

UNITÀ A LIMITI INCONFORMI UTILIZZATE PER LA CARTOGRAFIA DEI DEPOSITI QUATERNARI NEI FOGLI CARG DELLA SICILIA NORD-OCCIDENTALE

Cipriano Di Maggio, Mauro Agate, Antonio Contino, Luca Basilone & Raimondo Catalano

Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università degli Studi, Palermo,
e-mail: dimaggio@unipa.it

RIASSUNTO: Di Maggio C. *et al.*, *Unità a limiti inconformi utilizzate per la cartografia dei depositi quaternari nei fogli CARG della Sicilia nord-occidentale*. (IT ISSN 0394-3356, 2009).

Sono riportati i risultati di uno studio sui depositi quaternari del settore settentrionale siciliano compreso tra Trapani e Cefalù. Dettagliati rilevamenti di campagna e analisi stratigrafiche condotti in questa area nell'ambito del Progetto CARG hanno consentito di definire diverse unità a limiti inconformi, del rango di sintema e subsintema, che costituiscono la sintesi regionale degli affioramenti quaternari della Sicilia nord-occidentale. Sono state riconosciute e studiate numerose successioni di terreni di ambiente da continentale a marino costituite da: depositi fluviali, paralici e marini (conglomerati monogenici o poligenici, areniti e/o peliti sciolte o variamente cementate), accumuli eolici (sabbie e arenarie quarzose o carbonatiche, a stratificazione e laminazione incrociata), terreni colluviali (suoli e detriti rimaneggiati con allineamenti di ciottoli), depositi di falda (detriti sciolti o stratificati e cementati), concrezioni calcaree (travertini, croste calcitiche e depositi di grotta) e macereti di frana. I depositi continentali, tipici di ambienti dominati da erosione, affiorano in piccoli e sottili lembi relitti, spesso discontinui e incompleti; i depositi marini e paralici, caratteristici di ambienti a prevalente sedimentazione, si rinvengono in bacini locali e costituiscono affioramenti più estesi e potenti. Il rinvenimento di superfici di discontinuità di importanza regionale che limitano inferiormente e superiormente i corpi rocciosi, ha consentito la proposizione di sette distinti sintemi che ricoprono un periodo di tempo che va dal Pleistocene inferiore all'Olocene. Le discontinuità, marcate a volte da paleosuoli, sono rappresentate da superfici di erosione subacquea (piattaforme di abrasione marina e falesie) o subaerea (superfici, ripe, canali, solchi e cavità prodotti da erosione idrica, processi gravitativi o fenomeni carsici), da superfici di non deposizione o, nel caso del limite superiore, dall'attuale superficie topografica. Le datazioni e le correlazioni di depositi e limiti inconformi sono state rese possibile da alcuni elementi vincolanti quali: a) presenza di forme fossili significative; b) datazioni isotopiche di depositi desunte dalla letteratura geologica; c) continuità fisica di alcune superfici di discontinuità; d) significato paleoambientale o paleoclimatico di depositi e superfici di discontinuità; e) rapporti geometrici fra superfici di discontinuità e/o corpi rocciosi.

ABSTRACT: Di Maggio C. *et al.*, *Unconformity-bounded stratigraphic units of Quaternary deposits mapped for the CARG Project in Northern and Western Sicily*. (IT ISSN 0394-3356, 2009).

Quaternary deposits of NW Sicily mapped for the CARG Project (Geological Survey of Italy) during detailed geologic and geomorphologic surveys are made up of: a) fluvial, coastal or marine deposits (mono or polygenic conglomerates, arenites or lutites variously cemented, with plane, inclined or cross-bedded stratification/lamination); b) aeolian deposits (quartzous or carbonate sands/sandstones, with cross-bedded stratification/lamination); c) colluvial terrains (reworked soils and breccias variously cemented, in some case laminated, with stone lines); d) scree slopes (breccias or stratified slope deposits – éboulis ordonné); e) carbonate speleothems (travertines, calcretes and cave deposits); e) landslide debris. Lower and upper boundaries of the Quaternary rocks consist of unconformity surfaces (marked by palaeosols at places), such as: wave cut platforms and cliffs; gullies and rills; erosion surfaces due to sheet erosion or sheet flood; stream channels, fluvial erosion scarps and fluvial erosion/depositional surfaces; separation or depletion surfaces due to mass movement; non depositional surfaces; topographic surfaces. The detection of some unconformity surfaces of regional extent allowed us to define seven main synthems; they have been mapped in several geologic 1:50.000 sheet maps.

The Marsala synthem is a Lower Pleistocene 2-80 m thick body of marine/ coastal conglomerates, arenites and lutites, with abundant corals, algae, bryozoa, mollusca (Arctica islandica, Chlamys septemradiata), benthic foraminifera and planktonic foraminifera (Hyalinea baltica, Globorotalia truncatulinoides excelsa); its lower boundary is a marine abrasion surface cut into pre-Quaternary rocks. The Piana di Partinico synthem is made up of 1-5 m thick marine/coastal conglomerates and arenites located on a number of marine terrace surfaces related to sea high stand phases of Middle Pleistocene (Oxygen Isotope Stages – OISs - 17-7); these rocks appear correlatable with 1-3 m thick continental deposits (colluvial terrains and travertines) rich in fossil vertebrates belonging to the early Middle Pleistocene Elephas falconeri Sicilian Faunal Complex; its lower boundary is a wave cut platform carved into Marsala synthem or pre-Quaternary rocks. The Polissano synthem is 1-10 m thick aeolian sandstones and sands with intercalations of breccias talus; the body deposited in coastal, perched or barrier dune, contains rare terrestrial gastropods shells, late Middle Pleistocene in age (OIS 6); its lower boundary is a non-depositional surface at the top of the Piana di Partinico synthem or older rocks. The Barcarello synthem encompasses 1-2 m thick marine/coastal conglomerates and arenites with a rich warm-temperate "Senegalese fauna" including Strombus bubonius; they belong to two orders of marine terrace (OISs 5e and 5c or 5a) and laterally pass into 1-5 m thick, welded colluvial deposits; the latter are composed of both lutitic terrains (reworked soil) and breccias with angular rock fragments (reworked scree and sediment) in a abundant silt or fine-grained clay matrix (reworked soil) containing terrestrial mollusc shells and fossil vertebrates of the Upper Pleistocene Elephas mnaidriensis Sicilian Faunal Complex; their age is correlated with the OIS 5; the lower boundary of synthem is a marine abrasion surface laterally extending to a continental erosion surface; the latter is cutting the Polissano synthem or older rocks. The Imera Settentrionale synthem is made up of Middle – Upper Pleistocene 1-3 m thick fluvial deposits located on river terrace surfaces lying between about 5 and 100 meters above the valley bottom; its lower boundary is a stream erosion surface. The Raffo Rosso synthem is composed of 1-2 m thick coastal dune aeolian sandstones and sands, 1-7 m thick colluvial or gravitational deposits with fossil mammals of the late Upper Pleistocene Pianetti and Castello Sicilian Faunal Complex, 2-10 m thick stratified slope deposits of the last glacial climatic event (OISs 4-2); the lower boundary is a non-depositional surfaces at the top of the Barcarello/Imera Settentrionale synthems or older rocks. The Capo Plaia synthem is made up of coastal to continental deposits of the last glacial climatic event end – Holocene age (OISs 2-1); its lower boundary is formed by variously originated erosion or non-depositional surfaces; the upper boundary is the present day topographic surface.

Significant environmental changes during the Quaternary, directly or indirectly due to tectonic movements (block faulting or uplifting) and/or climatic fluctuations in their turn triggering erosion / depositional processes, appear to originate both unconformity surfaces of regional extent and deposits.

Parole chiave: stratigrafia, sintema, Quaternario, Sicilia nord-occidentale, Italia.

Keywords: stratigraphy, synthem, Quaternary, NW Sicily, Italy.

1. INTRODUZIONE

I depositi quaternari della Sicilia nord-occidentale sono stati oggetto di numerosi studi.

GIGNOUX (1913; 1926) per primo segnala depositi marini e di spiaggia del Pleistocene inferiore e superiore. FABIANI (1941), TONGIORGI & TREVISAN (1953), OTTMANN & PICARD (1954), BONIFAY & MARS (1959), BUCCHERI (1966) e RUGGIERI *et al.* (1968) concentrano le loro attenzioni sui terreni tirreniani affioranti in diverse località delle coste della Sicilia occidentale. Sulla base del contenuto paleontologico, RUGGIERI (1967; 1971; 1973), RUGGIERI & SPROVIERI (1975; 1983), RUGGIERI *et al.* (1975a), RUGGIERI *et al.* (1975b) e RUGGIERI *et al.* (1984) forniscono schemi stratigrafici dei depositi pleistocenici marini della Sicilia nord-occidentale, corredati da una proposta di suddivisione del Pleistocene inferiore nei piani Santerniano, Emiliano e Siciliano. La comprensione delle relazioni esistenti fra terrazzi marini e depositi marino-continentali mediante l'ausilio di analisi paleontologiche e termoluminescenza o di studi integrati a carattere geomorfologico, paleontologico e geologico-strutturale, consente a MAUZ *et al.* (1997) e DI MAGGIO *et al.* (1999) di ricostruire l'evoluzione stratigrafica e morfotettonica di alcune aree della Sicilia nord-occidentale, dal Pleistocene medio all'Attuale.

Numerosi sono gli studi paleontologici sui depositi continentali a vertebrati (SCINÀ, 1831; DE GREGORIO, 1925; VAUFREY, 1929; BRUGAL, 1987; BURGIO *et al.*, 1989; BURGIO & FIORE, 1997), in cui il riconoscimento di specie continentali contribuisce alla definizione di schemi bio-cronologici basati su dati stratigrafici, aminostratigrafici e geomorfologici (BELLUOMINI & BADA, 1985; BURGIO & CANI, 1988; BADA *et al.*, 1991; BONFIGLIO & BURGIO, 1992; DI MAGGIO *et al.*, 1999; BONFIGLIO *et al.*, 2003).

Gli studi stratigrafici sui depositi continentali sono esigui e limitati a poche e semplici segnalazioni di alcuni corpi sedimentari (GIGNOUX, 1913; TONGIORGI & TREVISAN, 1953; OTTMANN & PICARD, 1954; RUGGIERI & MILONE, 1974).

Locali o parziali ricostruzioni di successioni di terreni continentali e dei rapporti esistenti fra queste successioni e depositi marini e di spiaggia sono prodotte da HUGONIE (1979; 1982), DI MAGGIO (1997), AGNESI *et al.*, (1998), COTTIGNOLI *et al.* (2002), BONFIGLIO *et al.* (2004) e CONTINO (2005; 2007).

Tecniche e metodi per studiare la stratigrafia dei terreni continentali e le loro relazioni con i depositi parali e marini, finalizzate alla ricostruzione delle geometrie dei corpi rocciosi e delle successioni sedimentarie, sono offerte dal Progetto nazionale di CARTografia Geologica alla scala 1:50.000 (Progetto CARG). Nell'ambito di questo Progetto, particolare attenzione è rivolta al rilevamento dei depositi continentali plio-quaternari, per i quali è espressamente raccomandato l'utilizzo di unità stratigrafiche a limiti inconformi (*"Unconformity-Bounded Stratigraphic Units"*, UBSU); il loro impiego ha trovato campo d'applicazione anche nel caso di depositi marini debolmente deformati. Si tratta di unità stratigrafiche formali costituite da corpi rocciosi delimitati al letto e al tetto da ben definite e identificabili superfici di discontinuità. Corpi rocciosi e discontinuità devono possedere importanza regionale affiorando, anche se in maniera discontinua o frammentaria, in aree alquanto estese. La loro unità base è il sin-

tema (CHANG, 1975) che può comprendere due o più subsistemi e/o unità litostratigrafiche; a loro volta due o più sistemi possono costituire un supersistema (ISSC, 1994).

Per ciò che concerne il rilevamento dei fogli geologici della Sicilia nord-occidentale interessati dal Progetto CARG, recenti e dettagliati studi hanno consentito di definire, attraverso il riconoscimento di superfici di discontinuità di importanza regionale, sette UBSU del rango di sistema, che ricoprono un intervallo di tempo compreso fra il Pleistocene inferiore e l'Olocene; esse rappresentano una sintesi complessiva delle successioni di depositi quaternari.

2. L'AREA STUDIATA

L'area studiata ricopre l'intero settore settentrionale della Sicilia centro occidentale, dai Monti di Trapani alle Madonie (Figg. 1, 2). Nelle regioni centrali e orientali del settore in esame sono presenti tre grandi e compatti gruppi montuosi carbonatici (da est verso ovest Madonie, Monti di Termini Imerese e Monti di Palermo), separati fra loro da grandi vallate a sviluppo N-S, incise in depositi argillosi, attraversate dai fiumi Imera Settentrionale e Torto (tra le Madonie e i Monti di Termini Imerese) e dal Fiume Eleuterio (al limite fra i Monti di Termini Imerese e i Monti di Palermo); le regioni occidentali e centro-meridionali sono caratterizzate da rilievi carbonatici isolati (Monte Bonifato, Monte Inici, dorsale N-S della penisola di Capo San Vito, Monte Erice e Montagna Grande nelle aree occidentali; dorsali E-O di Monte Kumeta e Rocca Busambra lungo le propaggini meridionali dell'area indagata), cui si frappongono aree collinari argillose o, lungo la fascia costiera, grandi aree pianeggianti. Queste ultime si rinvengono, in modo discontinuo, anche lungo la fascia costiera dei settori centrali ed orientali.

Nel Mediterraneo centro-occidentale, la Sicilia costituisce un segmento di catena che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea, collega le Maghrebidi africane con la Calabria e gli Appennini e si estende dalla Sardegna fino alla piattaforma pelagiana (Canale di Sicilia; Fig. 1). Dopo la fase orogenica alpina paleogenica, i movimenti compressivi più importanti di questo settore del Mediterraneo sono dovuti alla subduzione della crosta adriatico-ionica. In questo quadro la collisione del blocco sardo-corso con il margine continentale africano (BELLON *et al.*, 1977; CHANNELLET *et al.*, 1979; DERCOURT *et al.*, 1986) è considerata comunemente come la causa primaria per la gran parte della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana (CATALANO & D'ARGENIO, 1978; CATALANO *et al.*, 1996 con bibliografia).

Dal Miocene superiore, con la fine della rotazione del blocco sardo-corso, parte dell'orogene alpino-appenninico venne interessato da processi distensivi, associati con il progressivo arretramento del piano di subduzione, immergente verso NO, della placca adriatico-ionica al di sotto della Calabria, responsabili della formazione ed evoluzione del bacino tirrenico meridionale (MALINVERNO & RYAN, 1986; REHAULT *et al.*, 1987; FACCENNA *et al.*, 1996; GUEGUEN *et al.*, 1998).

Il complesso collisionale della Sicilia e del suo

prolungamento *offshore* (CATALANO *et al.*, 1996) è caratterizzato da tre elementi tettonici principali:

a) un'area di avampaese, affiorante nella Sicilia sud-orientale e presente nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca. La successione sedimentaria autoctona

ricopre un basamento cristallino africano ed è costituita da circa 7 km di carbonati di piattaforma e di scarpata-bacino del Triassico-Liassico, di carbonati pelagici del Giurassico-Eocene e di depositi clastici di piattaforma aperta del Terziario (PATACCA *et al.*,

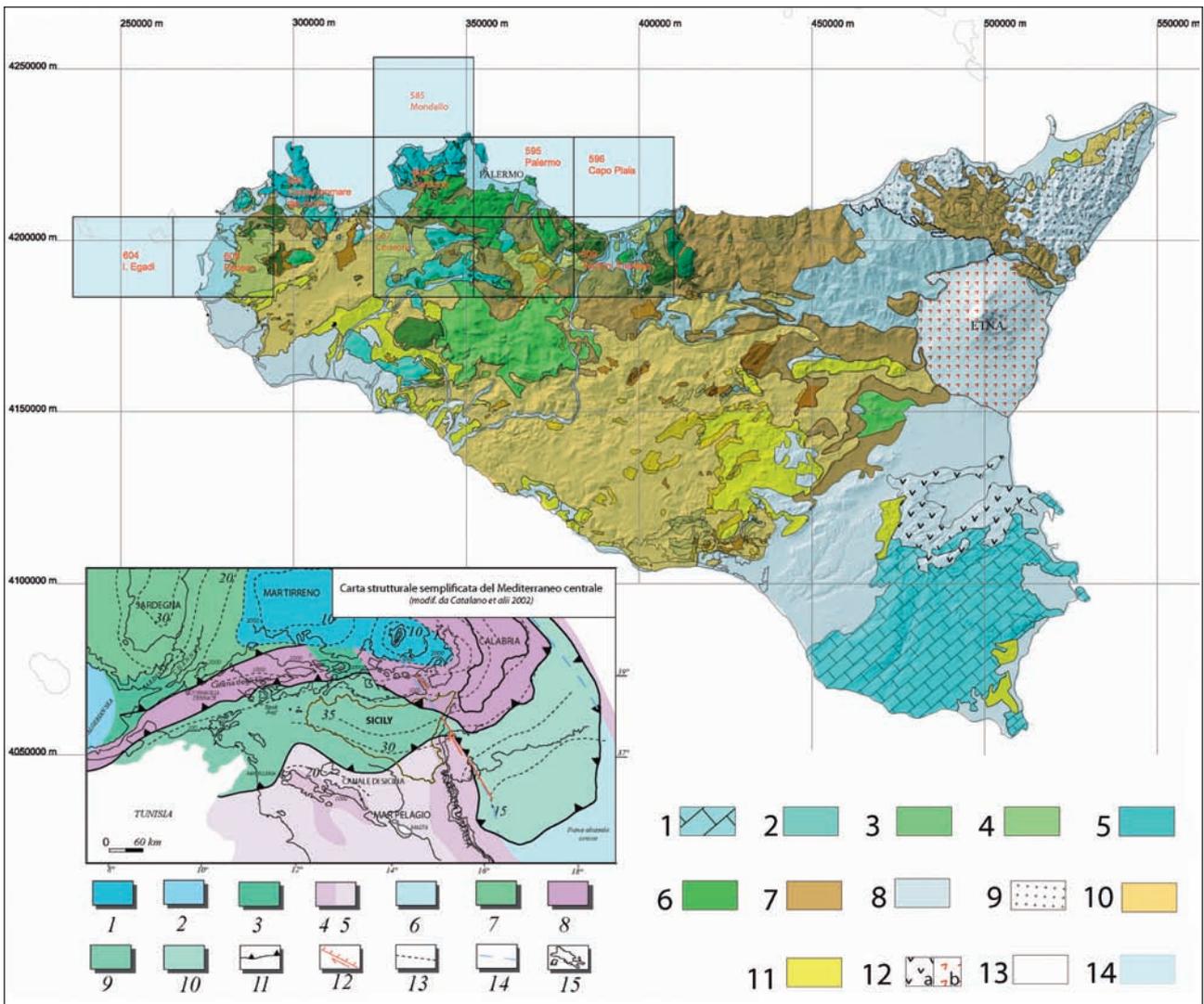


Fig. 1 - Carta strutturale della Sicilia (modificata da CATALANO & D'ARGENIO, 1982; CATALANO *et al.*, 1996): 1. Unità dell'Avampaese Ibleo; 2. Unità di piattaforma carbonatico-pelagica (Trapanese-Saccense); 3. Unità di Monte Genuardo (transizione piattaforma-bacino); 4. Unità di mare profondo (Sicano); 5. Unità di piattaforma carbonatica (Panormide); 6. Unità di scarpata-bacino (Imerese-Prepanormide); 7. Unità dei flysch miocenici (numidico e flysch interni); 8. Unità Sicilidi; 9. Unità cristalline Calabro-Peloritane; 10. depositi sinorogeni mio-pleiocenici; 11) depositi sintettonici Plio-pleistocenici; 12. Vulcaniti Plio-Quaternarie; 13. depositi pleistocenici; 14. quadro di unione dei Fogli geologici CARG in scala 1:50.000. La carta raffigurata in b) illustra i differenti settori crostali della regione centrale del Mediterraneo (modificata da CATALANO *et al.*, 2002): 1. crosta oceanica del Mar Tirreno; 2. crosta oceanica del Bacino Algerino; 3. crosta continentale assottigliata kabilo e sarda; 4. crosta continentale (5. assottigliata) africana; 6. crosta oceanica del Mar Ionio; 7. unità tettoniche sarde; 8. unità kabilo-calabridi; 9. unità siciliane-maghebidi; 10. prisma di accrezione ionico; 11. fronti di sovrascorrimento; 12. faglia con probabile componente transtensiva; 13. isobate (in km) della Moho; 14. limite ipotetico della crosta oceanica ionica o limite margine passivo-oceano ionico; 15. batimetria.

Geological map of Sicily (after CATALANO & D'ARGENIO, 1982; CATALANO *et al.*, 1996): 1. Hyblean foreland units 2. Trapanese-Saccense pelagic-carbonate platform units; 3. Monte Genuardo unit (platform-basin transition); 4. Sicilian basinal units; 5. Panormide carbonate platform units; 6. Imerese-Prepanormide slope-to-basin units; 7. numidian and internal flysch units; 8. Sicilidi units; 9. Calabro-Peloritan crystalline units; 10. Miocene-Pliocene synorogenic deposits; 11. Plio-Pleistocene syntectonic deposits; 12. Plio-Quaternary volcanism; 13. Pleistocene deposits; 14. location map of the 1:50.000 geological map sheets (CARG Project). b) Simplified structural map of the central Mediterranean area showing the different crustal sectors of the region (after CATALANO *et al.*, 2002): 1. Tyrrhenian oceanic crust; 2. oceanic crust of the Algerian basin; 3. Kabylian and Sardinian thinned continental crust; 4. African continental crust (5. thinned); 6. Ionian oceanic crust; 7. Sardinian tectonic units; 8. Kabilo-Calabrid units; 9. Siculo-Maghrebian units; 10. Ionian accretionary wedge; 11. thrust fronts; 12. probably strike-slip (transtensional) fault; 13. isobath (in km) of the Moho; 14. Ionian oceanic crust hypothetical boundary or passive margin-Ionian ocean boundary; 15. bathymetry.

- 1979; CATALANO & D'ARGENIO, 1982; BIANCHI *et al.*, 1989; ANTONELLI *et al.*, 1991);
- b) un'avanzofossa recente, localizzata nell'offshore meridionale della Sicilia (Bacino di Gela) e nella regione iblea lungo il margine settentrionale dell'avampaese dove è in parte sepolta dal fronte della catena (Falda di Gela);
- c) una catena complessa, vergente verso SSE, spessa a luoghi più di 15 km, costituita (dall'interno verso l'esterno) da un elemento "europeo" (Unità Peloritane), un elemento "tetideo" (Unità Sicilidi) ed un elemento "africano" (Unità Appenninico-Maghrebidi). Le unità più interne disposte nell'offshore settentrionale dell'Isola sono generalmente collassate verso nord in relazione all'apertura del Tirreno centro-meridionale (REHAULT *et al.*, 1987).

Recenti lavori, supportati da numerosi profili sismici a riflessione (CATALANO *et al.*, 2000; BELLO *et al.*, 2000), descrivono la catena siciliana come il risultato della sovrapposizione, da occidente ad oriente, di unità tettoniche pellicolari (risultanti dalla deformazione di terreni meso-cenozoici appartenenti agli originari domini bacinali sicilide, imerese e sicano) su un cuneo di *thrust*, spesso 6-7 km (derivante dalla deformazione di terreni meso-cenozoici appartenenti ad un originario dominio di piattaforma carbonatica trapanese, sacchense o panormide). L'insieme così strutturato poggia, a sua volta, sull'avampaese non deformato che affiora nel Plateau ibleo e si continua nel Canale di Sicilia (ibleo-pelagiano).

Nell'area in studio (Fig. 1) le strutture più antiche sono oggi di difficile riconoscimento poiché ad esse spesso si sono sovrapposti gli effetti della successiva tettonica trascorrente e trastensiva correlabile all'apertura del Tirreno (Plio-Pleistocene). I corpi piegati e sovrascorsi, di cui spesso si riconoscono solo i relitti delle strutture originarie, sono oggi dislocati e ribassati, generalmente verso il settore costiero settentrionale. Vengono riconosciuti due sistemi di faglie con andamento NO-SE e NE-SO. Quest'ultimo appare il più importante anche in ragione dei rigetti riconoscibili che raggiungono il migliaio di metri.

Nel Pliocene inferiore le aree più settentrionali hanno subito una subsidenza differenziale che è stata attiva fino a 2.4 milioni di anni fa, con settori che si approfondivano rapidamente. Durante questo intervallo il substrato deformato venne scomposto lungo faglie listriche dirette con crescita che hanno determinato l'apertura di *half-graben* progressivamente riempiti da sedimenti clastici.

Negli ultimi 500.000 anni l'area risulta tettonicamente ancora attiva, con faglie dirette e trascorrenti che dislocano anche i depositi del Tirreniano, o di età più recente (ABATE *et al.*, 1998), affioranti a quote differenti lungo la fascia costiera. Questi movimenti accompagnano un lento ma prolungato sollevamento che interessa la piattaforma continentale, la costa e anche le aree più interne, lungo tutta la Sicilia nord-occidentale (MAUZ *et al.*, 1997; DI MAGGIO *et al.*, 1999).

I meccanismi focali compressivi e/o traspressivi ricavati dagli eventi tellurici di bassa intensità e profondità, recentemente verificatisi nell'offshore di Capo San Vito (AGATE *et al.*, 2000), suggeriscono come l'attività tettonica nell'area sia attualmente segnata dal succe-

dersi di eventi compressivi e/o traspressivi.

I caratteri geomorfologici e morfotettonici di vaste aree della Sicilia nord-occidentale sono stati descritti da HUGONIE (1979; 1982), DI MAGGIO (1997; 2000), AGNESI *et al.* (2000a), AGNESI *et al.* (2002) e BONFIGLIO *et al.* (2004). Dati inediti recenti, cui si aggiungono ricerche specifiche condotte nell'ambito del Progetto CARG, integrano le informazioni contenute in letteratura. L'assetto geomorfologico della Sicilia nord occidentale è contrassegnato da una sostanziale congruenza tra tettonica e morfologia, con una significativa coincidenza fra alti e bassi strutturali e topografici. Questa coincidenza è da imputare in alcuni casi a processi tettonici, in altri all'erosione selettiva. Infatti: a) nei settori costieri occidentali e settentrionali si rinvengono grandi forme tettoniche (*horst*, *graben* e *half-graben*) dovute a eventi distensivi ripetutisi nel corso del Quaternario, con imponenti scarpate di faglia rielaborate dal mare (falesie di faglia o paleofalesie di faglia degradate); b) nelle aree immediatamente più interne si trovano forme strutturali derivate (brachianticlinali o rilievi di anticlinale e brachisinclinali o valli di sinclinale), delimitate da estese scarpate e versanti di linea di faglia. In questo secondo caso e malgrado l'erosione selettiva, la congruenza fra struttura e morfologia si è realizzata grazie alla sovrapposizione di rocce tenere (coperture terrigene cenozoiche) su rocce dure (carbonati mesozoici). Questo assetto ha favorito: 1) lo smantellamento delle coperture più erodibili e la conseguente esumazione del più resistente substrato carbonatico nelle situazioni di alto strutturale, dove il rallentamento dell'erosione ha determinato situazioni di alto topografico (principali rilievi montuosi); 2) il continuo e progressivo approfondimento delle originarie aree di basso strutturale, nelle quali gli spessori delle coperture erano maggiori, con la conseguente formazione di accentuati bassi topografici (principali depressioni vallive). Rare sono le situazioni di inversione del rilievo, localizzate nelle aree in cui si è avuta la venuta a giorno di rocce tenere al di sotto di rocce dure. Molto diffuse le forme relitte dovute, o conseguenti, a: erosione laterale/spianamento (differenti cicli, ripetuti dalle aree sommitali verso le quote più basse, di superfici di spianamento, *glacis* di erosione in rocce tenere, piattaforme di abrasione marina e superfici di erosione fluviale); processi di approfondimento (gole fluviali, valli a "V", valli sospese ed abbandonate); aumento delle energie del rilievo (diverse forme prodotte da erosione selettiva o da deformazioni gravitative profonde di versante). Le modificazioni geomorfologiche del rilievo sono indotte da una tendenza all'abbassamento del livello di base dell'erosione (AGNESI *et al.*, 2000a; DI MAGGIO, 2000; AGNESI *et al.*, 2002). Questa tendenza sembra essere determinata dalla fase di *uplift* regionale del Quaternario. Alla fase di sollevamento si sono sovrapposte oscillazioni ad alta frequenza ($1-2 \cdot 10^2$ ky) indotte dalle fluttuazioni glacioeustatiche (CATALANO *et al.*, 1998), con l'alternarsi di stazionamenti del livello di base ad alte (durante eventi climatici caldi) e a basse quote (durante eventi climatici freddi). La fase di *uplift*, unitamente alla riduzione areale del settore settentrionale della catena emersa prodotta dalla tettonica distensiva, è quindi responsabile del ripetersi dei processi morfogenetici verso quote via via più basse.

3. METODI E TECNICHE ANALITICHE

I depositi quaternari sono stati cartografati alla scala di 1:10.000, con particolare cura anche per gli affioramenti di modesta estensione, separando i differenti litotipi affioranti (Fig. 2).

Sono state ricostruite numerose (più di un centinaio) e dettagliate colonne stratigrafiche che hanno mostrato i rapporti geometrici esistenti fra i litotipi.

Osservazioni paleontologiche, granulometriche, tessiture e composizionali dei depositi, hanno consentito il riconoscimento delle strutture sedimentarie principali e le associazioni fossilifere più indicative.

Studi geomorfologici, condotti tramite indagini dirette e osservazioni fotogeologiche, hanno contribuito sia al riconoscimento delle *facies* sedimentarie dei depositi (attraverso l'individuazione di forme di accumulo e dei relativi sedimenti), sia all'interpretazione del contesto geomorfologico e morfotettonico in cui le successioni di terreni si sono conservate. Di conseguenza le ricerche hanno privilegiato: aree interessate da "rapida" sedimentazione marina o costiera (*graben* e *half-graben* presenti lungo le fasce costiere, sommersi durante il Pleistocene inferiore e, a partire dal Pleistocene medio, gradualmente emersi); superfici di terrazzi marini o fluviali; zone al piede di scarpate o di versanti rocciosi fortemente acclivi; versanti argillosi a media o bassa inclinazione; aree di fondovalle; spiagge e aree costiere; depressioni o cavità carsiche; grotte carsiche o marine.

Particolare cura è stata rivolta allo studio delle superfici di discontinuità. La loro interpretazione è stata possibile grazie ad analisi stratigrafiche (riconoscimento di discordanze angolari, paraconcordanze, lacune), stratigrafico-geomorfologiche (riconoscimento di superfici di erosione/deposizione attraverso la ricostruzione dei processi morfogenetici responsabili della loro genesi) e pedogenetiche (riconoscimento di paleosuoli).

Per la ricostruzione delle successioni di terreni e

la datazione e correlazione di depositi e/o superfici (Fig. 3) sono stati utilizzati: 1) metodi geometrici basati sui principi di sovrapposizione (depositi più recenti ricoprono superfici e depositi più antichi), intersezione (superfici di discontinuità tagliano depositi e/o superfici più antichi e risultano sigillate o tagliate, rispettivamente, da depositi o superfici più recenti) e di continuità (proseguimento fisica, più o meno ininterrotta, di affioramenti e, soprattutto, di superfici di discontinuità), che hanno consentito la ricostruzione di elementi *ante* e *post quem*; 2) contenuto fossilifero, che ha permesso il riconoscimento di depositi e superfici "guida" (vincoli cronologici); 3) datazioni di depositi condotte in passato da altri autori con metodi di termoluminescenza (MAUZ *et al.*, 1997) o di aminostratigrafia (HEARTY *et al.*, 1986; BADA *et al.*, 1991), le cui informazioni sono state ricavate da consultazione bibliografica; 4) affinità fra depositi anche molto distanti, ma con analoghe caratteristiche e uguali relazioni geometriche con altri corpi rocciosi e/o superfici; 5) analisi altimetriche basate sulle quote assolute (per superfici di terrazzi marini e relativi depositi) o sulle differenze di quota rispetto ai fondovalle (per superfici di terrazzi fluviali e relativi depositi), tenendo naturalmente conto delle possibili deformazioni tettoniche; 6) analisi paleoclimatiche e paleoambientali, che hanno vincolato la collocazione di alcuni corpi rocciosi a ben definiti eventi climatici, caldi o freddi, del Quaternario.

4. LITOFACIES DEI DEPOSITI QUATERNARI

Nell'area studiata sono stati riconosciuti numerosi corpi rocciosi quaternari (Fig. 2) caratterizzati da specifiche *facies*.

Depositi marini: arenarie calcaree o quarzose a stratificazione piano-parallela, con livelli ruditici, contenenti coralli, briozoi, alghe e molluschi (fra questi ultimi alcuni ospiti nordici), passanti localmente a biolitti a

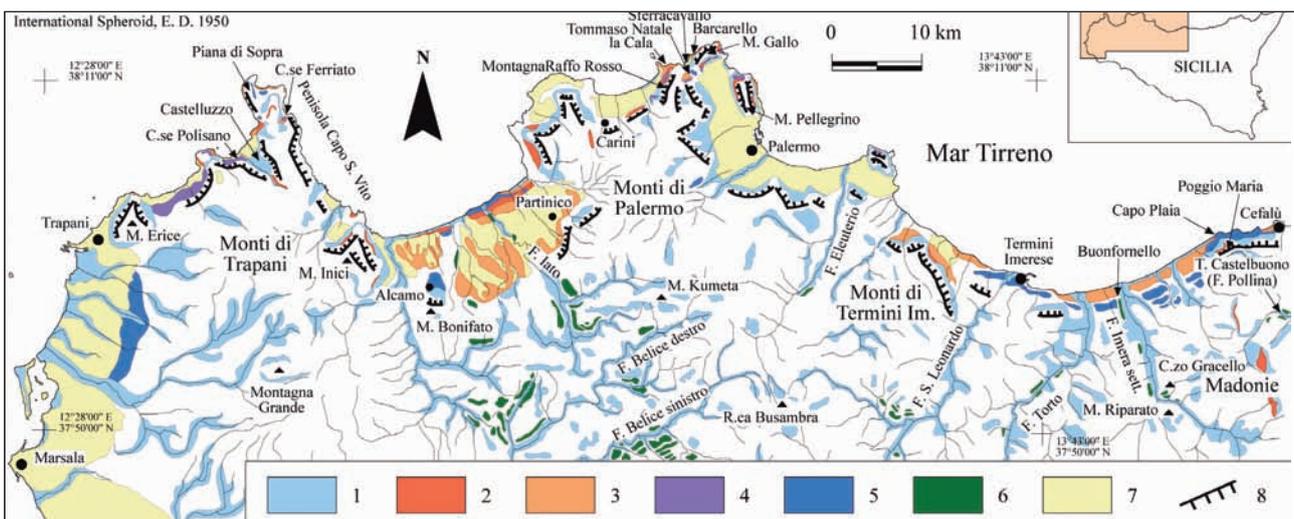


Fig. 2 - Carta dei sintemi quaternari della Sicilia nord-occidentale: 1. sintema di Capo Plaia; 2. sintema di Raffo Rosso; 3. sintema di Barcarello; 4. sintema di Polisano; 5. sintema della Piana di Partinico; 6. sintema dell'Imera Settentrionale; 7. sintema di Marsala; 8. principali scarpate/versanti di faglia e falesie/paleofalesie di faglia.

Quaternary synthem map of NW Sicily: 1. Capo Plaia synthem; 2. Raffo Rosso synthem; 3. Barcarello synthem; 4. Polignano synthem; 5. Piana di Partinico synthem; 6. Imera Settentrionale synthem; 7. Marsala synthem; 8. main fault scarps or slopes and fault cliffs or abandoned cliffs.

coralli, di ambiente di piattaforma o di scogliera; argille a foraminiferi planctonici e con molluschi ospiti nordici, di ambiente neritico-batiale. Questi depositi si rinvengono lungo le aree costiere pianeggianti impostate su depressioni tettoniche.

Depositi di transizione: ghiaie attuali o conglomerati relitti, talvolta bioclastici, generalmente poligenici ed eterometrici, a ciottoli prevalentemente appiattiti, con contenuto fossilifero prevalentemente costituito da ospiti senegalesi, di ambiente intertidale; arenarie calcaree o quarzose a stratificazione e laminazione piano-parallela, inclinata o incrociata, con livelli bioturbati, a luoghi ricche di gusci di molluschi, di ambiente di spiaggia sommersa; sabbie attuali o arenarie relitte a stratificazione o laminazione piano-parallela o inclinata, di ambiente di delta sommerso; sabbie attuali e arenarie calcaree o quarzose, a stratificazione e laminazione incrociata, in facies di duna di retrospiaggia; blocchi decimetrici (diametro massimo 1 m), da

sciolti (attuali) a cementati, organizzati in cordoni paralleli alle attuali o antiche linee di costa, in posizione comunque arretrata e a pochi metri di distanza dalle ripe marine, prodotti dalle mareggiate più intense (depositi di tempesta). I depositi di transizione si ritrovano su antiche superfici di abrasione marina, all'interno di grotte marine, lungo fasce costiere attuali o relitte o alternati ai precedenti depositi marini, testimoniando così antiche oscillazioni del livello marino.

Depositi fluviali: ghiaie e conglomerati poligenici a ciottoli prevalentemente arrotondati, talvolta con strutture embricate; sabbie e arenarie generalmente monogeniche, con livelli a laminazione incrociata o piano-parallela; rari e sottili livelli pelitici con blanda stratificazione piano-parallela. Questi depositi sono solitamente organizzati in livelli ben classificati a struttura lenticolare. Sono presenti nei principali fondovalle, costituendo le attuali pianure e conoidi alluvionali, e sospesi lungo i versanti vallivi, ove ricoprono superfici di erosione fluviale abbandonate.

Depositi eolici: sabbie e arenarie di natura quarzosa o carbonatica, a stratificazione e laminazione incrociata, contenenti raramente gusci di polmonati. Al loro interno, ma solo nel caso di depositi di duna di ostacolo, si alternano a livelli rudittici a ciottoletti, ciottoli e più rari blocchi rocciosi spigolosi (accumuli di crollo o detriti di falda) derivanti dalla degradazione dei sovrastanti versanti. Si rinvengono al piede dei principali versanti montuosi che si affacciano lungo le aree costiere pia-

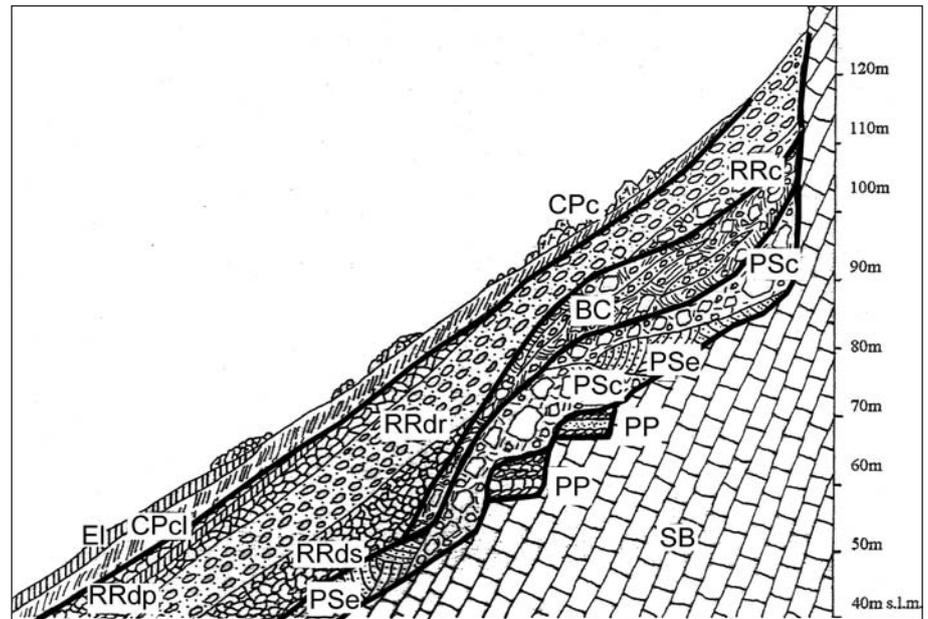


Fig. 3 - Rapporti geometrici fra depositi quaternari e/o superfici di discontinuità lungo il versante occidentale di Montagna Raffa Rosso. El suoli attuali. **Sintema di Capo Plaia:** CPc accumuli di crollo; CPcl Detriti di falda e depositi colluviali. **Sintema di Raffa Rosso:** RRdp detriti stratificati e cementati con intercalazioni di paleosuoli; RRdr detriti stratificati e cementati fortemente rimaneggiati; RRds detriti stratificati e cementati; RRc accumuli di crollo. **Sintema di Barcarello:** BC depositi colluviali cementati. **Sintema di Polisano:** PSc accumuli di crollo; PSe depositi eolici. **Sintema della Piana di Partinico:** PP depositi costieri. SB substrato mesozoico.

Geometric relationships between Quaternary deposits and/or unconformity surfaces along the western slope of Montagna Raffa Rosso. El recent soils. Capo Plaia synthem: CPc fall accumulations; CPcl breccias talus and colluvial deposits. Raffa Rosso synthem: RRdp stratified slope deposits with palaeosols; RRdr reworked stratified slope deposits; RRds stratified slope deposits; RRc fall accumulations. Barcarello synthem: BC welded colluvial deposits. Polisano synthem: PSc fall accumulations; PSe aeolian deposits. Piana di Partinico synthem: PP coastal deposits. SB Mesozoic substrate.

neggianti della Sicilia nord-occidentale, costituendo così delle dune di ostacolo, o lungo le stesse aree pianeggianti, con caratteri di duna costiera. I depositi di duna di ostacolo, essendo generalmente sepolti da detriti e colluvi più recenti, sono stati spesso riconosciuti grazie a tagli artificiali; i depositi di duna costiera sono più facilmente riconoscibili in quanto preservano l'originaria forma.

Depositi colluviali: suoli pelitici o sabbiosi rimaneggiati, variamente cementati, contenenti, a luoghi, gusci di gasteropodi terrestri o resti di vertebrati; livelli detritici a clasti da arenitici a rudittici (essenzialmente ciottoli), questi ultimi da angolosi a sub-arrotondati e per lo più fangosostenuti in matrice terrosa o sabbiosa; allineamenti di ciottoli alterati immersi in matrice pelitica ("stone line", *sensu* RUHE, 1959; RETALLACK, 1990). Affiorano diffusamente in tutta l'area studiata. Gli accumuli più consistenti si trovano lungo i versanti in argilla, al piede delle scarpate o dei pendii rocciosi fortemente acclivi (intercalati a depositi di falda detritica) e all'interno di depressioni, cavità e grotte carsiche o marine. Generalmente si originano lungo superfici inclinate, dove si hanno materiali sciolti (depositi) o rocce tenere (argille alterate e suoli) che possono facilmente essere presi in carico dalle acque dilavanti, sebbene il loro trasporto e la loro successiva sedimentazione possa per qualche chilometro inoltrarsi, nel caso di inondazioni a coltre o di trasporto in massa, fino alle confinanti zone pianeggianti.

Depositi di falda: frammenti rocciosi spigolosi o angolosi, di differente granulometria, sciolti o debolmente cementati, derivanti dalla degradazione dei versanti e accumulatisi alla base dei pendii per processi di caduta di detrito e, occasionalmente, di crollo. Seppelliti da materiali più recenti e affioranti solo lungo tagli naturali o artificiali, si hanno anche spessi pacchi di detriti stratificati e cementati (*éboulis ordonné*), organizzati in livelli solitamente ben classati, tipici di un clima più freddo ed arido dell'attuale. Si alloggiano al piede delle scarpate e dei versanti rocciosi subverticali, laddove le condizioni topografiche o l'assenza di agenti erosivi ha consentito la formazione di una falda detritica.

Depositi di frana: materiali variegati per dimensione e composizione, a giacitura caotica (accumuli di crollo/ribaltamento, colamento e scorrimento traslativo di blocchi) o in qualche modo "ordinata" (accumuli di scorrimento rotazionale o di scorrimento traslativo di roccia in blocco). Si raccolgono al piede di scarpate e pendii molto acclivi (macereti di crollo/ribaltamento o, in minor misura, di scorrimento traslativo) o lungo i versanti a componente argillosa (accumuli di scorrimento o di colamento).

Depositi chimici: locali concrezionamenti, croste calcitiche e depositi di grotta in genere, o di ben più estesi e potenti corpi di travertino. Si trovano all'interno di cavità e grotte carsiche o marine e in corrispondenza di attuali o antichi punti di risorgenza, cascata o di turbolenza fluviale.

5. UNITÀ STRATIGRAFICHE A LIMITI INCONFORMI

I depositi appena descritti si rinvengono isolati e in lembi relitti, oppure costituiscono affioramenti più estesi con spessori significativi di differenti litotipi, con variazioni laterali e verticali di *facies*. I corpi sedimentari sono limitati da superfici di discontinuità e, per i depositi più recenti, il limite superiore è la superficie topografica attuale. Le discontinuità in esame, marcate a volte dalla presenza di paleosuoli, corrispondono tanto a superfici di non deposizione, quanto a superfici di erosione subacquea o subarea. Le superfici di erosione individuate costituiscono il risultato di processi di tipo via via marino-costiero, idrico (dovuti alle acque correnti superficiali, incanalate o diffuse), gravitativo o carsico. Assumono l'aspetto di: piattaforme di abrasione marina; falesie o ripe di erosione costiera, con relativi solchi e grotte marine; superfici di erosione fluviale; scarpate o ripe fluviali; alvei fluviali; rivoli e solchi di ruscellamento; superfici dilavate prodotte da erosione areale o inondazione a coltre; superfici di distacco di frana; canali di frana o di trasporto in massa; piani di soluzione chimica (superfici di cavità o di depressioni carsiche in genere). Alcune di queste superfici sono geneticamente legate a cambiamenti ambientali a vasta scala collegati a variazioni climatiche o ad eventi tettonici, con bruschi passaggi da fasi di sedimentazione (o di erosione) a fasi di erosione (o di sedimentazione): in questo caso esse assumono una importanza regionale. Altre sono invece riconducibili a modificazioni ambientali locali, rivestendo un certo interesse solo per aree di limitata estensione. A luoghi la discontinuità-limite fra due o più corpi rocciosi può anche essere verticale e, nel caso di accumuli isolati e discontinui, i depositi più

recenti possono ritrovarsi a quote inferiori rispetto a depositi più antichi.

L'analisi sedimentaria dei depositi studiati, la geometria dei rapporti fra di loro esistenti e la giacitura delle discontinuità a scala regionale ha consentito di separare vari sintemi, più avanti illustrati. Corpi rocciosi e superfici di inconformità sono stati datati e, quando possibile, correlati (Fig. 4) con le curve delle variazioni degli stadi isotopici del ^{18}O ‰ (OIS, *Oxygen Isotope Stage*) di SHACKLETON (1995).

5.1 Sintema di Marsala

L'unità sedimentaria consiste di alternanze localmente cicliche di: a) sottili livelli di conglomerati, arenarie e sabbie, con bioclasti (ambiente intertidale o di spiaggia emersa); b) arenarie e conglomerati a stratificazione e laminazione inclinata (Fig. 5) o piano-parallela (ambiente di delta sommerso); c) calciruditi e biolititi a coralli (ambiente di scogliera); d) arenarie e sabbie bioclastiche o litoclastiche prevalentemente carbonatiche e in subordine quarzose, a stratificazione e laminazione piano-parallela o incrociata, con livelli bioturbati (ambiente di spiaggia sommersa o infra-circalitorale); e) argille, argille marnose e argille siltoso-sabbiose (ambiente infra-circalitorale). La successione risulta a volte interrotta da locali superfici di abrasione marina ubicate a diverse altezze stratigrafiche. Lo spessore varia da 1-2 m fino a più di 90 m. Nella Piana di Palermo questi depositi raggiungono spessori sino a circa 95 m (CALVI *et al.*, 2000; CONTINO *et al.*, 2006).

I livelli carbonato-clastici sono caratterizzati dalla presenza di coralli, briozoi, spugne, alghe, vermetidi, scafopodi, echinodermi, foraminiferi bentonici, gasteropodi (*Patella* spp.), lamellibranchi (*Glycimeris* spp., *Pecten jacobaeus*, *Chlamys multistriata*, *Chlamys septemradiata*, *Arctica islandica*, *Ostrea* spp.) e molluschi. I depositi argillo-siltoso-marnosi contengono foraminiferi planctonici (*Globorotalia truncatulinoides excelsa*) o bentonici (*Hyalinea baltica*) e ostracodi (DI STEFANO & RIO, 1981).

Diffuso in tutta la Sicilia nord-occidentale, affiora in depressioni costiere pianeggianti aperte verso il mare e delimitate verso l'interno da grandi paleofalesie di faglia; queste depressioni coincidono con bassi tettonici.

Il limite inferiore, laddove è direttamente osservabile sul terreno, è una superficie di abrasione marina intagliata su terreni pre-quadernari e debolmente inclinata verso mare (mediamente 1° - 3°), a luoghi interrotta da paleofalesie o scarpate di faglia alte 1-5 m. Questa superficie è cartografabile lungo le zone periferiche delle piane, dove affiora tra le quote di 150-200 m (aree più interne) e di 1-2 m s.l.m. (zone costiere marginali). Nelle zone costiere centrali il limite inferiore, non direttamente visibile, è stato intercettato, attraverso numerose perforazioni di pozzi, fino ad alcune decine di metri di profondità al di sotto dell'attuale livello marino.

L'età dei depositi viene comunemente attribuita al Pleistocene inferiore (RUGGIERI, 1967; 1978; RUGGIERI *et al.*, 1975b; MAUZ & RENDA, 1991) e, precisamente, alle unità informali Emiliano p.p. e Siciliano (*sensu* RUGGIERI *et al.*, 1984) corrispondenti alla parte media e alta del Calabriano (nell'accezione di CITA *et al.*, 2006; CITA *et al.*, 2008); l'età del limite inferiore dovrebbe di conseguenza collocarsi nel Calabriano, parte media.

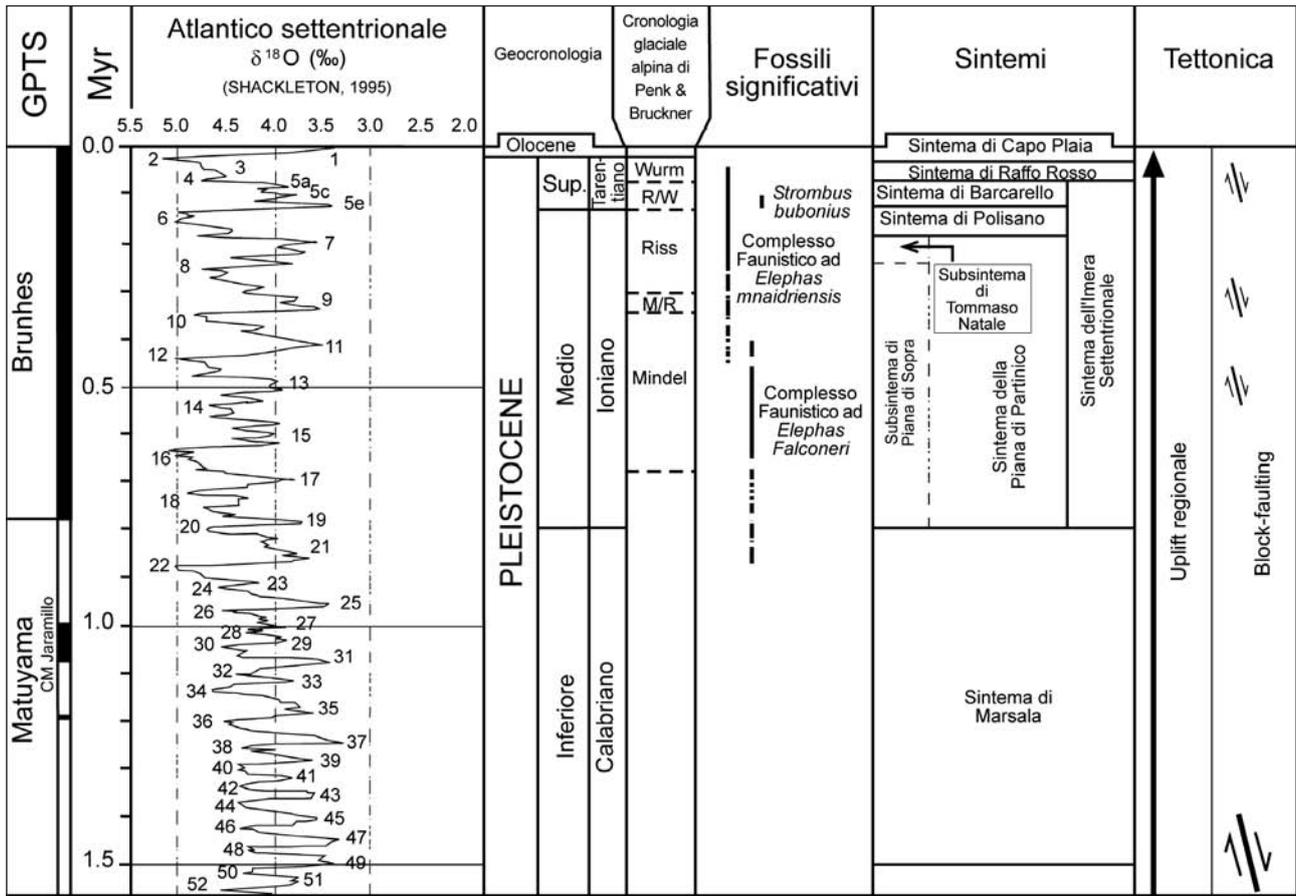


Fig. 4 - Schema di correlazione cronologica.
Chronological correlation scheme.

La località-tipo proposta è l'area di Marsala (estremità occidentale della Sicilia) dove si ha una continua ed estesa successione, potente almeno 80 m, di calcareniti litoclastiche e bioclastiche e di argille e argille sabbiose fossilifere, queste ultime presenti nel sottosuolo o intercettate in profondità da alcuni pozzi.

Depositi colluviali, costituiti da prodotti eluviali e detriti rimaneggiati, contenenti resti di vertebrati appartenenti al complesso faunistico di Monte Pellegrino (BONFIGLIO *et al.*, 2002, con bibliografia) del Pleistocene inferiore (BURGIO & FIORE, 1997; MASINI *et al.*, 2008, con bibliografia), sono stati rinvenuti all'interno di cavità carsiche esclusivamente nell'area di Monte Pellegrino (Palermo). Essi poggiano su una superficie di dissoluzione carsica che intacca dei calcari mesozoici. Considerando la loro età (da 1,6 a 0,9 Ma), questi depositi potrebbero appartenere al sintema di Marsala, sebbene l'intervallo di tempo ricoperto (Santerniano - Siciliano, *sensu* RUGGIERI *et al.*, 1984), non escluda una loro collocazione più indietro nel tempo rispetto all'età del sintema in oggetto.

5.1.1 Considerazioni

La deposizione del sintema di Marsala è probabilmente da collegare ad un evento tettonico distensivo del Pleistocene inferiore che, nelle aree settentrionali della Sicilia, avrebbe dato luogo ad una gradinata di faglie, con rigetti di centinaia di metri e il collasso di grandi blocchi al di sotto del livello del mare. In corrispondenza dei blocchi meno ribassati si sarebbero create delle condizioni di mare poco profondo che



Fig. 5 - Piana di Castelluzzo. Sintema di Marsala: calcareniti a laminazione inclinata.
Piana di Castelluzzo. Marsala synthem: calcarenites with inclined lamination.

avrebbero consentito il modellamento dei fondali ad opera del moto ondoso, con la formazione di piattaforme di abrasione marina progressivamente interessate dalla sedimentazione di depositi costiero-marini. Piattaforme di abrasione si sarebbero sviluppate anche ai piedi delle falesie (scarpate di faglia rielaborate dal mare) a causa del loro arretramento parallelo. Nei blocchi più dislocati dalla tettonica, con condizioni di mare più profondo e maggiore spazio di accomodamento, si sarebbero rapidamente accumulati notevoli spessori di depositi di piattaforma interna; questi ultimi ricoprono direttamente una superficie di erosione posta al tetto dei blocchi sprofondati (superficie di erosione subaerea "annegata"?), come è visibile nei profili sismici a riflessione dell'*offshore* siciliano (AGATE *et al.*, 1993). Il rinvenimento del limite inferiore dislocato a profondità differenti potrebbe comunque essere indicativo di: a) blocchi sprofondati a quote differenti, successivamente colmati dalla sedimentazione marina; b) blocchi dislocati anche successivamente all'inizio della sedimentazione. La prima ipotesi comporta l'esistenza di una fase tettonica più antica dell'inizio della sedimentazione; la seconda ipotesi prevede una prima importante fase tettonica, una fase di sedimentazione e, contemporaneamente o successivamente, una nuova ripresa dell'attività tettonica, con rigetti stavolta dell'ordine di pochi metri (cfr. MAUZ & RENDA, 1991). L'alternanza ciclica di depositi paralicci e di mare più profondo e la presenza, al loro interno, di superfici di erosione marina di rango inferiore (piattaforme e paleofalesie), dovrebbe invece essere collegata alle oscillazioni del livello marino prodotte da fluttuazioni climatiche. I depositi continentali a vertebrati rinvenuti a Monte Pellegrino intrappolati all'interno di cavità, potrebbero indicare invece la prosecuzione di una lunga fase di continentalità, dominata da processi carsici, pedogenetici e di scorrimento idrico diffuso, relativamente ai settori collinari e montuosi prospicienti le depressioni costiere.

5.2 Sintema della Piana di Partinico

I corpi sedimentari del sintema sono costituiti da alternanze di arenarie bioclastiche e bioliti algali (ambiente di piattaforma interna), conglomerati e sabbie con impronte di fondo, depositi di tempesta a laminazione incrociata ed *hummocky* (ambiente di spiaggia), suoli e breccie rimaneggiati (formati da livelli terrosi e livelli detritici con clasti immersi in abbondante matrice) e concrezioni carbonatiche (ambiente continentale).

Il contenuto fossilifero è dato da faune marine tipiche di fasi calde del Pleistocene (vari ospiti senegalesi) e da associazioni di vertebrati del complesso faunistico siciliano ad *Elephas falconeri* (*sensu* BURGIO & CANI, 1988; BONFIGLIO *et al.*, 2002 con bibliografia).

I depositi del sintema

affiorano nelle depressioni costiere pianeggianti e, in modo discontinuo, lungo l'intera fascia costiera della Sicilia nord-occidentale, poggiati su piattaforme di abrasione disposte a varie quote e appartenenti a più ordini di terrazzi marini (Fig. 6) o alloggiati all'interno di cavità carsiche o marine.

Il limite inferiore è una superficie di abrasione marina intagliata su depositi del sintema di Marsala o su terreni più antichi e rinvenuta fra circa 150 e 250 m s.l.m. A quota inferiore, da 150-200 m fino a circa 7-26 m s.l.m., tale superficie risulta tagliata da più recenti ripiani di erosione marina (piattaforme di abrasione e paleofalesie) considerati superfici di inconformità di rango inferiore; questi ripiani vanno a costituire una gradinata di terrazzi, prodotta dalle oscillazioni relative del livello marino, su cui si preservano depositi di spiaggia e di piattaforma interna via via più recenti.

Sulla base del contenuto paleontologico, delle evidenze, stratigrafiche e geomorfologiche e dei risultati ottenuti da datazioni isotopiche, l'età risulta Pleistocene medio (MAUZ *et al.*, 1997; DI MAGGIO *et al.*, 1999).

Località-tipo proposta è l'area tra Alcamo e Partinico (Piana di Partinico) dove affiorano limite inferiore e depositi di terrazzo marino disposti a differenti quote e riferibili a più fasi di stazionamento alto del mare nel Pleistocene medio. Anche nella Piana di Buonfornello e nei rilievi collinari adiacenti si rinviene una successione ben conservata di depositi essenzialmente costieri, disposti su una gradinata di terrazzi marini, che si sviluppa da 30 fino a circa 250 m s.l.m.

Sulla base del riconoscimento di una superficie di discontinuità di estensione regionale, correlabile con l'evento climatico caldo immediatamente precedente il Tirreniano (OIS 7), è stato possibile distinguere due subsintemi.

5.2.1 Subsintema di Piana di Sopra

È rappresentato da successioni di depositi continentali, paralicci o marini, con geometrie generalmente tabulari, costituite da alternanze di: a) conglomerati poligenici ed eterometrici a supporto granulare, con ciottoli talvolta perforati da spugne clonidi; b) arenarie

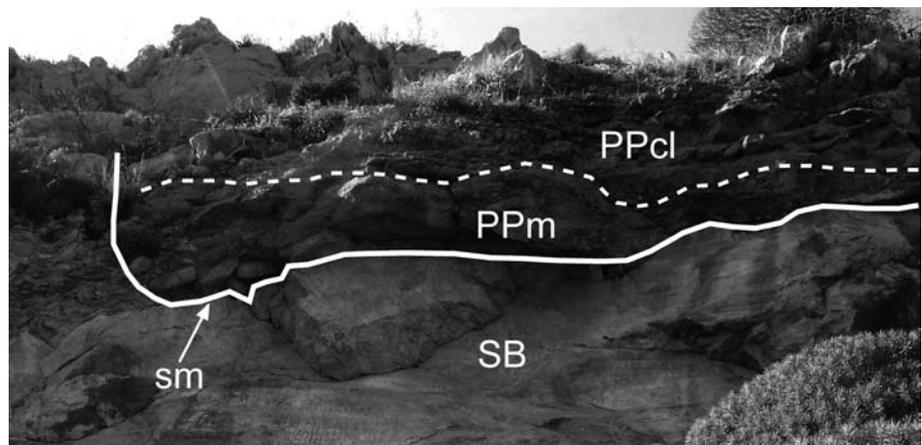


Fig. 6 - Piana di Sopra. Sintema della Piana di Partinico: PPcl suoli e detriti rimaneggiati contenenti resti di vertebrati del complesso faunistico ad *Elephas falconeri*; PPm conglomerati di spiaggia. sm superficie di abrasione marina posta a circa 45 m s.l.m. SB substrato mesozoico.

Piana di Sopra. Piana di Partinico synthem: PPcl reworked soils and breccias including fossil vertebrates belonging to the Elephas falconeri Sicilian Faunal Complex; PPm coastal conglomerates. sm wave-cut surfaces located at about 45 m a.s.l. SB Mesozoic substrate.

e sabbie bioclastiche o litoclastiche, a laminazione piano-parallela o, più raramente, incrociata; c) sottili e rari livelli di biolititi algali; d) depositi colluviali variamente cementati, costituiti da suoli terrosi rimaneggiati, con inclusioni di rari clasti da millimetrici a decimetrici, o da livelli detritici di tipo breccia, con frammenti rocciosi talvolta allineati (*stone line*) immersi in matrice terrosa e/o sabbiosa. I depositi in esame sono localmente deformati da faglie oblique (MAUZ *et al.*, 1997; DI MAGGIO *et al.*, 1999; CONTINO, 2002)

Il contenuto fossilifero dei depositi marini e di spiaggia è rappresentato da numerosi ospiti senegalesi come spugne, alghe, coralli (*Cladocora caespitosa*), frammenti scheletrici di pesci, lamellibranchi (pettinidi, *Spondylus* spp., *Glycimeris* spp., *Ostrea* spp.), gasteropodi (*Patella caerulea*) e molluschi; quello dei depositi continentali è prevalentemente costituito da gusci di gasteropodi terrestri e da resti di mammiferi appartenenti al complesso faunistico ad *Elephas falconeri* del Pleistocene medio (parte inferiore).

Il limite inferiore del subsistema è costituito dalla piattaforma di abrasione del terrazzo marino più antico conservatosi; questa superficie si rinviene lungo la fascia costiera della Sicilia nord-occidentale fra circa 150-250 m s.l.m. Nella piana di Partinico, in corrispondenza del centro abitato di Alcamo a circa 250 m s.l.m., la stessa superficie appare seppellita da un pacco di sabbie e arenarie fossilifere di spiaggia sulle quali poggia un "bancone" di travertino; le datazioni radiometriche delle concrezioni calcaree superiori, ottenute con metodo aminostratigrafico, hanno restituito un'età di circa 455 +/- 90 ka (BADA *et al.*, 1991).

All'interno del subsistema sono riconoscibili diverse superfici di inconformità di rango inferiore, costituite da superfici di erosione marina (piattaforme e paleofalesie) appartenenti a più ordini di terrazzi marini, situate a quote inferiori (fino a circa 16-50 m s.l.m.).

Le alternanze di depositi di spiaggia e continentali descritte sono state riconosciute anche all'interno di numerosi ripari e grotte marini o di solchi di battente, posizionati fra circa 30 e poco più di 100 m s.l.m., a quote correlabili con quelle dei diversi ordini di terrazzi marini in esame. Depositati francamente continentali, solitamente detriti o colluvi terrosi di riempimento di grotte, cavità e depressioni di origine carsica, affiorano nelle aree più interne, anche in quelle più lontane dalle zone costiere. Banchi di travertino, attribuiti da HUGONIE (1979) al Pleistocene medio, affiorano in vicinanza di zone di risorgenza o lungo aree caratterizzate da flussi idrici laminari. Gli spessori di queste successioni continentali sono mediamente di 1-2 m, raramente superano i 5 m; solo nel caso dei depositi di travertino si raggiungono potenze di una decina di metri.

Considerando le quote relativamente elevate alle quali si rinviengono, i depositi marini o di spiaggia che si trovano sulle superfici di abrasione dei terrazzi marini e all'interno di grotte, ripari e solchi marini, dovrebbero essere correlati a fasi di stazionamento alto del livello del mare. Sulla base sia di analisi stratigrafiche, geomorfologiche e paleontologiche condotte da DI MAGGIO *et al.* (1999) nell'area di Piana di Sopra (penisola di Capo San Vito, Monti di Trapani), sia di numerose datazioni effettuate con il metodo della termoluminescenza da MAUZ *et al.* (1997) su depositi di terrazzo marino distribuiti fra 18 e 40 m s.l.m. nella Piana di Partinico,

sono state proposte età correlabili agli OIS 9, 11 e 13-17 (Pleistocene medio). Sulla base del contenuto faunistico e di datazioni isotopiche (BADA *et al.*, 1991; RHODES 1996), i depositi continentali possono invece essere genericamente attribuiti al Pleistocene medio (OIS che vanno dal 17-19 fino all'8). L'analisi stratigrafica dei dati descritti consente di assegnare all'inizio del Pleistocene medio l'età del limite inferiore del subsistema di Piana di Sopra; quest'ultimo rappresenta anche la superficie basale del sistema di Partinico.

La località-tipo proposta è l'area di Piana di Sopra (estremità nord-occidentale della penisola di Capo San Vito) dove, lungo alcune paleofalesie delimitanti una piattaforma di abrasione marina sommitale, sono intagliati numerosi solchi e grotte contenenti successioni di terreni marini e continentali; cavità e depositi sono distribuiti fra circa 20 e 80 m s.l.m. e sono riferibili a più cicli di stazionamento alto del mare nel Pleistocene medio.

5.2.2. Subsistema di Tommaso Natale

I corpi sedimentari sono costituiti da: a) conglomerati poligenici di spiaggia; b) brecce cementate, con scheletro granosostenuto costituito da blocchi decimetrici da angolosi a sub-arrotondati, con scarsa matrice ruditica fine e arenitica, a giacitura caotica, prodotti da intense mareggiate (depositi di tempesta); c) calcareniti e sabbie calcaree o, in subordinate, quarzose, con livelli bioclastici, a stratificazione piano-parallela e laminazione piano parallela o incrociata. Lo spessore medio è di circa 1-2 m. Questi depositi appaiono talvolta dislocati da faglie con rigetti verticali di pochi metri e componente di movimento orizzontale (cfr. DI MAGGIO *et al.*, 1999; AGNESI *et al.*, 2000a; DI MAGGIO, 2000).

Il contenuto fossilifero è costituito da ospiti senegalesi quali brachiopodi (*Megathiris detruncata*), cirripedi, echinodermi (*Arbacia lixula*), coralli (*Astroides calycularis*), lamellibranchi (*Corbula revoluta*, *Chlamys multistriata*, *Ostrea edulis*, *Pecten jacobaeus*), gasteropodi (*Cymatium ficoides*, *Cantharus viverratus*) e molluschi in genere.

Il limite inferiore è una piattaforma di abrasione marina che può svilupparsi, a seconda dei diversi settori costituenti la fascia costiera della Sicilia nord-occidentale, fra 8-26 m s.l.m. (quota minima) e 15-50 m s.l.m. (quota massima); essa è incisa a spese dei depositi del subsistema di Piana di Sopra (o di terreni più antichi) ed è talvolta contrassegnata da paleosuoli.

Sulla base del contenuto fossilifero e di datazioni radiometriche effettuate su resti fossili o frammenti quarzosi da HEARTY *et al.* (1986) nei pressi dell'abitato di Tommaso Natale e da MAUZ *et al.* (1997) nella Piana di Partinico, l'età di questi depositi (e della sottostante piattaforma di abrasione marina che costituisce il limite inferiore del subsistema) è correlabile con quella dell'ultima fase di stazionamento alto del livello marino del Pleistocene medio (OIS 7).

La località-tipo proposta è l'area di Tommaso Natale (Monti di Palermo) dove, su una piattaforma di abrasione marina localizzata a circa 45-50 m s.l.m., si hanno i depositi costieri datati da HEARTY *et al.* (1986).

5.2.3. Considerazioni

La formazione del sistema di Partinico sembra essere collegata all'interazione tra oscillazioni del livello

del mare (dovute a variazioni climatiche) e graduale e generalizzata tendenza al sollevamento della Sicilia nord-occidentale. La combinazione di questi due fattori ha determinato, lungo le aree costiere, la formazione di superfici di abrasione marina e di falesie che, al succedersi di ogni fase di stazionamento alto del mare, si sono ciclicamente ripetute a quote via via inferiori a causa del progressivo innalzamento tettonico della regione in esame; si è così prodotta una gradinata di più ordini di terrazzi marini emersi, con superfici ricoperte da sedimenti. Il ritrovamento a quote differenti, lungo le varie aree di affioramento, della superficie e del margine interno di uno stesso ordine di terrazzo marino (ANTONIOLI *et al.*, 1999; DI MAGGIO *et al.*, 1999; DI MAGGIO, 2000) consente di ipotizzare l'esistenza sia di settori che si sono sollevati con tassi di velocità diversi, sia di blocchi tettonici variamente dislocati. I tassi medi di sollevamento riferibili al Pleistocene medio sono generalmente valutati tra 0,11 e 0,14 m/ka (MAUZ *et al.*, 1997; ANTONIOLI *et al.*, 1998; DI MAGGIO *et al.*, 1999). Il rinvenimento di depositi colluviali pedogenizzati all'interno di cavità carsiche nei settori più interni dell'area studiata, è invece indicativo del proseguimento della fase di continentalità di queste regioni.

5.3 Sintema di Polisano

La successione dell'unità è costituita da arenarie e sabbie eoliche di natura prevalentemente quarzosa e in subordine calcarea, variamente cementate, a stratificazione e laminazione incrociata (Fig. 7). Tali depositi si



Fig. 7 - Versante meridionale di Monte Gallo. Sintema di Polisano: arenarie eoliche a laminazione e stratificazione incrociata.

Southern slope of Monte Gallo. Polisanosynthem: aeolian arenites with cross-bedded stratification/lamination.

rinvengono in *facies* sia di duna di ostacolo, addossati contro pareti montuose, sia di duna costiera, conservando l'originaria forma. Nelle dune di ostacolo gli accumuli sabbiosi mostrano, al loro interno, inclusioni di elementi detritici sparsi, di varie dimensioni, derivanti da processi di degradazione, caduta di detrito e crollo dai sovrastanti versanti montuosi; intercalazioni di livelli ben definiti e relativamente più continui, formate da accumuli caotici di grossi massi frammisti a materiale litoide più fine, a giacitura caotica e dello spessore di qualche metro, sono invece riconducibili a locali fenomeni di crollo. Lo spessore varia da pochi ad una decina di metri.

Il contenuto fossilifero è dato da rari gusci di gasteropodi polmonati.

Affiora in modo discontinuo, con corpi sedimentari isolati, lungo le aree costiere pianeggianti e a ridosso dei principali versanti montuosi rivolti verso mare.

Il limite inferiore, ubicato a differenti quote, è in parte una superficie di non deposizione al tetto dei depositi del subsintema di Tommaso Natale e in parte una superficie di erosione subaerea, incisa su terreni più antichi, marcata da chiare discordanze angolari e talvolta da paleosuoli. Lo stesso limite è stato riconosciuto nella Piana di Castelluzzo, in località case Polisano (Penisola di Capo San Vito) e nel versante orientale di Monte Gallo (Monti di Palermo). In questi siti affiorano depositi eolici del sintema in oggetto che da una parte ricoprono una superficie (limite inferiore) al tetto di accumuli di terrazzo marino del subsintema di Tommaso Natale e, dall'altra, sono tagliati da superfici di erosione (piattaforme e falesie, coincidenti con il limite superiore) di età "eolitirreniana" (*sensu* BONIFAY & MARS, 1959), correlabile all'età dell'OIS 5e, in quanto queste superfici sono ricoperte da depositi a *Strombus bubonius*. Anche nella Piana di Carini, a Sferracavallo e Montagna Raffo Rosso (Monti di Palermo) i depositi del sintema di Polisano sono a luoghi incisi da superfici di erosione marina o subaerea dell'OIS 5e.

Sulla base dei rapporti geometrici, l'età di questi depositi è da riferire all'OIS 6, mentre il limite inferiore va collocato fra la fine dell'OIS 7 e l'inizio dell'OIS 6.

La località-tipo proposta è l'area di case Polisano (Piana di Castelluzzo) dove affiorano arenarie di duna costiera che, verso mare, sono intagliate da piattaforma e ripe marine dell'OIS 5 e che, verso monte, ricoprono un terrazzo marino e i relativi depositi del subsintema di Tommaso Natale, questi ultimi correlabili all'OIS 7.

5.3.1 Considerazioni

I depositi eolici del sintema vengono considerati tipici di un evento climatico glaciale e probabilmente arido (cfr. HUGONIE, 1979; 1982; ULZEGA & HEARTY, 1986; CREMASCHI & TROMBINO, 1998; D'OREFICE *et al.*, 2007); durante questo evento il vento asportava grandi quantità di materiali fini e sciolti dalle piattaforme appena emerse, accumulandole lungo le aree costiere pianeggianti (dune di retrospiaggia) oppure rilasciandole ai piedi dei versanti prospicienti le fasce costiere (dune di ostacolo). Gli accumuli eolici del sintema di Polisano ricoprono superfici e depositi del subsintema di Tommaso Natale (correlabili all'OIS 7) e sono incisi da una superficie di erosione dell'OIS 5e; la posizione stratigrafica induce a riferire questi depositi al penultimo evento climatico glaciale del Quaternario, correlabile

con l'OIS 6.

Il limite inferiore del sintema (superficie di non deposizione e di erosione subaerea) coincide con segmenti sepolti dell'antica superficie topografica precedente l'evento glaciale in esame; assume quindi un significato climatico. Gli accumuli detritici intercalati fra i depositi eolici, prodotti da processi sia di degradazione fisica delle rocce sia gravitativi, ne confermerebbero il significato in quanto indicativi di un evento di recrudescenza climatica.

5.4 Sintema di Barcarello

L'unità raggruppa depositi costieri e continentali.

Tra gli sporadici depositi costieri si riconoscono:

a) arenarie e sabbie fossilifere a laminazione piano parallela o incrociata, di spiaggia sommersa; b) conglomerati poligenici ed eterometrici arrossati, con elementi litoclastici e in subordinate bioclastici, a scarsa (o del tutto assente) matrice ruditica fine o arenitica e supporto granulare, di ambiente di spiaggia intertidale; c) bioliti a vermetidi, di mare basso; d) breccie cementate con blocchi e ciottoli angolosi, a giacitura caotica, con scarsa e sporadica matrice arenitica (depositi di tempesta). Lo spessore massimo raggiunto è di un paio di metri.

I depositi continentali, di natura colluviale, sono: a) arenarie terrose e suoli rimaneggiati da ben cementati a scarsamente coesi, talvolta con tasche di riassorbimento, frequenti tracce di bioturbazione e presenza di aggregati argillosi ricchi in ossidi di ferro; b) livelli a clasti o blocchi angolosi e alterati, immersi in una ricca matrice terrosa e pelitica fine con tracce di pedorelliti (DI MAGGIO *et al.*, 1999; BOSCHIAN, 2002) e con concrezioni carbonatiche nodulari, a supporto fangoso, allineati a formare orizzonti debolmente inclinati (*stone line*); c) breccie detritiche fossilifere, da scarsamente a ben cementate, ricche di clasti litoidi angolosi di dimensioni da centimetriche a decimetriche e incrostati da ossidi di ferro e/o manganese, a struttura fangosa o granulare, con matrice terrosa o sabbiosa; d) peliti rossastre fini ("terre rosse" rimaneggiate) a laminazione piano-parallela, e) arenarie e sabbie eoliche o di spiaggia rimaneggiate, con inclusioni di elementi ruditici da angolosi a sub-arrotundati, con matrice terrosa. Questi depositi sono incisi da locali superfici di erosione subaerea, prodotte dal dilavamento. Il loro spessore medio è di circa 2-3 m, con valori massimi dell'ordine dei 5 m.

Le frequenti interdigitazioni fra i depositi costieri e i terreni continentali, riconosciute in alcune aree costiere come a Case Ferriato (Penisola di Capo San Vito, Fig. 8) e nelle località Barcarello e la Cala (Monti di Palermo), testimoniano una loro sostanziale contemporaneità di deposizione. Deformazioni da locali faglie a componente tra-

scorrente vengono indicate da ABATE *et al.* (1998) e NIGRO *et al.* (2000).

I depositi marino-paralici contengono faune banali ma anche importanti ospiti senegalesi, quali vermetidi, echinidi, alghe, coralli, lamellibranchi (*Ostrea edulis*, *Hyotissa hyotis*, *Glycimeris glycimeris*, *Spondylus gaederopus*) e gasteropodi (*Patella ferruginea*, *Cerithium lividulum lividulum*, *Cerithium vulgatum*, *Strombus bubonius*, *Mitra fusca*, *Conus mediterraneus*, *Conus testudinarius*, *Cantharus viverratus*). I depositi continentali sono caratterizzati da livelli con abbondanti gusci di gasteropodi polmonati e resti di vertebrati appartenenti al complesso faunistico ad *Elephas mnaidriensis* (sensu BURGIO & CANI, 1988; BONFIGLIO *et al.*, 2002 con bibliografia) datato al tardo Pleistocene medio - Pleistocene superiore.

Il sintema si estende nella fascia costiera della Sicilia nord-occidentale, lungo le fasce pedemontane delle aree collinari e montuose e all'interno di grotte e depressioni carsiche.

Il suo limite inferiore è una piattaforma di abrasione marina (Fig. 9) pressoché ininterrotta, localizzata fra l'attuale livello del mare e le quote comprese fra 7 e 25 m s.l.m.; nelle aree più interne la stessa passa ad una discontinua superficie di erosione subaerea (Fig. 10), elaborata da processi di dilavamento. Il passaggio fra la piattaforma di abrasione marina e la superficie di erosione subaerea, non osservabile sul terreno, è stato desunto sulla base delle eteropie laterali fra depositi costieri e depositi continentali.

Il riconoscimento dei rapporti fra superfici di erosione subaeree / depositi a vertebrati e superfici di erosione marina / depositi a *Strombus bubonius*, consente di riferire sia la parte basale dei depositi marino-paralici e dei depositi colluviali ad essi correlati, sia le sottostanti superfici di erosione subacquee e subaeree (limite inferiore), all'OIS 5e. Il rinvenimento di più recenti conglomerati e arenarie di spiaggia, poggiati su una piattaforma di abrasione marina di rango inferiore situa-

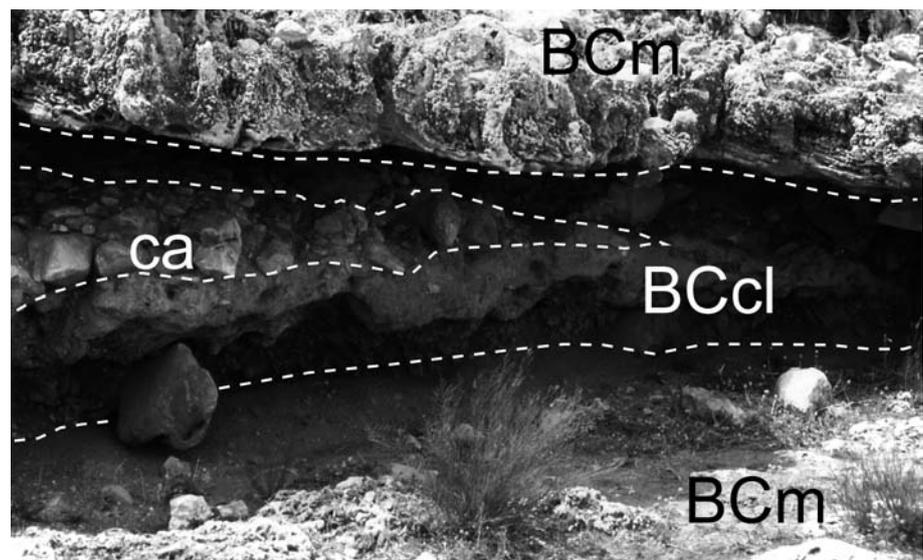


Fig. 8 – Case Ferriato. Sintema di Barcarello: BCm arenarie di spiaggia; BCcl suoli rimaneggiati con livelli di ciottoli allineati (ca).

Case Ferriato. Barcarello synthem: BCm coastal arenites; BCcl reworked soils with stone lines (ca).

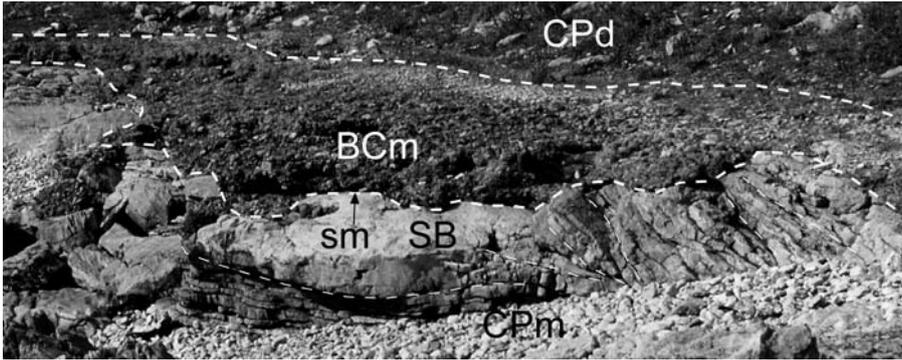


Fig. 9 – Estremità nord-occidentale della Penisola di Capo San Vito. Limite inferiore del sintema di Barcarello (sm - piattaforma di abrasione marina) situato a 2-3 m s.l.m., intagliato su carbonati mesozoici (SB) e ricoperto da conglomerati di spiaggia (BCm); seguono detriti di falda (CPd) e ciottoli di spiaggia (CPm) del sintema di Capo Plaia.

North-western end of Penisola di Capo San Vito. Lower boundary of the Barcarello synthem (sm – wave-cut platform) located at 2-3 m a.s.l., carved on Mesozoic carbonate rock (SB) and covered by coastal conglomerates (BCm); talus breccias (CPd) and coastal pebbles (CPm) of Capo Plaia synthem follow.

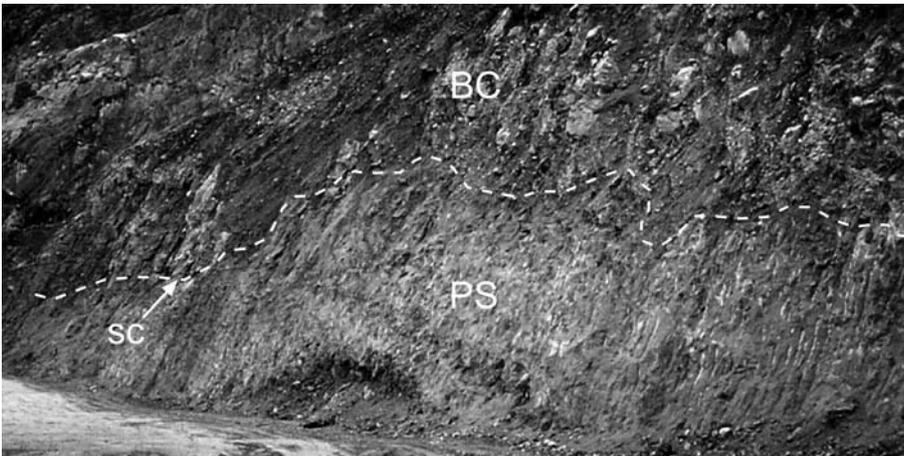


Fig. 10 – Versante occidentale di Montagna Raffa Rosso. Limite inferiore del sintema di Barcarello (sc – superficie di erosione idrica), inciso su depositi eolici del sintema di Polisano (PS) e ricoperto da detriti e suoli rimaneggiati (BC).

Western slope of Montagna Raffa Rosso. Lower boundary of Barcarello synthem (sc – water erosion surface) incised on the aeolian deposits of Polisano synthem (PS) and covered by reworked breccias and soils (BC).

ta fra 0 e 3 m s.l.m. e intagliata su depositi e superfici dell'OIS 5e, consente di datare la parte alta dei depositi del sintema al "neotirreniano" (*sensu* BONIFAY & MARS, 1959), ossia al periodo di tempo correlabile con l'OIS 5c o 5a (cfr. BUCCHERI, 1966; DI MAGGIO *et al.*, 1999; COTTIGNOLI *et al.*, 2002). L'unità dovrebbe quindi ricoprire l'intervallo di tempo correlabile con l'intero OIS 5.

La località-tipo proposta è l'area di Barcarello (Sferracavallo), dove affiorano depositi di spiaggia, contenenti *Strombus bubonius*, interdigitati con depositi colluviali e poggiati su una piattaforma di abrasione marina intagliata in calcari mesozoici.

5.4.1 Considerazioni

La formazione del limite inferiore del sintema di Barcarello è riconducibile all'ultimo evento climatico caldo del Pleistocene (OIS 5e) durante il quale: a) lo stazionamento della superficie del mare nel tempo, ad una quota di circa 5-7 m superiore rispetto al livello

marino attuale (BLOOM & YONEKURA, 1985; RADTKE, 1989), ha prodotto una piattaforma di abrasione marina (oggi limite inferiore dei depositi costieri); b) una fase morfogenetica dominata da importanti processi di dilavamento, probabilmente favoriti da un periodo relativamente lungo di semiaridità, ha contribuito alla formazione di una superficie di erosione subarea (oggi limite inferiore dei depositi continentali). L'attuale rinvenimento della piattaforma di abrasione da 0 m s.l.m. fino a quote comprese fra 7 e 25 m s.l.m. (margine interno) è indicativo di aree che, a partire dal tempo corrispondente all'OIS 5e, si sono sollevate con tassi differenti compresi fra 0 (aree stabili) e 0,2 m/ka (cfr. COSENTINO & GLIOZZI, 1988; MAUZ *et al.*, 1997; ANTONIOLI *et al.*, 1999; DI MAGGIO *et al.*, 1999; DI MAGGIO, 2000). I depositi colluviali, costituiti da suoli rimaneggiati e materiali detritici più o meno grossolani, testimoniano l'alternarsi di condizioni climatiche ora favorevoli alla pedogenesi, ora favorevoli alla degradazione fisica delle rocce e allo sviluppo di sporadici ma intensi eventi di erosione idrica diffusa. La presenza di superfici di erosione di rango inferiore (piattaforma di abrasione marina fra 0 e 3 m s.l.m. e locali superfici di erosione subarea) è prova di un successivo stazionamento marino a quote inferiori, rispetto a quello dell'OIS 5e, e di eventi di ruscellamento particolarmente intensi. Questi ultimi sono responsabili

anche del trasporto di materiale colluviale fino alle aree costiere allora sommerse.

5.5 Sintema dell'Imera Settentrionale

I corpi rocciosi che costituiscono questo sintema appartengono a più ordini di terrazzi fluviali, ubicati all'interno delle vallate principali e distribuiti da pochi fino ad un centinaio di metri di dislivello rispetto ai fondovalle attuali. I depositi alluvionali hanno geometria tabulare e sono costituiti da prevalenti livelli di ghiaie e/o conglomerati poligenici e di arenarie, sabbie e silt. Gli spessori massimi raggiunti, nel caso dei terreni appartenenti agli ordini più recenti, sono di 3 m.

Nei depositi alluvionali di un terrazzo fluviale sito in vicinanza della foce del Fiume Imera Settentrionale, sospeso ad una decina di metri di altezza sul fondovalle, sono stati rinvenuti resti di *Hippopotamus pentlandi* (BATTAGLIA & CIOFALO, 1883) appartenenti al complesso

faunistico ad *Elephas mnaidriensis* (tardo Pleistocene medio - Pleistocene superiore).

MAUZ *et al.* (1997) effettuano datazioni con il metodo della termoluminescenza su campioni di un conglomerato sterile. Tale conglomerato, erroneamente scambiato da questi Autori per un deposito di terrazzo marino, è in realtà un deposito di un terrazzo fluviale. Esso è infatti localizzato all'interno della valle fluviale del Fiume lato, in un tratto in cui il corso d'acqua attraversa, tagliandola, la Piana di Partinico; risulta sospeso, lungo il versante in destra idrografica, ad una altezza di circa 15 m rispetto al fondovalle. I risultati di questa datazione restituiscono un'età di 227 +/- 40 ka.

Depositi alluvionali, ben conservati su piani di erosione laterale appartenenti a vari ordini di terrazzi di erosione in roccia, affiorano "sospesi" rispetto ai fondovalle lungo alcuni settori dei bacini idrografici dei fiumi Pollina, Imera Settentrionale (Fig. 11), San Leonardo e Belice.

Il limite inferiore del sintema, riferibile al terrazzo fluviale più antico riconosciuto nella Sicilia nord-occidentale, è una superficie di erosione laterale, incisa su rocce pre-quaternarie, localizzata lungo la valle del Fiume Imera Settentrionale, a circa 230 m s.l.m. e a un centinaio di metri di altezza rispetto al fondovalle. Discordanze di rango inferiore sono presenti ad altezze inferiori dai fondovalle.

L'età del limite inferiore del sintema viene qui correlata alla parte inferiore del Pleistocene medio sulla base di alcune considerazioni ed osservazioni: 1) le valli fluviali dei corsi d'acqua tirrenici si sono verosimilmente individuate a causa di processi di approfondimento ed erosione regressiva successivi alla tettonica distensiva del Pleistocene inferiore; 2) le superfici dei terrazzi e i relativi depositi appaiono preservati solo nelle porzioni medio basali dei versanti vallivi, costituendo forme relativamente recenti; 3) l'apporto dei dati paleontologici e radiometrici. I depositi dei differenti ordini di terrazzi dovrebbero invece ricoprire un intervallo di tempo che va dal Pleistocene medio al Pleistocene superiore. Sulla base di queste considerazioni, il sintema dell'Imera Settentrionale è correlabile con i sintemi della Piana di Partinico, di Polignano e di Barcarello. Tuttavia l'assenza di continuità laterale tra questi sintemi, la difficile identificazione - all'interno dei depositi del sintema dell'Imera Settentrionale - dei limiti inferiori dei sintemi di Polignano e Barcarello e la metodologia di rilevamento suggerita dal SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2001) hanno indotto gli Autori a definire questa distinta UBSU.

La località-tipo proposta si rinviene lungo il tratto di valle del Fiume Imera Settentrionale tra Cozzo Gracello e Monte Riparato, dove si riconoscono almeno tre ordini di terrazzi fluviali, con i relativi depositi, distribuiti da 5-7 m a poco più di 100 m di altezza rispetto all'attuale fondovalle.

5.5.1 Considerazioni

La genesi dei diversi ordini di superfici di erosione fluviale (limite inferiore e discontinuità di rango minore) è verosimilmente da ricondurre a fasi di stazionamento alto del livello marino (corrispondente al livello di base fluviale) del Pleistocene medio; durante queste fasi (coincidenti con eventi climatici caldi) dovevano svilupparsi processi di sovralluvionamento delle valli, successivamente seguite da fasi di erosione laterale/sedimentazione; durante queste ultime si producevano le pianure di erosione laterale su cui attualmente si rinvengono i depositi alluvionali sospesi. In corrispondenza di fasi di stazionamento basso del mare (durante eventi climatici freddi) dovevano invece prevalere processi di erosione di fondo, con l'abbandono dei vecchi depositi a quote superiori. L'alternarsi di queste fasi e la loro interazione con la tendenza generalizzata al sollevamento della Sicilia nord-occidentale, ha fatto sì che i processi di erosione abbiano prevalso sui processi di sedimentazione (predominio dell'approfondimento fluviale sul sovralluvionamento delle valli) e che l'attuale assetto stratigrafico sia caratterizzato da terrazzi fluviali (e relativi depositi) più antichi distribuiti a quote più elevate rispetto a terrazzi fluviali (e relativi depositi) più recenti.

5.6 Sintema di Raffo Rosso

Il corpo sedimentario è formato da potenti pacchi di detrito stratificato e cementato e da depositi eolici, entrambi tipici di un evento climatico freddo e probabilmente arido, e da isolati accumuli di origine colluviale e gravitativa, con livelli pedogenizzati.

I detriti stratificati e cementati, di falda detritica (Fig. 12), sono organizzati in più livelli ben classati di spessore variabile da 0,5 a 2 m, con scheletro granoso-stenuto a clasti da molto angolosi a sub-arrotondati del diametro medio di 0,5-20 cm e massimo di 50 cm, con matrice assente o molto scarsa; a luoghi si riconoscono intercalazioni di blocchi e clasti eterometrici a giacitura caotica, interpretabili come accumuli di crollo.

I depositi eolici, di ambiente di duna costiera, sono costituiti da sabbie ed arenarie quarzose o calcaree, con tracce di stratificazione e laminazione incrociata.



Fig. 11 – Versante vallivo del Fiume Imera Settentrionale (pressi di Monte Riparato): CP depositi colluviali (sintema di Capo Plaia); IM conglomerati fluviali (sintema dell'Imera Settentrionale); sf superficie di erosione fluviale (posta a circa 10 m dal fondovalle); SB substrato clastico miocenico.

Valley slope of Fiume Imera Settentrionale (near Monte Riparato): CP colluvial deposits (Capo Plaia synthem); IM fluvial conglomerates (Imera Settentrionale synthem); sf stream erosion surface (located at about 10 m above valley bottom); SB Miocene clastic substrate.



Fig. 12 – Versante occidentale di Montagna Raffo Rosso. Detriti stratificati e cementati (sintema di Raffo Rosso).

Western slope of Montagna Raffo Rosso. Stratified slope deposits (Raffo Rosso synthem).

I depositi colluviali e gravitativi sono rappresentati da: a) brecce ad elementi ruditici (detriti di falda rimaneggiati); b) sabbie limose, limi argillosi e limi sabbiosi (suoli rimaneggiati) con presenza di concrezioni carbonatiche nodulari e di livelli a blocchi, ciottoli e ciottoletti allineati (*stone line*); c) limi sabbiosi con abbondanti pedorelliti; d) livelli a blocchi immersi in limi sabbiosi (depositi da *debris flow*).

Gli spessori complessivi sono dell'ordine di una decina di metri per i detriti stratificati e cementati, di circa 1-2 m per le eolianiti e di 1-7 m per i depositi colluviali e gravitativi.

Il contenuto fossilifero, rinvenuto nei depositi colluviali, è costituito da molluschi continentali e da un'associazione di mammiferi riferibili ai complessi faunistici di Pianetti e di Castello (BONFIGLIO *et al.*, 2002 con bibliografia) del Pleniglaciale – Tardiglaciale (75-10 ka).

Datazioni con la termoluminescenza condotte da Mauz *et al.* (1997) su sabbie quarzose eoliche affioranti nella Piana di Partinico, hanno restituito età correlabili con gli OIS 4-2.

I detriti si rinvencono ai piedi di scarpate e versanti rocciosi fortemente inclinati, i depositi eolici lungo le aree costiere pianeggianti e i depositi colluviali in corrispondenza di versanti o all'interno di grotte carsiche o marine e, più genericamente, di depressioni di varia origine.

Il limite inferiore del sintema è in parte una superficie di non deposizione, coincidente con il tetto dei depositi del sintema di Barcarello, ed in parte una preesistente superficie di erosione subaerea, incisa su terreni ancora più antichi e a luoghi marcata da paleosuoli. All'interno delle successioni detritiche e colluviali si rinvencono discontinuità di rango inferiore, anche queste contrassegnate da paleosuoli.

L'età dei corpi sedimentari viene riferita all'ultimo evento climatico freddo del Quaternario (OIS 4-2) sulla base dei rapporti geometrici fra il sintema di Raffo Rosso e il sintema di Barcarello, dell'ambiente di sedi-

mentazione dei depositi in esame e con l'ausilio delle informazioni paleontologiche e radiometriche. La superficie di non deposizione basale (limite inferiore) viene collocata all'inizio dell'evento climatico citato e, più specificamente, alla base dell'OIS 4.

La località-tipo proposta è il versante occidentale di Montagna Raffo Rosso dove, all'interno di una grande cava, è stata portata alla luce una spessa successione di detriti stratificati e cementati poggiata sui depositi colluviali del sintema di Barcarello.

5.6.1 Considerazioni

La genesi della superficie basale e dei depositi del sintema di Raffo Rosso è da ricondurre all'insorgere di intensi processi di degradazione, favoriti da condizioni climatiche fredde, e di processi eolici, favoriti dall'abbassamento del livello marino e dall'emergere di accumuli sabbiosi prima sommersi; questi processi hanno prodotto, rispettivamente, l'accumulo di notevoli quantità di detriti ai piedi dei versanti e la deposizione di sabbie eoliche lungo le aree costiere, con il conseguente seppellimento di alcuni tratti dell'antica superficie topografica (limite inferiore del sintema) presente all'inizio dell'ultimo evento glaciale.

5.7 Sintema di Capo Plaia

Il sintema raggruppa: a) depositi alluvionali che poggiano su piani di erosione laterale o che riempiono parzialmente preesistenti valli a "V" (superfici di erosione fluviale), queste ultime prodotte da processi di approfondimento e di erosione regressiva dei corsi d'acqua a seguito dell'abbassamento del livello marino durante l'ultimo evento climatico freddo del Quaternario; b) depositi ciottolosi e/o sabbiosi di spiaggia che ricoprono, lungo le coste, superfici di erosione subaerea o di non deposizione, talvolta pedogenizzate, a seguito della loro sommersione per la risalita olocenica del mare; in altri casi i depositi di spiaggia poggiano sull'attuale piattaforma di abrasione marina, in via di formazione; c) più cicli di depositi colluviali disposti lungo pendii a componente argillosa o in tratti di versante costituiti da detriti, poggiati su superfici di erosione subaerea prodotte dal dilavamento; d) detriti di falda e accumuli di crollo depositi ai piedi dei versanti su superfici di non deposizione o di erosione subaerea; e) corpi di frana e depositi gravitativi in genere poggiati lungo locali superfici di distacco o superfici di separazione.

In relazione alla loro recente età (fine Pleistocene superiore – Attuale), i terreni di questo sintema costituiscono i depositi più diffusi e di maggiore estensione.

Il limite inferiore è dato da superfici di varia genesi, fra loro comunque correlabili, che hanno avuto origine durante l'ultima fase di risalita del mare, al passaggio fra il Pleistocene superiore e l'Olocene (OIS 2-1). Superfici di inconformità di rango inferiore, di età olocenica, interessano a varie altezze stratigrafiche i depositi del sintema.

Il limite superiore è l'attuale superficie topografica.

La località-tipo proposta è una sezione lungo il versante nord-occidentale di Poggio Maria (area di Capo Plaia), dove è esposto un pacco di depositi colluviali olocenici. Questi depositi si sovrappongono a detriti stratificati e cementati del sintema di Raffo Rosso lungo una superficie di erosione subaerea scavata dalle acque dilavanti.

6. CONCLUSIONI

Lo studio dettagliato dei depositi marini, parali e continentali del Quaternario della Sicilia nord-occidentale condotto nell'ambito del Progetto CARG, ha consentito sia di definire un quadro organico e sintetico delle successioni di terreni qui affioranti, sia di riconoscere, al loro interno, numerose superfici di discontinuità, alcune delle quali di importanza regionale. Le superfici di importanza regionale, alcune essenzialmente continue altre frammentarie ma correlabili anche a grande distanza, hanno a loro volta permesso la definizione di sette UBSU del rango di sintema che ricoprono un arco di tempo che va dal Pleistocene inferiore all'Attuale (Figg. 4, 13). Questi sintemi sono rappresentativi dei depositi quaternari della Sicilia nord-occidentale; essi sono stati cartografati in numerosi fogli geologici 1:50.000 del Progetto CARG in fase di allestimento per la stampa (Figg. 1 e 2).

L'analisi dei corpi rocciosi e dei limiti inconformi suggeriscono importanti cambiamenti ambientali nella Sicilia nord-occidentale durante il Quaternario (AGNESI *et al.*, 1998; AGNESI *et al.*, 2000b). Questi cambiamenti possono essere ritenuti cause (dirette o indirette) dell'insacco di peculiari processi di erosione e/o sedimentazione responsabili della genesi delle discontinuità di importanza regionale e dei corpi sedimentari riconosciuti. Importanti eventi tettonici di fagliazione a blocchi o sollevamento, brusche fluttuazioni climatiche o l'interazione di eventi tettonici e climatici, sono i fattori principali all'origine delle modificazioni ambientali.

Un evento tettonico del Pleistocene inferiore, responsabile della genesi di faglie a forte componente distensiva (rigetti verticali dell'ordine del centinaio di metri) e del conseguente ribassamento, al di sotto del livello del mare, di alcuni grandi blocchi della Sicilia settentrionale, sembra il fattore che ha consentito l'insacco di processi di erosione, sommersione e, al tempo stesso, di sedimentazione marina, che hanno prodotto, rispettivamente, la piattaforma di abrasione, l'annegamento di originarie superfici di erosione subaerea e i sovrastanti depositi del sintema di Marsala.

Eventi climatici freddi, con il livello marino stabilizzato a quote inferiori rispetto all'Attuale, sono le cause

che hanno consentito potenti accumuli di depositi eolici e di detriti stratificati e cementati dei sintemi di Polignano e di Raffo Rosso. In entrambi i casi, questi depositi poggiano su superfici di non deposizione coincidenti con le antiche superfici topografiche della fase iniziale degli eventi freddi.

Eventi climatici essenzialmente semiaridi hanno favorito lo sviluppo di processi di dilavamento e la produzione di quantità più o meno abbondanti dei depositi colluviali costituenti parte dei sintemi di Marsala, della Piana di Partinico, di Barcarello e di Raffo Rosso; nel caso del sintema di Barcarello, il dilavamento ha assunto un'importanza tale da produrre una superficie di erosione subaerea di estensione regionale. Tali processi hanno anche contribuito allo smantellamento o alla parziale rielaborazione di preesistenti sedimenti ancora sciolti o poco cementati; questo meccanismo spiegherebbe l'assenza di detriti cementati e stratificati e, più in generale, di altri accumuli continentali riferibili a più antichi eventi climatici freddi o caldi del Pleistocene medio.

L'interazione fra movimenti tettonici di sollevamento e fasi di stazionamento alto del mare è invece responsabile della formazione dei diversi ordini di terrazzi marini e di terrazzi fluviali, che si sviluppano dalle maggiori alle minori quote e sulle cui superfici giacciono i corpi sedimentari dei sintemi della Piana di Partinico, di Barcarello e dell'Imera Settentrionale.

L'ultima risalita del livello del mare e le condizioni climatiche attuali hanno determinato lo sviluppo della superficie limite inferiore e l'accumulo dei depositi del sintema di Capo Plaia.

RINGRAZIAMENTI

Ricerca condotta con fondi: PRIN MIUR 2006 e CARG (R. Catalano); PRIN MIUR 2007 e Fondi di Ateneo 2005, 2006 e 2007 dell'Università degli Studi di Palermo (V. Agnesi).

Si ringraziano i *referee* Maurizio D'Orefice e un anonimo per l'attenta lettura del manoscritto, le critiche pertinenti, le puntuali osservazioni e gli utili suggerimenti che hanno contribuito alla stesura definitiva del lavoro.

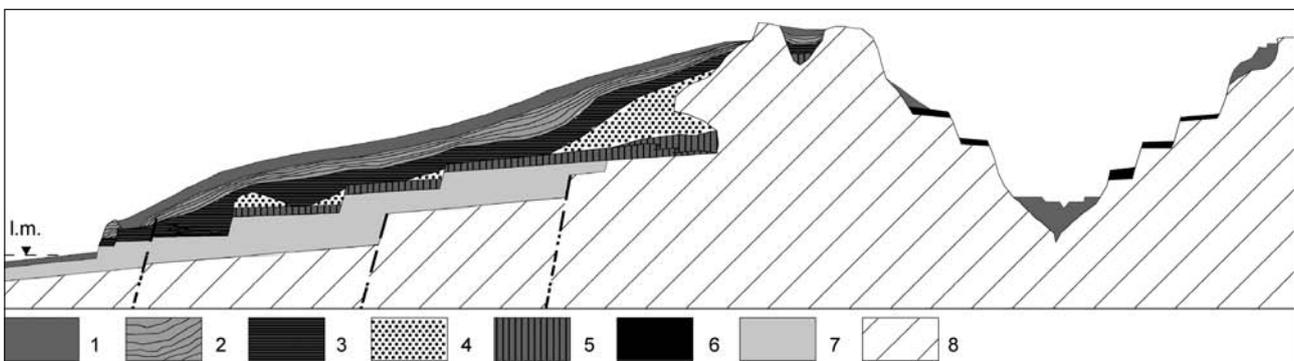


Fig. 13 - Rapporti tra le unità a limiti inconformi della Sicilia nord-occidentale: 1. sintema di Capo Plaia (stadi isotopici 2-1); 2. sintema di Raffo Rosso (stadi isotopici 4-2); 3. sintema di Barcarello (stadio isotopico 5); 4. sintema di Polignano (stadio isotopico 6); 5. sintema della Piana di Partinico (Pleistocene medio); 6. sintema dell'Imera Settentrionale (Pleistocene medio e superiore); 7. sintema di Marsala (Pleistocene inferiore); 8. substrato pre-Quaternario.

Geometric relationships among unconformity-bounded stratigraphic units of NW Sicily. 1. Capo Plaia synthem (isotope stages 2-1); 2. Raffo Rosso synthem (isotope stages 4-2); 3. Barcarello synthem (isotope stage 5); 4. Polignano synthem (isotope stage 6); 5. Piana di Partinico synthem (Middle Pleistocene); 6. Imera Settentrionale synthem (Middle and Upper Pleistocene); 7. Marsala synthem (Lower Pleistocene); 8. pre-Quaternary substrate.

LAVORI CITATI

- ABATE B., INCANDELA A., NIGRO F. & RENDA P. (1998) - *Plio-Pleistocene strike-slip tectonics in the Trapani Mts. (NW Sicily)* - Boll. Soc. Geol. It., **117**, pp. 555-567.
- AGATE M., CATALANO R., INFUSO S., LUCIDO M., MIRABILE L. & SULLI A. (1993) - *Structural evolution of the Northern Sicily continental margin during the Plio-Pleistocene* - In: MAX M. D. & COLANTONI P. (Eds.), Geological development of the Sicilian-Tunisian Platform, Unesco Rep. Mar. Sci., **58**, pp. 25-30.
- AGATE M., BERANZOLI L., BRAUN T., CATALANO R., FAVALI P., FRUGONI F., PEPE F., SMRIGLIO G. & SULLI A. (2000) - *The 1998 offshore NW Sicily earthquakes in the tectonic framework of the southern border of the Tyrrhenian Sea* - Mem. Soc. Geol. It., **55**, pp. 103-114.
- AGNESI V., MACALUSO T. & MASINI F. (1998) - *L'ambiente e il clima della Sicilia nell'ultimo milione di anni* - In: TUSA S. (Ed.), Prima Sicilia: alle origini della società siciliana, Ediprint, Siracusa, **1**, pp. 31-56.
- AGNESI V., DI MAGGIO C., MACALUSO T., MADONIA G. & ROTIGLIANO E. (2002) - *Schema geomorfologico della Penisola di Capo S. Vito (Sicilia nord-occidentale)* - Speleologia Iblea, **10**, pp. 37-47.
- AGNESI V., DE CRISTOFARO D., DI MAGGIO C., MACALUSO T., MADONIA G. & MESSANA V. (2000a) - *Morpho-tectonic setting of the Madonie area (central northern Sicily)* - Mem. Soc. Geol. It., **55**, pp. 373-379.
- AGNESI V., DI MAGGIO C., MACALUSO T., MASINI F., PETRUSO D. & SIMONELLI C. (2000b) - *Quaternary environmental-climatic changes in Sicily* - Mem. Soc. Geol. It., **55**, pp. 339-344.
- ANTONELLI M., FRANCIOSI R., PEZZI G., QUERCI A., RONCO G. P. & VEZZANI F. (1991) - *Paleogeographic evolution and structural setting of the northern side of the Sicily Channel* - Mem. Soc. Geol. It., **41**, pp. 141-157.
- ANTONIOLI F., PUGLISI C., REITANO C. & TUSA S. (1998) - *Evoluzione geomorfologica pleistocenica del settore costiero di S. Vito lo Capo (TP): rapporti tra neotettonica, eustatismo e comunità preistoriche* - Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **52**, pp. 251-257.
- ANTONIOLI F., CREMONA G., PUGLISI C., SILENTI S., VALPREDÀ E. & VERUBBI V. (1999) - *Quantitative assessment of post Tyrrhenian differential crustal movements in a mediterranean coastal area (S. Vito - Sicily - Italy)* - Phys. Chem. Earth (A), **24** (4), pp. 343-347.
- BADA J. L., BELLUOMINI G., BONFIGLIO L., BRANCA M., BURGIO E. & DELITALA L. (1991) - *Isoleucine epimerization ages of Quaternary mammals from Sicily* - Il Quaternario, **4** (1a), pp. 49-54.
- BATTAGLIA A. & CIOFALO S. (1883) - *Scoperte paleontologiche presso Termini Imerese (Sicilia). Lettera al prof. G. G. Gemmellaro*. Boll. R. Comit. Geol. d'It., Roma, n. 9-10 (estratto), 3 pp.
- BELLO M., CATALANO R., MERLINI S. & SULLI A. (2000) - *The Apenninic chain in Western and Eastern Sicily. A comparison* - Atti Conv. Evoluzione geologica e geodinamica dell'Appennino - In memoria del Prof. G. Pialli, Soc. Geol. It., **1**, pp. 25-26.
- BELLON H., COULON C. & EDEL J. (1977) - *Lé déplacement de la Sadaigne: Synthèse de données géocronologiques, magnetiques et paléomagnétiques*. Bull. Soc. Geo. Fr., **19** (7), pp. 825-831.
- BELLUOMINI G. & BADA J. L. (1985) - *Isoleucine epimerization ages of the dwarf elephants of Sicily*. Geology, **13**, pp. 451-452.
- BIANCHI F., CARBONE S., GRASSO M., INVERNIZI G., LENTINI F., LONGARETTI G., MERLINI S. & MOSTARDINI F. (1989) - *Sicilia orientale: profilo geologico Nebrodi-Iblei*. Mem. Soc. Geol. It., **38**, pp. 429-458.
- BLOOM A. L. & YONEKURA N. (1985) - *Coastal terraces generated by sea-level change and tectonic uplift* - In: WOLDENBERG M. J. (Ed.), Models in Geomorphology, pp. 139-154.
- BONFIGLIO L. & BURGIO E. (1992) - *Significato paleoambientale e cronologico delle mammalofaune pleistoceniche della Sicilia in relazione all'evoluzione paleogeografica* - Il Quaternario, **5** (2), pp. 223-234.
- BONFIGLIO L., AGNESI V., MASINI F. & DI MAGGIO C. (2004) - *Quaternary eustatic fluctuations and biochronology of vertebrate-bearing deposits correlated with marine terraces in Sicily* - 32nd International Geological Congress, Field Trip Guide Book, **1**, B07, 36 pp.
- BONFIGLIO L., DI MAGGIO C., MARRA A. C., MASINI F. & PETRUSO D. (2003) - *Bio-chronology of Pleistocene vertebrate faunas of Sicily and correlation of vertebrate bearing deposits with marine deposits* - Il Quaternario, **16** (1bis), pp. 107-114.
- BONFIGLIO L., MANGANO G., MARRA A. C., MASINI F., PAVIA M. & PETRUSO D. (2002) - *Pleistocene Calabrian and Sicilian paleobioprovinces* - Geobios, Mem. Sp., **24**, pp. 29-39.
- BONIFAY E. & MARS P. (1959) - *Le Tyrrhénien dans le cadre de La Chronologie Quaternaire méditerranéenne* - Bull. Soc. Geol. de Fr., ser. 7, **1**, pp. 62-78.
- BOSCHIAN G. (2002) - *Note geologiche sul territorio di Himera* - In: BELVEDERE O., BERTINI A., BOSCHIAN G., BURGIO A., CONTINO A., CUCCO R. M. & LAURO D., Himera III.2. Prospezione archeologica nella valle dell'Imera. Università degli Studi di Palermo, Libreria Editrice L'Erma di Bretschneider, Roma, pp. 49-62.
- BRUGAL J. P. (1987) - *Cas de «nanisme» insulaire chez l'aurochs* - In: 112th Congrès National des Sociétés des Savants, Lyon, **2**, pp. 53-66.
- BUCCHERI G. (1966) - *Contributo alla conoscenza della malacofauna di un terrazzo marino presso Palermo* - Atti Acc. Gioenia di Sc. Nat. in Catania, Catania, **142**, pp. 329-332.
- BURGIO E. & CANI M. (1988) - *Sul ritrovamento di elefanti fossili ad Alcamo (Trapani, Sicilia)* - Il Naturalista Sicil., s. 4, **12** (3-4), pp. 87-97.
- BURGIO E. & FIORE M. (1997) - *Mustelercia arzilla (De Gregorio, 1886) elemento villafranchiano nella fauna di Monte Pellegrino (Palermo, Sicilia)* - Il Quaternario, **10** (1), pp. 65-74.
- BURGIO E., DI PATTI C., FISCHETTI L. & GALLETTI L. (1989) - *Primi ritrovamenti di mammiferi fossili pleistocenici nella penisola di Capo S. Vito (Trapani)*. In: AGNESI V., MACALUSO T. & ULZEGA A. (Eds.) - Guida alle escursioni, Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia, pp. 69-72.
- CALVI F., CONTINO A., CUSIMANO G., DI CARA A., FRIAS FORCADA A., HAUSER S. & PELLERITO S. (2000) - *Hydrostructures related to the Piana di Palermo*

- aquifers and their hydrogeochemical characteristics* - Mem. Soc. Geol. It., **55**, pp. 473-481.
- CATALANO R. & D'ARGENIO B. (1978) - *An essay of palinspastic restoration across the Western Sicily* - Geol. Rom., **17**, pp. 145-159.
- CATALANO R. & D'ARGENIO B. (1982) - *Schema geologico della Sicilia occidentale* - In: R. CATALANO & B. D'ARGENIO (Eds.) - Guida alla geologia della Sicilia occidentale, Guide geologiche regionali, Mem. Soc. Geol. It., suppl. A, **24**, pp. 9-41.
- CATALANO R., MERLINI S. & SULLI A. (2002) - *The structure of Western Sicily, Central Mediterranean*. Petroleum Geoscience, **8**, pp. 7-18.
- CATALANO R., DI STEFANO P., SULLI A., VITALE F. P. (1996) - *Paleogeography and structure of the Central Mediterranean: Sicily and its offshore area* - Tectonophysics, **260**, pp. 291-323.
- CATALANO R., FRANCHINO A., MERLINI S. & SULLI A. (2000) - *Central western Sicily structural setting interpreted from seismic reflection profiles* - Mem. Soc. Geol. It., **55**, pp. 5-16.
- CATALANO R., DI STEFANO E., SULLI A., VITALE F. P., INFUSO S. & VAIL P. R. (1998) - *Sequences and system tracts calibrated by high-resolution bio-chronostratigraphy: the central Mediterranean Plio-Pleistocene record* - SEPM, Spec. publ., **60**, pp. 115-177.
- CHANG K. H. (1975) - *Concepts and terms of unconformity-bounded units of formal stratigraphic units of distinct category* - Geol. Soc. America Bull., **86**, pp. 1544-1552.
- CHANNEL J. E. T., D'ARGENIO B. & HORVATH F. (1979) - *Adria, the African promontory, in Mesozoic Mediterranean paleogeography* - Earth Sc. Rev., **15**, pp. 213-292.
- CITA M. B., CAPRARO L., CIARANFI N., DI STEFANO E., MARINO M., RIO D., SPROVIERI R. & VAI G. B. (2006) - *Calabrian and Ionian: A proposal for the definition of the Mediterranean stages for the Lower and Middle Pleistocene*. Episodes, **29** (2), pp. 107-114.
- CITA M. B., CAPRARO L., CIARANFI N., DI STEFANO E., LIRER F., MAIORANO P., MARINO M., RAFFI I., RIO D., SPROVIERI R., STEFANELLI S. & VAI G. B. (2008) - *The Calabrian Stage redefined*. Episodes, **31** (4), pp. 408-419.
- CONTINO A. (2002) - *Geologia e Geomorfologia della bassa valle del fiume Imera settentrionale* - In: BELVEDERE O., BERTINI A., BOSCHIAN G., BURGIO A., CONTINO A., CUCCO R. M. & LAURO D. (Eds.), Himeria III.2. Prospezione archeologica nella valle dell'Imera, Università degli Studi di Palermo, Libreria Editrice L'Erma di Bretschneider, Roma, pp. 25-48.
- CONTINO A. (2005) - *Geologia urbana dell'abitato e della zona industriale di Termini Imerese (Sicilia settentrionale)* - Tesi di Dottorato di Ricerca in Geologia, Università degli Studi di Palermo, 214 pp.
- CONTINO A. (2007) - *Le grotte della Rocca del Castello in Termini Imerese (Palermo)* - Speleologia Iblea, **12**, pp. 255-264.
- CONTINO A., GIAMMARINARO M. S., VALLONE P., VARSALONA S. & ZUCCARELLO A. (2006) - *Analisi stratigrafico-geotecnica del settore meridionale della città di Palermo finalizzata alla caratterizzazione di fattori di pericolosità sismica in esso presenti* - Boll. Soc. Geol. It., **125**, pp. 329-343.
- COSENTINO D. & GLIOZZI E. (1988) - *Considerazioni sulla velocità di sollevamento di depositi eutirreniani dell'Italia meridionale e della Sicilia* - Mem. Soc. Geol. It., **41**, pp. 653-665.
- COTTIGNOLI A., BOSCHIAN G., DI MAGGIO C., MASINI F. & PETRUSO D. (2002) - *Pedostratigraphic Notes on the middle-late Pleistocene of Capo San Vito Peninsula (NW Sicily)* - Il Quaternario, **15** (1), pp. 89-98.
- CREMASCHI M. & TROMBINO L. (1998) - *Eolianites, sea level changes and palaeowinds in the Elba Island (central Italy) during late Pleistocene* - In: Busacca A. J. (Ed.), Dust aerosols, loess soils and global change, Washington State University College of Agriculture and Home Economics, Pullman, WA, pp. 131-134.
- DE GREGORIO A. (1925) - *Mammiferi quaternari di Sicilia* - Annales de Géologie et de Paléontologie, **43**, pp. 3-18.
- DERCOURT J., ZONENSHAIN L. P., RICOU L. E., KAZMIN V. G., LE PICHON X., KNIPPER A. L., GRANDJACQUET C., SBORTSHIKOV I. M., GEYSSANT J., LEVRIER C., PECHERSKY D. H., BOULIN J., SIBUET J. C., SAVOSTIN L. A., SOROKHTIN O., WESTPHAL M., BAZHENOV M. L., LAUER J. P. & BIJU-DUVAL B. (1986) - *Geologic evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias* - Tectonophysics, **123**, pp. 241-315.
- DI MAGGIO C. (1997) - *Assetto morfostrutturale ed evoluzione geomorfologica di un settore dei Monti di Palermo* - Tesi di dottorato, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Biblioteche Nazionali di Roma e Firenze, 175 pp.
- DI MAGGIO C. (2000) - *Morphostructural aspects of the central northern sector of Palermo Mountains (Sicily)* - Mem. Soc. Geol. It., **55**, pp. 353-361.
- DI MAGGIO C., INCANDELA A., MASINI F., PETRUSO D., RENDA P., SIMONETTI C. & BOSCHIAN G. (1999) - *Oscillazioni eustatiche, biocronologia dei depositi continentali quaternari e neotettonica nella Sicilia nord-occidentale (penisola di S. Vito Lo Capo - Trapani)* - Il Quaternario, **12** (1), pp. 25-50.
- D'OREFICE M., GRACIOTTI R. & CAPITANIO F. (2007) - *Le eolianiti dell'isola d'Elba: i depositi del promontorio del M. Calamita e del Golfo di Viticchio* - Il Quaternario, **20** (1), pp. 21-44.
- DI STEFANO E. & RIO D. (1981) - *Biostratigrafia a nanofossili e biocronologia del Siciliano nella località tipo di Ficarazzi* - Acta Naturalia dell'Ateneo Parmense, **17**, pp. 97-111.
- FABIANI R. (1941) - *Tracce di Tirreniano (strati a Strombus bubonius Lk.) entro la città di Palermo* - Boll. Soc. Sc. Nat. e Econ. di Palermo, **23**, pp. 3-8.
- FACCENNA C., DAVY P., BRUN J. P., FUNICIELLO R., GIARDINI D., MATTEI M. & NALPAS T. (1996) - *The dynamics of back-arc extension: an experimental approach to the opening of the Tyrrhenian Sea* - Geophys J. Int., **126**, pp. 781-795.
- GIGNOUX M. (1913) - *Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile* - Ann. Univ. Lyon, n. s., 36 pp.
- GIGNOUX M. (1926) - *Les rivages et les faunes des mers pliocènes et quaternaires dans le Méditerranée occidentale* - 13° Congr. Géol. Intern., Liège,

- Compt. Rend., **3**, pp. 1447-1491.
- GUEGUEN E., DOGLIONI C. & FERNANDEZ M. (1998) - *Lithospheric boudinage in the western Mediterranean back-arc basin* - *Oceanographic Literature Review*, **45**, (7), pp. 1151.
- HEARTY P. J., MILLER G. H., STEARNS C. E. & SZABO B. J. (1986) - *Aminostratigraphy of Quaternary shorelines in the Mediterranean basin* - *Geol. Soc. America Bull.*, **97**, pp. 850-858.
- HUGONIE G. (1979) - *L'évolution géomorphologique de la Sicile septentrionale* - Thèse Lettres (Géomorphologie), Univ. de Paris-Sorbonne, **2**, pp. 565-884.
- HUGONIE G. (1982) - *Mouvements tectoniques et variations de la morphogénèse au Quaternaire en Sicile septentrionale* - *Revue de Géologie Dynamique et Géographie Physique*, **23**, pp. 3-14.
- ISSC - INTERNATIONAL SUBCOMMISSION ON STRATIGRAPHIC CLASSIFICATION (1994) - *International Stratigraphic Guide: a guide to stratigraphic classification, terminology and procedure* - 2nd Edition, GSA, Boulder, 214 pp.
- MALINVERNO A. & RYAN W. B. F. (1986) - *Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere* - *Tectonics*, **5**, pp. 227-245.
- MASINI F., PETRUSO D., BONFIGLIO L. & MANGANO G. (2008) - *Origination and extinction patterns of mammals in three central Western Mediterranean island from the late Miocene to Quaternary* - *Quatern. Int.*, **182**, pp. 63-79.
- MAUZ B. & RENDA P. (1991) - *Evoluzione tettono-sedimentaria del bacino plio-pleistocenico di Castellammare del Golfo (Sicilia Nord-occidentale)* - *Mem. Soc. Geol. It.*, **47**, pp. 167-180.
- MAUZ B., BUCCHERI G., ZOLLER L. & GRECO A. (1997) - *Middle to Upper Pleistocene morphostructural evolution of NW Sicily coast: thermoluminescence dating and paleontological-stratigraphical evaluations of littoral deposits* - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **128**, pp. 269-285.
- NIGRO F., RENDA P. & ARISCO G. (2000) - *Tettonica recente nella Sicilia nord-occidentale e nelle Isole Egadi* - *Boll. Soc. Geol. It.*, **119** (2), pp. 307-319.
- OTTMANN F. & PICARD J. (1954) - *Contribution à l'étude du Quaternaire des régions de Palerme et de Milazzo (Sicile)* - *Bull. Soc. Géol. de France*, s. 6, **4** (4-6), pp. 395-407.
- PATACCA E., SCANDONE P., GIUNTA G. & LIGUORI V. (1979) - *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (southeastern Sicily)* - *Geol. Romana*, **18**, pp. 331-369.
- RADTKE U. (1989) - *Marine Terrassen und Korallenriffe - das Problem der quartären Meeresspiegelschwankungen erläutert an Fallstudien aus Chile, Argentinien und Barbados* - *Düsseldorfer Geogr. Schr.*, **27**, 245 pp.
- REHAULT J.P., MOUSSAT E. & FABBRI A. (1987) - *Structural evolution of the Tyrrhenian back-arc basin* - *Marine Geology*, **74** (1-2), pp. 123-150.
- RETALLACK G. J. (1990) - *Soils of the Past* - Unwin-Hyman, London, 520 pp.
- RHODES E. J. (1996) - *ESR dating on tooth enamel* - In: BASILE B. & CHILARDI S. (Eds.), *Siracusa, le ossa dei giganti. Lo scavo paleontologico di Contrada Fulco*, pp. 39-44.
- RUGGIERI G. (1967) - *Quadro sintetico del Quaternario marino fra Castellammare ed Altavilla (Palermo)* - *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. in Catania*, suppl. Sc. Geol., s. 6, **18**, pp. 345-355.
- RUGGIERI G. (1971) - *Calabriano e Siciliano nei dintorni di Palermo. Parte I* - *Riv. Min. Sic.*, **130-132**, pp. 160-171.
- RUGGIERI G. (1973) - *Ostracofauna delle calcareniti bianche quaternarie delle Falde (Palermo)* - *Riv. Min. Sic.*, **142-144**, pp. 160-170.
- RUGGIERI G. (1978) - *Una trasgressione del Pleistocene inferiore nella Sicilia occidentale* - *Il Nat. Sic.*, **4** (1-2), pp. 159-171.
- RUGGIERI G. & MILONE G. (1974) - *La macrofauna del Tirreniano di Tommaso Natale (Palermo)* - *Boll. Soc. Paleont. It.*, **12**, pp. 217-222.
- RUGGIERI G. & SPROVIERI R. (1975) - *La definizione dello strato tipo del piano Siciliano e le sue conseguenze* - *Riv. Min. Sic.*, **151-153**, pp. 8-14.
- RUGGIERI G. & SPROVIERI R. (1983) - *Recenti progressi nella stratigrafia del Pleistocene inf.* - *Boll. Soc. Paleont. It.*, **22** (3), pp. 315-321.
- RUGGIERI G., BUCCHERI G. & RENDINA M. (1968) - *Segnalazione di Tirreniano fossilifero a Trapani* - *Riv. Min. Sic.*, **112 - 114**, pp. 1-4.
- RUGGIERI G., RIO D. & SPROVIERI R. (1984) - *Remarks on the chronostratigraphic classification of Lower Pleistocene* - *Boll. Soc. Geol. It.*, **103**, pp. 251-259.
- RUGGIERI G., BUCCHERI G., GRECO A. & SPROVIERI R. (1975a) - *Un affioramento di Siciliano nel quadro della stratigrafia del Pleistocene inferiore* - *Boll. Soc. Geol. It.*, **94**, pp. 889-914.
- RUGGIERI G., UNTI A., UNTI M. & MORONI M. A. (1975b) - *La calcarenite di Marsala (Pleistocene inferiore) e i terreni contermini* - *Boll. Soc. Geol. It.*, **94**, pp. 1623-1657.
- RUHE R. V. (1959) - *Stone lines in soils* - *Soil Science*, **84**, pp. 223-231.
- SCINÀ D. (1831) - *Rapporto sulle ossa fossili di Mareddolce e degli altri contorni di Palermo* - Dalla Reale Tipografia di Guerra, Palermo.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2001) - *Indicazioni per il rilevamento del Quaternario continentale*. Circolare CARG, http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/Progetto_CARG_-_Cartografia_geologica_e_geometrica/Rilevamento_Quaternario_continentale/
- SHACKLETON N. J. (1995) - *New data on the Evolution of Pliocene Climatic Variability* - In: VRABA E. et al. (Eds.) - *Palaeoclimate and Evolution*, Yale University Press, pp. 242-248.
- TONGIORGI E. & TREVISAN L. (1953) - *Excursion en Sicile* - IV Int. Congr. INQUA, Livret Guide, 34 pp.
- ULZEGA A. & HEARTY P. J. (1986) - *Geomorphology, stratigraphy and geochronology of late Quaternary marine deposits in Sardinia* - *Zeitschrift für Geomorphologie Supplement Band*, **62**, pp. 119-129.
- VAUFREY R. (1929) - *Les éléphants nains des îles méditerranéennes et la question des isthmes pléistocènes* - *Arch. dell' Inst. de Paleont. Humaine*, memoire, **6**, 220 pp.

Ms. ricevuto il 27 aprile 2009
 Testo definitivo ricevuto il 10 luglio 2009

Ms. received: April 27, 2009
 Final text received: July 10, 2009

