

Geologia della Sicilia - *Geology of Sicily*

I - Introduzione - *Introduction*

LENTINI F. (*), CARBONE S. (*)

RIASSUNTO - Queste memorie rappresentano le note illustrative della Carta Geologica della Sicilia alla scala 1:250.000 e trattano i caratteri stratigrafici e strutturali dell'Isola. Esse rappresentano la raccolta di molteplici dati ottenuti in decenni di attività da parte degli scriventi. Data la complessità e la varietà dei caratteri geologici, tale materiale non ha la pretesa di essere considerato esauriente, ma può tuttavia costituire una base per ulteriori approfondimenti e un documento di consultazione corredato da un'estesa bibliografia.

Nel Mediterraneo Centrale sono riconoscibili il Dominio d'Avampaese, il Dominio Orogenico e il "Dominio Interno". Il primo comprende le aree attualmente indeformate della Placca Adria, di cui è parte il Blocco Apulo; esso è separato, a partire dal tardo Paleozoico, dal Blocco Pelagiano, appartenente alla Placca Nord-Africana, per mezzo della crosta oceanica del Bacino Ionico.

Il Dominio Orogenico è compreso tra un'antica crosta oceanica, quella del Bacino Ionico, in consumazione, e quella tirrenica in espansione. Esso è costituito da tre catene orogeniche, il Sistema a *Thrust* Esterno (STE), la Catena Appenninico-Maghrebide (CAM) e la Catena Calabro-Peloritana (CCP). Il STE deriva dalla deformazione del margine interno dell'avampaese; la CAM si è generata dalla sovrapposizione di successioni sedimentarie appartenenti sia a settori a crosta oceanica, come i bacini Alpino-Tetideo e Ionico, sia a settori a crosta continentale, come le piattaforme Panormidi e Campano-Lucane. La CCP è ritenuta il prodotto della delaminazione del margine europeo.

Il "Dominio Interno" è rappresentato dal Blocco Sardo-Corso e dal Bacino Tirrenico; quest'ultimo è caratterizzato da una crosta oceanica in apertura a partire dal Serravalliano.

Questa memoria inizia con una descrizione della tettonostratigrafia dell'orogene siciliano, basata su rilevamenti geologici, aggiornati nell'ambito del Progetto CARG, correlati da analisi biostratigrafiche e petrologiche, e integrati da dati di sottosuolo e linee sismiche.

La distribuzione delle croste, basata sull'analisi delle linee sismiche del CROP-Mare, è la chiave per comprendere l'evoluzi-

zione geodinamica di quest'area.

Schemi paleogeografici e profili illustrano l'evoluzione paleotettonica dell'orogene.

In Sicilia e nei mari circostanti il Dominio d'Avampaese è rappresentato dal Blocco Pelagiano e dal Bacino Ionico; il primo è costituito da un segmento E-O della crosta Nord-Africana, ricoperto da una potente successione carbonatica meso-cenozoica con ripetute intercalazioni vulcaniche e flessurato verso nord; il secondo è formato da una crosta oceanica in subduzione attiva solamente per il settore meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano.

Più recenti analisi interdisciplinari indicherebbero la presenza di un *core-complex* serpentinnizzato, e metterebbero in discussione il carattere continentale della crosta dell'Avampaese Ibleo e del Canale di Sicilia.

Ad est il Blocco Pelagiano è delimitato dalla Scarpata Ibleo-Maltese, un sistema meridiano di faglie attive, che coinvolge anche il versante orientale del Vulcano Etna e gioca un ruolo fondamentale nella sismotettonica di quest'area.

La parte centrale del Blocco Pelagiano e cioè il Canale di Sicilia è interessato da un *rifting*, orientato NO-SE, che origina tre depressioni strutturali, delimitate da faglie normali e riempite da 1000-2000 m di sedimenti plio-quadernari. Ad esse si associano un vulcanismo alcalino e un sistema di faglie antitetiche sinistre.

Al Dominio di Avampaese appartengono il *Plateau* Ibleo e l'Avanfossa Gela-Catania, separati da un sistema di faglie dirette orientate NE-SO, prodotte dalla flessurazione dell'Altipiano Ibleo verso NO. L'Avanfossa Catania-Gela è occupata in prevalenza dalla Falda di Gela, costituita da unità alloctone poggianti su orizzonti pliocenici e pleistocenici e che pertanto rappresenta il cuneo frontale della CAM.

La copertura sedimentaria del *Plateau* Ibleo supera i 6 km di spessore e consiste in una successione carbonatica meso-cenozoica con intercalazioni di vulcaniti basiche, la cui porzione affiorante data a partire dal Cretacico. Sono distinguibili una successione occidentale da neritica a pelagica ed una orientale prevalentemente di mare basso con lacune e

(*) Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Sezione di Scienze della Terra. Università di Catania, Corso Italia 57, 95129 Catania

fortemente influenzata da attività vulcaniche.

Al Dominio di Avampaese appartiene anche la successione stratigrafica di Sciacca (Avampaese Saccense), che linee sismiche indicano come strettamente collegabile all'Avampaese Ibleo.

Viene riportata una descrizione delle caratteristiche strutturali del Bacino Ionico fino alla costa orientale della Sicilia e allo Stretto di Messina.

L'elemento più profondo del Dominio Orogenico è il Sistema a *Thrust* Siculo-Pelagiano (STSP), un STE originato dallo scollamento delle coperture sedimentarie del margine interno del Blocco Pelagiano a partire dal Miocene superiore. In Sicilia orientale esso è sepolto sotto la CAM, mentre è ampiamente esposto nel settore occidentale dell'Isola, dove corrisponde in gran parte alle Unità Trapanesi della letteratura geologica. Le successioni sono caratterizzate da carbonati del Triassico-Lias passanti a pelagiti del Giurassico e del Cretacico-Eocene. Ai calcari meso-cenozoici seguono verso l'alto le calcareniti di Corleone e le marne di S. Cipirello. Diverse sottounità affioranti nel Trapanese e nelle Isole Egadi vengono brevemente descritte.

La CAM è ampiamente esposta in Sicilia e consiste in un edificio alloctono originatosi a partire dall'Oligocene superiore a spese delle successioni bacinali Alpino-Tetidee (Unità Sicilidi) e delle piattaforme carbonatiche Panormidi trasportate al disopra delle Ionidi. Queste ultime derivano dallo scollamento delle coperture bacinali delle aree subdotte del Paleobacino Ionico e costituiscono l'orizzonte più profondo della CAM. Ad esse appartengono le unità Sicane, Lercara, Imerese, Gagliano e M. Judica, con successioni stratigrafiche che datano dal Permo-Triassico all'Oligocene e al Miocene medio-superiore. Le coperture terrigene oligo-mioceniche sono date dal flysch numidico esterno e dai depositi glauconitici dei M. Sicani e di M. Judica. Dal Miocene superiore le Ionidi vanno in ricoprimento sul STSP.

Nelle Unità Panormidi sono distinguibili due sottounità tra loro sovrapposte, la più profonda è caratterizzata da una successione carbonatica bacinale evolvente a facies di margine e dal flysch numidico direttamente sovrapposto su orizzonti giurassici (Sottounità M. San Salvatore-M. Cuccio); l'altra mostra facies di piattaforma carbonatica Sottounità Pizzo Carbonara-Cozzo di Lupo); ambedue si trovano in ricoprimento sull'Unità Imerese.

Le Unità Sicilidi si depositarono in un bacino alpino-tetideo tra il Blocco Europeo e quello Panormide, e costituiscono unità ampiamente alloctone in ricoprimento sia sulle Unità Panormidi che sull'Unità Imerese. Possiedono una notevole mobilità, tanto da raggiungere il cuneo frontale della catena fino a costituire parte integrante della Falda di Gela. Si tratta di argille varicolori meso-cenozoiche passanti alle Tufiti di Tusa, la cui frazione vulcanoclastica indica la presenza di un arco vulcanico oligocenico. Le coperture terrigene delle Tetidi Alpine sono costituite dalla f.ne di Piedimonte (Oligocene inferiore), che rappresenta il cuneo frontale della Catena Calabro-Peloritana e dalla f.ne di Reitano, di età Miocene medio-inferiore, discordante sulle coltri sicilidi e con esse successivamente trasportato al disopra del flysch numidico.

Viene, inoltre, fornita un'interpretazione dei rapporti strutturali tra le varie unità e sottounità e dei depositi terrigeni oligo-miocenici, compreso il flysch numidico "alloctono".

Infine la Catena Calabro-Peloritana è costituita da falde di basamento talora con resti delle originarie coperture meso-

cenozoiche e in cui il grado metamorfico cresce verso le unità strutturalmente più alte; cosicché quelle più profonde sono delle epimetamorfiti varisiche con coperture sedimentarie più o meno condensate, mentre alla sommità si osserva un basamento paleo-meso-proterozoico (Unità dell'Aspromonte).

Le varie falde sono suture dal flysch di Capo d'Orlando (Oligocene superiore-Burdigaliano inferiore), a sua volta ricoperto tettonicamente da argille varicolori delle Unità Antisicilidi e dalle calcareniti di Floresta (Burdigaliano superiore-Langhiano).

Le coperture neogenico-quadernarie registrano le tappe dell'evoluzione geodinamica dell'orogene e vengono descritte, inquadrando nel contesto tettonico in cui si sono depositate, dai bacini di *fore-arc* fino ai depositi di bacini-satellite e di avanfossa. Vengono dapprima trattati i depositi sommersi nei bacini peritirrenici e quelli presenti nella fascia settentrionale; si passa poi a depositi di bacini-satellite della Sicilia centrale ("Bacino di Caltanissetta") e della Sicilia occidentale ("Bacino di Castelvetrano"), ascrivibili all'intervallo Miocene superiore-Pleistocene. La depressione di Caltanissetta è caratterizzata da evaporiti messiniane del Gruppo della Gessoso-Solfifera (formazioni di Cattolica e di Pasquasia) e da due cicli plio-pleistocenici (Ciclo di Enna-Capodarso e Ciclo di Geracello). Nella fascia meridionale l'intervallo Pliocene-Pleistocene è espresso da un'unica ciclo sedimentario con carattere regressivo alla sommità (formazioni di M. Narbone e delle calcareniti di Agrigento).

I dati raccolti permettono di ricostruire uno schema paleogeografico del Giurassico, nel quale il bacino ionico, apertosi a partire dal Permo-Triassico, è ubicato all'interno della Placca Afro-Adriatica. Il Bacino Alpino-Tetideo separava la Placca Europea da quelle Afro-Adriatiche.

Una serie di profili palinspastici fornisce un quadro sommaro, ma attendibile, dell'evoluzione paleotettonica dell'orogene dal Giurassico superiore al Quaternario. Tre stadi orogenetici vengono riconosciuti: non esistono sostanziali evidenze di quello Eo-Alpino, mentre lo Stadio Balearico ha prodotto, insieme con la rotazione antioraria del Blocco Sardo-Corso e con la chiusura del Bacino Alpino-Tetideo, la sovrapposizione delle Unità Sicilidi sulle piattaforme panormidi. A partire dal Serravalliano è lo Stadio Tirrenico che ha prodotto l'attuale configurazione della Sicilia e dei bacini circostanti. La distribuzione delle croste, lo stato collisionale del settore centro-occidentale siciliano e la subduzione attiva del segmento calabro-peloritano sono all'origine dell'attivazione del Sistema Sud-Tirrenico.

Un profilo schematico mostra i rapporti fra le varie unità tettoniche e gli stadi orogenetici responsabili delle sovrapposizioni tettoniche dei vari orizzonti strutturali.

Alcuni profili crostali attraverso la Sicilia disponibili in letteratura vengono criticamente esaminati. I profili compilati sulla base di personali dati, integrati dall'interpretazione delle linee sismiche del Progetto CROP-Mare mostrano l'estensione della Placca Nord-Africana fino a raggiungere la linea di costa tirrenica, dove fa transizione ad uno *slab* della crosta paleo ionica. Essa è in collisione con la crosta continentale panormide, riconosciuta nell'*offshore* tirrenico e originario basamento delle piattaforme carbonatiche scollatesi e in ricoprimento sull'Unità Imerese.

Infine, è stato aggiornato in base alle nuove conoscenze stratigrafiche il quadro geologico evolutivo dell'attività vulcanica che è il risultato di diversi contesti geodinamici che

hanno interessato l'evoluzione del Mediterraneo centro-occidentale a partire dal Miocene. In particolare, durante l'Olocene è stata registrata attività vulcanica lungo il settore del Canale di Sicilia, ed in particolare nell'isola di Pantelleria e nel Banco di Graham nel 1831, e nel vulcano sottomarino Foerstner nel 1891. Nell'arco vulcanico delle Isole Eolie a Lipari e Vulcano che sono rispettivamente in uno stato di quiescenza dal Medioevo e dal 1890, mentre l'Isola di Stromboli è caratterizzata da una quasi continua attività esplosiva di tipo stromboliano e più raramente dall'emissione di colate laviche generate da fessure all'interno della depressione della Sciara del Fuoco. Infine, in Sicilia orientale l'attività vulcanica più recente è quella che ha portato alla formazione, durante gli ultimi 500 ka, del grande stratovulcano composito del Monte Etna che oggi rappresenta uno dei vulcani più attivi al mondo, essendo caratterizzato da una discontinua e variabile attività sommitale e da eruzioni laterali.

PAROLE CHIAVE: Sicilia, Paleogeografia, Domini strutturali, Tettono-stratigrafia, Evoluzione geodinamica

ABSTRACT - These are the explanatory notes, which accompany the 1:250.000 scale Geological map of Sicily and illustrate the stratigraphic and structural characteristics of the island and represent a consultation document accompanied by an extensive bibliography.

In the Central Mediterranean region some structural domains are recognizable: the Foreland Domain, the Orogenic Domain and the Hinterland Domain.

The Foreland Domain includes the currently undeformed continental area of the Adria Plate, consisting of the Apulian Block, which is separated since the Late Paleozoic from the Pelagian Block, belonging to the North-Africa Plate, by the oceanic crust of the Ionian Basin.

The Orogenic Domain is located between an old oceanic crust, the Ionian basin, which has been partially consumed and a new oceanic crust, the abyssal plane of the Tyrrhenian basin and is composed of three superimposed tectonic belts, the External Thrust System (ETS), the Apenninic-Maghrebic Chain (AMC) and the Calabride-Peloritani Chain (CPC). The ETS has been generated by the detachment of the internal sedimentary cover of the flexured sector of the foreland; the AMC originated by imbrication of the sedimentary sequences belonging both to the oceanic crust-type sectors (Alpine Tethys and Ionian basins) and to the continental-type crust sectors (Panormide/Apenninic carbonate platforms). The CPC is thought to be the product of the delamination of the European margin.

The Hinterland Domain is represented by the Corsica-Sardinia Block and the Tyrrhenian Basin. The latter is characterized by an oceanic crust. Opening started in Serravallian time, as indicated from studies of the Tyrrhenian margin of Sicily.

The regional geological data, obtained from decades of field works and analysis, and integrated with volcanological as well as geophysical data, provide geodynamic constraints which permit to update the geological interpretative model of Sicily.

These notes start with a general description of the tectonostratigraphy of the Sicily orogen based on extensive field mapping (CARG Project), integrated with subsurface data, and numerous biostratigraphic and petrological analyses.

Beginning from the Foreland domains, the tectonic units

of the Orogenic Domain, composed of the deep seated thrust belt (the ETS or Pelagian Sicilian Thrust Belt-PSTB), the "roof thrust system" of the AMC, and the CPC are described.

Relevant data about the distribution of the crusts in this area of the Central Mediterranean are derived from seismogeological profiles of the CROP-Mare project; this is a key for the correct understanding of the current tectonics and geodynamics of this area.

A scheme of the palaeogeographical-palaeotectonic evolution is proposed together with a discussion about the current tectonics and an evaluation of the volcanological aspects.

THE FORELAND DOMAIN

In Sicily and in the submerged surrounding areas the foreland is represented by the undeformed Pelagian Block and by the Ionian Basin. The Pelagian Block extends from Tunisia to Sicily and is characterized by a 17-28 km thick crust. This crust underlies a 6-7 km thick Mesozoic-Cenozoic shallow-water to basin carbonatic sedimentary succession with repeated intercalations of volcanics. The Pelagian Block represents an E-W segment of the Africa continental margin flexured to the north beneath the orogenic belt.

New interdisciplinary investigation, based on integrated petrological, geochemical, geophysical and geological data, carried out in the Hyblean area, reveal the affinity with an ultra-slow spreading oceanic lithosphere. Combined seismic, gravimetric and magnetic data would indicate a marked anomaly at a depth of about 19 km, related to a Moho discontinuity as a serpentinization front.

The undeformed sequences of the Pelagian Block crop out in the Sahel region of Tunisia and extend offshore into the Sicily Channel, emerging in Lampedusa and the Malta islands, in the Sciacca area in southwestern Sicily and in the Hyblean *Plateau* in south-eastern Sicily. Palaeomagnetic data indicate that the geomagnetic pole positions are consistent with that of the Africa plate.

A N-S trending fault zone, the Hyblean-Maltese Escarpment, bounds the Pelagian Block to the east from the Ionian Basin. This prevalently normal fault system has been active during the Pliocene and Quaternary, also involving the eastern slope of Mount Etna volcano. It plays an important role in the seismotectonic evolution of the area.

The central portion of the Pelagian Block is represented by the Sicily Channel. It occupies a large region of the shallow water epicontinental Pelagian Sea and is affected by intense rifting, which has led to three NW-SE oriented deep troughs since the latest Miocene: the Pantelleria, the Linosa and the Malta basins, cut deeply into the Pelagian Platform. These grabens are separated from each other by normal, sub-parallel faults and filled with 1000-2000 m thick Pliocene-Quaternary sediments. Rift-related alkalic volcanism is typical of this intraplate rifting. In correspondence with the axis of these tectonic depressions, the so called "Sicilian Channel Rift Zone", crustal thinning is evident, with the Moho lying at about 17 km depth. A NE-SW oriented left-strike-slip faults antithetic to the main NW-SE right trascurrent system of the Sicily Channel rift zone has been recognized.

Hyblean Plateau and Catania-Gela Foredeep. North-westwards the Pelagian Block is flexured below the tectonic units of the Orogenic Domain. The Hyblean *Plateau* represents an uplifted element, separated from the flexured areas on its north-western margin by a system of NE-SW oriented nor-

mal faults, with considerable vertical downthrow. These faults delimit the Catania-Gela Foredeep, which is fully occupied by the allochthonous units of the frontal wedge of the chain, the Gela Nappe. Roughly N-S structures constitute the western margin of the plateau, separating it from a depressed sector of the foreland underplating allochthonous units. To the west of this alignment the Miocene Hyblean successions have subsided to a depth of about 3000 m. This major collapse of the Hyblean successions is accompanied by a significant south-westward areal extension of the Catania-Gela Foredeep, within which a distinct advance of the allochthonous units (Gela Nappe) has occurred, forming a vast, and largely submerged, arcuate front.

On a more general level the major flexure of the foreland is reflected in the orogenic areas to the north, with the presence of a wide axial depression within the chain units, known as "Caltanissetta Basin", with which thick deposits of Messinian evaporites are associated, deposited in the frontal regions of thrusts prograding towards external areas.

The northward extent of the foreland below the main thrust wedge in Sicily is clear, thanks to geophysical data and indirect geological reconstructions. Carbonate bodies, connected to the successions of the Hyblean Plateau, but strongly deformed have been detected below the allochthon of the orogenic belt.

The sedimentary cover of the Hyblean Plateau has been detected down to the depth of about 6 km, where Middle Triassic layers have been found, while there is no information about the Permo-Triassic interval, identified in the seismic lines. The sedimentary succession consists of thick Triassic-Liassic platform carbonates with intercalations of mafic volcanics, overlain by Jurassic-Eocene pelagic carbonates and Tertiary open shelf clastic deposits. The Mesozoic stratigraphic sequence has been briefly described, on the base of the boreholes.

On the Hyblean Plateau exposed sedimentary rocks with volcanic intercalations are mostly of Tertiary and Quaternary age.

In the western part of the Hyblean Plateau well exposed late Oligocene-Miocene limestones and marly limestones, known as Ragusa Fm., grading up to marls of the Tellaro Fm., were deposited on a carbonate ramp from neritic to pelagic conditions. Pliocene and Quaternary pelagic carbonates passing into clays toward basin are present, at places intercalated with mafic volcanics.

The eastern Tertiary succession consists of Miocene carbonates, belonging to Monti Climiti and Palazzolo Fms. and overlying reefal to lagoonal limestones with intercalated pyroclastic rocks (Carlentini and M. Carrubba Fms.). These rest upon rudist-bearing carbonates of Upper Cretaceous overlying volcanic seamounts.

Early Pleistocene shallow-water bioclastic carbonates, grading up to clays and sands are located along the margins of the plateau.

The Tertiary palaeogeographic picture, unchanged until Messinian times, shows a totally new arrangement after the Pliocene, when the northeastern sector of the Hyblean Plateau ceased to play the role of a structural high, and progressively collapsed in connection with the development of the Hyblean-Maltese Escarpment.

The Hyblean Plateau has been the site of intermittent volcanic activity from the Triassic up to the Early Pleistocene. While the products of the Mesozoic phases are buried, Late Cretaceous submarine volcanics, topped by rudist-bearing

carbonates, are known in eastern Hyblean area and its off-shore. Mafic alkaline volcanic activity in a shallow marine environment resumed in the Late Miocene.

Early Pliocene mafic alkaline volcanism continued in the northwestern part of the plateau. The Late Pliocene activity was marked by a drastic compositional change from mafic alkaline to tholeiitic, and by the eruption of large volumes of lava. This activity occurred when to the NW the Hyblean Foreland collapsed and a system of normal faults developed, originating the foredeep.

The thick volcanic layers, drilled in the foredeep, are well correlatable with the volcanics of the northern margin of the Hyblean Foreland, but include a younger unit in the subsurface of Catania Plain, that indicates a shift of volcanic activity toward the Volcano Etna area.

The data acquired from hydrocarbon research wells, from seismic lines off-shore of the southern coast of Sicily, as well as from on-shore geological data, provide evidence that the allochthonous front of the AMC (the "Gela Nappe") rests tectonically upon the Pliocene deposits. Furthermore, the Early Pleistocene horizons, sometimes slightly deformed, lap upon the frontal thrusts.

Sciacca Platform. Seismic profiles and well data indicate a lateral continuity from the Hyblean domain towards the Sciacca domain in SW Sicily.

The Sciacca carbonate platform upgrades to pelagic carbonate deposits. The succession begins with Late Triassic stromatolitic limestones with *Megalodon* sp. and ends with Late Tortonian-Messinian clastic sediments and evaporites, followed by Early Pliocene "Trubi".

The Ionian Basin. It is delimited by the original margins south-westwards and north-eastwards, respectively represented by the Hyblean-Maltese Escarpment and the Apulian Escarpment.

Analyses of the Palaeo-Ionian covers, at the present time detached and tectonically transported in Sicily and in Southern Apennines, support the view that the Ionian Sea opened in Permo-Triassic times. The same data indicate that these pelagic sequences (Ionides) floored branches of the original oceanic Palaeo-Ionian Basin.

The CROP data provide important informations showing a clear imaging of the Ionian slab beneath the crustal fragments toward the Tyrrhenian Sea. The hypothesis of an active subduction zone in the Southern Calabria-Peloritani segment is also supported by volcanic activity of the Tyrrhenian Sea and geophysical data.

The frontal part of the Calabrian Arc, drowned by the Ionian Sea, developed an accretionary wedge onto the subducting Ionian lithosphere.

In the Messina Straits, connected to the Messina Rise, two sectors can be distinguished: the northern one shows an ENE-WSW orientation connected to the Ganzirri-Scilla System, that originated a graben since Middle Pleistocene time; the southern portion of the Straits presents a complicate structural style, connected to a N-S oriented trascurrent dextral fault. The interpretation of seismic lines allows to recognize contractional deformations within the Straits and on both Sicily and Calabria sides.

Since 1977 many seismologists analyzed different seismogenetic faults, that could be responsible of the 1908 catastrophic earthquake of Messina Straits. More than ten hypotetic structures have been proposed.

THE OROGENIC DOMAINS

The External Thrust System (ETS). The innermost margins of the carbonate blocks of the Foreland domain have been deformed since Late Miocene times, giving rise to external thrust systems: the Apulian Thrust System (ATS) in Southern Italy and the Pelagian-Sicilian Thrust Belt (PSTB) in Sicily and adjacent seas, mainly tectonically overlain by the roof thrust system of the Apenninic-Maghrebian Chain (AMC).

In Sicily the PSTB originated from the detachment of the sedimentary covers of the inner margin of the Pelagian Foreland. It is mainly buried below the un-rooted nappes of the AMC. The PSTB is well exposed in western Sicily, while in the eastern sector of the Island it has been detected with the help of seismic lines. It consists of Triassic-Liassic shallow-water carbonates, Middle Jurassic to Early Oligocene pelagic carbonates and Late Oligocene to Early Tortonian continental shelf to slope, syntectonic terrigenous and biocalcarenic deposits.

The geoseismic and geological cross sections show that the architecture of the westernmost part of Sicily is that of a thick wedge of Meso-Cenozoic carbonate platforms, beneath a tectonic stack of nappes. The carbonate thrust system consists of northward dipping ramp-like imbrications arranged in large antiforms with local NW-verging back-thrusts.

From south to north the following subunits are described: M. Magaggiaro-Pizzo Telegrafo subunits, Rocca Busambra Subunit, the M. Maranfusa Group, M. Kumeta and Montagna Grande subunits. In the Trapani Mountains and the Egadi Islands the PSTB is represented by Meso-Cenozoic carbonate subunits. In Capo S. Vito Peninsula to the north and M. Inici and M. Bonifato near Alcamo to the east some subunits have been distinguished.

The Meso-Cenozoic carbonates are followed upwards by Miocene glauconitic biocalcarenes (Corleone calcarenites Fm.) and Serravallian-Early Tortonian marls (S. Cipirello marls Fm.).

In the geological literature the sequences cropping out along the Capo S. Vito Peninsula have been alternatively ascribed to Imerese, Panormide or outermost units. Nevertheless the Late Miocene siliciclastics at the top of the successions allows to ascribe them to outermost tectonic units, belonging to the PSTB. That is confirmed by the analysis of the seismic lines.

The Apenninic-Maghrebian Chain. The AMC is widely exposed in Sicily, and consists of an allochthonous roof thrust system including Mesozoic sedimentary sequences, detached from both oceanic and continental crusts, and of Cenozoic terrigenous cover. The allochthonous edifice is characterized by the decoupling between the basements, the Mesozoic successions and the Tertiary covers, which widely overthrust the PSTB and reach the frontal wedge of the Gela Nappe.

The AMC originated since the Late Oligocene, first at expense of the Alpine Tethys basinal sequences, which originally floored the oceanic crust (Sicilide Units), and successively since Middle Miocene through tectonic denudation of continental crust sectors, due to the orogenic transport of the allochthonous carbonate covers (Panormide Units) onto the Ionian basinal successions (Ionides). These latter are the deepest Meso-Cenozoic tectonic units of the AMC, and interpreted as the original deposits of the Palaeo-Ionian basin.

In the whole the Ionides are mainly constituted by Mesozoic-Eocene sequences, grading upwards into Oligocene-Middle Miocene terrigenous successions. The Permian-Triassic sequences (the Lercara Unit), cropping out in western Sicily,

can be ascribed to the Ionides too. These confirm the Permian age of the opening of the Ionian Basin.

Since Late Miocene the Ionides have been involved in orogenic transport onto the PSTB.

They are widely exposed in the Sicani Mts (Sicani Units and Lercara Unit), in the mountains close to Palermo and in the Madonie Mts (Imerese Units), while in eastern Sicily they are mainly buried (Gagliano Unit) except in the M. Judica area (M. Judica Unit).

The Ionian terrigenous covers of the basinal successions belonging to the Ionides are represented by Tertiary foreland/foredeep deposits, whose relationships with the substratum are mainly preserved, although large detachments occurred with further forward transport, which generated repeated slices with an apparent increase to the original thickness.

The Oligo-Miocene deposits of the "Palaeo-Ionian Basin" are mostly constituted by the Numidian Flysch and by glauconite-bearing successions, grading up into Middle-Late Miocene siliciclastics (Tavernola Fm. and S. Cipirello marls Fm. respectively).

The Numidian Flysch is characterized by Aquitanian-Burdigalian yellowish quartzarenites, and forms a more or less autochthonous lower structural horizon, named Geraci Siculo Member and considered as the External Numidian Flysch. This formation originally was the cover of the Ionides, and of the Panormide carbonate platforms, whereas the overlying allochthonous horizon, the Nicosia and M. Salici subunits, represents the "far travelled" Numidian Flysch, and can be interpreted as part of the original cover of the Alpine Tethydes.

The quartzose sedimentation, typical of the Numidian Flysch ceased everywhere at the end of Burdigalian time, and the marly clays of Tavernola Fm. (Imerese Units) or silty clays of the Castelbuono Marls (Panormide Units) deposited.

The Panormide Units. These tectonic units are characterized by thick carbonate platform sequences, prevalently of Mesozoic age, whose striking facies uniformity and outcropping continuity as well as their tectonic setting preclude an unequivocal geometrical original location in the environment of the chain and any unambiguous reconstruction of their original palaeogeographic position.

The Panormide successions crop out in the northern sector of the Palermo Mts. and in the Madonie Mts., and are detected eastwards in some hydrocarbon boreholes. Geophysical data indicate a continuity eastwards until the southern sector of the Calabrian Arc.

Two subunits have been distinguished: the M. San Salvatore-M. Cuccio and the Pizzo Carbonara-Cozzo di Lupo. The former one is characterized by transitional facies of the margin of the carbonate platform. The succession represents a basinal to margin facies transition; it starts with Late Triassic marls (Mufara Fm.), overlain by Triassic-Early Liassic cherty limestones and resedimented dolostones, unconformably topped by Eocene wackestones and red marls (Scaglia Fm.), upgrading to Oligocene fine marls with megabreccias (Argille di Portella di Mandarini) and the Late Oligocene-Early Miocene quartzarenites of the Numidian Flysch. The Late Jurassic-Cretaceous gap characterizes this subunit and can be connected with the carbonate resediments occurring in the Imerese coeval horizons. The Pizzo Carbonara-Cozzo di Lupo Subunit consists of reefal carbonates ranging from Norian to Turonian; Upper Cretaceous pelagic marly limestones follow upsection. This succession is stratigraphically overlain by the

Gratteri Fm. and the Numidian Flysch.

Numerous outcrops, facies analyses and subsurface data confirm that the Panormide Units tectonically overlie the Ionides, and in particular override the Imerese sequences.

The Alpine Tethydes. The Alpine Tethydes are composed of sedimentary sequences, which were deposited in the Alpine Tethys, and originally were located between the European and the Panormide Blocks. They are represented by allochthonous far travelled tectonic units, resting on both the Panormide and the Ionides units. Because of their "tectonic mobility", they have reached the frontal wedges in the Gela-Catania Foredeep.

The sedimentary sequences of the Sicilide Units are characterized by Upper Jurassic-Oligocene basinal varicoloured shales and mudstones, which grade upwards to Upper Oligocene-Lower Miocene terrigenous turbidites: the Tuffiti di Tusa Fm. This is unconformably topped by the Lower-Middle Miocene Reitano Fm.

The architecture of the Sicilide Units is that of a tectonic wedge, progressively thinning, until it disappears below the Calabride-Peloritani Chain. The geometric relations probably are the result of a progressive accretionary process accompanied by a general detachment of the Tertiary terrigenous covers and by a breaching of the Mesozoic horizons. Inside the wedge two tectonic units have been distinguished, made up by Mesozoic sequences: the M. Soro and the "Argille Scagliose Superiori" units, and subunits composed of two Paleogene to Lower Miocene successions, the Nicosia-M. Salici and Troina subunits.

In Sicily the Sicilide Units generally overthrust the external Numidian Flysch and are unconformably covered by discontinuous Serravallian-Late Tortonian terrigenous sediments (Castellana Sicula and Terravecchia Fms.).

The analyses of the Tertiary covers of the Alpine Tethydes and in particular the tuffitic composition of the sandstones in the Tuffiti di Tusa Fm. allows to recognize a volcanic arc.

In the Ionian side, south of Taormina between the Alpine Tethydes and the Calabride Units an Early Oligocene terrigenous deposit (Piedimonte fm.) crops out. It represents the frontal wedge of the Calabride-Peloritani Chain.

The Calabride Units. They compose an orogenic domain, which extends from the Southern Apennines to North Africa via the Calabrian Arc and NE Sicily. The Calabria-Peloritani Chain is an arc-shaped belt interpreted as the effect of migration toward SE of an arc-trench system. It is represented by crustal fragments overriding the AMC along the submerged margin of the Ionian Sea.

The edifice is composed of un-rooted crystalline basement nappes, some of which with remains of their Meso-Cenozoic sedimentary cover.

The deepest tectonic units are made by Variscan epimetamorphites overlain by Meso-Cenozoic successions. These units form superimposed, mainly subhorizontally placed nappes cropping out in the southwestern sector of the Peloritani Mts. The crystalline basement is characterized by a very low grade metamorphism and it is possible to recognize them in function of the different evolution of their sedimentary covers.

The Capo S. Andrea Unit is the deepest tectonic unit constituted by epimetamorphites and by a predominantly carbonatic sedimentary succession, with reduced thicknesses and repeated gaps, extending from the Early Liassic to the Cretaceous-Eocene.

The Longi-Taormina Unit, in contrast, is characterized by epimetamorphites and a continuous sedimentary succession with passages, in the Liassic levels, from carbonate platform deposits to pelagites.

The S. Marco d'Alunzio Unit is represented by a thick epimetamorphic (m3) basement and an entirely carbonatic and condensed sedimentary succession rich in gaps.

This epimetamorphic complex underthrusts the Fondachelli-Novara Unit, a new recognized unit, characterized by a Paleozoic sequence consisting of a pelitic-arenaceous succession, with mafic volcanic intercalations, affected by a Variscan LT greenschist facies metamorphism, and by a thick Meso-Cenozoic cover. This latter begins with a platform facies of the Late Jurassic, covered by Aptian pelagic facies and Scaglia Fm. This succession is topped by sandstones grading up to the Red Conglomerate.

The units described above are tectonically covered by moderately low to high-grade metamorphics, and subordinately by remains of Mesozoic-Tertiary sedimentary successions. These rocks are represented by the Mandanici Unit, consisting of a Paleozoic sedimentary-volcanic sequence affected by a Variscan metamorphic prograde zoning, from LT greenschist facies to the beginning of the amphibolite facies, and by a thin Mesozoic cover.

The Piraino Unit consists of a basement defined by a Paleozoic sedimentary-volcanic sequence affected by a Variscan metamorphism responsible for a LT greenschist to LT amphibolite facies prograde zoning, and of a Mesozoic cover.

The Mela Unit lacks a Meso-Cenozoic cover and is made up of a basement characterized by a Paleozoic sequence affected by an Eo-Variscan eclogite facies metamorphism, followed by a Variscan Barrovian-type amphibolite to HT greenschist facies metamorphic re-equilibration.

The Ali Unit is characterized by a terrigenous Permo-Triassic interval grading up to an Early Liassic to Late Cretaceous carbonate succession, and affected by a very low grade Alpine metamorphism. This unit marks the tectonic contact between the Mandanici Unit and the overlying Aspromonte Unit. This latter lacks a Meso-Cenozoic cover and consists of a Paleo-Meso-Proterozoic ultramafic plutonic and metamorphic basement, affected by a Pan-African HT granulite facies metamorphism and intruded by a Late-Pan-African orogenic intermediate to acidic plutonic series. The basement was also involved in a Variscan LT granulite to LT amphibolite facies metamorphic re-equilibration, intruded by a Late-Variscan orogenic basic-intermediate to acidic plutonic series and affected by a localized Alpine MHP greenschist to MP amphibolite facies metamorphic overprint.

Tertiary terrigenous covers of the European wedge. Terrigenous covers crop out in the north-eastern sector of the island (Peloritani Mts.) and in the Southern Calabria, ranging in age from the Late Eocene to the Early Miocene. Part of these (Frazzanò Flysch) is present at the top of the Meso-Cenozoic sequences and thus precedes the tectonic phases that led to the emplacement of the crystalline units. Most of the flysch-type deposits (Capo d'Orlando Flysch) seal the thrust contacts and are thus considered to have developed after the construction of the Calabride edifice. The Oligo-Miocene terrigenous formations cropping out at the top of the Calabride units also extend onto the more internal AMC units. The oldest deposits have been partly involved in late movements along the thrust of the Calabride Chain onto the

AMC. The Burdigalian horizons mark the definitive sealing between the two chains. The Late Oligocene-Burdigalian Capo d'Orlando Flysch can be interpreted as a thrust top basin deposit, which developed after the main emplacement of the crystalline nappes, but which was involved in further tectonic phases.

The Antisicilide tectonic Unit, originally belonging to the Sicilide Unit of the AMC, is at present time a north-verging nappe, resting above the Calabria-Peloritani edifice. It is characterized mainly by the Varicoloured Clays of the Peloritani Chain, which tectonically overlie the Capo d'Orlando Flysch and, locally, the crystalline basements of the Aspromonte and Mela Units.

The Floresta Calcarenes Formation consists of arkosic sandstones with more or less abundant fossiliferous carbonate clasts, which unconformably rest, with gentle down lap, on the Cretaceous Varicoloured Clays, or sometimes on the Capo d'Orlando Flysch and rarely on the basement. Consequently, this formation is an autochthonous deposit, which seals the tectonic contact between the Capo d'Orlando Flysch and the Antisicilide Unit, postdating at Late Burdigalian the orogenic transport of the nappe. Above the calcarenites, a horizon of Middle Miocene argillaceous marls, the Monte Pitò Marls, stratigraphically lies.

The Neogene-Quaternary cover. The foredeep migration of the orogenic belt has been well recorded by the diachronism of siliciclastics becoming progressively younger away from the internal palaeogeographic domains. The Miocene-Pliocene terrigenous covers well record the entire tectonic evolution of the studied area. A stratigraphic scheme of the Tertiary terrigenous covers cropping out in Sicily shows the original location within the structural setting of the orogen and the geodynamic evolution of the sedimentation areas.

Thus, except the Foreland Basins, described in the Foreland Domain, the following different areas of sedimentation can be distinguished:

1) - Forearc basin deposits are recognizable both offshore and onshore along the Tyrrhenian side of Sicily. The submerged areas are characterized by basins, which develop between the Sicilian and Calabrian coast and the volcanic arc of the Aeolian Islands, such as Cefalù, Gioia and Paola basins. These originated between the Miocene and the Middle Pliocene. Since the Late Pliocene they collapsed to form the perityrrhenian margin.

Onshore Langhian marls and marly clays (M. Pitò Marls Fm.) overlie in a top-lapping arrangement the south-dipping foresets of the Burdigalian-Langhian Floresta Calcarenes or unconformably rest on a Langhian erosional surface. They are mostly pelagic fine-grained sediments and indicate a sudden change in the tectono-sedimentary regime. There was a northward migration of clastic fans within newly created hinterland basins. This inversion gives valuable information about the age of the Tyrrhenian Basin onset and the progressive collapse of its southern margin.

The upper portion of the succession consists of arenaceous-argillaceous alternations with rare reefoidal episodes (Milazzo Peninsula). It forms a top-set geometry, and dates to the Upper Tortonian-Lower Messinian (S. Pier Niceto Fm.). These deposits grade up into Late Messinian evaporites, followed by Early Pliocene (Trubi Fm.) up to Quaternary deposits, distributed along the Tyrrhenian margin.

Particular interest shows the Lascari area, where within the

Trubi are interbedded shallow-water calcarenites. This is in contrast with the opinion, mainly expressed by numerous authors of a deep sedimentation of the white marly limestones.

Pliocene and Quaternary deposits (Altavilla sands, the Sicilian Ficarazzi clays, and so on) exposed along the Tyrrhenian side in the both eastern and western sectors have been briefly described.

2) - The Tufiti di Tusa Fm. can be ascribed to a trench-slope basin deposit and is interpreted as the original cover of the Alpine Tethydes. The tuffites indicate a volcanic arc as their source. The original palaeogeographic location of this flysch seems to be related to a trench-slope deposit, linked to the Burdigalian tectonic stage, the Balearic Stage, and to the subduction of the Alpine Tethys oceanic crust beneath the European margin.

To foredeep basin can be originally referred the "Far travelled" Numidian Flysch, which is now largely allochthonous. It was deposited in the outermost part of the Alpine Tethys basin, more or less in continuity with the Sicilides. It was affected by the first deformations during the post-Burdigalian compressive phases. Its lateral transition with the Tufiti di Tusa Fm. is demonstrated by the composition of the arenites in the top-levels.

A capping interval of Langhian marly clays plays the role of a syntectonic deposit (Gagliano Marls Fm.).

3) - The Neogene-Quaternary sequences are mostly represented by foredeep and thrust top basin deposits. As deformation proceeded, the areas of sedimentation were progressively involved in the tectonic wedge.

During the Late Oligocene-Early Miocene the external Numidian Flysch occupied a wide area of the foreland, which during the Middle Miocene evolved into an extensive foredeep. In Sicily during the Late Oligocene siliciclastics with megabreccias, interpreted as ramp deposits, lay on the Panormide carbonate platform. The Numidian covers are coeval with glauconitic successions, which represent outermost epicontinental deposits affected by tectogenesis only since Tortonian times. These deposits underthrust an allochthonous melange of the Alpine Tethydes and the "far travelled" Numidian Flysch.

The migration of the chain-foredeep system brought the progressive involvement of sectors of the foredeep with the formation, during the Late Miocene-Pliocene, of accretionary wedges and satellite basins. In central Sicily ("Calatanissetta Basin") it is possible to distinguish a wedge constituted by sandy-clayey and conglomeratic sequences with intercalations of a melange derived from the Sicilide Units and of olistostroms, unconformably overlain by thrust top basin deposits, mainly made up by Late Tortonian siliciclastics (Terravecchia Fm.). This grades upwards into Messinian evaporites and Early Pliocene chalks (Trubi Fm.). The entire sedimentary succession is strongly deformed with short amplitude folds, and represents the allochthonous wedge (Gela Nappe) of Messinian-Early Pleistocene age, overthrusting the present-day foreland margin.

The source areas of the Late Miocene satellite basin deposits can be related to the Calabride units and to a crystalline basement recognized by seismic lines (Panormide continental crust), at present time down-faulted in the Tyrrhenian offshore (the Solunto High). It represents the Late Miocene-Early Pliocene emerged chain, while the modern northern chain of Sicily played the role of the frontal

wedge, as demonstrated by satellite basin deposits composed of Early Pliocene Trubi Fm., found in the Madonie Mounts at 1600 mt on sea level.

In the Caltanissetta Depression two major Messinian evaporitic cycles have been recognized, separated by a regional angular unconformity. The lower evaporitic sequence is folded and truncated by an intra-Messinian unconformity, and underlies deposits characterized by resediments originating from the lower units interbedded by selenitic gypsum.

The Lower Pliocene Trubi Fm. records the sudden flooding of the Mediterranean Sea by water from the Atlantic Ocean. These chalks were deformed together with the evaporites during the Middle Pliocene tectonic phase. A second, Middle-Late Pliocene cycle, is represented by marls and blue clays grading upwards into sands and calcarenites (Enna-Capodarso Cycle) and is unconformably underlain by a Late Pliocene-Early Pleistocene regressive sequence (Geracello Cycle). The deposits related to the three different sedimentary cycles cover progressively more internal areas of the roof-thrust edifice, showing modest basal diachronies. The tectonic context, within which the deposition of the Plio-Pleistocene series took place, was thus characterized by an intense mobility of the substratum, as recorded by the presence, within the successions, of stratigraphic discontinuities.

In the southern sector of Sicily, that represents the outermost area, the Pliocene-Pleistocene interval is expressed by an unique regressive cycle with more or less continuous clayey-sandy succession (Licata or M. Narbone Fms. and Agrigento calcarenites Fm.).

VOLCANISM

The Quaternary volcanism of eastern Sicily: Mt Etna. The geological evolution of Etna volcano is divided in four main phases. The Basal Tholeiitic phase corresponds to a period, from about 500 to 330 ka, of low fissure-type activity initially occurred in the foredeep basin and following in a subaerial environment. This volcanism represents the northward migration of the magmatic source from the foreland (Plio-Pleistocene volcanism of Hyblean *Plateau*) to the Catania-Gela foredeep. After a hiatus of about 100 ka an increase of the eruptive activity during the Timpe phase occurred building a lava-shield. In particular, the Timpe phase marks a significant change in the eruptive history of Etna region at least 220 ka, when a Na-alkaline magma rose more efficiently from the mantle and eruption sites were concentrated on a narrow belt along the Ionian coast, where the Timpe fault system is presently located. The eruptive activity formed an earlier polygenic volcano fitting the form of an elliptic lava-shield, elongated in a NNW-SSE direction. The third phase, named Valle del Bove, marks the beginning of a central-type activity since about 110 ka ago. The earliest volcanic edifices recognized are Tarderìa, Rocche and Monte Cerasa and following Trifoglietto, Giannicola, Salifizio and Cuvigghiuni volcanoes. Starting from about 56 ka ago, during the Stratovolcano phase, the intense eruptive activity of Ellittico volcano formed an about 3600 m-high strato-cone that laterally expanded filling the paleo Alcantara and Simeto valleys. The activity of the Ellittico volcano ended about 15 ka as consequence of a series of plinian eruptions, producing the collapse of the summit area and forming the Ellittico caldera. Finally, eruptive activity of the past 15 ka built the Mongibello volcano during which about 10 ka ago a cata-

strophic sector collapse occurred forming the wide Valle del Bove depression. The volcanic products of Mongibello cover the 88% of the whole Etna edifice and they are mainly represented by compound lava flow fields.

The southern Tyrrhenian sea. Ustica Island is an extinct large volcano edifice characterized by Na-alkaline volcanic products emplaced discontinuously from the Early to Middle Pleistocene. This volcano island represents the only evidence in the Tyrrhenian Sea where subaerial intraplate magmatism has occurred in Quaternary times. The eruptive activity at Ustica volcano ended about 130 ka ago.

The volcanic arc of Aeolian Islands. The Aeolian volcanic arc is composed of seven islands and several volcanic seamounts aligned in a semicircular structure located W and NE of the emerged arc. This archipelago together with the Aegean one is the only active island arcs in the Mediterranean sea. The genesis of the Aeolian Islands is interpreted as a subduction-related calc-alkaline arc volcanism. In this sense the Ionian oceanic crust is considered to be subducting northwestwards beneath the Calabrian Arc. The composition of the volcanic rocks varies greatly. The products consist of (high-K) calc-alkaline basaltic-andesitic to rhyolitic lavas, and subordinate shoshonites and leucite-tephrites. According to available geochronological data, the activity started in the Quaternary (about 1-1,3 Ma) at the Sisifo seamounts and at Filicudi. The magmatic evolution is typical of island arcs: after a first tholeiitic phase, calcalkaline products predominate, while more potassic volcanics characterize the still active volcanoes. The main steps of the geological evolution of the volcanic arc have recently reconstructed through the correlations of unconformities related to Late Quaternary marine terrace deposits and widespread tephra layers. The western Aeolian volcanoes, Alicudi, Filicudi together with Salina island are considered extinct; whereas the active volcanoes are basically located to the central (Vulcano and Lipari) and eastern sectors of the Aeolian archipelago (Stromboli and Panarea). In particular, Stromboli is characterised by a continuous explosive activity at the summit craters whereas the last eruptions at Vulcano and Lipari occurred in 1888-90 and in Medieval age, respectively. Finally, Panarea is only characterised by an active hydrothermal system.

Sicily Channel volcanism. The volcanic activity of Pantelleria and Linosa islands are related to the extensional tectonics affecting the Sicily Channel rift system, in the northern part of the African plate. In particular, Linosa island is an extinct volcano that was active up to about 500 ka ago. Conversely, Pantelleria volcano was characterised by eruptive activity during Holocene. Historical submarine eruptions in the Sicily Channel occurred in the 1831 and 1891 at Graham Bank and Foerstner volcano, respectively.

PALAEOGEOGRAPHIC AND PALAEOTECTONIC EVOLUTION

On the whole the collected data allow to reconstruct the palaeogeographic setting of the studied area.

The Ionian basin, opened since Permian-Triassic times, within the Afro-Adriatic Plate, separated the Apulian Block from the Pelagian Block. Northwards along the Apennines the Ionides, represented by the Lagonegro basinal sequences, progressively disappear. This indicates that the Ionian oceanic crust was narrowing and both continental blocks, the Apulian Block and the Panormide one, joined in an unique continental plate: the Adria Plate. Similarly, there is

no continuity of the Ionides toward Western Sicily and this may indicate the progressive closure of the oceanic crust and the direct connection of the two crusts (i.e. both North-Africa and Panormide crusts). That means that to the west the Panormide crust was part of the Africa Plate.

The Alpine Tethys basin was located between the Europa and the Adria-Africa Plates.

Palaeogeographic and palaeotectonic reconstructions along a north-south oriented transect from Sardinia to the Sicily Channel show that during the Late Jurassic time the Europe and Afro-Adriatic Plates were separated by the Alpine Tethys Ocean. In the Eo-Alpine stage the Alpine orogen was built up, driven by the southward subduction of the Alpine Tethys Ocean below Afro-Adriatic Plate during the Cretaceous–Eocene. Since the Oligocene (Balearic stage), a northward subduction of a remnant Alpine Tethys occurred. The first evidence of the beginning of the Tyrrhenian opening (Tyrrhenian Stage) is found in the Middle–Late Miocene sediments, but the oceanization has been recorded in some parts of the Vavilov basin since Pliocene times. The subduction hinge retreat of the Ionian lithosphere caused the south-eastward migration of the orogenic system and the development of a transcurrent system (South Tyrrhenian System) linked to the coeval collision between the Panormide Block and the Pelagian one to the west and the active subduction beneath the Calabrian Arc to the east.

The geodynamic evolution of the convergent system, that led to the structuration of Sicily can be summarized as follows.

Scarce evidences, observed in the studied area, are enough to recognize an orogenic phase, that can be clearly referred to the Eo-Alpine Stage, that occurred during Late Cretaceous–Eocene times. Africa-Ionian-Adria as unique block and the Eurasian plate converged.

In the Tyrrhenian side of Northern Calabria, in the “Catena Costiera”, a tectonic wedge made up mainly by Ligurides and by ophiolites-bearing sequences, is characterized by an Europa vergence. It can be interpreted as a fragment of an eo-alpine chain.

Analogous alpine fragments are well known in north-eastern Corsica and relevant data from the CROP-Mare seismic lines reveal the presence in the Tyrrhenian Sea of north-verging ophiolites-bearing metamorphic thrust sheets. They are located in the offshore of north-western Sicily in an area characterized by high magnetic anomalies.

The Balearic Stage followed the previous Eo-alpine one and produced an orogenic belt with opposite vergence, toward the Adria-Africa Block, and allowed a further consumption of the remnant of the Alpine Tethys oceanic crust and collision of the European Plate with the Panormide crust. The consumption of the Tethys crust was contemporaneous with the emplacement of extensive nappes, with the opening of the Balearic back-arc basin and the counterclockwise rotation of the Corsica-Sardinia Block, which ended at the Burdigalian–Langhian boundary.

The flysch-type successions Late Oligocene to Early Miocene aged testify to the presence of a volcanic arc, which belonged to the Alpine Tethys subduction complex.

In Sicily the Africa foreland-foredeep system hosted extensive numidian-type sedimentation and glauconitic calcarenites and marls were deposited in the outermost “epicontinental” sector.

The Tyrrhenian Stage starts in the Late Langhian, when

the Panormide Platforms were stripped off from their basement and thrust over the Ionides. Later the Ionides suffered a general detachment and overrode the External Thrust System, with consumption of the Palaeo-Ionian crust originally interposed between the continental crusts. In the Calabrian Arc, where the foreland is not represented by a continental crust but by the Ionian oceanic crust, the Ionian pelagic sequence were stripped off from their subducting oceanic basement and currently forms most of the external wedge of the Calabrian Arc.

TECTONICS

The attached geological map shows the various structural elements that characterize Sicily, obviously those that can be played at a 1:250,000 scale.

Due to the structural complexity in the geological map the tectonic contacts needed to be distinguished in two different categories based on their tectonic significance, which is also reflected in a sharp distinction of the geometry of the structures themselves.

The overthrusts correspond to surfaces with a sub-horizontal geometry, extended tens of kilometers, along which there is a considerable superposition between units derived from different paleogeographic domains.

In the “minor thrust” type can be located thrusts or reverse faults, which often produce breaching phenomena. These consist in the activation of contractional contacts, which cut out the previous overthrusts giving rise to anomalous relationships. These structures can be confused with high-angle thrust surfaces that are rooted in the sole-thrust, resulting from a splay of the latter.

In Sicily the regional architecture is represented by the allochthonous edifices of the Calabride-Peloritani Chain (CPC) and the Apenninic-Maghrebian Chain (AMC), which consist of roof thrust systems overlying rooted structures of the inner margin of the Afro-Adriatic Platforms.

A schematic picture of a N-S cross-section in central-eastern Sicily shows the relationships between the chains belonging to the Orogenic Domain, the original palaeogeographic location and the orogenic stages, during which they have been created. At the top are the tectonic units of the CPC, originating during the Early Oligocene, and later passively transported onto the AMC, and undergone the influence of the Tyrrhenian opening.

At the top of the AMC the Sicilide Units have been transported during Late Burdigalian–Langhian, but further transport onto external areas, such as the M. Judica Unit or Sicanian Units is assigned to the Middle and Late Miocene. The same units compose part of the Gela Nappe.

At the beginning of the Tyrrhenian opening (Tyrrhenian Stage) the Panormide carbonate platforms, detached from their basement, thrust over the Imerese Units.

Since Late Miocene a further overthrusting of the Ionides onto the Pelagian Sicilian Thrust Belt (PSTB) and a definitively superposition of this latter onto the foredeep followed.

The present day structural setting has been created during the Tyrrhenian Stage, commenced in the Middle–Late Miocene and in contemporaneous with the onset of Tyrrhenian back-arc basin development. Transport of the Panormide platforms onto the Ionides, which in turn overrode the PSTB, was instigated by the subduction of intervening sectors of Palaeo-Ionian oceanic crust and by the successive deformation of the

inner margin of the Africa foreland.

A comment of some crustal profiles across Sicily available from the geological literature is expressed. The profiles, compiled with the help of the seismic interpretation in the CROP-Mare Project, show that the crust of the North Africa Plate extends beneath the roof thrust system, which characterizes the onshore areas, until the Tyrrhenian shoreline. The North Africa crust shows a progressive thinning and laterally grade into an old Ionian slab, now completely subducted. The Panormide continental crust, detected in the Tyrrhenian offshore, is currently colliding with the North Africa one.

The geological evidence of this collisional setting is the South Tyrrhenian System, which consists in a NW-SE oriented dextral transcurrent fault system, accompanied by a sinistral NE-SW antithetic one and by N-S oriented normal faults. The whole system is compatible with an unique maximum stress from north and it affects both offshore and onshore Sicilian area. Further evidence has given by a general out-of-sequence thrusting, which affects the present-day mountain chain of Sicily.

Between the South Tyrrhenian faults the most significance is that of the Vulcano Line. This NNW-SSE oriented fault represents a boundary between the collisional setting to the west and the still subducting Ionian slab to the east. It crosses the Eolian Islands, and separates the islands with volcanic activity to the east (Vulcano, Panarea, Stromboli) from the western islands where active volcanic phenomena seem at present time stopped.

Some examples of active tectonics are presented, in particular in the Etna volcano area and the South Tyrrhenian System are active both onshore and offshore, and clockwise rotations of syncline axis (Nicosia Syncline) reveal the presence of crustal structures.

KEY WORDS: Sicily, Paleogeography, Structural domains, Tectono-stratigraphy, Geodynamic evolution

1. - PREMESSE E SCOPO DEL LAVORO

La Carta Geologica della Sicilia alla scala 1:250.000 rappresenta ad oggi l'unico documento di sintesi contenente le principali caratteristiche geologiche dell'intera Isola. Essa è stata elaborata, sulla base di innumerevoli studi condotti dagli autori di questa memoria e dai ricercatori che hanno collaborato ai vari progetti e che verranno citati per i relativi contributi. I dati provengono in gran parte da ricerche supportate da finanziamenti ministeriali, dal CNR, e nell'ambito del Progetto CARG tramite convenzioni tra: CNR – Presidenza del Consiglio dei Ministri, Regione Siciliana – APAT (ora ISPRA) – Università di Catania.

Gli elementi, cui si è attinto per portare a termine la carta, sono i numerosi rilevamenti effettuati "in proprio" nell'ambito di progetti di ricerca per la stesura di "carte geologiche non ufficiali"; molte di queste carte sono state, successivamente, aggiornate grazie ai vari fogli prodotti per il Progetto CARG e quelli condotti nell'ambito del Pro-

getto CROP- Mare, che prevedeva rilievi di zone-chiave per un'integrazione con i dati della sismica. Inoltre, laddove non è stato possibile disporre di rilevamenti propri, sono stati effettuati aggiornamenti di carte geologiche pubblicate. In particolare sono state utili le pubblicazioni citate nella carta geologica allegata, i cui dati tuttavia sono stati resi coerenti con l'interpretazione e lo spirito del prodotto qui realizzato.

La Carta Geologica della Sicilia alla scala 1:250.000, oltre che costituire un documento per ulteriori ricerche di base, potrà rappresentare un elemento per elaborare studi territoriali e orientare ulteriori specifiche ricerche sia nel campo geologico-naturalistico-ambientale, che ingegneristico, per piani paesaggistici, carte del rischio, della vegetazione ecc., e quindi essa rappresenta una pubblicazione a carattere generale e non limitata ad uno specifico settore scientifico-disciplinare.

La presente Memoria vuole essere un documento dei numerosi dati raccolti dagli scriventi durante decenni di attività di ricerca, ma, oltre che costituire un'analisi dei propri lavori pubblicati, esso riporta i dati di letteratura, anche laddove compare una interpretazione alternativa, fornendo così al lettore l'opportunità di affrontare criticamente la divergenza scientifica. Per quanto riguarda i fogli del Progetto CARG essi sono stati pubblicati successivamente alla compilazione della Carta Geologica alla scala 1:250.000, e sono stati oggetto di una consultazione per eventuali aggiornamenti, dove però le interpretazioni presentavano una piena condivisione con quanto riportato nella carta allegata.

La carta geologica allegata, insieme con le tavole di dettaglio inserite nelle presenti Memorie, possono costituire comunque un elemento di consultazione per coloro che intendano documentarsi su vari aspetti della geologia isolana.

Non tutti gli argomenti, considerata la loro vastità, hanno potuto godere dei necessari approfondimenti; tuttavia al riguardo si è tentato di fornire indicazioni per una consultazione di testi e di ricerche specifiche. Un esempio è rappresentato dai depositi del Quaternario, per i quali un'esauriente trattazione avrebbe richiesto uno specifico volume ad essi dedicato.

Per la datazione dei depositi plio-pleistocenici è stato utilizzato lo schema biostratigrafico a nanofossili calcarei di RIO *et alii* (1990); lo schema cronologico adottato per il Pliocene è quello di CITA *et alii* (1996), mentre per il Pleistocene viene fatto riferimento allo schema della Commissione Italiana di Stratigrafia in CITA & CASTRADORI (1995). Per quanto riguarda i depositi miocenici, invece, lo schema biostratigrafico e cronostratigrafico di riferimento è quello di FORNACIARI *et alii* (1996).

2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I dati geologici raccolti in numerosi anni di ricerche, e più recentemente integrati con i dati dell'esplorazione geofisica dell'andamento crostale, permettono di distinguere nel Mediterraneo centrale dei domini strutturali intesi come aree a comportamento cinematico a grandi linee omogeneo (fig. 1). Sono riconoscibili così un dominio di avampaese, comprendente aree non direttamente coinvolte dalle deformazioni orogeniche, un dominio orogenico, rappresentato da fasce di intensa deformazione, originatosi in seguito ad una complessa ed articolata evoluzione geodinamica, e un dominio di *binterland* formato dal Bacino Tirrenico e dal Blocco Sardo-Corso.

Il dominio d'avampaese è rappresentato dai settori indeformati di due blocchi a crosta continen-

tale, il cui spessore si aggira intorno ai 30 km, il Blocco Apulo ed il Blocco Pelagiano appartenenti rispettivamente alle placche Adria e Africa, separati dal Bacino Ionico caratterizzato da una crosta oceanica, il cui spessore varia da circa 11 a 16 km (FINETTI, 2005b).

In particolare, l'appartenenza del Blocco Pelagiano alla placca continentale Africana è basata unicamente sull'interpretazione di profili sismici profondi, ma ciò non è supportato da evidenze dirette relative al basamento cristallino Permo-Triassico sia in affioramento sia nei pozzi profondi (BIANCHI *et alii*, 1987; FINETTI *et alii*, 2005a). Nuove indagini derivanti dall'integrazione di dati petrologici e geochimici, geologici e geofisici hanno evidenziato l'esistenza di un basamento Permo-Triassico, costituito da un *core-complex* oceanico fossile (MANUELLA *et alii*, 2013). Quest'ultimo

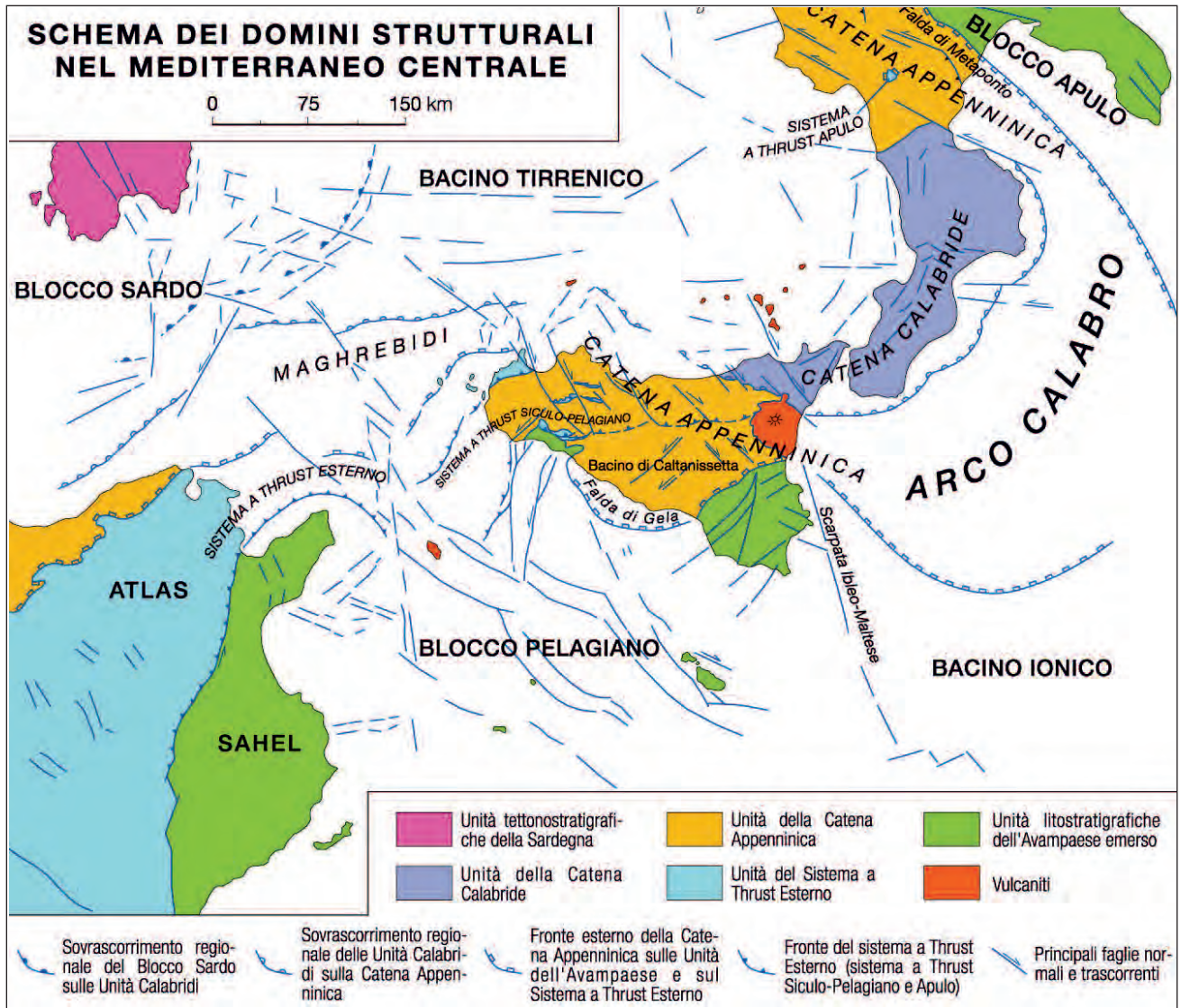


Fig. 1 – Domini strutturali nel Mediterraneo Centrale (da LENTINI *et alii*, 1994, modificato).
- Structural domains in the Central Mediterranean area (after LENTINI *et alii*, 1994, modified).

è formato da peridotiti serpentizzate, nelle quali il grado di serpentizzazione decresce da una profondità di 8 a 19 km, corrispondente alla Moho intesa come fronte della serpentizzazione (MANUELLA *et alii*, 2013). In associazione alle peridotiti, si trovano gabbri che presentano evidenze di alterazione idrotermale, databile al Triassico inferiore sulla base di zirconi idrotermali (SCRIBANO *et alii*, 2006a, 2006b).

Al dominio orogenico appartiene un sistema di catene, che dall'Appennino attraverso l'Arco Calabro-Peloritano si estende dalla Sicilia fino al Nord-Africa, ed è compreso tra le due croste oceaniche, in espansione quella tirrenica e in consumazione quella ionica. Di tale dominio fa parte un elemento profondo prodotto dalla deformazione del margine del Blocco Apulo a nord e del Blocco Pelagiano a sud. Esso era stato genericamente denominato da CARBONE & LENTINI (1988) Sistema a *Thrust* Esterno. Successivamente CARBONE & LENTINI (1990) l'avevano denominato Catena Apula nell'Italia meridionale e Catena Sicana in Sicilia. Nei lavori più recenti (LENTINI *et alii*, 1990a, 1994; FINETTI *et alii*, 1996, 2005a, 2005b) sono stati indicati come Sistema a *Thrust* Apulo (*Apulian Thrust System*) e Sistema a *Thrust* Siculo-Pelagiano (*Pelagian-Sicilian Thrust Belt* – PSTB), rispettivamente per l'Appennino meridionale e per la Sicilia. Tale sistema è stato poi riconosciuto da LAVECCHIA *et alii* (2007), che però l'hanno denominato *Sicilian Basal Thrust*.

La strutturazione del PSTB è relativamente recente e viene ascritto al Miocene superiore–Pleistocene, in contemporanea con l'apertura tirrenica.

Al disopra del PSTB si estende l'edificio alloctono, composto a sua volta dalla Catena Kabilo-

Calabride (*Kabilo-Calabride Chain* – KCC), sovrascorsa sulla Catena Appenninico-Maghrebide (*Apenninic-Maghrebic Chain* – AMC).

La KCC, costituita da falde di basamento di età proterozoica e paleozoica con resti delle coperture sedimentarie meso-cenozoiche, si è originata dalla delaminazione del margine europeo. Essa si estende dall'Arco Calabro-Peloritano fino alle Kabilidi in Nord-Africa, passando per una fascia sommersa lungo il Tirreno meridionale. Le falde cristalline si sono impilate durante l'Eocene superiore–Oligocene inferiore e sono suturate dal flysch di Capo d'Orlando, ascritto all'intervallo Oligocene superiore–Burdigaliano inferiore.

La AMC è formata da unità tettoniche, che derivano dal trasporto orogenico, avvenuto durante l'Oligo-Miocene, di successioni sedimentarie appartenenti a domini paleogeografici originariamente localizzati tra la placca europea e quelle afro-adriatiche. Si tratta di sequenze meso-cenozoiche di piattaforma carbonatica (Unità Panormidi) tettonicamente interposte tra successioni pelagiche alpino-tetidee, al tetto, e successioni bacinali, riconducibili ad un originale braccio del paleo-bacino ionico (Ionidi *sensu* FINETTI, 2005c; FINETTI *et alii*, 2005a, 2005b; LENTINI *et alii*, 2006) alla base. Le prime hanno subito il trasporto orogenico nell'intervallo Oligocene superiore – Miocene inferiore; le seconde furono coinvolte nell'orogenesi a partire dal Miocene medio. La sovrapposizione dell'edificio alloctono, soggetto ad una “*thin-skinned tectonics*”, cioè composto da falde completamente sradicate, sopra il Sistema a *Thrust* Esterno e l'ulteriore deformazione di quest'ultimo sono databili all'intervallo Miocene superiore-Pleistocene (fig. 2).

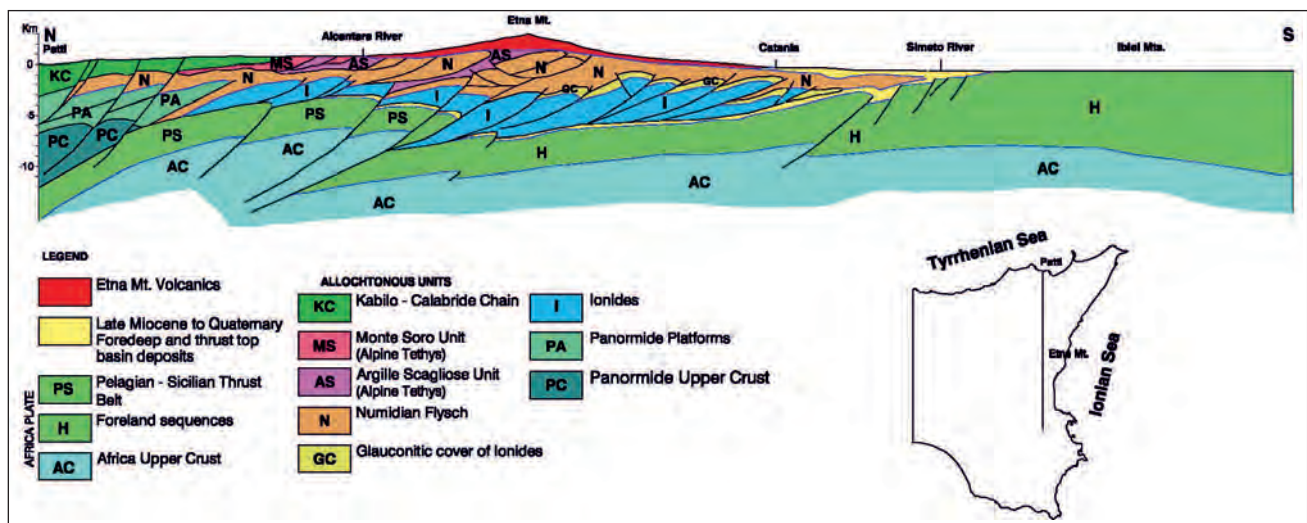


Fig. 2 – Sezione crostale schematica attraverso il M. Etna, dalla costa tirrenica agli Iblei, mostrando l'architettura regionale della Sicilia orientale (da LENTINI *et alii*, 2007, modificato).

- Schematic N-S Etna crustal cross section from the Tyrrhenian coast-line to the Hyblean Plateau, showing the regional architecture of the eastern Sicily (after LENTINI *et alii*, 2007, modified).

Il progetto CROP – Mare si è valso di ricerche geofisiche opportunamente integrate dai dati geologici e ha consentito di definire i domini strutturali, la loro collocazione paleogeografica e il relativo carattere crostale (tab. 1).

È stato possibile anche tracciare la distribuzione delle croste nel Mediterraneo centrale (fig. 3) ed è emersa la stretta connessione tra l'evoluzione geodinamica dell'attuale sistema orogenico

Appennino meridionale–Arco Calabro–Sicilia–Nord Africa e la distribuzione degli spessori crostali. Appare evidente che la subduzione ha interessato prevalentemente i settori a crosta oceanica e, quando questi ultimi si sono consumati si è creato uno stato collisionale tra blocchi continentali e il sottoscorrimento si è spostato, investendo altri settori a crosta assottigliata od oceanica (LENTINI *et alii*, 2005) (v. anche Titolo V, Cap. 2.).

Tab. 1 – *Caratteri crostali e collocazione paleogeografica dei domini strutturali nel Mediterraneo centrale.*
- Crustal characters and paleogeographic location of the structural domains in central Mediterranean.

DOMINIO STRUTTURALE	<u>COLLOCAZIONE PALEOGEOGRAFICA</u>		CARATTERI CROSTALI
AVAMPAESE	Margine flessurato e non delle placche Afro-Adriatiche e del Bacino Ionico	Blocco Pelagiano	Crosta assottigliata/oceanica (17-28 km) Sequenze carbonatiche e vulcaniche meso-cenozoiche
		Bacino Ionico	Crosta oceanica permo-triassica (10 km) con coperture sedimentarie pelagiche bacinali
		Blocco Apulo	Crosta continentale (35 km) Sequenze carbonatiche meso-cenozoiche
SISTEMA A <i>THRUST</i> ESTERNO (ETS)	Margine deformato delle placche Afro-Adriatiche	Atlas Sistema a <i>Thrust</i> Siculo-Pelagiano (PSTB) Sistema a <i>Thrust</i> Apulo	Dominio orogenico esterno originato durante la collisione continente-continente e l'apertura tirrenica a partire dal Tortoniano come <i>duplex</i> che coinvolgono sequenze simili a quelle dell'attuale avampaese carbonatico
CATENA APPENNINICO-MAGHREBIDE (AMC)	Tetide Alpina, Crosta Panormide, Paleo-Ionio	Unità Sicilidi	Crosta oceanica
		Unità Panormidi	Crosta continentale assottigliata
		Ionidi	Crosta oceanica
CATENA KABILO-CALABRIDE (KCC)	Margine europeo		Unità di basamento paleozoico e proterozoico, originate a partire dall'Eocene sup. e sovrascorse in <i>toto</i> su AMC durante l'oligo-miocenica rotazione del Blocco Sardo-Corso
BACINO TIRRENICO	Bacino di retro-arco		Originato a partire dal Serravalliano per estensione delle aree interne dell'orogene

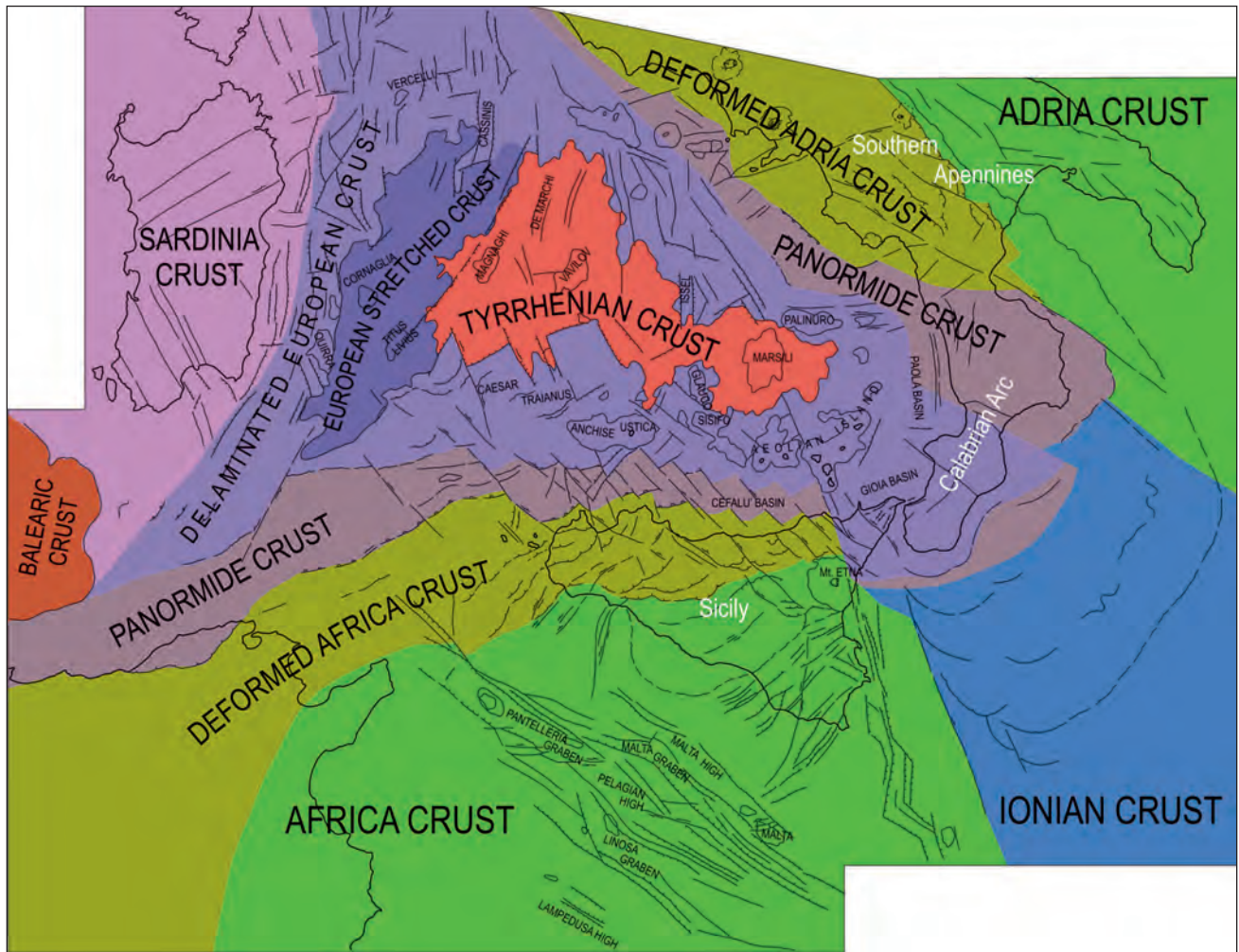


Fig. 3 – Schema dei domini crostali nel Mediterraneo Centrale. I domini di avampaese sono caratterizzati dalla crosta continentale Adria e dalla crosta da assottigliata ad oceanica Nord Africana, separate dalla vecchia crosta oceanica dello Ionio. Attualmente la subduzione della crosta ionica è attiva solo sotto il settore meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano. Residui dello *slab* Paleo-Ionico sono sismicamente riconoscibili tra i margini deformati dei blocchi continentali e la Crosta Panormide. Il Tirreno è costituito da crosta oceanica e si è impostato sulla crosta delaminata Europea e su quella Panormide, prima che si sviluppassero i bacini di avanarco di Cefalù-Gioia-Paola (da LENTINI & CARBONE, 2010).

- Sketch map of crustal domains in the Central Mediterranean. The foreland domains are characterized by the Adria continental crust and by North Africa transitional to oceanic crust, separated from the old oceanic crust of the Ionian Sea. At the present time the subduction of the Ionian Crust is active only beneath the southern segment of the Calabrian Arc. Remains of parts of the Paleo-Ionian slab are seismically recognizable between the deformed margins of the continental blocks and the Panormide crust. The Tyrrhenian Sea is constituted mostly of an oceanic crust placed on the delaminated European crust, and the Panormide Crust before the forearc basins of Cefalù-Gioia-Paola developed (after LENTINI & CARBONE, 2010).

Attualmente l'unica subduzione riconoscibile è quella della crosta oceanica ionica al disotto del segmento meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano; mentre il settore di retroarco è rappresentato dalla nuova crosta oceanica tirrenica in espansione.

Tra gli elementi di novità emersi dalle linee sismiche del progetto CROP-Mare (FINETTI ED., 2005) assume particolare importanza per la definizione del quadro strutturale odierno l'individuazione di un blocco di crosta continentale lungo i margini tirrenici a nord della Sicilia e al largo del Cilento. Esso può essere considerato, con notevole attendibilità, l'originario basamento delle piattaforme carbonatiche affioranti nell'Appennino meridionale e in Sicilia e sovrascorse al disopra delle sequenze bacinali Ionidi. È evidente nelle linee si-

smiche che tali piattaforme si sono scollate dal loro originario basamento a crosta continentale e pertanto quest'ultimo viene indicato con il termine di Crosta Panormide (fig. 4).

D'altro canto le linee sismiche, integrate dalla notevole mole di dati geologici raccolti in alcuni decenni di indagini a terra, mostrano che in Sicilia la crosta Nord Africana, rappresentata dal Blocco Pelagiano, si estende da sud a nord fino a raggiungere ed oltrepassare la linea di costa tirrenica. Lo spessore crostale si riduce progressivamente verso nord per passare ad uno *slab*, che sottoscorre al disotto della Crosta Panormide. Il profilo di figura 4 mostra una situazione collisionale tra Crosta Nord Africana e Crosta Panormide con consumazione più o meno totale di un settore intermedio a crosta oceanica,

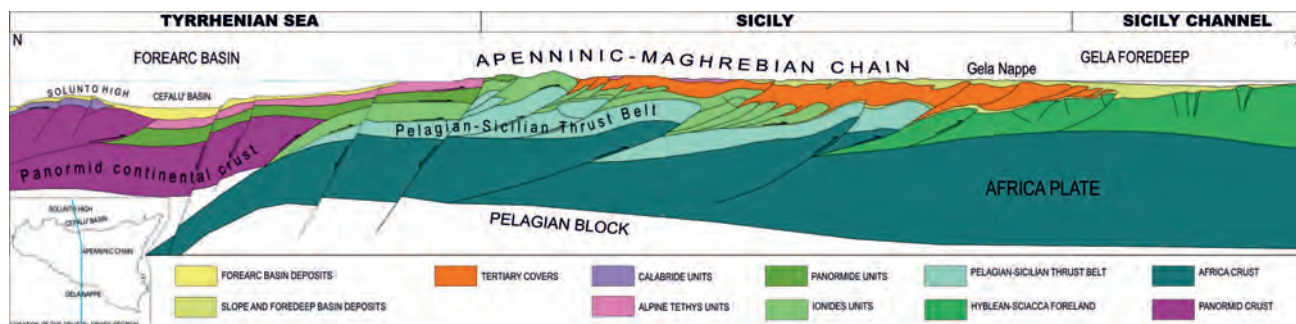


Fig. 4 – Profilo crostale schematico attraverso il Tirreno meridionale, la Sicilia e il Canale di Sicilia (da LENTINI *et alii*, 2005).
- Schematic crustal profile across the southern Tyrrhenian basin, Sicily and the Sicily Channel (after LENTINI *et alii*, 2005).

che costituiva con molta probabilità un braccio del Paleoinio. Da quest'ultimo si sono scollate le successioni bacinali, che attualmente ricoprono tettonicamente il Sistema a *Thrust* Siculo-Pelagiano e che pertanto sono state incluse nelle Ionidi.

L'espressione di questo stato collisionale lungo il margine tirrenico della Sicilia è costituita da un sistema di faglie orientate NO-SE a componente trascorrente destra, denominato Sistema Sud-Tirrenico (*South Tyrrhenian System – STS*) da FINETTI & DEL BEN (1986) e FINETTI *et alii* (1996), diffuso sia a mare che a terra, che tende a trasferire l'orogene verso l'Arco Calabro-Peloritano per mezzo della crosta oceanica ionica, e dell'arretramento del relativo *slab*, in sottoscorrimento al disotto del segmento di orogene compreso tra Tindari ad ovest e la Stretta di Catanzaro ad est (fig. 5).

Il quadro strutturale riconosciuto nella parte affiorante dell'orogene si completa con la presenza di un sistema orientato NE-SO con componente di movimento sinistra, con un ulteriore sistema ad andamento meridiano prevalentemente distensivo e faglie inverse orientate E-O e con vergenza a sud (fig. 6).

Il sistema dominante comunque è quello Sud-Tirrenico, e rappresenta il "trasferimento" del dominio orogenico verso l'Arco Calabro-Peloritano, laddove cioè il regime collisionale termina in quanto l'elemento in sottoscorrimento è rappresentato dalla crosta oceanica ionica. Il STS, inizialmente riconosciuto nel basso Tirreno, è presente anche nell'entroterra dell'Isola dalle aree trapanesi fino alla zona etnea (v. Titolo V - Tettonica).

Nei Titoli II e III verranno trattati i caratteri tettono-stratigrafici delle unità strutturali seguendo l'ordine dettato dalla loro collocazione paleogeografica dalle aree più esterne verso quelle più interne, cioè procedendo dai domini di avampaese (Blocco Pelagiano) verso quelli relativi al margine europeo. Nella tabella 2 vengono riassunte così le stratigrafie delle varie unità tettoniche, nell'ordine da quelle interne verso le esterne, perché esso risulta più coerente con la propagazione spazio-temporale dei sistemi a *thrust* che compongono l'edificio orogenico.

3 – CENNI SU STUDI PRECEDENTI

Considerato il complicato ed articolato quadro geologico della Sicilia, il significato che tale regione assume nel più ampio contesto dell'evoluzione geodinamica dell'area mediterranea, e l'elevatissimo numero di studiosi e ricercatori che se ne sono occupati, non è certamente semplice tracciare un'esauriente analisi degli studi precedenti. Pertanto si cercherà di percorrere le tappe dell'evoluzione del pensiero geologico, privilegiando i lavori più significativi e rinviando ai vari capitoli i riferimenti bibliografici relativi a specifici argomenti ivi trattati. Saranno qui presi in considerazione in particolare quei lavori che rappresentano l'espressione del passaggio dalle vecchie concezioni autoctoniste a quelle faldistiche, che dopo animati dibattiti scientifici si sono definitivamente affermate, grazie anche alle tecniche di indagine sempre più raffinate. Ancor oggi, tuttavia, malgrado sia abbastanza chiaro il quadro strutturale dell'orogene siciliano, molti aspetti, come per esempio il ruolo di faglie attive e l'evoluzione geodinamica recente, sono oggetto di varie interpretazioni talora contrastanti.

In Sicilia i primi importanti studi videro la luce alla fine del XIX secolo e avevano in prevalenza un taglio paleontologico-stratigrafico, ovviamente in un'ottica di generale autoctonia. Questa fase risultò particolarmente fruttuosa per gli studi paleontologici, che si esprimevano in ampie monografie ben illustrate (GEMMELLARO G.G., 1882-1904).

Il primo grande lavoro di geologia regionale sul sistema montuoso Nebrodi-Peloritani risale alla fine dell'Ottocento, quando BALDACCI (1886) pubblicò la sintesi di geologia regionale e cioè la "Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia", accompagnata da una carta geologica a scala 1:100.000, edito dal Servizio Geologico d'Italia. Naturalmente l'opera risente delle conoscenze del tempo e la geologia viene interpretata sulla base delle idee fissiste, cioè non vengono riconosciuti i grandi ricoprimenti tettonici legati all'orogenesi. Tuttavia tale lavoro riveste un notevole interesse, se non altro per la minuziosa de-

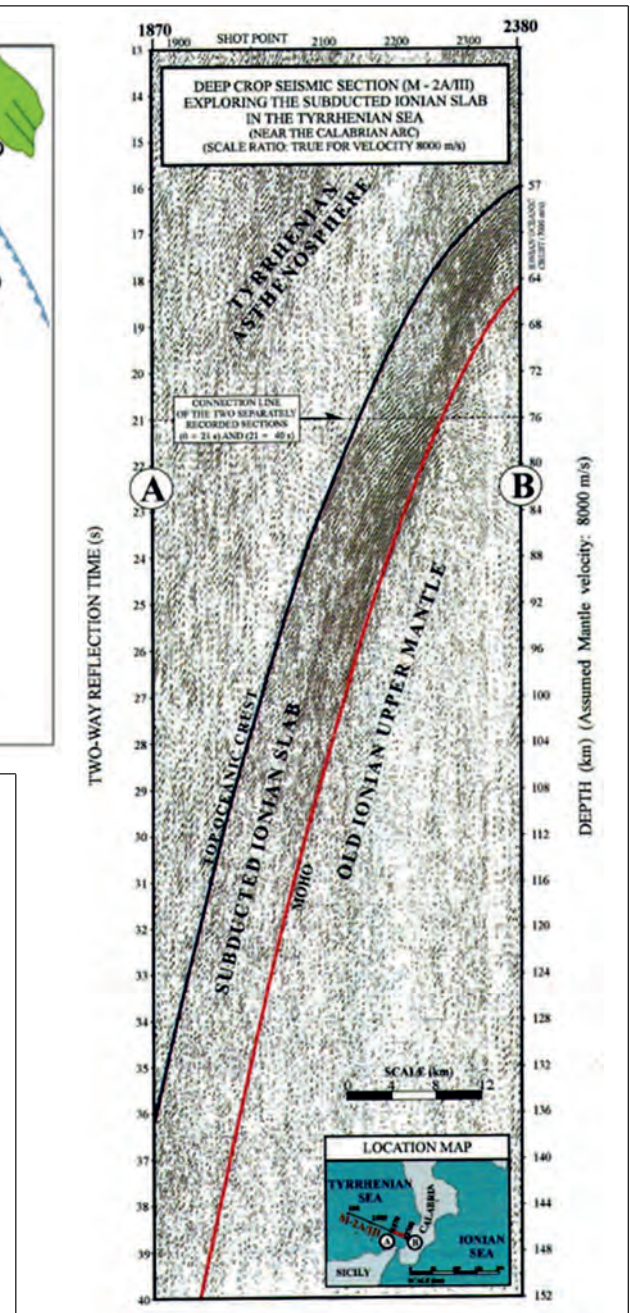


Fig. 5 – L'Arco Calabro-Peloritani è compreso tra due zone collisionali (C e C') ed è delimitato da due *tear-fault* (in azzurro), orientate NO-SE, con movimento destro in Sicilia (Sistema sud-Tirrenico) e sinistro al confine Arco Calabro – Appennino meridionale (Linea del Pollino). Soltanto il settore Calabria meridionale – M. Peloritani, presenta subduzione attiva come dimostra lo *slab* ionico, riconoscibile nella sezione lito-astenosferica del CROP M-2A/III di FINETTI (2005a) (traccia della sezione in nero); (per la legenda dello schema v. figura 1).

- The Calabria-Peloritani Arc is located between two collisional zones (C and C') and it is bounded by two NW-SE oriented *tear faults* (blue traces), dextral in Sicily (South Tyrrhenian System) and sinistral at the Calabrian Arc – Southern Apennines boundary (Pollino Line). Only the Southern Calabria – Peloritani Mounts segment shows active subduction as it is demonstrated by the subducted Ionian slab, recognizable in the deep litho-asthenospheric CROP M-2A/III section of FINETTI (2005a) (in black trace); (for the legend of the scheme see figure 1).

scrizione dei terreni affioranti con riferimenti anche al contenuto paleontologico, che aveva consentito di ricostruire una stratigrafia attendibile, se si tiene conto dell'epoca in cui venne redatta.

Allo stesso tempo pochi studiosi svolsero un'attività di enorme rilievo, gettando le basi per la cronostatigrafia dei terreni affioranti nell'Isola. Oltre a Baldacci vanno ricordati Gaetano Giorgio Gemmellaro, Giuseppe Seguenza e Sebastiano Mottura. Tra tutti spicca l'attività di GEMMELLARO G.G. (1882-1904), appartenente a quattro generazioni di Gemmellaro a partire dalla fine del '700 (v. OGNIBEN, 1967), e professore di Geologia a Palermo, nonché fautore dell'istituzione del Museo Geologico di quella città e responsabile in Sicilia di rilevamenti per la Carta Geologica d'Italia, presentata poi al Congresso Internazionale di Bologna nel 1882. Formatosi in Italia e in Inghilterra, in costante contatto con prestigiosi nomi della geologia internazio-



nale come Lyell, Suess, Haug, Mojsisovics e Zittel, contribuì in maniera determinante, con i suoi studi sul Permiano del Sosio e sul Mesozoico della Sicilia, a fare della Sicilia una tra le regioni più classiche del Mediterraneo (BUCCHERI, 2004).

GEMMELLARO G.G. (1884) produsse una monografia con pregevoli illustrazioni del contenuto fossilifero delle Rocche Rosse di Galati Mamertino (Messina), lavoro completato poi da GEMMELLARO M. (1911). Le faune confermavano che il giacimento è ascrivibile alla parte inferiore del Lias medio. Ma GEMMELLARO G.G. (1882, 1904) è noto anche per aver illustrato le faune del Trias della Sicilia occidentale, dedicando particolare attenzione dapprima alle

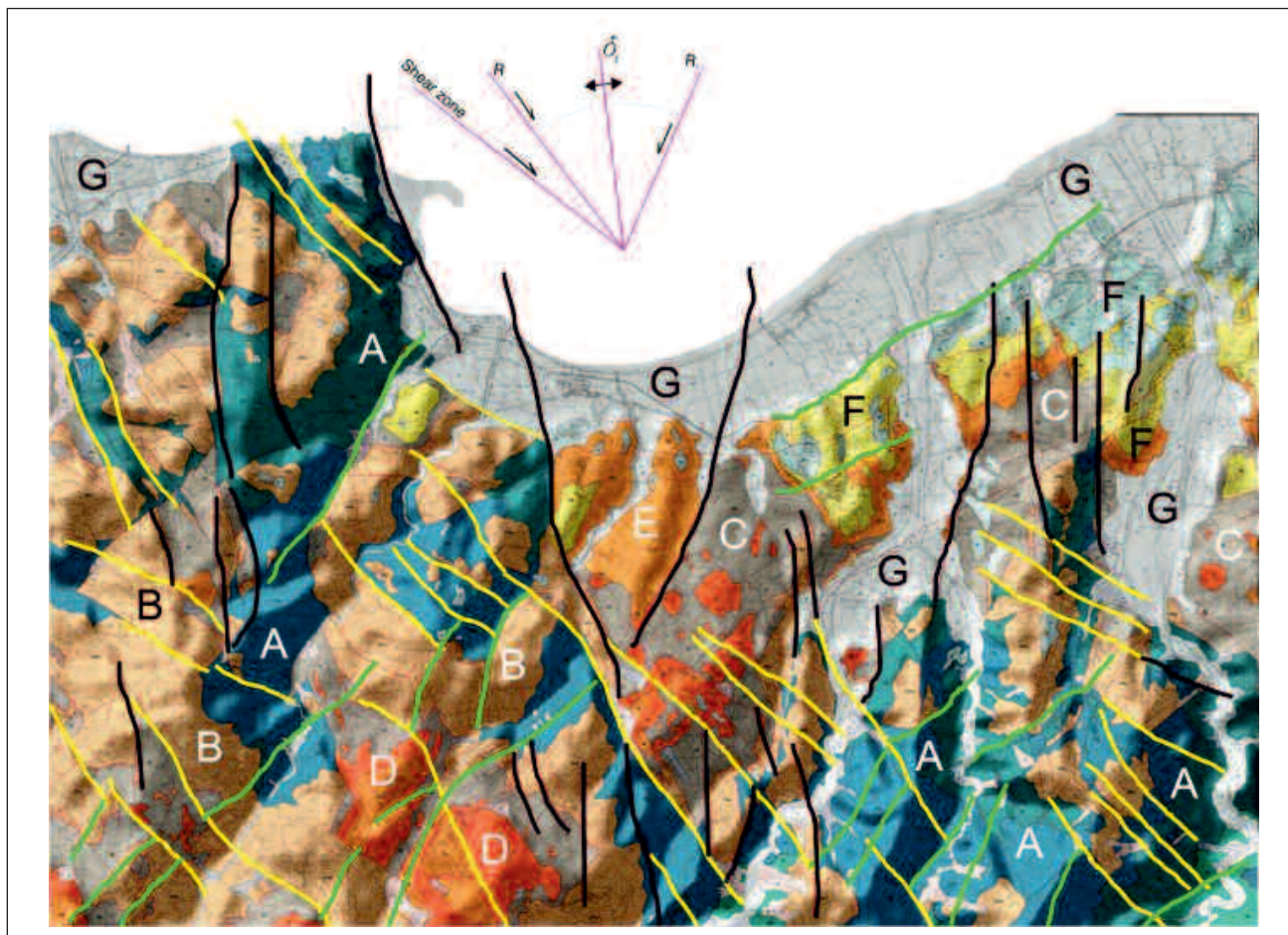


Fig. 6 – Particolare della Carta Geologica del Golfo di Patti (Sicilia settentrionale) (da CARBONE *et alii*, 1993a). La zona ricade nell'estremità sud-occidentale dell'Arco Calabro-Peloritano ed è caratterizzata da un basamento cristallino di alto grado (A) e da coperture sedimentarie di età dall'Oligocene al Quaternario, costituite dal flysch di Capo D'Orlando (B), ricoperto tettonicamente dalle argille scagliose Antisiciliadi (C), dalle calcareniti di Floresta e marne di M. Pitò (D), dalla f.ne di S. Pier Niceto (E), dai depositi marini (F) e continentali (G) quaternari. Si riconoscono il Sistema Sud-Tirrenico (orientato NO-SE) con componente destra (in giallo), il sistema orientato NE-SO con componente sinistra (in verde) e quello circa N-S (Sistema Medio-Tirrenico) (in nero). L'immagine ha lo scopo di mostrare che tutti questi sistemi, insieme a piccoli *thrust* sud-vergenti risultano compatibili con un σ_1 da nord.

- Detail of the Geological Map of Patti Gulf (Northern Sicily) (after CARBONE *et alii*, 1993a). The area lies on the south-west extremity of the Calabria-Peloritani Arc and is characterized by a high degree crystalline basement (A) and an Oligocene up to Quaternary sedimentary cover, composed of the Capo d'Orlando Flysch (B), underthrusting the "Argille Scagliose Antisiciliadi" (C), of the Floresta calcarenites and M. Pitò marls fms. (D), of the S. Pier Niceto Fm. (E), of Quaternary marine (F) and continental (G) deposits. We recognize the NW-SE oriented South Tyrrhenian System with dextral component (yellow), the NE-SW oriented system with sinistral component (green) and the approximately NS Middle Tyrrhenian System (in black). The aim of this image is to show that all of these systems, together with minor south verging thrust-faults are compatible with a unique σ_1 from the north.

Halobie (fig. 7) e, successivamente con una pregevole monografia, ai cefalopodi (fig. 8).

Si devono a MOTTURA (1871), creatore e direttore della prima Scuola Mineraria d'Italia, da Lui fondata nel 1862, i primi rilevamenti, per la Carta Geologica Ufficiale d'Italia, delle aree della Sicilia centrale nelle quali affiora la "Serie Gessoso-Solfifera". Questo termine è venuto progressivamente in uso nella letteratura geologica a partire dalla seconda metà dell'800 per indicare un complesso di depositi di età Miocene superiore comprendenti lenti di gesso, calcari solfiferi, salgemma e altri sali più solubili intercalati a depositi terrigeni che si ritrovano in tutta l'area italiana e perimediterranea. Nei vari lavori che trattano questi depositi si fa riferimento più frequentemente ad una "serie solfifera", "formazione solfifera" o "serie gessoso solfifera"

presente in Sicilia (OGNIBEN, 1957; DECIMA & WEZEL, 1971), Toscana, Piemonte, Romagna e Marche, di grande interesse economico per la presenza di ingenti giacimenti di zolfo. Il termine serie Gessoso-solfifera venne proposto da SELLI (1960) per indicare il complesso di depositi corrispondenti al piano Messiniano e rappresentativo dell'insieme di eventi paleoceanografici definito come crisi di salinità del Messiniano (HSU *et alii*, 1973).

Relativamente al settore nord-orientale dell'Isola, sono meritevoli le ricerche di SEGUENZA (1873, 1885), che indica in tre eventi principali (Lias superiore, Titonico, Miocene medio) le principali fasi evolutive responsabili della strutturazione dell'orogene siciliano.

Non va dimenticata anche l'opera di FUCINI (1919, 1920-1935), che ha descritto in 5 monogra-



Fig. 7 - Illustrazioni originali di G.G. GEMMELLARO con note di MAUGERI PATANÈ, che riproducono accuratamente alcune specie di *Halobia* spp. triassiche provenienti da varie località della Sicilia occidentale. 1-2) *Daonella Styriaca* Mojs.; 3-5) *Daonella lenticularis* Gemm.; 6) *Daonella Lepsensii* Gemm.; 7-8) *Halobia simplex* Gemm.; 9-12) *Halobia radiata* Gemm.

- Original illustrations of G.G. GEMMELLARO with notes of MAUGERI PATANÈ, accurately reproducing specimens of Triassic *Halobia* spp. collected in Western Sicily.

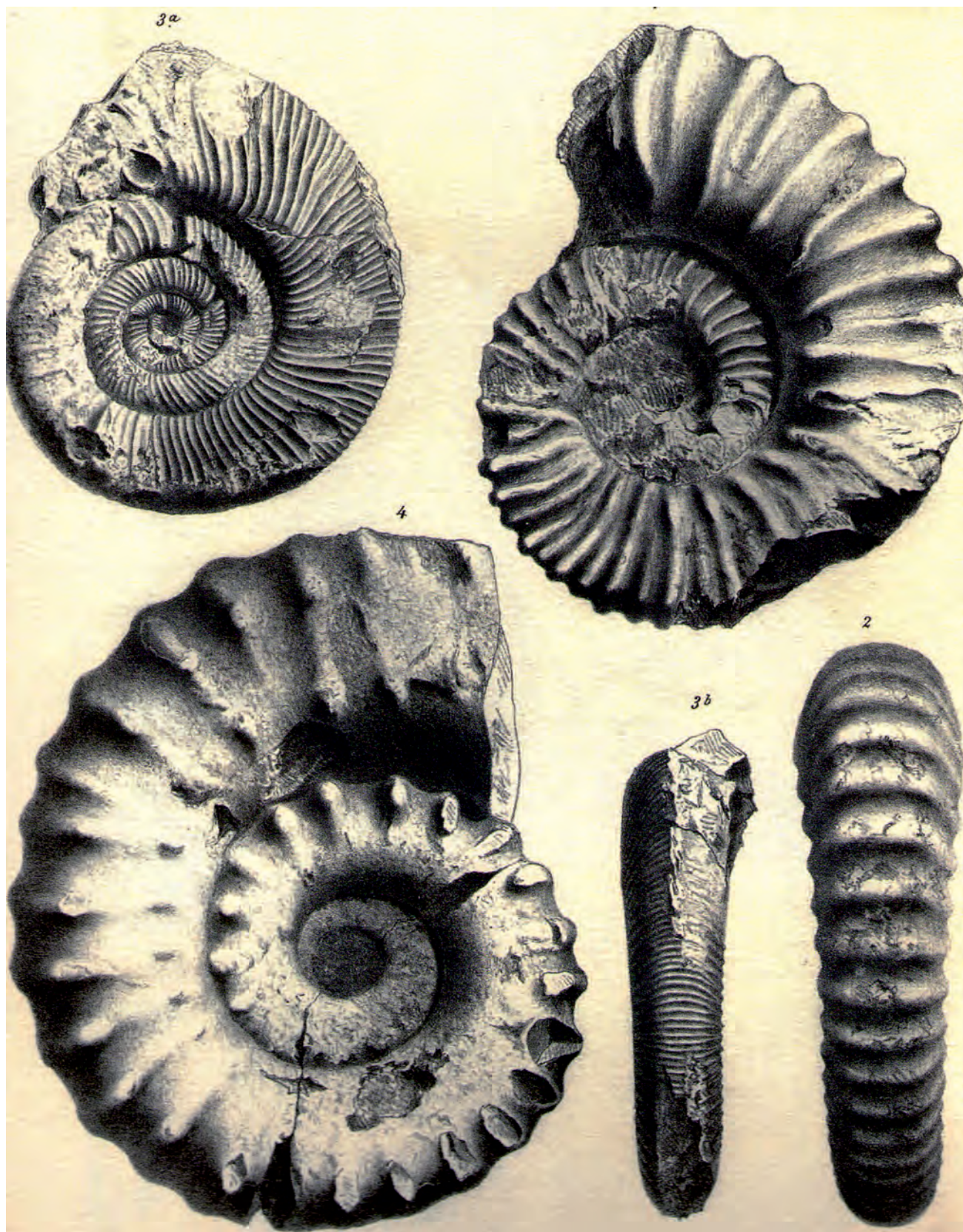


Fig. 8 – Illustrazioni originali che riproducono accuratamente alcune specie di ammoniti giurassiche provenienti da varie località delle province di Palermo e di Trapani. Dai Quaderni del Museo Geologico “G.G. Gemmellaro”, Palermo, a cura di D’ARPA & SCALONE (2007). 1, 2) *Peltoceras transversarium*, (Roccapalumba, Castronovo - Palermo); 3) *Perisphinctes Airoidii* (Roccapalumba); 4) *Aspidoceras Helymense* (Calatafimi - Trapani).

- Original illustrations accurately reproducing species of Jurassic ammonites collected in various localities of the Palermo and Trapani provinces. From Quaderni del Museo Geologico “G.G. Gemmellaro”, Palermo, a cura di D’ARPA & SCALONE (2007). 1, 2) *Peltoceras transversarium*, (Roccapalumba, Castronovo - Palermo); 3) *Perisphinctes Airoidii* (Roccapalumba); 4) *Aspidoceras Helymense* (Calatafimi - Trapani).

bro-peloritano poggia una successione “normale” di terreni meso-cenozoici. Ad una fase tettonica eocenica ed oligo-miocenica di “corrugamento” segue in tempi recenti una tettonica di sollevamento, senza che vi sia cenno a teorie faldistiche. Queste ultime cominciano a farsi strada in varie località europee e nelle Alpi, ma soltanto all’inizio del ’900 LUGEON & ARGAND (1906) segnalano fenomeni di “*charriage*” in Sicilia. In particolare essi ritengono che in Sicilia occidentale i massicci mesozoici appartengano ad una falda di ricoprimento sovrascorsa sul “*flysch paleogenico*”. Analoghe interpretazioni vengono espresse successivamente da ARBENZ (1908) e poi da LIMANOWSKI (1913) per i Monti Peloritani.

Tali interpretazioni non vengono condivise dall’ambiente accademico siciliano ed una rigida concezione autoctonista si contrappone alle teorie faldistiche, specie ad opera di Gemmellaro G.G. e di DI STEFANO G. (1910), che ammettevano soltanto limitati ricoprimenti. D’altro canto le ricerche geologiche consistevano soprattutto in studi paleontologici e stratigrafici e certamente non davano luogo ad approfondimenti di carattere strutturale. Tipico esempio è quello di MAUGERI PATANÈ, che nel 1932 pubblicò un accurato studio sulla stratigrafia delle formazioni mesozoiche dei Monti Peloritani. Malgrado tra gli appunti di campagna comparissero sezioni stratigrafiche con successioni mesozoico-terziarie sottoposte a metamorfiti ercyniche, l’Autore non riusciva ad ammettere che il basamento cristallino fosse in falda al disopra dei livelli terziari (comunicazione personale).

Ulteriori progressi nelle vedute faldistiche si registrano con QUITZOW (1935) riguardo l’Arco Calabro-Peloritano e poco dopo vede la luce il primo lavoro moderno, basato non solo su intuizioni, ma documentato da dati analitici da parte di FABIANI & TREVISAN (1940), che forniscono le prove di uno stile tettonico a falde di ricoprimento nei Monti di Palermo.

Dopo il periodo bellico ripresero gli studi geologici, soprattutto sotto la spinta delle ricerche petrolifere, tra cui spicca una sintesi di BENEIO (1958), ispirata a concetti di tettonica gravitativa, meccanismo che ebbe in quel periodo una certa popolarità e condivisione. A quei tempi risale l’origine del termine *olistostroma*, coniato da FLORES (1959). Il modello proposto da Beneio consisteva in una profonda depressione del substrato calcareo mesozoico autoctono, all’interno della quale si accumularono gli enormi volumi di sedimenti terrigeni terziari, per effetto di imponenti fenomeni gravitativi (olistostromi) ovvero per correnti di torbida. Tali interpretazioni mortificavano i complicati fenomeni tettonici e segnavano un passo indietro rispetto ai primi lavori alloctonistici. Ciò ebbe una

notevole influenza nella compilazione della nuova carta geologica, realizzata a partire dagli anni ’60 a seguito della Legge Sullo, dando un’immagine di estrema semplificazione, disconoscendo una notevole mole di dati analitici, che avrebbero favorito un’interpretazione meno autoctonista.

Seguì una serie di pubblicazioni di lavori analitici legati alla ricerca industriale, tra i quali vale ricordare quello di RIGO & BARBIERI (1959) e la monografia petrografica e sedimentologica sulla Serie Solfifera Siciliana di OGNIBEN (1957).

Le concezioni faldistiche verranno tuttavia sviluppate in modo analitico solamente a partire dagli anni sessanta da OGNIBEN (1960 e segg.) e dai ricercatori francesi (BROQUET, 1968, 1970; TRUILLET, 1968, 1970; DUÉE, 1969, 1970; MASCLE, 1970).

Il primo lavoro di sintesi è quello pubblicato da OGNIBEN (1960), che presenta un quadro strutturale organico ed innovativo per quei tempi della Sicilia nord-orientale, basato sul modello della Geosinclinale di AUBOUIN (1965). Vengono riconosciuti vari complessi tettonici sovrapposti, in cui quello strutturalmente più elevato appartiene al Massiccio interno Calabride. Quelli sottostanti sono via via il Complesso Sicilide relativo alla Eugeosinclinale, quello Panormide appartenente alla Miogeoanticlinale, quello Basale sarebbe stato collocato nella Miogeoanticlinale; infine alla cosiddetta Soglia apparterrebbero le unità esterne e di avampese. Sulla base di alcune discontinuità stratigrafiche riconosciute, l’Autore distingue due principali fasi tettoniche preorogeniche, localizzate nel Battoniano e nell’Eocene medio, e tre fasi sinorogeniche. Le varie tappe della costruzione dell’orogene sono ascrivibili all’Oligocene superiore (messa in posto delle piattaforme panormidi), al Miocene inferiore e al Tortoniano inferiore (ricoprimenti delle unità sicilidi e calabridi). Fasi tettoniche postorogene del Pliocene inferiore e del Pleistocene concluderebbero la costruzione dell’edificio attuale.

Negli anni successivi il medesimo Autore perfeziona il suo modello e lo estende al confine Calabro-Lucano (OGNIBEN, 1969, 1970, 1973).

Tra i primi lavori di ampio significato geologico va citata la carta dei Monti di Palermo prodotta da CAFLISCH (1966), che, utilizzando l’analisi di facies, riconosce l’alloctonia dei terreni panormidi ed imeresi, che sarebbero sovrascorsi sui terreni delle unità Trapanesi.

Ancora negli anni ’60 tra le più produttive ed intense attività di ricerca vanno menzionate quelle dei geologi francesi, che sotto la guida di CAIRE A., e nel quadro delle relative tesi di dottorato, hanno analizzato vaste aree della Sicilia a loro assegnate. Per la sintesi e per una correlazione della geologia siciliana con il Nord-Africa è possibile consultare CAIRE (1970), che in una cartina schematica e un

profilo composito distingue le seguenti "zone": Ragusa-M. Iblei *Plateau*, Sciacca e Campofiorito-Cammarata, Vicari, Sclafani, Panormide, M. Soro "Nappe" (Flysch esterno), Reitano "Nappe", dominio Peloritano ed Argille Scagliose "Nappe" (Flysch interno).

TRUILLET (1968, 1970 *cum bibl.*) analizza la dorsale peloritana, caratterizzata da importanti *over-thrust*, con vergenza meridionale. Cinque "entità" geologiche vengono riconosciute: il Basamento Peloritano, la "*Chaîne Bordière*", due formazioni terrigene terziarie, due falde di ricoprimento costituite da flysch e una molassa postorogena. Per l'analisi critica si rimanda al capitolo riguardante le Unità Calabridi (v. oltre).

DUÉE (1969, 1970) distingue nell'area della sua tesi di dottorato tre province: la parte occidentale del Basamento Peloritano, la "*Chaîne Bordière*" e la zona dei flysch; all'interno di quest'ultima distingue una pila di quattro falde sovrascorse sul Flysch Numidico esterno: il Flysch di M. Soro, il Flysch Numidico intermedio, il Flysch di Reitano e le Argille Scagliose.

BROQUET (1968, 1970) esegue ricerche nelle Madonie, ricostruendo la successione stratigrafica dal Permiano al Pliocene. Egli evidenzia una fase di sedimentazione organogena giurassico-cretacica, seguita da sedimenti pelagici eocenici, dai flysch oligo-miocenici, cui succede una "molassa" medio miocenica.

La Sicilia sud-occidentale è stata analizzata da MASCLE (1970 *cum bibl.*), che riconosce una serie di dorsali meso-cenozoiche, separate da bacini neogenico-quadernari. L'Autore suddivide l'area nelle seguenti *zones*, caratterizzate da facies: Flysch cretaco-paleogenico, Panormide, Sagana, Sclafani, Vicari, Campofiorito-Cammarata, Sciacca. Inoltre alcuni profili geologici orientati N-S permettono di ricostruire delle sezioni paleogeografiche.

L'architettura complessiva della Sicilia occidentale con i rapporti tra le varie unità, così come interpretata, è descritta in BROQUET *et alii* (1966) e in MASCLE (1970, 1979).

Le sequenze carbonatiche mesozoiche hanno attratto l'attenzione di WENDT (1964, 1969), che ha eseguito analisi paleontologiche e sedimentologiche con interpretazioni paleoambientali. Le facies pelagiche giurassiche del "Dominio Trapanese" e in particolare il Rosso Ammonitico sono state studiate da JENKINS & TORRENS (1969) e da JENKINS (1970).

Lavori sull'interpretazione delle facies e sulla loro distribuzione, sia per quanto riguarda il Neogene e il Pleistocene, sia per le pelagiti del Giurassico e Cretacico della Sicilia occidentale, sono stati pubblicati da vari ricercatori dell'Università di Palermo.

Numerose e dettagliate ricerche paleontologico-

stratigrafiche sull'intervallo Miocene-Quaternario sono sviluppate su tutta l'area siciliana da RUGGIERI (1957) e con particolare attenzione al Quaternario (RUGGIERI & GRECO, 1965; RUGGIERI *et alii*, 1979a, 1979b). Dettagliati studi stratigrafici sono reperibili in MONTANARI (1964-65, 1966a, 1966b).

Analisi di facies di carbonati mesozoici e dei depositi terrigeni neogenici della Sicilia occidentale hanno preso avvio negli anni '70 (GIUNTA & LIGUORI, 1973). CATALANO & D'ARGENIO (1978, 1982) producono ricostruzioni palinspastiche dei sistemi tettono-stratigrafici, caratterizzati da piattaforme carbonatiche separate da bacini.

Inoltre vedono la luce anche vari lavori a carattere geologico (CATALANO *et alii*, 1978), talora con cartografia, come quello dei Monti di Palermo (CATALANO *et alii*, 1979), ovvero sulle rotazioni e sulla paleogeografia delle successioni mesozoiche (CATALANO *et alii*, 1976; CHANNEL *et alii*, 1980, 1990). L'attenzione si sposta poi sulle aree sommerse del Canale di Sicilia (CATALANO *et alii*, 1989), nelle quali, tramite l'interpretazione di linee sismiche, vengono individuati dei sistemi a *thrust*, correlabili a terra con quelli della Sicilia occidentale.

Ulteriori studi palaeomagnetici hanno permesso di riconoscere importanti rotazioni orarie dei sistemi a *thrust*, databili ad un intervallo tra il Miocene medio e il Pliocene e furono accompagnate da un progressivo *shifting* del trasporto tettonico verso SE (OLDOW *et alii*, 1990; CHANNEL *et alii*, 1990). Le fasi tettoniche e lo sviluppo dei bacini di *foreland* e dei coevi depositi di bacini-satellite sono stati illustrati da CATALANO & D'ARGENIO (1982) e da VITALE (1990).

Contemporaneamente i ricercatori dell'Università di Catania conducono studi in Sicilia centrale ed orientale, tra cui vanno ricordati analisi dei depositi terrigeni (OGNIBEN, 1963, 1964; WEZEL, 1970, 1973a, 1974). WEZEL (1974) analizza i flysch siciliani nel quadro geodinamico di un margine continentale attivo. Si rimanda al capitolo specifico riguardante il flysch numidico per un approfondimento.

Nel 1972 viene realizzato una prima edizione del Modello Strutturale d'Italia, rappresentato da una carta geologica alla scala 1:1.000.000 edito dal C.N.R. nel 1975 (OGNIBEN *et alii*, 1975). In esso la complicata struttura dell'Appennino meridionale e della Sicilia viene interpretata come la sovrapposizione tettonica di numerose unità stratigrafico-strutturali, derivanti dalla deformazione di preesistenti unità paleogeografiche, interpretate come le coperture di margini continentali. L'obiettivo di tale modello era quello di analizzare le varie falde e non quello di esprimere le strutture distensive e trascorrenti: seguendo tale logica, anche le faglie più importanti non vengono riportate nella carta geologica.

Tra gli anni '70 e '80 vengono sviluppati studi multidisciplinari nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica, con un sostanziale adeguamento ai modelli della tettonica globale e con la realizzazione di carte alla scala 1:500.000 e delle relative note illustrative del Nuovo Modello Strutturale d'Italia. Per ciò che concerne la geologia siciliana, vengono prodotti sia il modello strutturale, sia carte neotettoniche della Sicilia.

Dagli anni settanta si ha un fiorire di studi di dettaglio sull'Arco Calabro-Peloritano, riassumibili praticamente in quelli di LENTINI (1975), LENTINI & VEZZANI (1975, 1978), BONARDI *et alii* (1976), AMODIO MORELLI *et alii* (1976), con una serie di sostanziali differenze di interpretazione dell'assetto strutturale della Sicilia nord-orientale.

Il quadro strutturale proposto da LENTINI (1975) e LENTINI & VEZZANI (1975) e mantenuto in LENTINI *et alii* (1987), interessa il settore meridionale dei Peloritani, lungo gli allineamenti Sant'Agata di Militello-Taormina e Capo S. Andrea-Novara di Sicilia-Raccuia. Qui gli autori distinguono cinque unità stratigrafico-strutturali, ricoperte trasgressivamente dall'oligo-miocenico Flysch di Capo d'Orlando, che rappresenta la prosecuzione della sedimentazione flyschoidale dopo la messa in posto delle falde, e che giocherebbe un ruolo di deposito post-orogeno rispetto alle fasi tettoniche calabridi, ma pre-orogeno rispetto alle successive fasi deformative.

Infine fra gli schemi più significativi fin qui proposti va considerato anche il modello di AMODIO MORELLI *et alii* (1976) sull'evoluzione palinspastica dell'area mediterranea e sulla conseguente formazione dell'Arco Calabro-peloritano. Questo è interpretato come un frammento di Catena Alpina sovrascorso durante il Miocene inferiore sulla Catena Appenninico-Maghrebide. AMODIO MORELLI *et alii* (1976) propongono, all'interno di uno schema piuttosto articolato, un gran numero di unità tettoniche, che costituiscono l'Arco Calabro-Peloritano. Per quanto riguarda la Sicilia nord-orientale essi distinguono delle unità paleogeniche "austroalpine" a vergenza africana, costituite dall'Unità di Longobucco-Longi-Taormina e ricoperte tettonicamente dalle unità della Catena Alpina.

In Sicilia orientale numerosi e dettagliati rilievi sul terreno vengono riversati su carte geologiche, che contribuiscono ad illustrare le più moderne vedute circa la generale architettura dell'Orogene Appenninico-Maghrebide (CARBONE *et alii*, 1986, 1990; C.N.R., 1991; LENTINI *et alii*, 1984; LENTINI, 2000). Esso appare come un complicato cuneo tettonico formato da un sistema a *thrust multilayer* sovrapposto alle aree d'Avampaese Ibleo (LENTINI & VEZZANI, 1975; LENTINI, 1982). L'estensione dei carbonati Iblei al disotto del sistema a *thrust*

della catena fino a raggiungere le aree etnee venne sostenuto da CRISTOFOLINI *et alii* (1979) e da LENTINI (1982). La struttura della Sicilia orientale è stata analizzata da GHISSETTI & VEZZANI (1980), GRASSO & LENTINI (1982), LENTINI *et alii* (1996a); LICKORISH *et alii* (1999).

Utilizzando le metodologie, a quel tempo più aggiornate, dell'analisi strutturale sul terreno GHISSETTI & VEZZANI (1980, 1984) propongono nuove interpretazioni strutturali sia della Sicilia sud-orientale, che dello Stretto di Messina, che del settore occidentale dell'Isola, ipotizzando anche la presenza di un'importante linea tettonica: la Kumeta-Alcantara.

Numerosa produzione scientifica riguardante vari aspetti sedimentologici, strutturali e neotettonici è riassunta in GRASSO (2001, *cum bibl.*).

Per quanto concerne l'Avampaese Ibleo, dopo i lavori a carattere prevalentemente stratigrafico di DI GRANDE (1967, 1969, 1972) sul Neogene-Quaternario, un'intensa attività di terreno ha portato all'elaborazione di una carta geologica d'insieme del Plateau Ibleo: la Carta Geologica della Sicilia sud-orientale a scala 1:100.000 (LENTINI *et alii*, 1984), che rappresenta il primo prodotto cartografico dai tempi di BALDACCI (1886), e le carte dei settori siracusano e ragusano alla scala 1:50.000 (rispettivamente CARBONE *et alii*, 1986; GRASSO, 1999). A queste si accompagnano una serie di pubblicazioni che trattano i vari aspetti stratigrafico-strutturali e le interpretazioni sull'evoluzione paleoambientale (GRASSO *et alii*, 1979, 1982; GRASSO & LENTINI, 1982; CARBONE *et alii*, 1982c).

BIANCHI *et alii* (1987) realizzano un primo profilo geologico basato su rilevamenti di superficie, integrati da dati di sottosuolo. Tale profilo, esteso dai M. Nebrodi fino all'Avampaese Ibleo, attraversa da nord a sud la catena orogenica costituita da una serie di falde sovrapposte sudvergenti, un'avanfossa, l'Avanfossa Catania-Gela, ed il Plateau Ibleo. Vengono ipotizzate anche una struttura trascorrente, che dividerebbe due settori con suscettività magnetica notevolmente differente, e un orizzonte strutturale profondo, che in successivi lavori sarà attribuito ad un sistema a *thrust* profondo: Sistema a *Thrust* Esterno (ETS).

Il profilo Nebrodi-Iblei di BIANCHI *et alii* (1987) viene analizzato e reinterpretato da ROURE *et alii* (1990), da LENTINI *et alii* (1996b) e recentemente da BELLO *et alii* (2000). Questi ultimi operano una revisione del profilo di BIANCHI *et alii* (1987), riconoscendo tre grandi unità strutturali, separate da due importanti livelli di scollamento. Quella più profonda sarebbe l'Unità Iblea, contigua verso sud all'Avampaese Ibleo. Al disopra si ritroverebbero due complessi alloctoni: l'Unità Imerese-Sicana, costituita da sedimenti bacinali mesozoici e da co-

perture detritiche neogeniche e l'Unità Sicilide con sedimenti pelagici cretacico-eocenici e coperture neogeniche. Gli stessi autori ritengono responsabili di tale assetto strutturale due fasi tettoniche: la prima, datata all'Oligocene superiore-Miocene inferiore, avrebbe causato la sovrapposizione delle unità alloctone sopra l'Unità Iblea; la seconda avrebbe poi coinvolto nel Miocene superiore-Pliocene la stessa Unità Iblea, modificando altresì la geometria delle unità alloctone. Tali deduzioni, non solo non tengono conto dell'età supramiocenica e talora pliocenica dei livelli di tetto della "Unità Iblea", il che porterebbe a ringiovanire notevolmente la sovrapposizione tettonica dell'alloctono, ma rinnegherebbero così la scansione spazio-temporale dell'intero orogene. Tutti i dati della letteratura infatti concordavano già allora nell'attribuire ad una fase oligo-miocenica la deformazione delle unità interne sicilidi, ascrivendo al Miocene superiore e al Plio-Quaternario l'assetto tettonico attuale, compresa la contemporanea apertura tirrenica (v. LENTINI *et alii*, 2006, *cum bibl.*).

CATALANO *et alii* (2000a) rappresenta un sostanziale passo avanti, in quanto coniuga le ricerche sul terreno con i numerosi dati di sottosuolo, in particolare con l'interpretazione di linee sismiche, anche se questa subisce talora delle forzature per cui essa risulta spesso privilegiata rispetto ai dati di superficie. Tale lavoro ricostruisce l'assetto strutturale profondo della Sicilia centro-occidentale e l'evoluzione tettonica dalla costa tirrenica fino all'*offshore* meridionale. In questo lavoro viene sostenuta la generale sovrapposizione dei carbonati bacinali meso-cenozoici sui corpi di piattaforma carbonatica, modificando così i precedenti modelli strutturali proposti.

Lavori recenti (LENTINI *et alii*, 1990a, 1990b, 1994, 1996a; CATALANO *et alii*, 2000a; DEL BEN & GUARNIERI, 2000; CATALANO *et alii*, 2002a; GUARNIERI *et alii*, 2002), basati su linee sismiche e su rilevamenti di superficie hanno profondamente modificato le precedenti vedute circa la geologia della Sicilia occidentale.

Appare evidente che i complessi problemi geologici della Sicilia ed in special modo del margine tirrenico sono di difficile risoluzione senza un'estensione dell'analisi alle aree sommerse. L'esplorazione geofisica ad ampia scala del Mediterraneo, incluso i bacini attorno alla Sicilia, iniziarono vari anni prima (FINETTI *et alii*, 1970; FINETTI & MORELLI, 1972, 1973, 1974; FINETTI, 1976,

1982, 1984, 1985; FINETTI & DEL BEN, 1986). Queste e altre campagne geofisiche hanno permesso di acquisire importanti conoscenze sul bacino Mediterraneo. Ma il più importante contributo nelle aree emerse dell'isola proviene dall'esplorazione petrolifera.

Una svolta decisiva delle ricerche moderne sull'orogene centro-mediterraneo è rappresentata dal Progetto CROP-Mare. Con le linee sismiche crostali e l'integrazione dei dati di superficie è stato possibile procedere alla compilazione di sezioni sismo-geologiche attraverso la Sicilia.

Dagli innumerevoli dati emerge la distinzione dell'area in un Dominio d'Avampese, in un Sistema a *Thrust* Esterno, il *Pelagian-Sicilian Thrust Belt*, la Catena Appenninica e quella Calabride, quest'ultima originatasi dalla delaminazione del margine della placca europea.

Tra gli elementi fondamentali della ricerca vi è il riconoscimento dell'appartenenza delle unità più profonde della Catena Appenninica ad un originario bacino paleo ionico (Ionidi) ed il riconoscimento della presenza di una crosta continentale, quale originario basamento delle piattaforme panormidi. Lo stato collisionale tra la crosta panormide e quella africana sarebbe la causa di un generale *shifting* della fascia orogenica ed in qualche modo responsabile della forma arcuata in corrispondenza del settore calabro.

Fondamentale risulta la stretta relazione tra la distribuzione delle croste e l'evoluzione geodinamica dell'area centro-mediterranea (FINETTI ED., 2005, FINETTI *et alii*, 2005a, 2005b; LENTINI *et alii*, 2006). I dati del progetto hanno permesso di ricostruire l'evoluzione tettono-dinamica litosferica ed il trasporto orogenico delle coperture sedimentarie, nonché un quadro paleogeografico durante l'intervallo meso-cenozoico.

Per LENTINI *et alii* (1994, 1996b, 2006) e FINETTI *et alii* (1996, 2005a) l'espressione superficiale della collisione continentale, che dal Tortoniano interessa il margine della crosta Africana è rappresentato dal Sistema Sud-Tirrenico.

Infine vari autori hanno sviluppato ricerche sui caratteri neotettonici della Sicilia, in particolare MONACO & TORTORICI (2000) hanno ipotizzato un processo di *rifting* attivo, che dalla Calabria meridionale si estende alla Sicilia orientale. Altre valutazioni vengono espresse su fenomeni eustatici e di sollevamenti lungo le coste nord-orientali della Sicilia (MONACO *et alii*, 2004).