

EVOLUZIONE PLEISTOCENICA DEL MARGINE TIRRENICO DELL'ITALIA CENTRALE TRA EUSTATISMO, VULCANISMO E TETTONICA

Donatella De Rita, Marina Fabbri & Corrado Cimarelli

Dp.to Scienze Geologiche, Università degli studi Roma3, L.go San Leonardo Murialdo 1, 00146 Roma
e-mail derita@uniroma3.it

RIASSUNTO: De Rita D. et al., *Evoluzione pleistocenica del margine tirrenico dell'Italia centrale tra eustatismo, vulcanismo e tettonica*. (IT ISSN 0394-3356, 2004).

Viene presentata una sintesi dei dati ottenuti durante la realizzazione dei fogli geologici alla scala 1:50.000 riguardanti alcune aree costiere del Lazio. La possibilità di porre a confronto l'evoluzione di settori che presentano problematiche simili ma con situazioni locali specifiche ha permesso di evidenziare, a partire da circa 850 ka, una storia comune per la costa del Lazio settentrionale e centrale, diversa da quella che ha invece interessato nello stesso intervallo di tempo la costa del Lazio meridionale. La ricostruzione degli eventi a scala regionale ha permesso di distinguere gli effetti di una tettonica regionale (soprattutto di sollevamento isostatico lungo la costa del Lazio settentrionale e centrale e di subsidenza per quello meridionale) rispetto a movimenti locali che potrebbero essere essenzialmente legati alle fasi vulcaniche che hanno contemporaneamente interessato il margine tirrenico del Lazio. Vengono inoltre evidenziate alcune problematiche che riguardano l'organizzazione cartografica nazionale ed in particolare la denominazione dei sintemi a scala regionale e la necessità di introdurre una nomenclatura in grado di associare nel suo interno più sintemi non distinguibili sul terreno.

ABSTRACT: De Rita D. et al., The evolution of the Tyrrhenian margin of Central Italy: the interplay between volcanism, eustatism and tectonic events. (IT ISSN 0394-3356, 2004).

We present a synthesis of the data collected during the field work devoted to the realization of the geological map at the 1:50.000 of Italy, concerning some coastal areas of Latium. The possibility to compare the evolution of areas involved in the same geodynamic context but having different local structural framework, has allowed us to evidence a common history, starting from 850 ka, for the coast of northern and central Latium, different from that of the southern coast. The effect of local extensional tectonic related to the volcanism which interested central Italy in that period was distinguished. The units have been organized in Unconformity Bounded Stratigraphic Units (UBSU) on the base of the hierarchy order of the basal surfaces delimiting them. Synthememes have been limited by surfaces recognized at regional scale caused by oscillation of the sea level. Each surface has been dated on the base of the geochronological data and for the faunistic content of the above sediments and then it has been correlated to an isotopic stage. The volcanic units have been organized following the indication of Fisher and Schmincke (1984), by introducing the Eruption units. "An eruption unit is a deposit defined as a thickness of volcanic material deposited from an eruptive pulse, an eruptive phase or an eruption...it is a conceptual entity that relates volcanic activity and a rock stratigraphic unit". This method allows to consider all the unconformities recognizable in volcanic areas which cannot be extended at regional scale but are important to reconstruct the main phases of the volcano evolution. It allows even to consider the volcanic evolution in its regional context. The volcanic deposits originated by the reworking of the primary units have been distinguished in syn-eruption and inter-eruption units (Smith, 1991; De Rita et alii, 2002 b; Giordano et alii, 2002 a). The geological and structural evolution of the island of Ponza, Zannone and Palmarola in the Pontine Archipelago, 30 km south east from the central coast of Latium, has been reconstructed. These three islands are the remnants of a submarine dome complex developed from the Upper Pliocene to almost 1.1 Ma. Three main rhyolitic domes have been recognized in Ponza, developed along NE-trending lineaments and showing different hyaloclastic facies reflecting the different geological context in which they developed. The northernmost Piana d'Incenso dome shows a prevailing hyaloclastic facies made of clast supported breccias and by flow banded lavas produced by its intrusive mode of emplacement, as a cryptodome. Similar facies characterize the Zannone dome in the Pontine island, where the intrusive nature is demonstrated by the structural relationship between the flow-banded lavas and the sedimentary units: these are tilted and deformed along low angle normal faults at the contact with the volcanites. We have interpreted that the domes emplaced as cryptodome, because they were intruded almost at the center of a structural high of the sedimentary substratum made of the Mesozoic-Cenozoic brittle rocks. The other domes of Ponza and Palmarola show different hyaloclastic facies, mainly made of thick hyaloclastites showing different degree of brecciation reflecting the different degree of magma-water interaction. We suggest that the extrusive mode of emplacement of these domes is because their emplacement was along regional extensional faults controlling the structural evolution of the continental platform on which the volcanic dome complex developed. In the southern part of Ponza a subaerial trachytic dome developed almost 1.1 Ma, after that the rhyolitic volcanism ended. The geological gap between the rhyolitic and the trachytic phases of volcanism, is evidenced by a high relief erosive surface. On the three island, in the range between 80 and 110 m a.s.l., marine terraces are present. These terraces have been correlated on the base of their similar morphology and because the above sediments are lithologically similar. They have to be formed after the end of the volcanism in the three islands. The uplifting of the surface occurred probably during a contemporaneous relative low standing of the sea level. We suggest to relate this event with the uplifting of the central coast of Latium, that occurred between 0.9 and 0.8 Ma, during the isotopic stage 22, when the alkali-potassic volcanism started. The difference of the altitude at which the surface presently lies, is probably due to the effect of local extensional tectonic. Along the northern and the central coast of Latium, we have recognized three orders of terraces which coincide in the altitude and the age. In the northern coast the presence of a small basin infilled by volcanoclastic sediments, was helpful in correlating stratigraphic succession of the Vulsini, Sabatini and Vico volcanic districts to the coastal area successions. Here, the USBU have been organized in 5 Synthememes whose basal surfaces were produced during low standing of the sea level. On the base of geochronological data and for the faunistic content of the above sediments, the last three synthememes have been ascribed to the 9,7 and 5 isotopic stages respectively (De Rita et alii 2002 b). In the central coast of Italy, in the area of Roma city, the USBU have been organized in 7 synthememes (Giordano et alii 2003), the last three of which have the same altitude and age of those recognized along the northern coast. Along the southern coast no terraces can be recognized. It has been then possible to establish that the coast of central Italy was subjected to a regional uplift evaluated in the order of 0,2 mm/y, whereas the southern coast was subjected to a continuous subsidence active from Pliocene. Local extensional tectonic related to the volcanism has been recognized in the roman area. Some problems related to the organization of the national cartography are evidenced. They concern the nomenclature of synthem at regional scale and the opportunity to introduce a specific hierarchy to indicate an association of synthememes. In fact, in some cases it has not been possible to recognize all the discontinuities related to sea level oscillations, precluding the possibility to distinguish single synthememes that have been unified together. They do not represent a supersynthem because unconformities of major hierarchic order were not recognized.

Parole chiave: Tettonica, vulcanismo, Pleistocene, eustatismo, margine tirrenico, Italia centrale.

Keywords: Tectonics, volcanism, Pleistocene, eustatism, Tyrrhenian margin, Central Italy.

INTRODUZIONE

Nel Pleistocene, l'evoluzione del margine tirrenico dell'Italia centrale è stata determinata da più fattori: da una parte gli effetti della tettonica estensionale post orogenica che in quest'epoca raggiunge il suo acme con conseguente sviluppo del processo vulcanico relativo alla nascita del bacino tirrenico, dall'altra le oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare. La complessità degli eventi è stata analizzata e discussa in più lavori la cui attenzione è via via focalizzata ora su un tema ora su un altro. Manca, tuttavia, a tutt'oggi un quadro d'insieme degli eventi in cui sia stato valutato il ruolo dei vari fattori. Questa nota si propone di dare un contributo alla risoluzione del problema, illustrando i risultati ottenuti durante la realizzazione di più Fogli geologici alla scala 1:50.000, (Progetto CARG). Il lavoro di cartografia di dettaglio di più aree costiere, comprese tra il Lazio settentrionale e quello meridionale (Fig. 1), ha infatti offerto la possibilità di porre a confronto l'evoluzione di settori che presentano problematiche simili ma con situazioni locali specifiche. L'obiettivo cartografico ha portato alla messa a punto di nuove tecniche di analisi di terreno in grado di consentire correlazioni significative alla scala regionale. Questo, insieme all'approccio interdisciplinare, è stato di grande ausilio, permettendo di inquadrare i processi vulcanici nell'ambito dell'evoluzione regionale e di valutare gli effetti della tettonica distensiva sia a scala regionale sia locale. È stato infine possibile effettuare una valutazione quantitativa dei tassi di sollevamento che le regioni costiere del Lazio hanno subito negli ultimi 300 ka.

In base alla gerarchizzazione delle superfici che le

delimitano, le unità sono state organizzate in Unità Stratigrafiche a Limiti Inconformi (UBSU; Salvador, 1987a, b). I Sintemi sono definiti da superfici riconosciute a livello regionale e legate alle oscillazioni del livello del mare. Per le unità vulcaniche, tenendo conto delle differenze sia temporali che di estensione dei processi che avvengono in ambito vulcanico rispetto a quelli caratterizzanti l'ambiente sedimentario costiero, si è preferito mantenere una nomenclatura separata e un'organizzazione stratigrafica legata alla storia evolutiva del vulcano, in cui le superfici di discontinuità identificate possono o meno coincidere con quelle riconosciute a livello regionale (De Rita et alii, 2000). I depositi originatisi dal rimaneggiamento delle unità vulcaniche sono stati analizzati in termini di unità sin-eruttive ed inter-eruttive (Smith, 1991; De Rita et alii, 2002b; Giordano et alii, 2002a)

I sintemi sono stati datati sulla base di dati geocronologici e/o paleontologici e correlati alla scala degli isotopi dell'ossigeno (Shackleton et alii, 1990; Shackleton, 1995).

Nei primi paragrafi viene presentata una sintesi dei dati più significativi ottenuti nelle aree studiate che sono: le Isole Pontine settentrionali, l'area costiera del Lazio settentrionale al confine con la Toscana (Montalto di Castro-Tarquinia), l'area costiera romana (tra la città di Roma ed Ardea), il settore sud occidentale del vulcano di Roccamorfinia (Fig. 1). In un secondo paragrafo saranno evidenziate le correlazioni e la valutazione degli effetti della tettonica regionale rispetto a quella locale. Saranno, inoltre, discusse alcune problematiche inerenti la cartografia nazionale in ambito vulcanico.

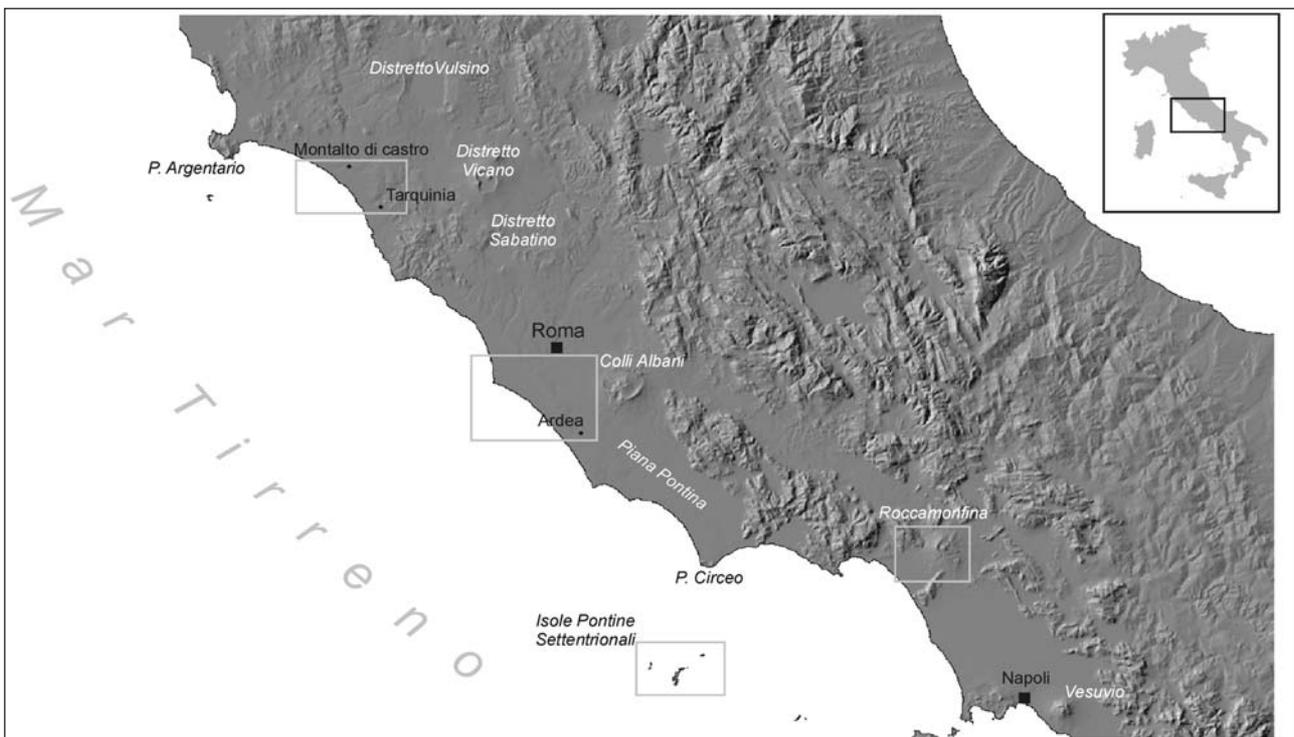


Fig. 1 - Ubicazione dei settori analizzati lungo la costa tirrenica dell'Italia Centrale.

Location of the analyzed sectors along the Tyrrhenian coast of central Italy.

AREA DELLE PONTINE SETTENTRIONALI

E' stata ricostruita l'evoluzione geologico-strutturale delle isole di Ponza, Zannone e Palmarola, facenti

parte del Foglio Borgo Grappa (DE RITA *et alii*, in stampa).

Le tre isole, insieme a Ventotene e Santo Stefano fanno parte dell'Arcipelago Pontino localizzato a circa 30 km dalla costa dell'Italia centrale a sud del Circeo (Fig. 1).

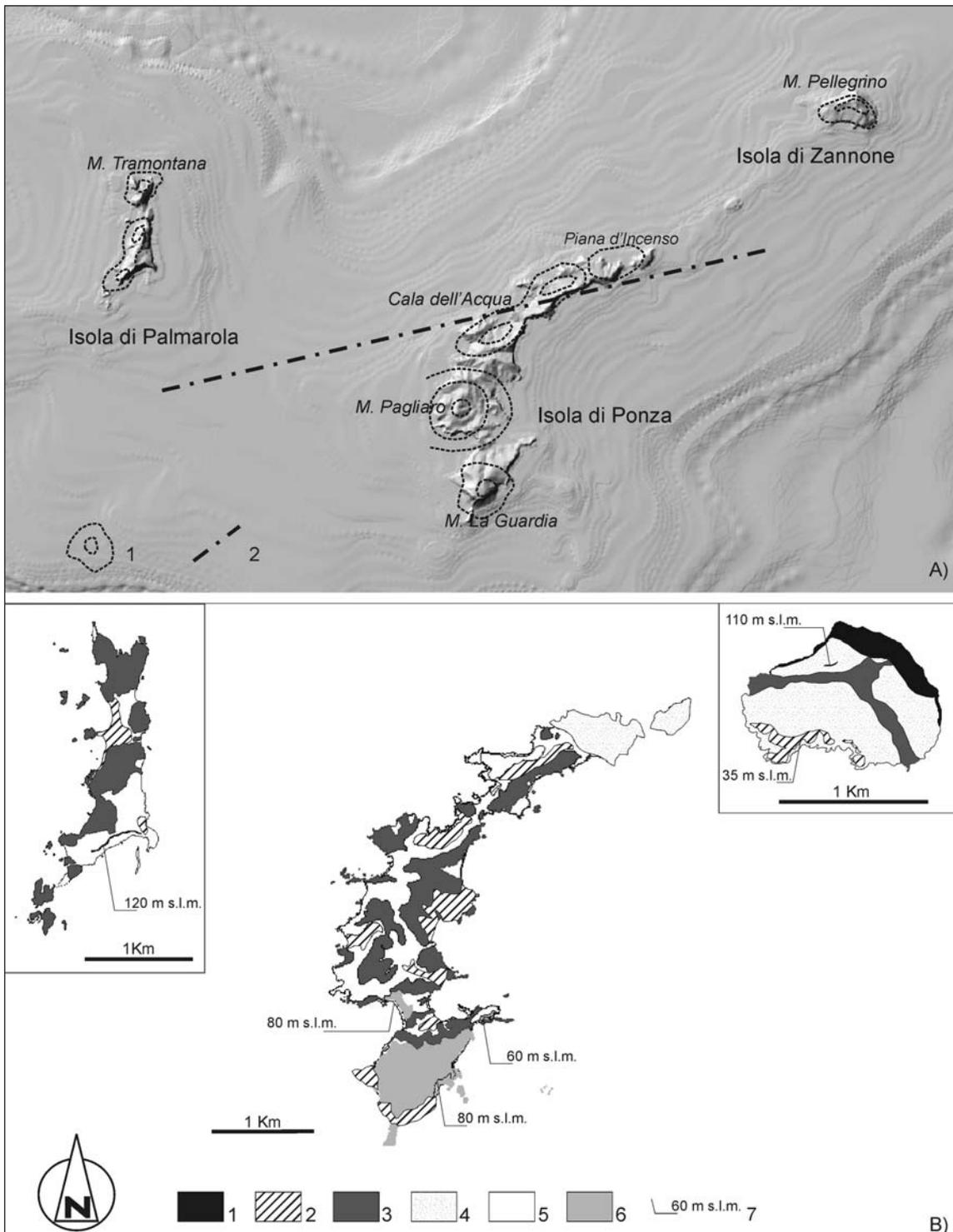


Fig. 2 - (A) DEM delle isole Pontine settentrionali. 1) Domi. 2) Faglia presunta (per la spiegazione vedi il testo). (Modificato da DE RITA *et alii*, 2001). (B) Carta geologica schematica delle isole Pontine settentrionali. 1) Unità sedimentarie meso-cenozoiche. 2) Unità sedimentarie plio-quadernarie. 3) Lave riolitiche in dicchi. 4) Facies ialoclastica clasto sostenuta. 5) Facies ialoclastica matrice sostenuta. 6) Prodotti trachitici del domo di M. La Guardia. 7) Ubicazione dei terrazzi marini.

(a) DEM of the northern Pontine islands. 1) Domes. 2) Inferred fault (for explanation, see text). (Modified from DE RITA *et alii*, 2001). (b) Schematic geological map of the northern Pontine islands. 1) Mesozoic-Cenozoic sedimentary units. 2) Pliocene-Quaternary sedimentary units. 3) Rhyolitic coherent lava dikes. 4) Clast-supported hyaloclastic breccia. 5) Matrice-supported hyaloclastic breccia. 6) Mt. La Guardia dome trachytic products. 7) Ubications of marine terraces.

Le isole giacciono sulla piattaforma continentale tirrenica il cui assetto strutturale è molto simile a quello dell'Appennino centrale, costituito, cioè, da unità di thrust mio-plioceniche, disarticolate in una serie di alti e bassi strutturali dalla tettonica estensionale post-orogena relativa all'evoluzione plio-pleistocenica del bacino tirrenico (ZITELLINI *et alii*, 1984).

Le tre isole sono costituite dai resti di un complesso di domi riolitici sottomarini che mostrano una grande variazioni di facies ialoclastiche, da finemente brecciate matrice sostenute a clasto sostenute coerenti, fino a lave coerenti in dicco, connesse al diverso grado di frammentazione subito dal magma al contatto con l'acqua (CARMASSI *et alii*, 1983; SCUTTER *et alii*, 1998; DE RITA *et alii*, 2001). Nel caso dell'isola di Ponza il processo eruttivo da sottomarino divenne subaereo, con un corrispondente cambio di chimismo dei magmi da riolitici a trachitici. Nel corso del rilevamento, in base alla natura dei componenti dei depositi ed in base alle correlazioni stratigrafiche si è potuto stabilire che tutti i depositi affioranti nella parte meridionale dell'isola di Ponza, poggianti sulle facies ialoclastiche e costituiti da unità di surges, di colata piroclastica e domi lavici, provengono da un unico centro localizzato nell'area di Monte La Guardia (Fig. 2). La loro sequenza stratigrafica illustra le varie fasi di crescita del domo trachitico (DE RITA *et alii*, in stampa).

Oltre al domo finale trachitico di Monte La Guardia, sull'isola di Ponza sono stati riconosciuti altri tre domi riolitici principali: uno in corrispondenza di Monte Pagliaro, due coalescenti tra loro nell'area di Cala dell'Acqua ed un terzo nella parte più settentrionale di Piana d'Incenso (Fig. 2). Nell'isola di Palmarola sono stati identificati almeno tre domi riolitici: uno nella parte settentrionale con centro in corrispondenza di

Monte Tramontana e due coalescenti nella parte meridionale con centro a mare lungo la costa occidentale dell'isola (Fig. 2). A Zannone è stato identificato un unico domo che comprende la totalità degli affioramenti vulcanici dell'isola (Fig. 2). Particolare attenzione è stata dedicata ai rapporti strutturali tra le unità vulcaniche e sedimentarie. Infatti a Zannone lungo la costa settentrionale affiorano unità sedimentarie dal Paleozoico al Mesozoico con rapporti strutturali complessi variamente interpretati dagli Autori (SEGRE, 1952, 1953; PAROTTO & PRATURLON, 1975). Il rilevamento ha permesso di stabilire che i contatti strutturali tra le unità sedimentarie sono superficiali a basso angolo determinate dallo scollamento lungo piani debolmente inclinati prodotti dalla spinta di crescita del domo di Zannone (Fig. 3).

Tale domo deve essersi messo in posto con modalità tipo criptodomo, al contatto tra il Flysch e le unità carbonatiche sottostanti. Questa ipotesi è anche supportata dalle facies ialoclastiche del domo che presentano un basso grado di autobrecciazione e un alto grado di coerenza. Le stesse facies ialoclastiche caratterizzano il domo di Piana d'Incenso nella parte più settentrionale di Ponza. Interessante sottolineare che un dragaggio effettuato poco a largo della costa occidentale dell'isola ha incontrato a circa 30 m di profondità rocce calcareo-dolomitiche (MARTORELLI *et alii*, 2003), confermando così la presenza di un alto strutturale del basamento prevulcanico già evidenziato da un sondaggio (SAVELLI, 1943) e da dati gravimetrici, nel settore settentrionale dell'isola di Ponza (CARMASSI *et alii*, 1983; BELLUCCI *et alii*, 1997). L'alto strutturale si estenderebbe fino all'isola di Zannone dove le rocce calcareo-dolomitiche costituiscono la falesia settentrionale dell'isola. Questo dato permette di stabilire che i domi di Zannone e Piana d'Incenso si sono messi in posto come cripto-

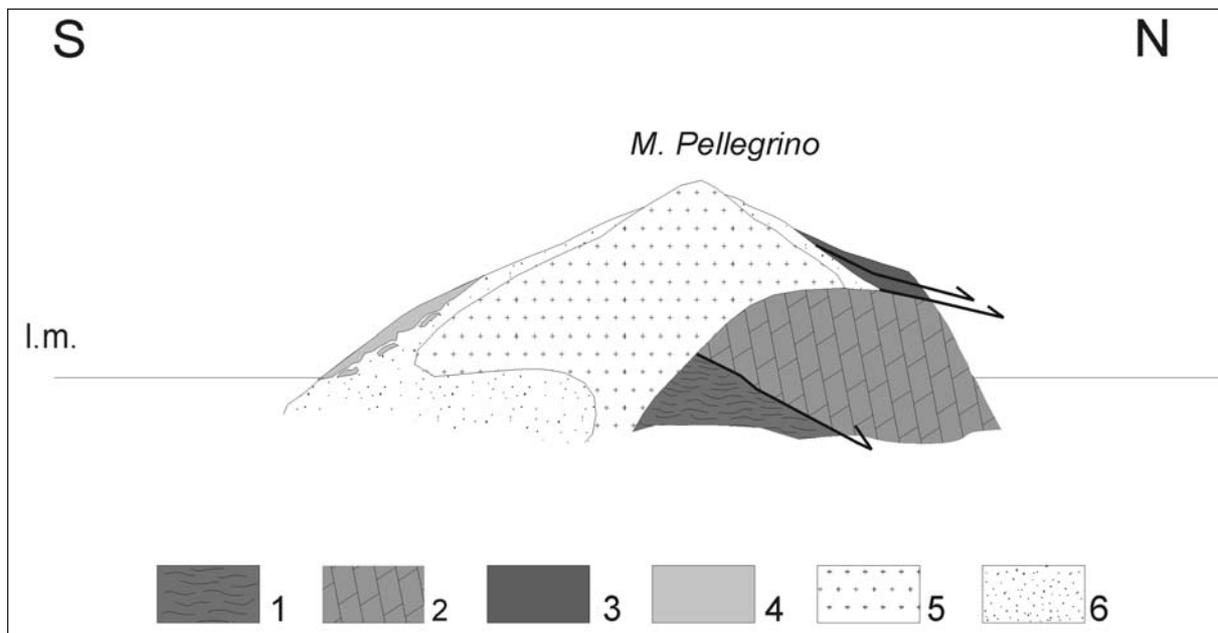


Fig.3 - Schema dei rapporti stratigrafici e strutturali dell'isola di Zannone. 1) Arenarie e filliti permio-triassiche. 2) Dolomie triassiche. 3) Calcarei, marne e arenarie cretaceo-mioceniche. 4) Argille messiniane. 5) Lave riolitiche in dicchi. 6) Facies ialoclastica clasto sostenuta. Le frecce indicano i piani di scivolamento gravitativo prodotti dalla messa in posto del domo.

Stratigraphic and structural scheme of Zannone island (not to scale). 1) Permian-Triassic sandstones and phyllites. 2) Triassic dolomites. 3) Cretaceous-Miocene limestones, marls and sandstones. 4) Messinian clays. 5) Rhyolitic lava dikes. 6) Clast-supported hyaloclastic breccia. Arrows indicate low angle slide planes due to dome emplacement.

domi a differenza degli altri domi costituenti le isole di Ponza e Palmarola che per le caratteristiche delle facies ialoclastiche possono essere considerati domi estrusivi.

La modalità di messa in posto come criptodomi o domi esogeni può essere determinata dal contesto strutturale in cui i magmi risalgono in superficie ed in particolare dalla presenza o meno di faglie regionali (CIMARELLI *et alii*, 2003).

L'età di messa in posto dei domi sottomarini è posteriore al Pliocene superiore. Infatti, a Palmarola sono presenti depositi argillosi, attribuiti al Pliocene superiore per la presenza di *Globorotalia inflata* (CARRARA *et alii*, 1986), in accordo con le datazioni radiometriche effettuate sulle lave del dicco di Monte Tramontana, che lo datano a circa 1.6 Ma (BARBERI *et alii*, 1967). Il domo trachitico di Monte La Guardia ha un'età di circa 1.1 Ma (BARBERI *et alii* 1967; SAVELLI 1983, 1987; BELLUCCI *et alii*, 1999).

Durante l'intervallo di tempo intercorso tra la messa in posto delle vulcaniti sottomarine e le successive unità esplosive del domo trachitico di Monte La Guardia deve essersi verificato un concomitante fenomeno di sollevamento dell'isola e ritiro del livello del mare. Questi eventi hanno prodotto le profonde incisioni vallive visibili nel settore meridionale dell'isola di Ponza, successivamente colmate dai prodotti esplosivi e dai depositi del loro rimaneggiamento. Tali incisioni erano state precedentemente interpretate come residui

di centri idromagmatici (CARMASSI *et alii*, 1983; DE RITA *et alii*, 1986; VEZZOLI, 1988; BELLUCCI *et alii*, 1997, 1999).

Su tutte e tre le isole tra le quote 80 e 120 m s.l.m., sono presenti depositi terrazzati già riconosciuti e riferiti a momenti diversi di stazionamento del livello del mare (SEGRE, 1952, 1953; BARBERI *et alii*, 1967; VEZZOLI, 1988; CARRARA *et alii* 1993, 1994; BELLUCCI *et alii*, 1997, 1999). Questi terrazzi sono invece stati correlati tra loro per evidenze morfologiche e per la similitudine litologica dei depositi e riferiti ad un intervallo di tempo successivo all'attività vulcanica delle tre isole. Un affioramento estremamente significativo è quello presente sulla falesia sudorientale di Monte La Guardia, nel settore meridionale di Ponza (Fig. 4).

In questa località è ben visibile l'appoggio della superficie di terrazzamento su due delle unità piroclastiche trachitiche (unità 2 e 3 della Fig. 4) che accompagnano la messa in posto del domo. L'unità piroclastica 3 è all'interno di un canale esposto nella sua integrità. Inoltre i dati di terreno indicano che, durante l'attività iniziale del domo di Monte La Guardia, il livello del mare stazionava più o meno alla quota di affioramento dei depositi relativi che sono di natura idromagmatica, o sono flussi detritici ad alta concentrazione arrivati in acqua.

Il sollevamento della superficie deve essersi verificato per un processo di uplift continentale concomitante al ritiro del mare. Collocare temporalmente questi

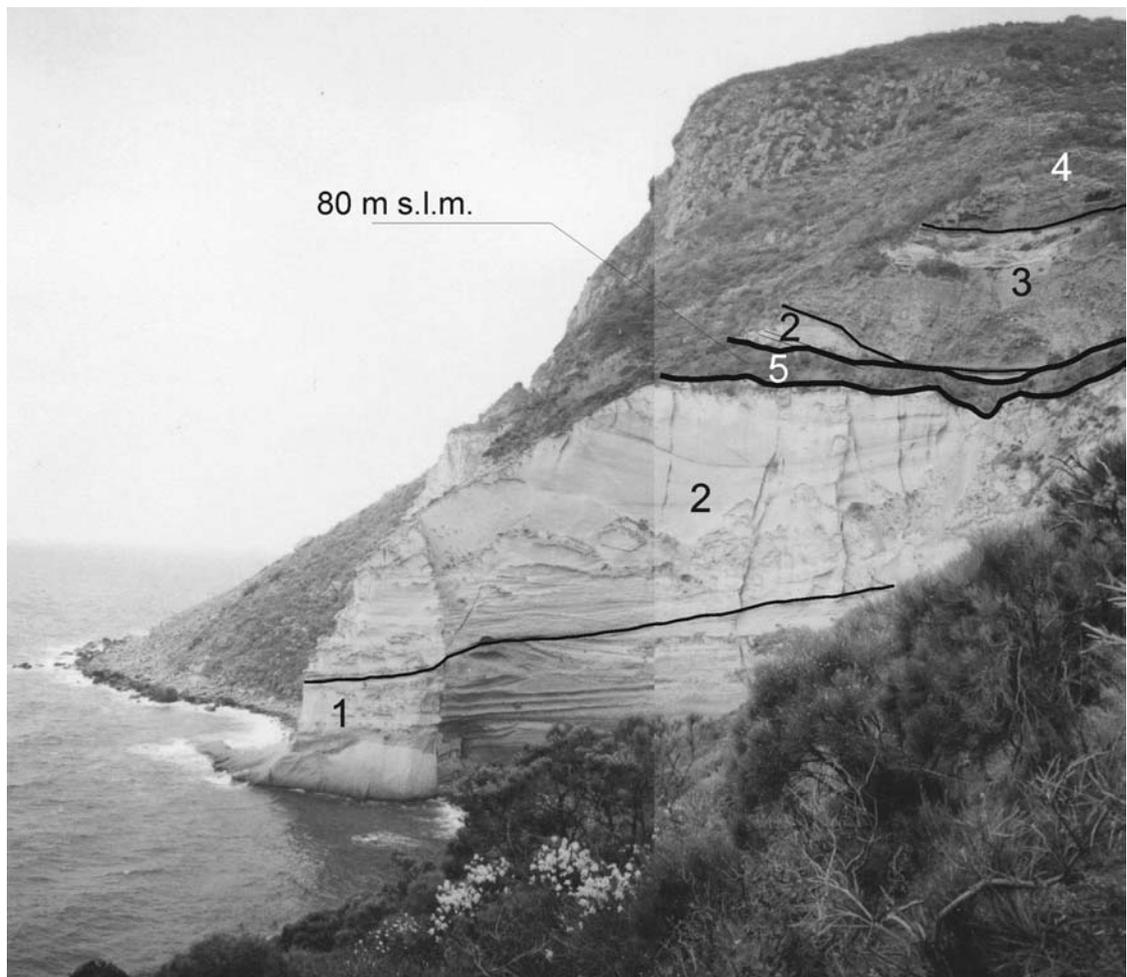


Fig. 4 - Appoggio del terrazzo marino (5) sulle unità piroclastiche trachitiche (1,2,3,4) del domo di M. La Guardia.

Marine terrace deposit (5) laying on the Mt. La Guardia trachytic pyroclastic units (1,2,3,4)

eventi risulta pressoché impossibile. Dopo 1.1 Ma, lungo la costa tirrenica una superficie di erosione che testimonia un evento di sollevamento regionale concomitante ad un momento di basso stazionamento del livello del mare è posta in correlazione con lo stadio isotopico 22, tra 0.9 e 0.8 Ma e potrebbe essere relativa alla risalita dei magmi responsabili del vulcanismo alcalino-potassico del Lazio. In tal caso, la superficie potrebbe coincidere con la base delle unità di San Marcello e di Ponte Galeria, rispettivamente lungo la costa settentrionale e centrale del Lazio.

Le differenze in quota della superficie riscontrata sulle tre isole possono essere spiegate da processi tettonici di sollevamento e basculamento che diversi Autori hanno già segnalato (CARRARA *et alii*, 1993, 1994) e che possono aver svincolato le tre isole tra loro o anche singoli settori delle stesse. Ad esempio è possibile ipotizzare un importante svincolo strutturale che limiti da una parte le isole di Zannone, Palmarola ed il settore settentrionale di Ponza rispetto al settore meridionale che risulterebbe maggiormente ribassato. Tale lineamento strutturale avrebbe una direzione circa NE-SW ed insisterebbe sull'area di forte alterazione idrotermale nel settore settentrionale di Ponza (area di cava in località Cala dell'Acqua) e di Gavi (Fig. 2). Un discorso a parte merita la superficie sub pianeggiante e debolmente inclinata verso mare, presente a Piano d'Incenso nel settore settentrionale di Ponza e precedentemente interpretata come superficie di abrasione marina (CARRARA *et alii*, 1994).

La definizione dei processi vulcanici ha consentito di porre l'accento sulla necessità di distinguere la geometria delle superfici che vengono prese in considerazione in relazione al loro sviluppo in ambito vulcanico. Ad esempio, nel caso di corpi intrusivi subsuperficiali di tipo criptodomo, superfici piane debolmente inclinate vengono prodotte dallo stesso processo di risalita del corpo intrusivo e non indicano necessariamente la presenza di un terrazzo marino, a meno del ritrovamento in situ dei sedimenti relativi. Gli unici depositi presenti al di sopra della superficie di Piano d'Incenso sono delle argille che derivano dal processo di alterazione della lava sottostante (DE RITA *et alii*, 2003).

Inoltre, il sollevamento locale dovuto alla risalita a giorno del corpo intrusivo può essere responsabile della formazione di una serie di terrazzi basculati che non necessariamente indicano ordini di terrazzi successivi relazionabili alle oscillazioni del livello del mare.

AREA COSTIERA DEL LAZIO SETTENTRIONALE TRA TARQUINIA E MONTALTO DI CASTRO

Questo settore costiero del Lazio settentrionale (Fig. 1) ha offerto l'opportunità di analizzare i rapporti tra vulcanismo e sedimentazione costiera, tenendo conto delle variazioni del livello del mare occorse durante il Quaternario. A questo scopo è stata determinante l'analisi dei depositi vulcanoclastici di un piccolo bacino sedimentario, bacino di Tuscania, collocato tra l'area costiera e la periferia dei distretti vulcanici dei Vulsini, di Vico e dei Sabatini a oriente, che si configura per un lungo periodo come parte dell'*apron* (sensu

SMITH, 1991) dei vulcani stessi (DE RITA *et alii*, 2002). Le correlazioni hanno tenuto conto del fatto che il settore costiero del Lazio settentrionale è un'area di relativa stabilità tettonica (DE RITA *et alii*, 2002).

La presenza di depositi terrazzati di origine marina è stata oggetto di approfonditi studi (BONADONNA, 1967; ALBERTI *et alii*, 1970; FAZZINI *et alii*, 1972; AMBROSETTI *et alii*, 1978, 1981; CONATO & DAI PRA, 1980; RADTKE *et alii*, 1982; RADTKE, 1983; BARTOLINI & BOSI, 1983; BARTOLINI *et alii*, 1984; HEARTY & DAI PRA, 1986a, b; HEARTY, 1986; BOSI *et alii*, 1990; MESSINA *et alii*, 1990; PALIERI *et alii*, 1990).

I sedimenti più antichi del Pleistocene inferiore p.p. sono stati inclusi in un unico supersintema (Supersintema Monte Riccio) in quanto la superficie inferiore è molto articolata lasciando ipotizzare una frammentazione di ambienti imputabile ad una fase tettonica. All'interno del supersintema le unità litostratigrafiche non sono state organizzate in sintemi per l'impossibilità di correlare superfici relative alle oscillazioni del livello del mare tra affioramenti piccoli e discontinui.

I depositi costieri e vulcanoclastici relativi al Pleistocene inferiore p.p.-Pleistocene superiore sono stati organizzati all'interno di 5 sintemi correlati agli stadi isotopici attraverso datazioni geocronologiche e/o associazioni faunistiche (Fig. 6).

Le caratteristiche di facies dei depositi costieri più antichi, organizzati in almeno tre terrazzi marini sviluppati parallelamente alla costa attuale e compresi nel Sintema di S. Marcello, testimoniano il processo di emersione dell'area avvenuto circa 850 ka fa

Le prime unità vulcaniche alcalino-potassiche che raggiungono l'area sono comprese nel successivo Sintema Biedano tra gli stadi isotopici 15 e 11. Si tratta di unità ignimbriche provenienti dal centro del Paleobolsena (NAPPI, 1985), datate intorno ai 491 ± 9 ka (VILLA in FUNICIELLO *et alii*, in stampa), a cui si associa una unità ignimbrica sabatina (ROSA, 1995) datata a 433 ± 6 ka (CIONI, 1993). Nell'area relativa al bacino di Tuscania al di sopra delle ignimbrite basali è presente una successione complessa costituita da depositi relativi a flussi iperconcentrati e a *debris flow* (SMITH, 1991), a cui si intercalano nella parte alta depositi fluviali e più raramente palustri e lacustri. Sono inoltre presenti livelli di ricaduta provenienti dal vulcano di Vico, fra cui Vico α (CIONI *et alii*, 1987) datato a 419 ± 1.5 ka (LAURENZI & VILLA, 1987), e colate di lava vicane. Non sono stati rinvenuti in affioramento depositi marini costieri relativi a questo sintema. La mancanza di tali depositi fa ipotizzare che in quel momento la costa fosse più arretrata rispetto all'attuale. L'ipotesi potrebbe essere supportata dalla segnalazione di depositi correlabili, attualmente sommersi (CHIOCCI in DE RITA *et alii*, 2002 b)

La sedimentazione nel bacino di Tuscania continua fino allo stadio isotopico 9, con la deposizione di sedimenti in facies prevalentemente fluviale, lacustre e palustre, in cui si intercalano livelli di ricaduta pliniana e stromboliana e colate di lave di provenienza vicana e vulsina; gli ultimi 12 metri sono fortemente cementati da cemento travertinoso. Quindi, l'apporto vulcanoclastico all'interno del bacino diminuisce notevolmente. Infatti la geometria e la distribuzione dei depositi relativi allo stadio isotopico 7, che affiorano in terrazzi discontinui lungo i corsi d'acqua principali, indicano che il bacino di Tuscania è totalmente riempito. I depositi costieri

relativi al Sintema Archi di Pontecchio (stadio isotopico 7) hanno al tetto un deposito vulcanico relativo all'attività del centro di Latera datato tra i 190 ed i 166 ka (NICOLETTI *et alii*, 1981; METZELTIN & VEZZOLI, 1983; BARBERI *et alii*, 1984) indicando che la chiusura del bacino permette ormai collegamenti diretti tra le aree vulcaniche e la costa. Il tetto del terrazzo relativo si trova in affioramento tra le quote 30 e 45 m s.l.m. Il successivo terrazzo affiorante alle quote 10-15 m s.l.m. contiene *Strombus bubbonius* ed è riferito quindi al Tirreniano (PALIERI & SPOSATO, 1988). I depositi costieri relativi sono correlati con quelli continentali tramite la presenza del deposito del Tufo rosso a scorie nere vicino, datato a 155 ± 0.01 ka (SOLLEVANTI, 1983). Nel loro insieme que-

ste unità costituiscono il Sintema Casalone (Fig. 6).

Le correlazioni stratigrafiche e le date geocronologiche hanno permesso, inoltre, di risolvere un'interessante questione che si è rivelata di grande importanza anche per la ricostruzione dell'evoluzione costiera dell'area romana. La questione concerne l'attribuzione cronologica di *Dama dama tiberina* DI STEFANO & PETRONIO che era correlata in passato allo stadio isotopico 7. Denti appartenenti a questo cervide sono stati ritrovati all'interno del bacino di Tuscania, in una sequenza continua di depositi con al tetto del travertino, la cui età radiometrica è risultata pari a $256 \text{ ka} +41/-31$. Questo ha portato all'attribuzione di *Dama dama tiberina* allo stadio isotopico 9.

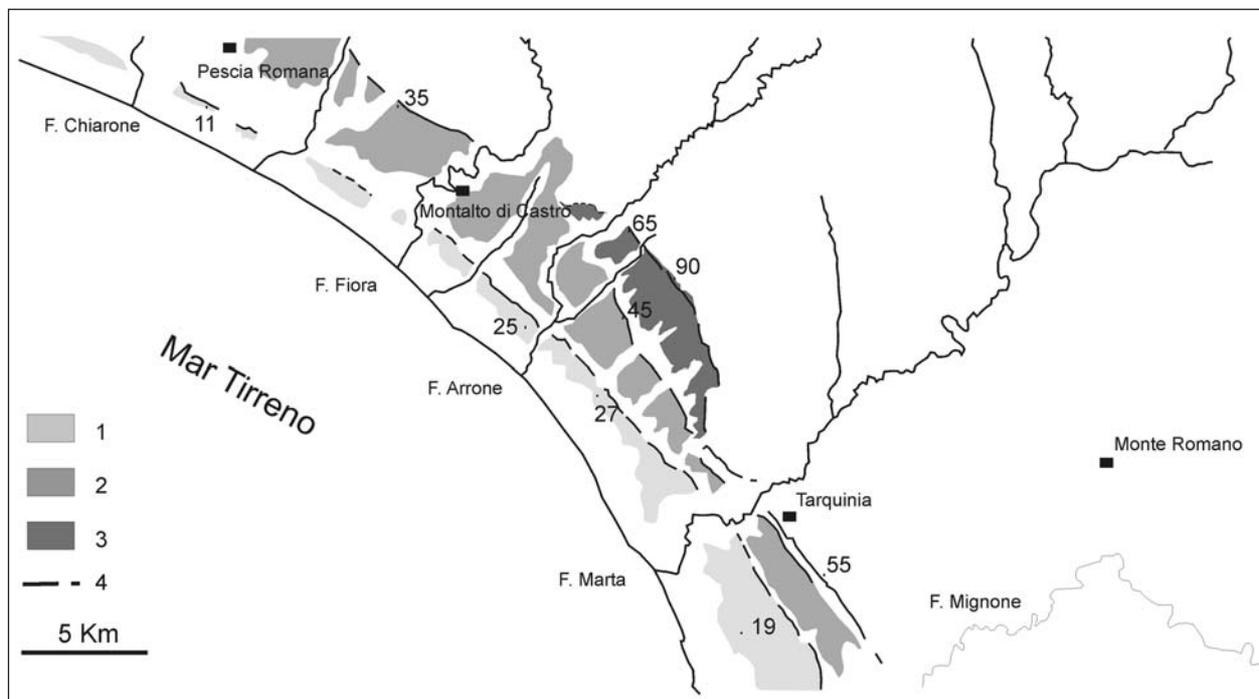


Fig. 5 - Schema dei terrazzi marini recenti nel Lazio settentrionale. 1) Superficie del terrazzo marino relativo allo stadio isotopico 5; 2) Superficie del terrazzo marino relativo allo stadio isotopico 7; 3) Superficie del terrazzo marino relativo allo stadio isotopico 9; 4) Limiti di massima trasgressione marina relativi ai tre terrazzi. (Modificato da DE RITA *et alii*, 2002).

Schematic map showing recent marine terraces in northern Latium. 1) Isotopic stage 5 marine terrace surface. 2) Isotopic stage 7 marine terrace surface. 3) Isotopic stage 9 marine terrace surface. 4) Maximum marine transgression boundary. (Modified from DE RITA *et alii*, 2002).

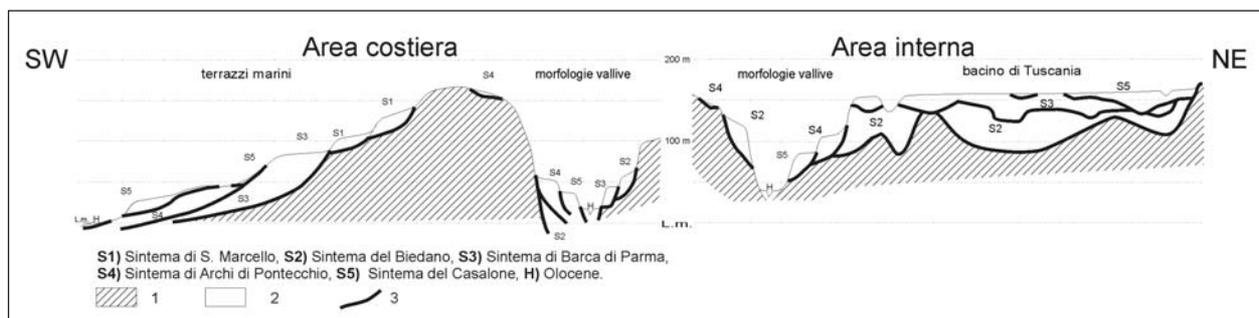


Fig. 6 - Schema dei rapporti morfo-litostratigrafici dell'area del Lazio settentrionale. 1) Unità pre-Pleistocene medio; 2) Unità del Pleistocene medio-superiore; 3) Principali superfici erosive. (Modificato da DE RITA *et alii*, 2002)

Morpholithostratigraphic scheme of the northern Latium area.

1) Pre-Middle Pleistocene units; 2) Middle-Upper Pleistocene units; 3) Main erosional surfaces. (Modified from DE RITA *et alii*, 2002)

AREA COSTIERA ROMANA

L'area analizzata ricade ai limiti occidentali dei fogli geologici alla scala 1:50.000 Albano e Roma del progetto CARG (Fig. 1). Come per il settore settentrionale, anche nell'area romana l'emersione inizia intorno a 850 Ka (GIORDANO *et alii*, 2003) mentre l'attività vulcanica, relativa ai distretti dei Colli Albani e dei Sabatini, inizia intorno a 560 ka (KARNER & RENNE, 1998; GIORDANO *et alii*, 2003). I sedimenti antecedenti, relativi al Pleistocene inferiore sono stati organizzati all'interno di un supersintema, il Supersintema Monte Mario, in quanto limitati da una superficie indotta da una fase tettonica (GIORDANO *et alii*, 2002b).

Nell'area romana erano già stati riconosciuti diversi ordini di terrazzi marini (AMBROSETTI & BONADONNA, 1967; BONADONNA, 1967; CONATO & DAI PRA, 1980; CONATO *et alii*, 1980; CARBONE, 1980) correlati a stadi isotopici dal 15 al 5 (MALATESTA & ZARLENGA, 1985, 1986, 1988; MILLI, 1992, 1997; MARRA, 1993; MARRA & ROSA, 1995; MARRA *et alii*, 1995; KARNER *et alii*, 2001a, b; BERGAMINI *et alii*, 2000; GIORDANO *et alii*, 2003).

Nell'area romana è presente un elemento di grande importanza nell'evoluzione del settore che è il corso del Tevere. L'antico corso, PaleoTevere, occupava sicuramente una posizione diversa dall'attuale ed aveva la sua foce nell'area di Ponte Galeria (MARRA & ROSA, 1995; MILLI, 1997). I depositi prevulcanici dell'area romana appartengono in gran parte all'attività di questo antico fiume. Lo sviluppo del delta si colloca in un intervallo di tempo compreso tra gli stadi isotopici 22 e 16 in una vasta area compresa tra la dorsale di Monte Mario e la costa, interessata da sedimenti costieri che superano gli 80 m di spessore. La deviazione del corso del PaleoTevere in un percorso a SE avviene tra 700 e 600 ka ed è causata dal sollevamento della dorsale di Monte Mario (Fig. 7) (GIORDANO *et alii*, 2002b, 2003).

È probabile che l'ambiente fluvio-palustre relativo alla valle del PaleoTevere, in corrispondenza dell'area di sviluppo del vulcano Tuscolano-Artemisio, abbia fornito l'acqua necessaria ad innescare le eruzioni freatopliniane dei così detti "tufi pisolitici" (DE RITA *et alii*, 2002a). I depositi delle quattro eruzioni separati da paleosuoli che nel loro insieme comprendono i "tufi pisolitici" Auctorum, si trovano in parte nel Sintema di Santa Cecilia (stadio isotopico 15) e in quello di Valle Giulia (stadio isotopico 13) a testimonianza che un evento importante come l'oscillazione del livello del mare non abbia avuto alcuna ripercussione sullo stile eruttivo del vulcano in un momento di acme della sua attività. Questa constatazione rafforza l'opportunità di mantenere nomenclature diverse per le suddivisioni a scala regionale e quelle inerenti all'attività vulcanica, per poter porre facilmente in relazione eventi vulcanici, vulcano-tettonici ed eventi a scala regionale di più ampio significato. Gli ingenti volumi di materiale emessi nel corso delle eruzioni dei "tufi pisolitici" costringerà il Tevere a modificare ulteriormente il suo percorso verso quello attuale.

Il Sintema Valle Giulia, relativo allo stadio isotopico 13, oltre alle unità vulcaniche e ai depositi fluviali, contiene ingenti volumi di travertino a testimonianza di una tettonica attiva e di un importante sistema idrotermale (GIORDANO *et alii*, 2003). Nel successivo Sintema Torino, relativo allo stadio isotopico 11 si ha la messa

in posto dei massimi volumi dei prodotti vulcanici.

Poco dopo la messa in posto del Tufo Lionato e del tufo di Villa Senni datato a circa 350 ka (BERNARDI *et alii*, 1982; RADICATI DI BROZOLO *et alii*, 1981; KARNER & RENNE, 1998) avviene il sollevamento dell'alto di Castelporziano-Pomezia lungo faglie ad andamento NE, probabile riattivazione di elementi strutturali attivi nel Pliocene-Pleistocene inferiore ai margini del bacino di Ardea (FACENNA *et alii*, 1994). Le unità del Tufo Lionato-Villa Senni nell'area costiera di Anzio ed Ardea poggiano su sabbie di spiaggia e su sedimenti marini a testimonianza del fatto che quello era il livello del mare al momento della loro deposizione. L'unità del villa Senni è stata datata a circa 350 ka (BERNARDI *et alii*, 1982); in quest'epoca WEALBROECK *et alii* (2002) hanno calcolato che il livello del mare era a -120 m r.l.m.

Il top dell'unità di Villa Senni è interessato da una superficie di abrasione, coperta da sabbie di spiaggia, duna e retroduna ("Duna Rossa antica" Auctorum), relative allo stadio isotopico 9. Nell'area di Pomezia, Castelporziano, questi sedimenti risultano sollevati fino ad una quota di 100 m s.l.m. probabilmente in conseguenza del sollevamento dell'alto avvenuto secondo direttrici strutturali ad orientamento NE (GIORDANO *et alii*, 2003).

I sedimenti del successivo Sintema Quartaccio si appoggiano alla struttura sollevata: si tratta di due unità, Aurelia e Vitinia, separate da una superficie di disconformità a basso rilievo (Fig. 7). La quota di affioramento dell'unità Aurelia è circa 30 m, mentre il tetto dell'unità Vitinia è a circa 55-60 m s.l.m. Il top dell'unità Vitinia è datato a circa 285 ± 1 (KARNER *et alii*, 2001b) per la presenza al tetto dei sedimenti di pomici riferite al Tufo giallo di Sacrofano proveniente dal vulcano di Sacrofano nel Distretto dei Sabatini (DE RITA *et alii*, 1983). Per queste relazioni il Sintema Quartaccio è correlato con lo stadio isotopico 9 e le due unità Aurelia e Vitinia sono considerati due suoi subsintemi. Questa correlazione permette anche di confermare l'attribuzione del *Dama dama tiberina* a questo stadio isotopico in accordo a quanto osservato lungo la costa settentrionale del Lazio. A quote topografiche più basse, circa 30-40 m, è stato riconosciuto un altro terrazzo i cui sedimenti costituiscono il Sintema Campo Selva correlato allo stadio isotopico 7 e ancora più in basso, a circa 15-30 m s.l.m un ultimo terrazzo i cui sedimenti costituiscono il Sintema Saccopastore correlato allo stadio isotopico 5.

AREA COSTIERA MERIDIONALE AL CONFINE CON LA CAMPANIA (ROCCAMONFINA)

Per quanto riguarda l'area meridionale del Lazio al confine con la Campania (Fig. 1) è possibile individuare un settore in continua subsidenza fin dalle fasi iniziali dell'evoluzione del vulcano di Roccamonfina. Infatti, in quest'area, pur avendo individuato sulla base delle analisi di facies e dei caratteri litologici dei sedimenti, le fasi sin e inter-eruttive di ogni eruzione del vulcano in un arco di tempo compreso tra i 600 ed i 250 ka, non è stato possibile stabilire alcuna relazione con la situazione costiera in mancanza di depositi correlabili (GIORDANO *et alii*, 2002a; DE RITA *et alii*, 2003a). Tuttavia,

sulla base delle date geocronologiche disponibili sono stati identificati 4 sintemi, correlati rispettivamente agli stadi isotopici 11, 9, 7 e 5 (Fig. 8) (DE RITA *et alii*, 2003a). Si riscontra una correlazione sorprendente di questi sintemi con quelli riconosciuti nei settori più a nord, almeno per l'intervallo di tempo relativo agli ultimi 400 ka. Al di sotto, l'organizzazione delle unità in UBSU è molto più complessa: la successione delle unità eruttive relative alla crescita del vulcano di Roccamonfina è stata organizzata all'interno di un unico sintema (Sintema M. Ofelio) che in realtà comprende più superfici relative alle oscillazioni del livello del mare, che non possono però essere correlate verso costa per la mancanza di affioramenti. Tuttavia è possibile stabilirne l'inizio in coincidenza delle prime manifestazioni vulcaniche

dell'area datate circa a 600 ka (BALLINI *et alii*, 1989). Le unità vulcaniche poggiano su sedimenti sabbioso-argillosi quaternari e su conglomerati riferiti al Pliocene superiore (Conglomerati di Minturno; GIORDANO *et alii*, 1995), attualmente molto al di sotto del livello del mare, a testimonianza che, lungo questo tratto della costa meridionale del Lazio, il vulcanismo è contemporaneo ad un processo di subsidenza.

DISCUSSIONE DEI DATI E NOTE CONCLUSIVE

Il confronto dell'evoluzione dei settori analizzati permette alcune considerazioni di interesse generale e alcune conclusioni interessanti ai fini della ricostruzione

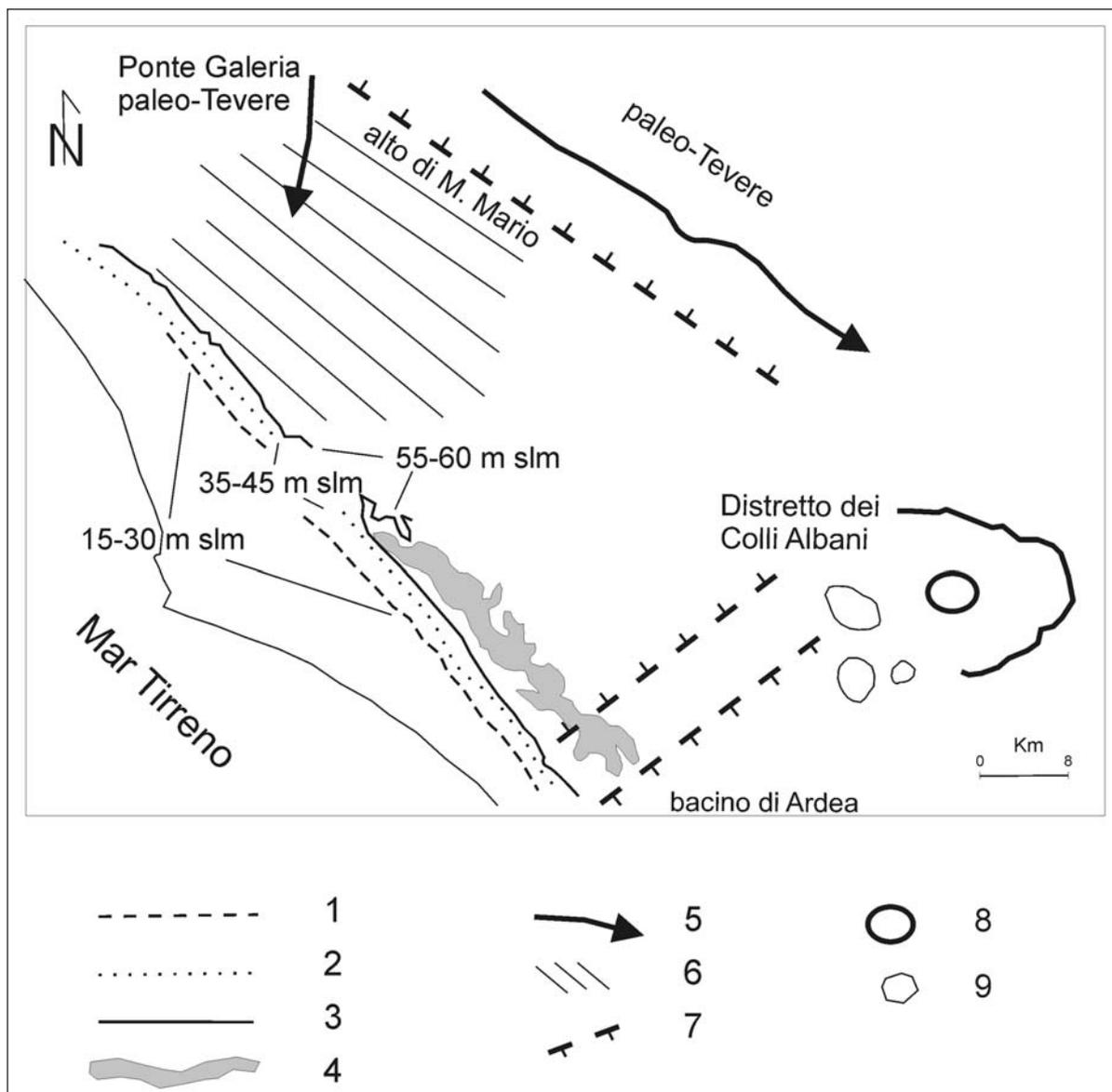


Fig.7 - Schema delle principali caratteristiche strutturali, vulcaniche e geomorfologiche dell'area costiera romana. 1) Terrazzo marino relativo allo stadio isotopico 5; 2) Terrazzo marino relativo allo stadio isotopico 7; 3) Terrazzo marino relativo allo stadio isotopico 9; 4) Alto strutturale di Pomezia-Castel Porziano; 5) Corso del paleo-Tevere; 6) Delta del paleo-Tevere; 7) Faglie principali; 8) Caldere; 9) Crateri. (Modificato da GIORDANO *et alii*, 2003)

Scheme of the main structural, volcanic, geomorphologic features of the roman coastal area. 1) Isotopic stadi 5 marine terrace; 2) Isotopic stadi 7 marine terrace; 3) Isotopic stadi 9 marine terrace; 4) Pomezia-Castel Porziano structural high; 5) Paleo-Tiber course; 6) Paleo-Tiber delta; 7) Main faults; 8) Caldera rim; 9) Crater rim. (Modified from GIORDANO *et alii*, 2003)

dell'evoluzione del margine costiero del Lazio. L'attività vulcanica alcalino potassica è preceduta da un generale sollevamento costiero che porta all'emersione dell'area a circa 850 ka, contemporaneamente sia nel Lazio settentrionale che in quello centrale. Questo sollevamento ha interessato anche la piattaforma costiera ed è riconoscibile nei terrazzamenti presenti sulle isole pontine. Mentre sul margine continentale non sono evidenti elementi strutturali significativi che hanno accompagnato tale sollevamento, nelle isole è ipotizzabile una tettonica estensionale che potrebbe risalire a questo intervallo di tempo.

Nel caso delle isole pontine, il lavoro di riconoscimento e correlazione delle superfici di discontinuità e dei terrazzi, ha posto una serie di problemi che vale la pena di riassumere: in caso di presenza di corpi intrusivi subsuperficiali di tipo criptodomi, superfici piane debolmente inclinate vengono prodotte dallo stesso processo di risalita del corpo intrusivo e non indicano necessariamente la presenza di un terrazzo marino, a meno del ritrovamento in situ dei sedimenti relativi. Superfici piane, ad esempio si sono sviluppate durante la crescita del domo di Syowa Sinzan in Giappone o del domo di Lassen Peak in California (WILLIAMS & Mc BIRNEY, 1979). La veloce crescita di questi domi, da pochi mesi a poche centinaia di anni, è in grado inoltre di giustificare, nel caso di domi cresciuti lungo la costa, la presenza di uno o più terrazzi basculati che non necessariamente indicano ordini di terrazzi successivi relazionabili alle oscillazioni del livello del mare (vedi il caso dell'isola di Panarea). E' quindi necessaria un'attenta valutazione della genesi delle varie superfici ed un loro confronto con quelle identificabili lungo la costa continentale.

Un altro dato interessante, ottenuto tramite la correlazione delle superfici di base dei sintemi con i momenti di basso stazionamento del livello del mare (Fig. 8) è la presenza, lungo la costa del Lazio, di tre ordini di terrazzi correlati agli stadi isotopici 9, 7 e 5, confrontabili tra loro per numero, età e quote.

I tassi di sollevamento calcolati per l'area costiera del Lazio settentrionale e per quella romana (Fig. 9) sono dell'ordine di 0,2 mm annui, confrontabili tra loro ed in accordo con i tassi di sollevamento regionale calcolati per il Tirreniano (BORDONI & VALENSISE, 1998, ANZIDEI *et alii*, 2002). Questo dato permette a sua volta di valutare gli effetti della tettonica regionale rispetto a quella locale. Ad esempio localmente nell'area di Castel Porziano il tasso di sollevamento del Sintema Quartaccio, calcolato di circa $2,0 \pm 0,2$ mm/anno (GIORDANO *et alii*, 2003), risulta di entità maggiore e consente di valutare tale entità come connessa all'azione di una tettonica locale. Considerato poi l'intervallo di tempo relativo è possibile relazionare il sollevamento al climax dell'attività vulcanica, ricorso appunto in questo periodo (CAVINATO *et alii*, 1992, 1994).

Il riconoscimento di terrazzi analoghi sulla costa settentrionale e centrale del Lazio pone un quesito interessante ai fini dell'organizzazione cartografica nazionale: i sintemi relativi infatti possono essere considerati a tutti gli effetti gli stessi (Fig. 8) e come tali dovrebbero essere nominati allo stesso modo. Questo significa che le nomenclature locali, prese dai toponimi maggiormente significativi per i fogli rilevati, non dovrebbero più essere valide e bisognerebbe trovare un nome significativo alla scala regionale, almeno del Lazio. Questo

problema diviene ancora più evidente quando la correlazione dei sintemi si estende anche a settori come quello di Roccamonfina (Fig. 8) dove non sono presenti sedimenti costieri. Il metodo di rilevamento ha però consentito di individuare nell'area vulcanica sintemi regionali che tramite le date geocronologiche si correlano perfettamente a quelli già individuati più nord. Quindi anche in questo caso i sintemi dovrebbero avere una nomenclatura unificata. Sarebbe interessante a questo punto avere dei confronti nell'area sabatina, non ancora oggetto di rilevamento alla scala 1:50.000, che potrebbe essere risolutiva per questo problema e dove tra l'altro sono presenti fattori locali di grande interesse come la messa in posto dei domi intrusivi di Tolfa, dei Ceriti e dei Cimini che per età costituirebbero l'anello mancante tra l'area delle pontine e quella della costa sia in termini di estensione regionale che temporale. Un altro problema riguarda la risoluzione di alcuni sintemi che sia nel Lazio settentrionale che in quello centrale sono in realtà la somma di più sintemi (S. Marcello a nord, Ponte Galeria al centro e M. Ofelio a sud). Questi sintemi in realtà contengono sicuramente più superfici relative a diversi momenti di basso ed alto stazionamento del livello del mare (MILLI, 1997; MARRA *et alii*, 1998) che non sono state introdotte per più motivi. A nord per la mancanza di sufficienti affioramenti, nel centro e a sud perché elementi come il delta del Tevere e la crescita di un vulcano rendono difficile con la loro rapida sedimentazione l'attribuzione certa delle superfici riconosciute alle oscillazioni del livello del mare. Quindi a rigore di logica in realtà i sedimenti relativi non costituiscono un unico sintema ma un'associazione di sintemi, che non può essere definita supersintema perché per questa definizione è necessaria una gerarchia delle superfici limiti maggiore. Si vuole pertanto suggerire di introdurre un'ulteriore nomenclatura ad esempio associazione di sintemi, per apportare ulteriore suddivisioni nel futuro, qualora il dettaglio stratigrafico lo consentisse.

Un ultimo dato importante che vale la pena di sottolineare riguarda proprio la mancanza dei sedimenti nell'area costiera di Roccamonfina. Tale assenza permette di evidenziare il processo di subsidenza, per altro già noto, di questo settore (IPPOLITO *et alii*, 1973; NASO & TALLINI, 1993; CATENACCI & MOLINARI, 1965; GIORDANO *et alii*, 1995).

Si ringraziano vivamente tutti i collaboratori al progetto CARG, fogli geologici Montalto di Castro, Tarquinia, Roma, Albano, Borgo Grappa e del progetto pilota Roccamonfina.

NOTA

In una riunione avvenuta in sede APAT nel Gennaio 2005 è stata proposta una nomenclatura unificata dei supersintemi e dei sintemi riconosciuti come gli stessi lungo la costa del Lazio. Pertanto attualmente il Supersintema Aquatrasversa ha sostituito i Supersintemi Monte Riccio e Monte Mario; il Supersintema Aurelio-Pontino ha sostituito i Supersintemi Marta, Zannone e Galeria; il sintema Ponte Galeria si chiama Magliana; il Sintema Flaminia sostituisce il Sintema Santa Cecilia; il Sintema Villa Glori il Valle Giulia; il Sintema Barca di Parma il Quartaccio; il Sintema Fiume Fiora Archi di Pontecchio e Campo Selva; ed infine il Sintema Fiume Marta il Casalone, Zannone sud e Saccopastore. Il Supersintema Ponza ed il Sintema Pontino sono stati soppressi non avendo superfici di base identificate.

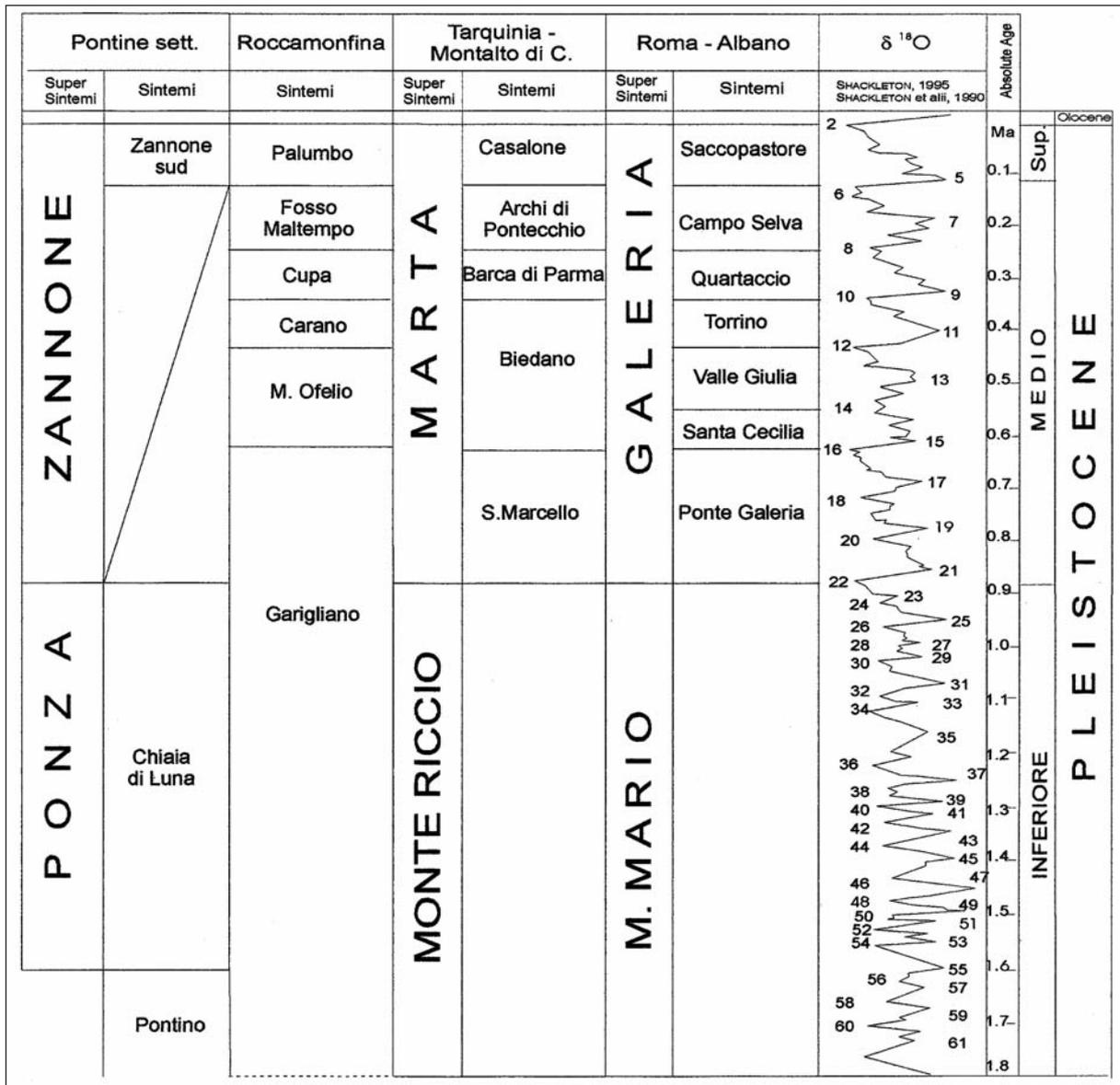


Fig. 8 - Correlazione delle unità a limiti inconformi rapportata alla scala degli stadi isotopici (SHACKLETON *et alii*, 1990; SHACKLETON, 1995). Lo schema evidenzia come l'organizzazione delle unità in UBSU, rapportata alle variazioni del livello del mare, permetta correlazioni significative a livello regionale, ponendo il problema della nomenclatura dei sintemi e supersintemi a questa scala.

*Correlations between unconformity bounded stratigraphic units compared to the isotopic stadi scale (SHACKLETON *et alii*, 1990; SHACKLETON, 1995). The scheme evidences the UBSU methodology capability to allow stratigraphic correlations at regional scale.*

STADIO ISOTOPICO	SINTEMI Lazio sett.	Quota superficie (m slm).	Tassi di sollevamento (mm/anno)	SINTEMI area romana	Quota superficie (m slm).	Tassi di sollevamento (mm/anno)	COMMENTO
5	Casalone	Top (10-27)	0,2 - 0,04	Saccopastore	Top (15-30)	0,21 - 0,08	Sollevamento regionale
7	Archi di Pontecchio	Top (30-45)	0,4 - 0,22	Campo Selva	Top (35-45)	0,61 - 0,11	Sollevamento regionale
9	Barca di Parma	Top (50-65)	0,07 - 0,015	Quartaccio (Vitinia)	Top (55-65)	0,38 - 0,08	Sollevamento regionale

Fig. 9 - Confronto dei tassi di sollevamento calcolati per l'area costiera del Lazio settentrionale e per l'area costiera romana.

Comparison of the uplift rates computed for the northern Latium coastal area and for the roman coastal area.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ALBERTI A., BERTINI M., BONO G.L., NAPPI G., SALVATI L. (1970) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 136 Toscana, Foglio 142 Civitavecchia* - Servizio Geologico D'Italia.
- AMBROSETTI P., BONADONNA F.P. (1967) - *Revisione dei dati sul Plio-Pleistocene di Roma* - Atti Acc.Gioe. di Sc. Nat. Catania, **18**, pp. 33-70.
- AMBROSETTI P., BARTOLINI C., BOSI C. (1981) - *L'evoluzione geologica e morfologica quaternaria dell'area adiacente la bassa Valle del Fiume Fiora (Viterbo)*. Geog. Fis. Dinam. Quat. **4**, pp. 104-134.
- AMBROSETTI P., CARBONI M.G., CONTI M.A., COSTANTINI A., ESU D., GANDIN A., GIROTTI O., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., NICOSIA U., PARISI G., SANDRELLI F. (1978) - *Evoluzione paleogeografica e tettonica nei bacini Tosco-Umbro-Laziali nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore* - Mem. Soc. Geol. It. **19**, pp. 573-580.
- ANZIDEI M., ESPOSITO A., BENINI A. (2002) - *Using Roman age submerged structures as leveling benchmarks: interaction between recent sea level variations and crustal deformation* - 2002 EGS General Assembly, Nice, abstract volume.
- BALLINI A. BARBERI F., LAURENZI M. A. MEZZETTI F., VILLA I.M. (1989) - *Nuovi dati sulla stratigrafia del vulcano di Roccamonfina*. Boll. Grup. Naz. Vulc. **2** pp. 533-555.
- BARBERI F., BORSI S., FERRARA G., INNOCENTI F. (1967) - *Contributo alla conoscenza vulcanologica e magmatologica delle Isole dell'Arcipelago Pontino* - Mem. Soc. Geol. It. **6**, pp. 581-606.
- BARBERI F., INNOCENTI F., LANDI P., ROSSI U., SAITTA M. SANTACROCE R., VILLA I.M. (1984) - *The evolution of the Latera caldera (Central Italy) in the light of subsurface data*. Bull. Volc. - **47**, pp. 125-141.
- BARTOLINI C., BOSI C. (1983) - *The Tyrrhenian transgression in the Tarquinia area (Northern Latium, Italy)*. - Geog. Fis. Din. Quat. **6**, pp. 131-136.
- BARTOLINI C., BELLUOMINI G., BOSI C. (1984) - *Isoleucine epimerization as a tool for dating northern Latium raised beaches* - Boll. Soc. Geol. It. **103**, pp. 485-490.
- BELLUCCI F., GRIMALDI M., LIRER L., RAPOLLA A. (1997) - *Structure and geological evolution of the island of Ponza, Italy; inferences from geological and gravimetric data* - J. Volcanol. Geotherm. Res. **79**, pp. 87-96.
- BELLUCCI F., LIRER M., MUNNO R. (1999) - *Geology of Ponza, Ventotene and Santo Stefano islands (with 1:15.000 scale geological map)*. - Acta Vulcanol. **11** (2), pp. 197-222.
- BERGAMIN L., CARBONI M.G., DI BELLA L., MARRA F., PALAGI I. (2000) - *Stratigraphical and paleoenvironmental evidences of the Pleistocene sediments of M.Mario (Rome)* - Ecl. Geol. Helv. **93**, pp. 265-275.
- BERNARDI A., DE RITA D., FUNICIELLO R., INNOCENTI F., VILLA I.M. (1982) - *Chronology and structural evolution of Alban Hills volcanic complex, Latium, Italy* - Workshop on explosive volcanism, S.Martino al Cimino.
- BONADONNA F.P. (1967) - *Studi sul Pleistocene del Lazio. III. Linee di costa lungo il litorale di Tarquinia (Lazio settentrionale)*. - Geologica Romana **6**, pp. 121-135.
- BORDONI P., VALENSISE G. (1998) - *Deformation of the 125 ka marine terrace in Italy: tectonic implications* - In Stewart I.S. e Vita Finzi C. (Eds.) Coastal Tectonics, Geol. Soc. of London, sp.pub. **146**, pp. 71-110.
- BOSI C., PALIERI L., SPOSATO A. (1990) - *Guida all'esplorazione sui terrazzi e linee di costa del litorale del Lazio settentrionale* - Ottobre AIQUA, CNR.
- CARBONI M.G. (1980) - *Contributi alla stratigrafia del sottosuolo della Campagna Romana: il sondaggio Malagrotta* - Boll. Soc. Geol. It., **99**, pp. 167-174.
- CARMASSI M., DE RITA D., DI FILIPPO M., FUNICIELLO R. (1983) - *Geology and volcanic evolution of the island of Ponza, Italy* - Geol. Rom. **22**, pp. 211-232.
- CARRARA C., CONATO V., DAI PRA G. (1986) - *Segnalazione di sedimenti pliocenici nell'isola di Palmarola (Isole pontine, Italia centrale)* - Mem. Soc. Geol. It. **35**, pp.127-131.
- CARRARA C., CONATO V., DAI PRA G. (1993) - *Marine and continental Plio-Quaternary deposits of the Pontine islands* - In: Quaternary Stratigraphy in Volcanic Areas, Field Excursion Guide Book, pp. 53-61.
- CARRARA C., CREMASCHI M., DAI PRA G. (1994) - *Oscillazioni del livello marino, depositi e morfogenesi continentali nelle Isole Pontine (Italia centrale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. **17**, pp. 139-153.
- CATENACCI E., MOLINARI V. (1966) - *Sull'età dei conglomerati di Minturno (Lazio meridionale)* - Boll.Serv. Geol.It. **86**, pp. 27-43.
- CAVINATO G.P., DE RITA D., MILLI S., ZARLENGA F. (1992) - *Correlazione tra i principali eventi tettonici, sedimentari, vulcanici ed eustatici che hanno interessato l'entroterra (conche intrappenniniche) ed il margine costiero laziale durante il Pliocene superiore ed il Pleistocene* - Studi Geol. Camerti, v. spec. 1992/1, pp. 109-114.
- CAVINATO G.P., COSENTINO D., DE RITA D., FUNICIELLO R., PAROTTO M. (1994) - *Tectonic-sedimentary evolution of intrappenninic basins and correlation with the volcano-tectonic activity in Central Italy* - Mem. Desc. Carta Geol. D'Italia **49**, pp. 63-76.
- CIMARELLI C, DE RITA D., FABBRI M. (2003) - *Facies association of submarine dome complexes: examples from Italy* - IUGG 2003 Congress Sapporo, Japan. Abstract volume.
- CIONI R. (1993) - *Il complesso di Bolsena e il vulcanismo alcalino-potassico del Lazio settentrionale*. Tesi di Dottorato V Ciclo Università di Pisa.
- CIONI R., SBRANA A., BERTAGNINI A., BUONASORTE G., LANDI P., ROSSI U., SALVATI L. (1987) - *Tephrostratigraphic correlation in the Vulsini, Vico e Sbatini volcanic successions* - Per Min. **56**, pp. 137-155.
- CONATO V., DAI PRA G. (1980) - *Livelli marini pleistocenici e neotettonica fra Civitavecchia e Tarquinia (Italia Centrale)*. Geol. Rom. **19**, pp. 181-194.
- CONATO V., ESU D., MALATESTA A., ZARLENGA F. (1980) - *New data on the Pleistocene of Rome*. Quaternaria **22**, pp.131-176.
- DE RITA D., FUNICIELLO R., ROSSI U., SPOSATO A. (1983) - *Structure and evolution of the Sacrofano-Baccano caldera (Sabatini volcanic complex, Rome)* - Jour. Volc. Geoth. Res. **17**, pp. 219-236.
- DE RITA D., FUNICIELLO R., PANTOSTI D., SALVINI F., SPOSATO A., VELONÀ M. (1986) - *Geological and structural characteristics of the Pontine islands (Italy) and implication with the evolution of Tyrrhenian margin* - Mem. Soc.Geol. It. **36**, pp. 55-65.

- DE RITA D., FABBRI M., GIORDANO G., RODANI S., TRIGARI A. (2000) - *L'utilizzo delle unità stratigrafiche a Limiti Inconformi in ambiente vulcanico e vulcanoclastico: proposta di una metodologia di terreno e di organizzazione informatica dei dati*. Boll. Soc. Geol. It. **119**, pp. 749-760.
- DE RITA D., GIORDANO G., CECILI A. (2001) - *A model for submarine rhyolite dome growth: Ponza Island (central Italy)* - Jour. Volc. Geoth. Res., **107**, pp. 221-239.
- DE RITA D., GIORDANO G., ESPOSITO A., FABBRI M., PACCARA P., MAZZINI I., MARSILI P., TRIGARI A. (2002 a) - *Large volume, Middle Pleistocene, phreatomagmatic ignimbrites from the Colli Albani Volcano: stratigraphy, eruptive history and structural control* - Jour. Volc. Geoth. Res. **118**, pp. 77-98.
- DE RITA D., FABBRI M., MAZZINI I., PACCARA P., SPOSATO A., TRIGARI A. (2002 b) - *Volcaniclastic sedimentation in coastal environments: the interplay between volcanism and Quaternary sea level changes (Central Italy)* - Quater. Inter. **95-96**, pp. 141-154.
- DE RITA D., GIORDANO G., FABBRI M., RODANI S. - *Carta geologica del settore sudoccidentale del vulcano di Roccamonfina* - Atlante prototipale per il rilevamento dei nuovi fogli geologici alla scala 1:50.000 coord per le aree vulcaniche: Pasquarè G., (in stampa).
- DE RITA D., CIMARELLI C., CONTE A.M., DOLFI D., FABBRI M., LOMBARDI L. - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 413 Borgo Grappa (parte a terra)* - Servizio Geologico d'Italia (in stampa).
- FACCENNA C., FUNICIELLO R., BRUNI A., MATTEI M., SAGNOTTI L. (1994) - *Evolution of a transfer-related basin: the Ardea basin (Latium, Central Italy)* - Basin Res. **6**, pp. 35-46.
- FAZZINI P., GELMINI R., MANTOVANI M.P., PELLEGRINI M. (1972) - *Geologia dei Monti della Tolfa (Lazio settentrionale; province di Viterbo e Roma)* - Mem. Soc. Geol. It. **11**, pp. 65-144.
- FUNICIELLO R., DE RITA D., SPOSATO A. (coord) Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 353 Montalto di Castro. In stampa
- GIORDANO G., NASO G., TRIGARI A. (1995) - *Evoluzione tettonica di un settore particolare del margine tirrenico: l'area al confine tra Lazio e Campania. Prime considerazioni* - Studi Geol. Camerti, v.spec. 1995/2.
- GIORDANO G., DE RITA D., FABBRI M., RODANI S. (2002 a) - *Facies associations of rain-generated versus crater lake-withdrawal lahar deposits from Quaternary volcanoes, central Italy*. Jour. Volc. Geoth. Res. **118**, pp. 145-159.
- GIORDANO G., ESPOSITO A., DE RITA D., FABBRI M., MAZZINI I., PACCARA P., FUNICIELLO R. (2002 b) - *Evoluzione geologica del margine tirrenico laziale tra il Pleistocene inferiore e medio*. Riassunti del convegno FIST, Torino.
- GIORDANO G., ESPOSITO A., DE RITA D., FABBRI M., MAZZINI I., TRIGARI A., ROSA C., FUNICIELLO R. (2003) - *The sedimentation along the roman coast between Middle and Upper Pleistocene: the interplay of eustatism, tectonics and volcanism, new data and review*. Il Quaternario **16** (bis), pp. 121-129.
- HEARTY P.J. (1986) - *An inventory of last interglacial (sensu lato) age deposits from the Mediterranean Basin: a study of isoleucine epimerization and U-Series dating* - Z. Geomorph. N.F. **62**, pp. 51-69.
- HEARTY P.J., DAI PRA G. (1986a) - *Aminostratigraphy of Quaternary Marine Deposits in the Lazio Region of Central Italy* - Z. Geomorph. N. F. Suppl. **62**, pp. 131-140.
- HEARTY P.J., DAI PRA G. (1986b) - *Paleogeographic reconstruction of quaternary shoreline environments in Toscana and north Lazio, central Italy* - ENEA RT/PASS/86/27.
- KARNER D., RENNE P.R. (1998) - *³⁹Ar/⁴⁰Ar geochronology of roman volcanic province tephra in the Tiber River valley: age calibration of Middle Pleistocene sea-level changes* - Geol. Soc. Am. Bull. **110**, pp. 740-747.
- KARNER D., MARRA F., RENNE R. (2001 a) - *The history of the Monti Sabatini and Alban Hills volcanoes: groundwork for assessing volcanic-tectonic hazards for Rome* - Jour. Volc. Geoth. Res. **107** (1-3), pp. 185-215.
- KARNER D., MARRA F., FLORINDO F., BOSCHI E. (2001 b) - *Pulsed uplift estimated from terrace elevation in the coast of Rome: evidence for a new phase of volcanic activity?* - Earth. Plan. Science Lett. **188**, (1-2), pp. 135-148.
- IPPOLITO F., ORTOLANI F., RUSSO M. (1973) - *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino campano: reinterpretazioni dei dati di antiche ricerche di idrocarburi* - Mem. Soc. Geol. It. **12**, pp. 227-250.
- LAURENZI M. A., VILLA I. M. (1987) - *⁴⁰Ar/³⁹Ar chronostratigraphy of Vico ignimbrites* - Per. Min. **56**, pp. 285-293.
- MALATESTA A., ZARLENGA F. (1985) - *Il Quaternario di Pomezia (Roma) e la sua fauna marina* - Boll. Soc. Geol. It. **104**, pp. 503-514.
- MALATESTA A., ZARLENGA F. (1986) - *Evoluzione paleogeografico-strutturale plioleistocenica del basso bacino romano a nord a sud del Tevere* - Mem. Soc. Geol. It. **35**, pp. 75-85.
- MALATESTA A., ZARLENGA F. (1988) - *Evidence of Middle Pleistocene marine transgressions along the Mediterranean coast* - Palaeogeog. Palaeoclim. **68**, pp. 311-315.
- MARRA F. (1993) - *Stratigrafia e assetto geologico-strutturale dell'area romana tra il Tevere ed il Rio Galeria* - Geol. Rom. **29**, pp. 515-535.
- MARRA F., CARBONI M.G., DI BELLA L., FACCENNA C., FUNICIELLO R., ROSA C. (1995) - *Il substrato plioleistocenico nell'area romana* - Boll. Soc. Geol. It. **114**, pp. 195-214.
- MARRA F., ROSA C. (1995) - *Stratigrafia ed assetto geologico-strutturale dell'area romana compresa fra il Tevere ed il Rio Galeria* - Geol. Rom. **29**, pp. 515-535.
- MARRA F., FLORINDO F., KARNER D.B., DANIEL B. (1998) - *Paleomagnetism and geochronology of early Middle Pleistocene depositional sequences near Rome: comparison with the deep-sea D18 O record* - Earth. Plan. Sci. Lett. **159**, pp. 147-164.
- MARTORELLI E., CHIOCCI F.L., CONTE A.M., BELLINO M., BOSMAN A. (2003) - *Affioramenti vulcanici sottomarini dell'arcipelago pontino occidentale: caratteri petrologici e morfocostici* - Riassunti del Convegno FIST Geitalia 2003, Bellaria 16-18 Settembre.
- MESSINA P., PALIERI L. & SPOSATO A. (1990) - *La diversione del F. Fiora (Lazio Settentrionale) in relazione agli eventi eustatici del Pleistocene medio-superiore* - Il Quaternario **3** (2), pp. 119-130.
- METZELTIN S., VEZZOLI L. (1983) - *Contributi alla geologia*

- del Vulcano di Latera (Monti Vulsini, Toscana meridionale-Lazio settentrionale) - Mem. Soc. Geol. It. **25**, pp. 247-271.
- MILLI S. (1992) - *Analisi di facies e ciclostratigrafia in depositi di piana costiera e marino marginali. Un esempio nel Pleistocene del bacino romano* - PHD thesis, pp. 215 Università di Roma La Sapienza.
- MILLI S. (1997) - *Depositional setting and high frequency sequence stratigraphy of the middle-upper Pleistocene and Holocene deposits of the roman basin* - Geol. Rom. **33**, pp. 99-136.
- NAPPI G. (1985) - *Stratigrafia e petrografia dei Vulsini sud-occidentali (Caldera di Latera)* - Boll. Soc. Geol. It. **88**, pp. 171-181.
- NASO G., TALLINI M. (1993) - *Tettonica compressiva e distensiva nei Monti Aurunci occidentali (Appennino centrale): prime considerazioni* - Geol. Rom. **29**, pp. 455-462.
- NICOLETTI M., PETRUCCIANI C., PIRO M., TRIGLIA R. (1981) - *Nuove datazioni vulsine per uno schema di evoluzione dell'attività vulcanica: Nota II: Il quadrante sud-occidentale* - Per. Min. **50**, pp. 141-169.
- PALIERI L., SPOSATO A. (1988) - *Segnalazione di fauna a Strombus bubonius nell'area compresa tra Tarquinia e Montalto di Castro* - Il Quaternario **1** (2), pp. 161-166
- PALIERI L., RAFFI I., SPOSATO A. (1990) - *Dati preliminari sul Pliocene nella fascia costiera del Lazio settentrionale*. Rend. Soc. Geol. It., **13**:111-114
- PAROTTO M., PRATURLON A. (1975) - *Geological summary of Central Apennines* - Quaderni de "La ricerca scientifica", **90**.
- RADICATI DI BROZOLO F., HUNEKE J.C., PAPANASTASIOU D.A., WASSEMBURG G.J. (1981) - *$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and Rb/Sr age determinations on Quaternary volcanic rocks*. Earth Pla. Sci. Lett. **53**, pp. 445-456.
- RADTKE U. (1983) - *Genese und Altersstellung der marinen terrassen zwischen Civitavecchia und Monte Argentario (Mittellitalien) unter besonderer Berücksichtigung der elektronenspin-resonanz Altersbestimmungsmethode* - Dusseld: Geog. Schr., **22**, 25-33.
- RADTKE U., HENNIG J., LINKE W., MUNGERDORF J. (1981) - *$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ - And ESR- dating problems of fossils shells in the Pleistocene marine terraces (Northern Latium, Central Italy)* - Quaternaria, **23**., pp. 37-50
- RADTKE U., HENNIG G. J., MANGINI A. (1982) - *Untersuchungen zur Chronostratigraphie mariner Terrassen in Mittelitalien - $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$ und ESR-Datierungen an fossilen Mollusken* - Eiszeitalter U. Gegenwart **32**, pp. 49-55.
- ROSA C. (1995) - *Evoluzione geologica quaternaria delle aree vulcaniche laziali: confronto tra il settore dei Monti Sabatini e quello dei Colli Albani* - Tesi di Dottorato VII° ciclo - Univerisità di Roma "La Sapienza".
- SALVADOR A. (1987a). *Uncorformity Bounded Stratigraphic Units* - Geol. Soc. Am. Bull. **98**, 232-237.
- SALVADOR A. (1987b) - *Stratigraphic classification and Nomenclature of Igneous and Metamorphic Rock Bodies* - ISSC. Geological Society of American Bulletin **99**, pp. 440-442.
- SAVELLI C. (1983) - *Età K/Ar delle principali manifestazioni riolitiche dell'isola di Ponza* - Rend. Soc. Geol. It. **6**, pp. 39-42.
- SAVELLI C. (1987) - *K/Ar ages and chemical data of volcanism in western Pontine Islands (Tyrrhenian Sea)* - Boll. Soc. Geol. It. **106**, pp. 537-546.
- SAVELLI F. (1943) - *La bentonite, le argille colloidali e le loro applicazioni scientifiche ed industriali*. **21**, pp. 202-213. Hoepli. Milano.
- SCUTTER C.R., CAS R.A.F., MOORE L. (1998) - *Facies architecture and origin of submarine rhyolitic lava flow-dome complex, Ponza, Italy* - Jour. Geophys. Res. **103** (B11), pp. 27551-27566.
- SEGRE A.G. (1952) - *Formazioni quaternarie marine ed oliche delle isole di Palmarola e Ponza (Mar Tirreno, prov. Latina)* - Contr. Sci. Geol. - Suppl. a "La ricerca scientifica"; anno **22**, pp. 129-137.
- SEGRE A.G. (1953) - *Biogeografia dell'isola di Zannone. Morfologia e geologia* - Rend. Acc. Naz. Lincei, 4, serie 4
- SHACKLETON N.J., BERGER A., PELTIER W.R. (1990) - *Alternative astronomical calibration of the Lower Pleistocene time scale based on ODP Site 677* - R. Soc. Edim. Trans. (Earth Sc.) **81**, pp. 251-261.
- SHACKLETON N.J. (1995) - *New data on the evolution of Pliocene climatic variability* - In: Paleoclimate and evolution, with emphasis on human origins. Ed. by E.S. Vrba, G.H. Denton, T.C. Partdrige, L.H. Burkle, pp. 242-248. Yale University/ New Haven and London.
- SMITH G.A. (1991) - *Facies sequences and geometries in continental volcanoclastic sediments* - In "Sedimentation in volcanic settings" edited by Fisher R.V. and Smith G.A., Society for Sedimentary Geology special publication 45, pp. 109-121.
- SOLLEVANTI F. (1983) - *Geologic, volcanologic and tectonic setting of the Vico-Cimino area, Italy* - Jour. Volc. Geoth. Res. **17**, pp. 203-217.
- VEZZOLI L. (1988) - *Attività esplosiva alcalino-potassica pleistocenica dell'isola di Ponza* - Boll. GNV, 4 , pp. 584-599.
- WAELEBROECK C., LABEYRIE L., MICHEL E., DUPLESSY J.C., MCMANUS J.F., LAMBECK K., BALBON E., LABRACHERIE M. (2002) - *Sea level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records* - Quat. Sc. Rev. **21**, pp. 295-305.
- WILLIAMS H., MC BIRNEY A.R. (1979) - *Volcanology* - Freeman Cooper & Co., San Francisco.
- ZITELLINI N., MARANI M., BORSETTI A.M. (1984) - *Post-orogenic tectonic evolution of Palmarola and Ventotene basins (Pontine Archipelago)* - Mem. Soc. Geol. It.; **27**, pp. 121-131

Ms. ricevuto l'11 maggio 2004
 Testo definitivo ricevuto il 22 giugno 2004

Ms. received: May 11, 2004
 Final text received: June 22, 2004.