the achievement of an equilibrium with the ocean reservoir. The paradox is only apparent: the onset of the evaporitic stage needs for a moderate sea-level fall (100 m according to Clauzon et al., 2001), testified by the shallowing-upward observed in the upper part of the pre-evaporitic deposits; the aggradational geometry of the Lower Evaporites, a common feature of all the Mediterranean geodynamic settings, asks for a generalized subsidence or for a sea-level rise; this second hypothesis would imply a larger water exchange with the Atlantic ocean, in agreement with the observed isotopic trend.

Summarizing, the first and second stage benefit of a good potential stratigraphic resolution; still open problems concern 1) the age of the onset of the Lower Evaporites; some models claim for its diachronous development related to a continuous evaporative sea-level fall (Butler et al., 1995; 1999), 2) the unknown character of basinal equivalents of the Lower Evaporites. The latter point is an old problem of the salinity crisis, that will be resolved only when the Messinian deposits buried under the deep Mediterranean basins will be reached and cored (McKenzie, 1999).

As for the third stage, a general agreement exists for its upper limit, corresponding to the Miocene-Pliocene boundary, while the lower one, marked by a widespread erosional surface, is more controversial. According to the cyclostratigraphic age obtained for the Lower Evaporites and assuming a synchronous character, the basal unconformity has an age of 5.61 Ma. The astronomically calibrated time scale for the Neogene still has at the base of this interval a gap lasting 100 kyrs (Krijgsman et al., 1999a-b), related to the deep desiccation of the Mediterranean and the associated tectonic movements due to isostatic rebound. The main problem derives from the difficulty encountered in defining the relationships between marginal and basinal depositional settings when tracing the intra-Messinian unconformity downbasin (e.g. Sorbas basin). In the Apennine foredeep basin this exercise, carried out through the integration of surface and subsurface data, led to the recognition of a sedimentary unit deposited in topographic lows during the subaerial exposure of basin margins, thus allowing to bridge the last Messinian gap (Roveri & Manzi, in press); in the other basinal settings this time interval is still virtually unknown.

The post-evaporitic stage is characterized by a large variability of sedimentary products (Cita & Corselli, 1990); their non-marine nature and the lack of a high-resolution stratigraphy make paleogeographic reconstructions very difficult.

During this stage, after the complete closure of ocean connections, the total desiccation and evaporite deposition in the deepest Mediterranean basins is envisaged, with the exception of the Apennine foredeep. The intra-Messinian unconformity and the deeply incised canyons (Clauzon, 1982) are commonly related to an evaporative sea-level fall in excess of 1,000 m, responsible for the subaerial exposure of continental margins and fluvial drainage rejuvenation. The origin of the intra-Messinian unconformity is a key point; the possible superposition to the eustatic fall of a tectonic component related to a sovra-regional deformational phase, has been commonly considered negligible. However, in many basins (Apennine foredeep, Tyrrhenian basins, TPB, Sicily, eastern Mediterranean) this erosional surface is clearly associated to an angular discordance developed in different tectonic settings.

Evidence for tectonic activity during the late Tortonian-early Pliocene interval are known from many Mediterranean areas, suggesting an important phase of structural reorganization along the Africa-Eurasia collisional margin (Meulenkamp et al., 2000), but its role among the factors controlling the Messinian salinity crisis and its record in the sedimentary successions have not been clearly highlighted yet. This argument holds a great interest, that could lead to the definition of paleogeographic sceneries different from what commonly imagined. The concomitant occurrence of marine incursions in non connected basins having different base levels is not fully consistent with the idea of a fully desiccated Mediterranean basin. The Apennine anomaly, its non desiccated character, is commonly explained by the particular paleoclimatic and structural context, that would have led to its premature isolation from the other Mediterranean basins, and the persistence of a deep-water, non marine basin. The study carried out in the last years by different research groups on the Messinian sedimentary and tectonic evolution of the Apennine foredeep (Iaccarino & Papani, 1980; Gelati et al., 1987; Rossi et al., 2002; Bassetti et al., 1994; Bassetti, 2000; Roveri et al., 1998; Roveri et al., 2001; Roveri et al., 2003), led to the reconstruction of a detailed stratigraphic framework, through a physical stratigraphic approach based on facies analysis and on the integration of surface and subsurface data. The end of evaporite deposition is here due to the paroxistic acme of a regional tectonic phase started in the late Tortonian and determining the uplift and emergence of the Apennine chain and the concomitant migration of the foredeep depocentres toward the foreland. The intra-Messinian unconformity is strictly related to such regional tectonic uplift leading to the dismantling and resedimentation of Lower Evaporites in deep basins through large-scale mass-wastings and gravity flows in shelf and slope areas. Based on the physical characters of the post-evaporitic successions (discontinuities of different hierarchical rank, stacking pattern and cyclic organization of depositional system, key horizons) a detailed regional stratigraphic framework for this interval has been reconstructed, useful for comparison with adjacent basins. A second, younger regional unconformity splits the post-evaporitic deposits into two units; the lower one is composed by basal resedimented evaporites, followed upwards by a terrigenous succession only occurring in structural depressions; this is the basinal unit closing the final Messinian gap (Krijgsman, 1999a,b); the upper unit, made up of coarser-grained deposits, has a general transgressive trend and seals all the tectonic structures previously uplifted, suggesting a phase of tectonic quiescence and generalized subsidence and/or a base level rise; this unit is characterized by an evident sedimentary cyclicity expressed by the periodical activation of coarse-grained fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic floods (Roveri et al., 1998), again suggesting a strong climatic control. Palynological studies pointed out significant paleoclimatic modifications during the latest Messinian (Bertini, in press), allowing the recognition of two phases, that basically correspond to the stratigraphic units defined on a physical-stratigraphic ground: an older, warmer and dry phase is replaced by a younger one, more humid and cold. 3 to 4 sedimentary cycles are normally observed in the upper unit a similar, but less evident, cyclicity is observed in the upper part of the lower unit. The cyclical pattern and the superposed transgressive trend of the uppermost Lago Mare deposits seem to be widely diffused and could represent a good criteria for high-resolution correlations across the different Mediterranean basins; 4 cycles have been recognized in the uppermost Messinian deposits at Cyprus (Rouchy et al., 2001), 3-4 cycles in the latest Messinian Nile Delta deposits (Abu-Madi Fm.), 4 cycles in the fluvio-deltaic deposits of the TPB (Ghibaudo et al., 1985); a similar cyclical organization has been observed in the Laga Basin; in Sicily, the Lago Mare deposits of the Caltanissetta basin consist of two units (Upper Evaporites and Arenazzolo Fm), whose relationships with the two unit recognized in the Apennine foredeep have been suggested (Roveri, & Manzi, in press), but still not proven; in the Corvillo basin 4 cycles are reported from a thick terrigenous Lago Mare succession unconformably overlying the Lower Evaporites (Butler et al., 1999). Assuming a precessional period for this cyclicity, the upper unit could span a time interval of 60-80 kyrs immediately preceding the return to fully marine conditions at the base of the Pliocene.

The tectonic control of Messinian event, well documented in the Apennine foredeep, is not an anomaly in the Mediterranean framework; implications of such regional tectonic movements could be recorded by sedimentary successions of adjacent and genetically linked geodynamic domains (TPB, Tyrrhenian extensional basins, Maghrebian chain; Boccaletti et al., 1990) and the

strong stratigraphic analogies pointed out by recent studies seem to confirm this hypothesis (Pascucci et al., 1999; Cipollari et al., 1999; Testa e Lugli, 2000; Butler et al., 1995).

The Mio/Pliocene boundary, marking the sudden return to fully marine conditions, appears to be synchronous along a W-E transect in the southern Mediterranean, as shown by detailed study of ODP cores and land sections in Sicily and Calabria (Iaccarino et al., 1999), where the basal Pliocene has a deep-water character. The same degree of stratigraphic detail is actually lacking in the other basins; for this reason it cannot be ruled out that, due to the high resolution potential of early Pliocene integrated stratigraphy, detailed studies could point out a different scenario, according to local and regional morphostructural settings.

2.2.a Riferimenti bibliografici

- Bassetti M.A., 2000. Stratigraphy, sedimentology and paleogeography of Upper Messinian ("Post-evaporitic") deposits in Marche area (Apennines, central Italy). *Mem. Sci. Geol.*, 52, 319-349.
- Bassetti M.A., Ricci Lucchi F. & Roveri M., 1994. Physical stratigraphy of the Messinian post-evaporitic deposits in Central-southern Marche area (Apennines, Central Italy). *Mem. Soc. Geol. It.*, 48, 275-288.
- Bertini A., in press – Palynological evidence of upper Neogene environments in Italy, *Acta Universitatis Carolinae-Geologica*.
- Boccaletti M., Ciaranfi N., Cosentino D., Deiana G., Gelati R., Lentini F., Massari F., Moratti G., Pescatore T., Ricci Lucchi F. & Tortorici L., 1990. Palinspastic restoration and palaeogeographic reconstruction of the peri-thyrrhenian area during the neogene. *Palaeo3*, 77, 41-50
- Butler W.H., Likhovich W.H., Grasso M., Pedley H.M. & Ramberti L., 1995. Tectonics and sequence stratigraphy in Messinian basins, Sicily: Constraints on the initiation and termination of the Mediterranean salinity crisis. *GSA Bull.*, 107, 425-439.
- Butler R.W.H., McClelland E. & Jones R.E., 1999. Calibrating the duration and timing of the Messinian salinity crisis in the Mediterranean: linked tectonoclimatic signals in thrust-top basins of Sicily, *Journ. Geol. Soc.* 156, 827-835.
- Cipollari P., Cosentino D. & Gliozzi E. (1999) - Extension- and compression-related basins in central Italy during the Messinian Lago-Mare event. *Tectonophysics*, 315, 163-185.
- Cita M.B. & Corselli C., 1990. Messinian paleogeography and erosional surfaces in Italy: an overview. *Paleo3*, 77, 67-82.
- Clauzon G., Suc J.P., Gautier F., Berger A. & Loutre M.F., 1996. Alternate interpretation of the Messinian salinity crisis: Controversy resolved? *Geology*, 24, 363-366.
- Clauzon G., 1982. Le canyon messinien du Rhone: une preuve decisive du "desiccated deep-basin model". *Bull. Soc. Geol. France*, vol. 34, 597-610.
- Clauzon G., Suc J.P., Gautier F., Berger A. & Loutre M.F., 1996. Alternate interpretation of the Messinian salinity crisis: Controversy resolved? *Geology*, 24, 363-366
- Clauzon G., Rubino J.L. & Casero P., 2001 – Regional modalities of the Messinian salinity crisis in the framework of a two phases model. 2nd EEDEN Workshop, Sabadell 2001, *Abs. Book*, 17-18.
- Coradossi N. and Corazza E. 1976 Geochemistry of messinian clay sediments from Sicily: a preliminary investigation *Mem. Soc. Geol. It. Messinian evaporites in the Mediterranean - Erice Seminar, October, 1975.*, vol. 16, 45-54
- Decima A. & Wezel F.C., 1973. Late Miocene evaporites of the Central Sicilian Basin, in (W.B.F. Ryan, K.J. Hsu, and others, eds.): *Init. Rep. D.S.D.P., Leg XIII*, 1234-1240.
- Flecker R. & Ellam R.M., 1999. Distinguishing climatic and tectonic signals in the sedimentary successions of marginal basins using Sr isotopes: an example from the Messinian salinity crisis, *Eastern Mediterranean. Journ. Geol. Soc.* 156, 847-854.
- Gelati R., Rogledi S. & Rossi M.E., 1987. Significance of the Messinian unconformity-bounded sequences in the Apenninic margin of the padan foreland basin, northern Italy. *Mem.SGI*, 39, 319-323.
- Ghibaudo G., Clari P. & Perello M., 1985. Litostratigrafia, sedimentologia ed evoluzione tettonico-sedimentaria dei depositi miocenici del margine sud-orientale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (Valli Borbera, Scriva e Lemme). *Boll. Soc. Geol. It.*, 104, 349-397.
- Hilgen F.J., Bissoli L., Iaccarino S., Krijgsman W., Negri A. & Villa G., 2000a – Integrated stratigraphy and astrochronology of the Messinian GSSP at Oued Akrech (Atlantic Morocco). *EPSL*, 182, 237-251.
- Hilgen F.J., Iaccarino S., Krijgsman W., Villa G., Langereis C.G. & Zachariasse W.J., 2000b – The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Messinian Stage (uppermost Miocene). *Episodes*, 23, 172-178.
- Hsu K.J., Ryan W.B.F. & Cita M.B., 1972. Late Miocene desiccation of the Mediterranean. *Nature*, 242, 240-244.
- Iaccarino S. M., Bossio A. 1999 Paleoenvironment of uppermost Messinian sequences in the western Mediterranean (sites 974, 975 and 978) In: Zahn R., Comas M.C. and Klaus A. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. vol. 161, pp. 529-540
- Iaccarino S. e Papani G. 1980 Il Messiniano dell'Appennino Settentrionale dalla Val d'Arda alla Val Secchia: stratigrafia e rapporti con il substrato e il Pliocene. Vol. dedicato a S. Venzo, *Univ. Studi di Parma* 15-46.
- Iaccarino S., Castradori D., Cita M.B., Di Stefano E., Gaboardi S., McKenzie J.A., Spezzaferri S. & Sprovieri R., 1999. The Miocene/Pliocene boundary and the significance of the earliest Pliocene flooding in the Mediterranean. *Mem. Soc. Geol. It.*, 54, 109-131
- Krijgsman W., Hilgen F.J., Marabini S. & Vai G.B., 1999a. New paleomagnetic and cyclostratigraphic age constraints on the Messinian of the Northern Apennines (Vena del Gesso Basin, Italy). *Mem. SGI*, 54, 25-33
- Krijgsman W., Hilgen F.J., Raffi I., Sierro F.J. & Wilson D.S., 1999b. Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 400, 652-655.
- McKenzie J.A., 1999. From desert to deluge in the Mediterranean. *Nature*, 400, 613-614.
- Meulenkamp J.E., Sissingh W. et al., 2000. Late Tortonian. In: S. Crasquin (Ed.), *Atlas PeriTethys, Palaeogeographical maps – Explanatory notes*. CCGM/CGMW, Paris, 195-201
- Pascucci V., Merlini S. & Martini I.P., 1999. Seismic stratigraphy of the Miocene-Pleistocene sedimentary basins of the Northern Tyrrhenian Sea and western Tuscany (Italy). *Basin Res.*, 11, 337-356
- Rossi M., Rogledi S., Barbacini G., Casadei D., Iaccarino S. & Papani G., 2002. Tectono-stratigraphic architecture of Messinian piggyback basins of Northern Apennines: the Emilia folds in the Reggio-Modena area and comparison with the Lombardia and Romagna sectors. *Boll. SGI, Spec. Vol.*
- Rouchy J.M., Orszag-Sperber F., Blanc-Valleron M.M., Pierre C., Riviere M., Combourieu-Nebout N., Panayides I., 2001. Paleoenvironmental changes at the Messinian-Pliocene boundary in the eastern Mediterranean (southern Cyprus basins): significance of the Messinian Lago-Mare. *Sed. Geol.*, 145, 93-117.

- Roveri M., Manzi V., 2003. *The Messinian salinity crisis: looking for a new paradigm? Palaeo3, In Press.*
- Roveri M., Bassetti M.A. & Ricci Lucchi F., 2001. *The Mediterranean Messinian salinity crisis: an Apennine foredeep perspective. Sedimentary Geology, 140, 201-214.*
- Roveri M., Manzi V., Bassetti M.A., Merini M. & Ricci Lucchi F., 1998. *Stratigraphy of the Messinian post-evaporitic stage in eastern-Romagna (northern Apennines, Italy). Giorn. Geol., 60, 119-142.*
- Roveri M., Manzi V., Ricci Lucchi F., Rogledi S., 2003. *Sedimentary and tectonic evolution of the Vena del Gesso basin (Northern Apennines, Italy): Implications for the onset of the Messinian salinity crisis. GSA Bulletin, 115, 387-405.*
- Ryan W.B.F., 1978. *Messinian badlands on the southeastern margin of the Mediterranean Sea Mar. Geology 27, 349-363*
- Ryan W.B.F. and Cita M.B., 1978. *The nature and distribution of the Messinian erosional surface - indicators of a several-kilometers-deep Mediterranean in the Miocene Marine Geology 27, 193-230*
- Snel E., Marunteanu, M. & Meulenkamp, J.E., 2001. *Late Miocene-Early Pliocene marine connections between the Atlantic/Mediterranean and the Paratethys. 2nd EEDEN Workshop, Sabadell 2001, Abstract Book, 69.*
- Steenbrink J., 2001 – *Orbital signatures in lacustrine sediments. The Late Neogene intramontane Florina-Ptolemais-Servia Basin, northwestern Greece. Ph.D. Thesis, Utrecht University, Geol. Ultraiectina, 205, 1-167*
- Testa G. & Lugli S., 2000. *Gypsum-anhydrite transformations in Messinian evaporites of central Tuscany (Italy). Sed. Geol., 130, 249-268.*
- Vai G.B., 1997. *Cyclostratigraphic estimate of the Messinian stage duration. In (A. Montanari, G.S. Odin and R. Coccioni, Eds): Miocene Stratigraphy - An Integrated Approach, 461-474, Elsevier.*
- Van Couvering J.A., Castradori D., Cita M.B., Hilgen F.J. & Rio D., 2000 – *The base of the Zanclean Stage and of Pliocene series. Episodes, 23(3), 179-187.*

2.3 Numero di fasi del Programma di Ricerca:

2

2.4 Descrizione del Programma di Ricerca

Fase 1

Durata e costo previsto

Durata Mesi 12 Costo previsto Euro 150.000

Descrizione

Testo italiano

Il Programma della Ricerca verrà attuato da specifici gruppi di lavoro, composti da ricercatori delle varie unità, dedicati agli obiettivi principali del progetto (task); i gruppi di lavoro, realizzati con criteri che terranno conto delle competenze specifiche, degli interessi dei singoli ricercatori e delle aree di studio, avranno carattere tematico e saranno coordinati da un responsabile che assicurerà la organizzazione delle attività, il rispetto della tempistica prevista e le sinergie con gli altri gruppi. La ricerca avrà un carattere multidisciplinare e vedrà l'integrazione di dati di superficie e di sottosuolo (sismica e pozzi), analisi di facies e analisi geochemiche, paleontologiche, mineralogiche, bio- e magnetostratigrafiche. Dati di sottosuolo saranno messi a disposizione da ENI-AGIP nell'ambito di un accordo di collaborazione; verranno utilizzati anche dati sismici ANSCHUTZ e CNR, oltre a dati dei progetti LISA e CROP. La ricerca prevede inoltre la possibilità di effettuare brevi sondaggi a carotaggio continuo per la misurazione in continuo di parametri fisici e magnetici (gamma-ray e suscettività magnetica) e la campionatura in estremo dettaglio di orizzonti-chiave, per analisi ciclostratigrafiche e ricostruzioni paleoambientali.

La prima fase sarà dedicata all'obiettivo principale del progetto (task 1) e prevede la sintesi integrata dei dati di sottosuolo e di superficie per giungere alla definizione dello schema stratigrafico-fisico delle successioni tardo-messiniane attraverso lo studio comparato delle varie aree di studio indicate. Nella prima fase saranno inoltre avviate le attività relative agli altri task, che consisteranno essenzialmente nella raccolta dei dati da analizzare poi nella seconda fase.

In considerazione degli obiettivi della ricerca e del suo carattere sovraregionale, si prevede un grosso sforzo in termini di attività di raccolta e interpretazione dati, sia di sottosuolo, sia di terreno; per questi ultimi, in particolare si prevede lo studio di un grande numero di campioni per analisi multidisciplinari; ciò implica un notevole impegno finanziario per le voci relative alle missioni (in Italia e all'estero) e rende necessario alle varie unità operative di avvalersi delle prestazioni di personale a contratto.

Fase 1

Nella prima fase si concentrerà l'attività operativa legate al task 1, mentre per i task 2-8 l'attività consisterà nella analisi critica dei dati esistenti e nella raccolta di nuovi dati, in attesa della definizione di un quadro stratigrafico generale più dettagliato, che consenta di affrontare in modo più efficace nella seconda fase gli specifici problemi individuati e indicati come obiettivi dei sottoprogetti.

In questa fase verrà inoltre costituito un sistema integrato di gestione dei dati stratigrafici, strutturali, geochemici, paleobiologici e paleoambientali. Il sistema consentirà l'aggiornamento incrociato dei dati e una più efficace connessione e collaborazione tra le unità operative.

task 1 - ricostruzione di un quadro stratigrafico ad alta risoluzione dell'intervallo tardo-Messiniano, basato su una cronologia di eventi riconoscibili e tracciabili in tutta l'area Mediterranea; Studio integrato stratigrafico-fisico e bio-magnetostratigrafico delle successioni messiniane del Bacino Terziario Piemontese (Vogherese, Monferrato, Langhe), Bacino della Laga (settore abruzzese), Bacini tirrenici (toscani e laziali e aree marine del Tirreno centro-settentrionale - Bacino di Viareggio, Bacino di Punta Ala, Bacino della Corsica, margine orientale sardo) e Bacini siciliani (Caltanissetta, Corvillo, avampaese Ibleo) per il riconoscimento e la caratterizzazione dei limiti inferiore e superiore dell'intervallo tardo-Messiniano (fase Lago Mare, 5.61-5.33 Ma) e la sua suddivisione su base stratigrafico-fisica e ciclostratigrafica in unità minori corrispondenti a finestre temporalibrevi correlabili a scala mediterranea. Particolare attenzione in tal senso sarà rivolta all'analisi della ciclicità sedimentaria ad alta frequenza espressa nei diversi sistemi deposizionali attraverso variazioni periodiche di parametri litologici, geochimici, mineralogici, magnetici, paleontologici (dinoflagellati, pollini e ostracodi). E' prevista l'integrazione di dati di superficie e di sottosuolo (sismica e pozzi resi disponibili da Eni-Agip; dati ODP e CNR per le aree marine); questa opportunità consentirà di valutare meglio le geometrie deposizionali della successione ed il suo assetto strutturale, soprattutto per comprendere i rapporti con l'adiacente area padana e appenninica, per la quale si dispone già di un modello geologico-stratigrafico ad alta risoluzione di riferimento.

I risultati ottenuti saranno confrontati con gli altri contesti mediterranei per i quali sono già disponibili quadri stratigrafici dettagliati, completi o parziali (Avanfossa appenninica, Grecia continentale, Creta, Cipro, bacini iberici, Marocco), per giungere all'elaborazione di una sintesi stratigrafica a scala del Mediterraneo dell'intervallo tardo-Messiniano.

A questo scopo è previsto lo studio di alcune delle successioni più rappresentative di tali aree, al fine di garantire un approccio stratigrafico omogeneo e rendere possibile quindi l'integrazione dei dati. Attività: analisi di facies delle successioni affioranti nelle aree di studio principali integrata con indagini biomagnetostratigrafiche, paleontologiche e geochimiche; integrazione dei dati di superficie e di sottosuolo attraverso lo studio di profili sismici e di pozzi relative ad aree terrestri e marine (Tirreno settentrionale e centrale; Sicilia).

Testo inglese

The research programme will be carried out by working groups composed by personnel of the proponent teams (local units) for the specific tasks individuated as main objectives of the project; working groups will be composed taking account of the specific expertises and interests of single researchers and subordinately of working areas; these thematic working groups will have a coordinator to ensure the general activity organization, the respect of project schedule and the synergies with the other groups. The research has a multidisciplinary character and provides for the integration of surface and subsurface data (reflection seismic and wells), facies analysis, paleontological and bio-magnetostratigraphic, geochemical and mineralogic-petrographic analyses. Subsurface data will be made available by ENI-AGIP through a collaboration agreement; other seismic data from ANSCHUTZ and CNR, together with deeper profiles from LISA and CROP Projects will be taken into consideration as well. The project also involves the drilling of continuously cored shallow boreholes to perform gamma-ray and magnetic susceptibility logs and to sample in extreme detail key horizons for cyclostratigraphic analysis and paleoenvironmental reconstructions.

The first phase will be devoted to the main objective of the project (task 1) with the integrated synthesis of outcrop and subsurface data to establish a high-resolution physical-stratigraphic framework of the latest Messinian through the comparison of the sedimentary successions of the study areas. During the first phase, the activities related to tasks 2-8 will be also started, mainly consisting in the collection of data to be subsequently analyzed in the second phase of the project. Due to the specific project character and objectives, a huge field work for facies analysis and extensive sampling for multidisciplinary analysis; this implies important costs for missions (in Italy and abroad) and for the employment on shorth-term contracts of researchers for field studies and laboratory analysis.

Phase 1

During the first phase the activity for task 1 will be carried out, while for tasks 2-8 only data collection and evaluation will be performed, waiting for the establishment of a detailed stratigraphic framework that will allow to face in the second phase the specific items of the subprojects. In this phase an integrated stratigraphic, structural, geochemical, paleontological and paleoenvironmental database will be prepared. This system will be made available for the researcher involved in the project to allow quick data upgrade and to improve synergies among the working groups. task 1 - establishment of a high-resolution stratigraphic framework for the late Messinian, based on a chronology of events correlatable at a Mediterranean scale;

Integrated, physical stratigraphic and bio-magnetostratigraphic study of the Messinian successions of the Tertiary Piedmont Basin (Voghera Apennine, Monferrato and Langhe areas), Southern Laga Basin (Abruzzi area), Tyrrhenian basins (southern Tuscany, Latium and Northern-Central Tyrrhenian Sea - Viareggio, Punta Ala and Corsica Basins, eastern Sardinia platform) and Sicily (Caltanissetta, Corvillo and Hyblean Plateau) to recognize the upper and lower boundaries of the latest Messinian interval (Lago Mare stage, 5.61-5.33 Ma) and subdivide it into minor units on a cyclostratigraphic base. A particular attention will be paid to the study of high-frequency sedimentary cyclicity, expressed in the different depositional systems through periodic changes of lithological, geochemical, mineralogical, magnetic and paleontological (Dinoflagellates, Pollens and Ostracods) parameters. Surface and subsurface data (wells and seismic profiles made available by Eni-Agip; ODP and CNR data for marine areas) will be integrated to better evaluate the depositional geometries of sedimentary successions and their structural setting, in order to define the relationships with the adjacent areas, (especially the Po Plain and Northern Apennine) for which a high-resolution stratigraphic model is already available.

The results obtained from the main study areas will be compared with other Mediterranean basins (Apennine foredeep, continental Greece, Crete, Cyprus, Spain and Morocco) to achieve a comprehensive stratigraphic framework of the latest Messinian interval. Accordingly, the study of some representative sections of such areas will be carried out, to ensure an homogeneous stratigraphic approach and data integration.

Activity: field study of sedimentary successions of the main study areas; biomagnetostratigraphic, paleontologic and geochemical (organic matter characterization, C and O isotopes) analysis; seismostratigraphic study of subsurface successions through seismic profiles and well data.

Risultati parziali attesi

Testo italiano

Schema ciclostratigrafico e stratigrafico-fisico delle successioni marginali e bacinali dei bacini presi in considerazione. Quadro strutturale preliminare dell'area centro Mediterranea.

Sintesi stratigrafica preliminare a scala Mediterranea dei depositi tardo-Messiniani.

Stratigrafie puntuali in sezioni chiave inserite nel contesto regionale.

Localizzazione, misurazione e campionatura di sezioni stratigrafiche di dettaglio per la realizzazione degli obiettivi della seconda fase.

Costruzione di mappe sulla base di dati di superficie e di sottosuolo con la distribuzione areale dei depositi tardo-Messiniani in relazione alle principali strutture tettoniche.

Costruzione di un database con interfaccia web per lo scambio di dati e comunicazioni tra i ricercatori coinvolti nel progetto.

Testo inglese

Structural, cyclo- and physical-stratigraphic framework of marginal and basinal successions of the selected study areas.

Preliminary reconstruction of the latest Messinian Mediterranean-scale stratigraphic framework based on the comparison with other selected sections.

Detailed stratigraphy of key sections well framed into their regional context Identification, location, measurement and sampling of detailed stratigraphic sections for analysis to be performed during the second phase of the project.

Surface and subsurface mapping of facies distribution of late Messinian deposits as related to the main tectonic structures.

Creation of a GIS based database with a web interface for easier data access and communication among the participants to the project.

Unità di Ricerca impegnate

Unità n. 1

Unità n. 2

Unità n. 3

Unità n. 4

Unità n. 5

Unità n. 6

Unità n. 7

Fase 2**Durata e costo previsto**

Durata Mesi 12 Costo previsto Euro 163.600

Descrizione**Testo italiano**

In questa fase si concentrerà l'attività di tipo analitico prevista nell'ambito dei task 2-8 e sarà perfezionato il quadro stratigrafico ad alta risoluzione del tardo-Messiniano realizzato in via preliminare nella prima fase.

task 2 - ruolo della fase di strutturazione tortoniano-messiniana dell'area mediterranea nella genesi degli eventi messiniani.

Definizione del quadro dell'evoluzione strutturale dell'area centrale del Mediterraneo nell'intervallo Tortoniano superiore-Pliocene inferiore, al fine di meglio delineare le modificazioni topografiche indotte dalla tettonica, la loro ampiezza ed il possibile ruolo nel controllo degli eventi messiniani. Gli sforzi si concentreranno in particolare sulla definizione dello stile tettonico delle aree di studio durante il Messiniano e sulle relazioni tra le deformazioni compressive della catena appenninica e maghrebide (settore settentrionale e bacino della Laga) particolarmente importante in questo intervallo, ed il regime estensionale della retrostante area tirrenica (bacini toscani). In questi ultimi verranno studiate sul terreno le strutture di deformazione alla macro- e mesoscala per chiarire il significato delle deformazioni compressive (accavallamenti e pieghe) segnalate in lavori precedenti. Uno studio analogo riguarderà l'area siciliana dove si cercherà di definire le relazioni tra l'evoluzione tettonica delle aree di avampaese (caratterizzate anche da una significativa attività vulcanica) e di avanfossa. Si cercherà inoltre di inserire l'evoluzione geodinamica di queste aree nel quadro più ampio del regime di stress che caratterizza l'area mediterranea nel suo complesso durante il Messiniano.

Attività: questo studio verrà condotto attraverso l'integrazione di dati sismici e di terreno e la costruzione di uno o più transetti geologici attraverso i principali domini strutturali dell'area centro-mediterranea (appennino settentrionale-arcipelago toscano-margine orientale sardo); analisi mesostrutturale sul terreno; inversione dei paleosforzi dalle popolazioni di mesofaglie e dalle strutture di deformazione nei conglomerati e nelle evaporiti; analisi di terreno delle geometrie delle strutture tettoniche; loro ricostruzione in profondità attraverso lo studio delle sezioni sismiche e la costruzione, validazione e retrodeformazione al computer

(software 2DMove e 3DMove) di sezioni geologiche.

task 3 - *genesi della superficie erosiva intra-Messiniana e dei depositi ad essa associati. Questo task, strettamente connesso al task 2, prevede la definizione genetica attraverso il confronto tra i vari contesti studiati della discontinuità intra-Messiniana e dei depositi ad essa associati. Il problema maggiore è costituito dalla valutazione del ruolo della tettonica nella genesi di tale superficie, riconosciuto per ora soltanto nell'avanfossa appenninica e possibilmente sottovalutato nelle altre aree, a favore di un controllo puramente eustatico legato al grande abbassamento evaporativo del Mediterraneo.*

Attività: analisi delle successioni affioranti e di sottosuolo con utilizzo di dati sismici e di pozzo, definizione dei rapporti tra successioni marginali e bacinali e loro caratterizzazione sedimentologica.

task 4 - *tempi e modalità del passaggio da condizioni iperaline ad ipoaline. Si tratta di un problema paleoceanografico che presenta molti lati oscuri; le modalità di questo passaggio e le caratteristiche idrologiche dei bacini Lago Mare che caratterizzano l'area mediterranea nel Messiniano terminale (struttura della colonna d'acqua, pattern di circolazione, paleobatimetria, estensione) sono tuttora sconosciuti; ciò è dovuto alla mancanza di registrazione sedimentaria nelle successioni marginali (hiatus legato alla discontinuità intra-Messiniana) o alle incertezze nella sua definizione nei contesti bacinali mediterranei. I problemi da affrontare sono 1) il riconoscimento di successioni deposte in contesti bacinali in cui l'intervallo di tempo corrispondente alla transizione è registrato in modo continuo, 2) la loro esatta datazione e 3) la loro caratterizzazione paleoambientale attraverso l'integrazione di traccianti sedimentologici, geochimici e paleontologici.*

Attività: studio di sezioni affioranti, con misurazione e campionatura di dettaglio, analisi micro e macropaleontologiche (essenzialmente pollini, dinoflagellati e ostracodi) e geochimiche (caratterizzazione della materia organica, isotopi stabili di C, O e Sr).

task 5 - *controllo climatico sullo sviluppo ciclico ad alta frequenza dei sistemi deposizionali continentali della fase post-evaporitica; I depositi di Lago Mare di molti bacini mediterranei sono caratterizzati da una organizzazione ciclica delle successioni, espressa in modo più evidente da alternanze ritmiche di depositi grossolani e fini corrispondenti a fasi di attivazione periodica di sistemi deposizionali fluvio-deltizi, ma riconoscibile anche in altri contesti deposizionali attraverso l'andamento di parametri paleontologici e geochimici. Si tratta probabilmente di una ciclicità di tipo climatico con periodicità orbitale che potrebbe rappresentare un ottimo strumento per correlazioni a distanza e per costruire uno schema stratigrafico ad alta risoluzione per l'intervallo tardo-Messiniano o per parte di esso, obiettivo principale del progetto.*

Utilizzando lo schema stratigrafico ricostruito nell'ambito del task 1, il task 5 prevede la caratterizzazione paleoambientale a scala sovraregionale dei depositi di Lago Mare attraverso il confronto per finestre temporali omogenee tra le successioni delle varie aree di studio al fine di meglio definire le caratteristiche dei bacini, il grado di connessione e l'esistenza di gradienti climatici latitudinali.

Attività: analisi di facies dettagliata delle successioni clastiche affioranti, con misurazione e campionatura di dettaglio, analisi micro e macropaleontologiche (ostracodi, pollini e dinoflagellati, molluschi) e geochimiche (caratterizzazione della materia organica) e magnetiche (susceptività).

task 6 - *definizione temporale ed areale di incursioni marine nei bacini di Lago Mare ed implicazioni di tipo paleogeografico; Verifica dell'esistenza di orizzonti marini all'interno delle successioni di Lago Mare, ripetutamente segnalate in vari bacini; definizione del carattere episodico o sistematico, della loro eventuale organizzazione ciclica e legame con l'andamento di altri parametri paleoambientali, della correlabilità attraverso i vari bacini presi in considerazione. Attività: per il raggiungimento di questi obiettivi si prevede uno studio sedimentologico di grande dettaglio, eventualmente anche attraverso carotaggi mirati, e un numero molto elevato di analisi micro, macropaleontologiche e geochimiche.*

task 7 - *storia deposizionale e diagenetica delle facies evaporitiche del Messiniano superiore; Parzialmente connesso al task 6, prevede lo studio dei caratteri petrografici e geochimici dei depositi evaporitici associati ai depositi di Lago Mare del Messiniano terminale, dei quali non si dispone di un quadro conoscitivo ampio e approfondito a scala sovraregionale, per determinare le caratteristiche marine e/o continentali e il grado di isolamento dei bacini mediterranei nella fase terminale della crisi di salinità. Attività: analisi delle composizioni isotopiche dello stronzio nei depositi solfatici e delle inclusioni fluide nei cristalli di gesso per determinare l'evoluzione della paleosalinità e delle paleotemperature di precipitazione.*

task 8 - *sintesi regionale del passaggio Mio-Pliocene. Il passaggio Mio/Pliocene marca il ritorno quasi istantaneo a condizioni marine profonde e appare sincrono lungo la fascia meridionale del Mediterraneo ma meno chiara è al momento la situazione negli altri settori; il significato e le modalità di questa transizione sono tuttora poco comprese. L'altissima risoluzione stratigrafica della base del Pliocene, che deriva dalla calibrazione astronomica di eventi bio e magnetostratigrafici, consente di definire intervalli molto brevi (20 ka) corrispondenti a cicli precessionali; nella sezione di Eraclea Minoa (GSSP dello Zancleano) 5 cicli si ritrovano tra la base dei depositi marini (limite Mio/Pliocene) e la base del Thvera; il riconoscimento di tali cicli e degli eventi biostratigrafici ad essi associati è un criterio che permette di definire il carattere sincrono o meno della transizione dal Lago Mare al marino e la sua variabilità in funzione dei differenti contesti morfostrutturali locali e regionali.*

Attività: revisione dei dati ODP e di altre aree del Mediterraneo delle quali sono già disponibili numerosi dati (avanfossa appenninica), campionatura di dettaglio di sezioni di terreno per studi micropaleontologici, mineralogici (composizione delle argille) e altre indagini di dettaglio (Gamma Ray, Susceptività magnetica) da svolgere su carote per evidenziare eventuali pattern ciclici dei depositi pliocenici basali.

Testo inglese

This phase will be devoted to the refinement of the high-stratigraphic framework for the late Messinian established on a preliminary way in the first phase and to the analysis for tasks 2-8.

task 2 - *timing, modes and role of tectonic activity in the genesis of Messinian events; Definition of the structural evolution framework of the central Mediterranean area during the late Tortonian-early Pliocene, to get more information about the tectonically-induced topographic modifications, their amplitude and possible role in controlling the Messinian palaeoenvironmental changes. The efforts will be particularly devoted to the definition of the structural style of the studied areas during the Messinian and to the study of the relationships between the compressive deformations and uplift of the Apenninic chain (northern and Abruzzi sectors) and the extensional regime characterizing the Tuscan-Tyrrhenian area behind it. In the latter areas a macro- and meso-scale structural study will be carried out, aimed to the better comprehension of the effective role of the compressive structures (folds and thrusts) affecting the Messinian succession and recently pointed out. The origin of such structures are debated and imply different perspectives of the structural evolution of the northern Apennines chain. A similar analysis will be carried out in Sicily, where the relationships between the tectonic evolution of the foreland ramp (Hyblean Plateau, also characterized by significant volcanic activity during the Messinian) and the foredeep basins, will be studied. Moreover, the geodynamic relationships between these areas will be framed within the large-scale stress regime characterizing the Mediterranean area during the Messinian.*

Activity: this study will be carried out through the integration of field and seismic data and the reconstructions of geologic transects across the main structural domains of the central Mediterranean area (northern Apennines-northern Tyrrhenian Sea); field study of the mesostructures, such as faults, fractures, veins, deformation of pebbles in conglomerates and of gypsum units to get information on the general structural style; reconstruction of the paleostress fields distribution for the different sedimentary units through computer-aided stress inversion from mesoscopic faults, fractures and striation on pebbles; geometrical analysis of tectonic structures through field survey; their reconstruction in depth through seismic data and computer-aided (software 2Dmove and 3DMove) construction, validation and retrodeformation of geological cross sections.

task 3 - the origin of the intra-Messinian erosional surface and associated deposits. This task is tightly linked to task 2 and concerns the the origin of the intra-Messinian unconformity and associated deposits through the comparison of their characteristics in the different studied basins. The main problem dealt with in this task is the evaluation of the tectonic contribute to the genesis of this erosional surface, well recognized in the Apennine foredeep, where it is associated to an angular discordance, and probably overlooked in the other basins, where its purely eustatic origin related to a supposed huge evaporative draw-down of the Mediterranean Sea is favoured.

Activity: field and subsurface structural and stratigraphic study of the Messinian successions with a particular attention in defining the relationships between marginal and basinal depositional settings and in recognizing the eventual resedimented origin of basinal evaporites.

task 4 - timing and modes of the transition from iperhaline to ipohaline, Lago Mare stage; This is a big paleoceanographic problem with many still obscure aspects; the modalities of such transition as well as the hydrology of the Lago Mare basins developed in the Mediterranean area during the latest Messinian (physical and chemical structure of the water column, circulation pattern, paleobathymetry, size of the basins) are still basically unknown; this is mainly due to the hiatus (associated to the intra-Messinian unconformity) characterizing the marginal successions in this particular time interval and to the uncertainties in recognizing the equivalent deposits in basinal settings. The basic problems to be solved are 1) the recognition of basinal successions potentially recording the time interval corresponding to such transition, 2) their exact time definition, and 3) the paleoenvironmental characterization through integration of sedimentologic, geochemical and paleontologic proxies.

Activity: detailed facies analysis of outcropping sections well framed in their regional geological context; description and sampling of stratigraphic sections for paleontological (Pollen, Dynoflagellates, Ostracods) and geochemical analysis (characterization of organic matter, C, O and Sr isotopes).

task 5 - the climatic control of high-frequency cyclical changes in the Lago Mare depositional systems; The Lago Mare deposits of many Mediterranean basins are characterized by a fairly evident cyclic organization, particularly well expressed by fluvio-deltaic systems with a rhythmic alternation of coarse and fine-grained units mirroring their periodic, climatically controlled activation. A cyclical pattern is also recognizable in other depositional settings through the reconstruction of the vertical trends of paleontologic and geochemical parameters. This high-frequency cyclicity is likely controlled by orbitally forced climatic changes and this could represent a good tool for long distance correlations and for the reconstruction of an high-resolution stratigraphic framework of latest Messinian deposits which represent the main goal of the project. Besides this more general implication, the possibility of long-distance comparison of paleoenvironmental records related to very short time windows, would allow a better comprehension of the sovaregional climatic pattern and the more accurate characterization of the Lago Mare basins features (hydrological structure, interconnections, etc.).

Activity: detailed facies analysis of outcropping successions; detailed measurement and sampling for sedimentologic, geochemical, paleontologic and magnetic properties analysis.

task 6 - time and space distribution and paleogeographic implications of marine incursions within the Lago Mare successions; This task is intended to verify the existence of marine incursions within the Lago Mare deposits, recently pointed out on a geochemical (isotopic composition of Upper Evaporites) and paleontologic (horizons rich in planctonic Foraminifera and calcareous Nannoplancton) bases. Their episodic/vs cyclical occurrence, the relationships with other palaeoenvironmental proxies and the correlability across the different basins, will be also evaluated. Activity: in order to achieve these objectives, a very detailed sedimentological, geochemical and paleontological analysis of a large number of samples is necessary, from both field sections and short cores.

task 7 - depositional and diagenetic history of Latest Messinian evaporitic deposits (Upper Evaporites); This task partially relies on task 6 and concerns the study of the petrography and geochemistry of the Upper Evaporites associated to the late Messinian Lago Mare deposits, for which a regional framework of their characteristics (distribution, marine vs continental origin, nature and isolation degree of the different evaporative sub-basins) is lacking.

Activity: sulfur and strontium isotope compositions determinations; microthermometric analyses on fluid inclusions in gypsum crystals to determine the paleosalinity and paleotemperature of precipitation in the evaporite formation.

task 8 - sovra-regional synthesis of the Miocene/Pliocene transition. The Miocene/Pliocene boundary marks the abrupt return to fully marine conditions at the end of the Messinian salinity crisis; this transition appears almost synchronous along an east-west transect in the southern Mediterranean, but in the other sectors data are less clear; the meaning and the modalities of such dramatic paleoenvironmental changes are still poorly understood. The very high stratigraphic resolution of the basal Pliocene, deriving from the astronomic tuning of bio and magnetostratigraphic events, allow to recognize very short time intervals corresponding to precessional cycles (20 kyrs); in the Eraclea Minoa section (Zanclean GSSP) 5 cycles have been recognized in the interval comprised between the Lago Mare-marine transition to the base of the Thvera magnetic reversal; the recognition of such cycles and of associated bioevents is a powerful tool to define the synchronous character of this transition throughout the Mediterranean basins and its variability according to the different local and regional morphostructural and depositional settings.

Activity: revision Miocene/Pliocene boundary from ODP data and other Mediterranean sections; detailed sampling of new field sections in the main study areas of this project for micropaleontological and mineralogical studies (Foraminifera and calcareous Nannoplancton, clay composition); continuous logging of physical parameters (gamma ray, magnetic susceptibility) and spectral analysis to recognize cyclical patterns with orbital period in the basal Pliocene deposits.

Risultati parziali attesi

Testo italiano

Risultati di interesse stratigrafico, paleogeografico e strutturale:

- *schema stratigrafico ad alta risoluzione dell'intervallo tardo-Messiniano corrispondente alla fase Lago Mare*
- *sezioni geologiche a scala regionale basate sull'integrazione di dati di superficie e di sottosuolo*
- *definizione del quadro strutturale regionale relativo alla tettonica messiniana*
- *sezioni geologiche retrodeformate*
- *ricostruzione dell'assetto paleogeografico e morfostrutturale dell'area centro-Mediterranea nel Messiniano terminale*
- *correlazioni stratigrafiche regionali*
- *definizione dei rapporti genetici tra evaporiti primarie e risedimentate*
- *distribuzione areale dei depositi grossolani della fase Lago Mare*
- *modalità, tempi e significato paleoambientale del passaggio Mio/Pliocene*

Testo inglese

Stratigraphic, paleogeographic and structural implications:

- *high-resolution stratigraphic Mediterranean-scale synthesis of the latest Messinian Lago Mare stage deposits*
- *regional geological sections based on the integration of surface and subsurface data*
- *definition of the regional structural framework related to Messinian tectonics*
- *balanced geological sections*
- *reconstruction of the paleogeographic and morphostructural setting of the central Mediterranean basin during the Messinian*
- *regional stratigraphic correlations*
- *facies models for the post-evaporitic coarse-grained deposits*
- *modalities, timing and significance of the palaeoenvironmental changes associated to the Miocene/Pliocene boundary*

Unità di Ricerca impegnate

Unità n. 1

Unità n. 2

Unità n. 3

Unità n. 4

Unità n. 5

Unità n. 6

Unità n. 7

2.5 Criteri suggeriti per la valutazione globale e delle singole fasi**Testo italiano**

Si tratta di un progetto interdisciplinare che affronta a scala sovra-regionale un argomento specifico e di particolare interesse e attualità nel dibattito scientifico internazionale. Lo studio è innovativo, in quanto prevede una collaborazione tra enti di ricerca e mondo dell'industria petrolifera, che rende possibile l'accesso a dati di sottosuolo a integrazione di quelli di affioramento. Dal punto di vista scientifico, si ritiene che i suoi risultati vadano valutati in relazione alla possibilità di fornire un contributo significativo alla modellizzazione paleoambientale attraverso la definizione di scenari paleogeografici attendibili e relativi a finestre temporali brevi. Dal punto di vista organizzativo, si sottolinea lo stretto coordinamento previsto tra le varie unità di ricerca coinvolte, in modo da realizzare la massima sinergia per la circolazione di idee e di esperienze tra i ricercatori delle varie discipline.

Testo inglese

This project has an interdisciplinary approach and at a supra-regional scale the problem of all major paleoenvironmental changes occurred during the Messinian in the Mediterranean area. The project is also novel because it implies a collaboration between Academic Research institutions and oil Companies; this makes it possible the access to subsurface data and the integration with surface geology. From a scientific point of view, we believe that the results of this project should be evaluated for the possibility to provide a significant contribute to the quantitative paleoenvironmental modelling through the definition of new and accurate paleogeographic frameworks for very short time windows. Due to its integrated approach, a close coordination of the different working teams will be granted, in order to achieve the best synergy and exchanges of ideas between the different competences.

3.1 Spese delle Unità di Ricerca

| Unità di Ricerca | Voce di spesa | | | | | | | | | | TOTALE |
|------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|-----------------------|-----------------|---------------|--|---------------|---------------|----------------|
| | Materiale inventariabile | Grandi Attrezzature | Materiale di consumo e funzionamento | Spese per calcolo ed elaborazione dati | Personale a contratto | Servizi esterni | Missioni | Partecipazione / Organizzazione convegni | Pubblicazioni | Altro | |
| Unità n° 1 | 9.000 | 0 | 10.000 | 3.000 | 18.000 | 6.000 | 12.000 | 6.000 | 5.600 | 0 | 69.600 |
| Unità n° 2 | 0 | 0 | 2.000 | 1.000 | 0 | 0 | 8.000 | 3.000 | 3.000 | 5.000 | 22.000 |
| Unità n° 3 | 6.000 | 0 | 5.000 | 0 | 12.900 | 0 | 5.500 | 6.600 | 0 | 0 | 36.000 |
| Unità n° 4 | 6.000 | 0 | 2.000 | 1.700 | 13.000 | 0 | 2.500 | 2.500 | 1.000 | 0 | 28.700 |
| Unità n° 5 | 3.500 | 0 | 6.000 | 5.000 | 12.000 | 5.500 | 11.300 | 2.000 | 4.000 | 0 | 49.300 |
| Unità n° 6 | 7.000 | 0 | 6.500 | 2.000 | 15.000 | 5.000 | 22.000 | 5.000 | 6.000 | 1.500 | 70.000 |
| Unità n° 7 | 6.200 | 0 | 3.000 | 600 | 5.000 | 2.200 | 10.500 | 3.500 | 3.500 | 3.500 | 38.000 |
| | 37.700 | 0 | 34.500 | 13.300 | 75.900 | 18.700 | 71.800 | 28.600 | 23.100 | 10.000 | 313.600 |

3.2 Partecipazione finanziaria

Il coordinatore certifica che il progetto ha carattere di originalità e non è finanziato o cofinanziato da altre amministrazioni pubbliche (art. 4 bando 2003)

SI

3.3 Costo complessivo del Programma di Ricerca e risorse disponibili

| Unità di Ricerca | Voce di spesa | | | | | | |
|------------------|---------------|---------------|---------------|--|-----------------------------------|----------------------------|----------------|
| | RD | RA | RD+RA | Cofinanziamento di altre amministrazioni pubbliche | Cofinanziamento richiesto al MIUR | Costo totale del programma | Costo minimo |
| Unità n. 1 | 20.900 | 0 | 20.900 | 0 | 48.700 | 69.600 | 60.000 |
| Unità n. 2 | 0 | 6.700 | 6.700 | 0 | 15.300 | 22.000 | 20.000 |
| Unità n. 3 | 1.500 | 9.300 | 10.800 | 0 | 25.200 | 36.000 | 36.000 |
| Unità n. 4 | 3.700 | 5.200 | 8.900 | 0 | 19.800 | 28.700 | 28.000 |
| Unità n. 5 | 0 | 14.800 | 14.800 | 0 | 34.500 | 49.300 | 45.000 |
| Unità n. 6 | 1.000 | 20.000 | 21.000 | 0 | 49.000 | 70.000 | 65.000 |
| Unità n. 7 | 0 | 11.400 | 11.400 | 0 | 26.600 | 38.000 | 34.000 |
| | 27.100 | 67.400 | 94.500 | 0 | 219.100 | 313.600 | 288.000 |

| | Euro |
|--|---------|
| Costo complessivo del Programma | 313.600 |
| | |
| Fondi disponibili (RD) | 27.100 |
| | |
| Fondi acquisibili (RA) | 67.400 |
| | |
| Cofinanziamento di altre amministrazioni pubbliche (art. 4 bando 2003) | 0 |
| | |
| Cofinanziamento richiesto al MIUR | 219.100 |

3.4 Costo minimo per garantire la possibilità di verifica dei risultati

Euro 288.000 (dal sistema, quale somma delle indicazioni dei Modelli B)

Euro 288.000 (dal Coordinatore del Programma)

(per la copia da depositare presso l'Ateneo e per l'assenso alla diffusione via Internet delle informazioni riguardanti i programmi finanziati; legge del 31.12.96 n° 675 sulla "Tutela dei dati personali")

Firma _____

Data 30/03/2003 ore 09:42