

IL CONTROLLO DELLA TETTONICA E DELLE OSCILLAZIONI GLACIO-EUSTATICHE SULLE SEQUENZE DEPOSIZIONALI COSTIERE NELL'AREA DI PONTE GALERIA (ROMA): VINCOLI RADIOMETRICI, PALEOMAGNETICI E CINEMATICI

F. Marra⁽¹⁾ - F. Florindo⁽¹⁾ - D.B. Karner⁽²⁾

⁽¹⁾Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, Italia

⁽²⁾Dept. of Physics, University of California, Berkeley, U.S.A.

ABSTRACT - Coastal depositional sequences controlled by tectonics and glacio-eustatic sea level oscillations in the Ponte Galeria (Rome) area: radiometric, paleomagnetic and kinematic constraints - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences, 10(2), 1997, 363-370 - A sequence-stratigraphic analysis of clastic coastal deposits of the Tiber River delta (Ponte Galeria Formation - PGF) cropping out to the southwest of Rome, was carried out in order to correlate these deposits with Pleistocene eustatic variations. Tectonic subsidence affected sedimentation, however the effects are distinguished from the glacio-eustatic ones. A paleomagnetic investigation on clay horizons deposited before and after the Brunhes-Matuyama reversal, combined with ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages from tuff horizons within the PGF, allowed to constrain the timing of observed relative sea-level changes and compare it to that of the astronomically calibrated deep sea $\delta^{18}\text{O}$ record. The position of the Brunhes-Matuyama boundary within PGF postdates highstand systems tract sediments, and suggests that the reversal occurred late in $\delta^{18}\text{O}$ stage 19. On the basis of this datum, the assumption of a common continental stage marking the start of the Middle Pleistocene ($\delta^{18}\text{O}$ stage 22) is not supported by the Tiber River sections, which would have begun during stage 20.

Parole chiave: Oscillazioni glacio-eustatiche, tettonica quaternaria, geocronologia, magnetostratigrafia, stratigrafia sequenziale
Key words: Glacio-eustatic oscillations, Quaternary tectonics, geochronology, magnetostratigraphy, sequential stratigraphy

1. INTRODUZIONE

La "Formazione di Ponte Galeria" (FPG) (Ambrosetti & Bonadonna, 1967) è costituita dai depositi dell'antico delta del Tevere ("Paleotevere") (Fig. 1), di età medio-pleistocenica. Tali depositi sono trasgressivi su di un substrato sedimentario marino plio-pleistocenico, e la loro messa in posto precede l'inizio dell'attività parossistica dei Distretti vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani (600 ka; Karner & Renne, 1997). I caratteri stratigrafici della FPG sono stati descritti da Conato *et al.* (1980; Fig. 2), mentre una loro dettagliata analisi di facies è stata effettuata da Milli (1992) e Bellotti *et al.* (1993). Nonostante l'abbondante letteratura esistente, anche i tentativi più recenti di correlare le sequenze deposizionali che costituiscono la FPG con le oscillazioni glacio-eustatiche (Milli, 1992; De Rita *et al.*, 1992; Marra *et al.*, 1995), sono risultati problematici e contrastanti tra loro. Il motivo principale è da attribuirsi senza dubbio al mancato riconoscimento del ruolo giocato dalla tettonica sulle variazioni del livello marino, e all'assenza di dati cronostratigrafici assoluti, che potessero vincolare le varie speculazioni di carattere essenzialmente morfostratigrafico, sedimentologico e paleontologico. Per ovviare a questo è stato intrapreso uno studio stratigrafico-strutturale di dettaglio, che è stato integrato con datazioni assolute col metodo ⁴⁰Ar/³⁹Ar su singolo cristallo (Karner & Renne, 1997), e con lo studio magne-

tostratigrafico di due orizzonti argillosi depositi prima e dopo il reversal magnetico Matuyama/Brunhes.

2. CARATTERI STRATIGRAFICI DELLA SUCCESSIONE DI PONTE GALERIA

Una dettagliata analisi di facies è stata eseguita sui depositi medio-pleistocenici della successione di Ponte Galeria, grazie allo studio di numerose sezioni esposte dall'intensa attività di cava e la sua integrazione con un centinaio di dati di sondaggio. È stato così possibile ricostruire delle sequenze deposizionali costiere, separate da superfici di inconformità, legate alle oscillazioni eustatiche.

La porzione basale della Formazione di Ponte Galeria (PG1, Fig. 3) è una sequenza a gradazione diretta che passa da ghiaie fluviali ad argille ("Argille a Helicella", HC) di ambiente che da lacustre evolve a lagunale. Le HC risultano erose verso SW: in questo settore ai conglomerati fluviali segue un livello trasgressivo di ghiaie e sabbie a laminazione piano parallela, con abbondanti malacofaune (facies di spiaggia sommersa inferiore, Bellotti *et al.*, 1993). All'interno di questo livello è stato rinvenuto in tutte le sezioni studiate un fall piroclastico a carattere scoriaceo-pomico.

In tutta l'area indagata, due set progradanti di ghiaie (facies di spiaggia sommersa superiore, Bellotti *et al.*,

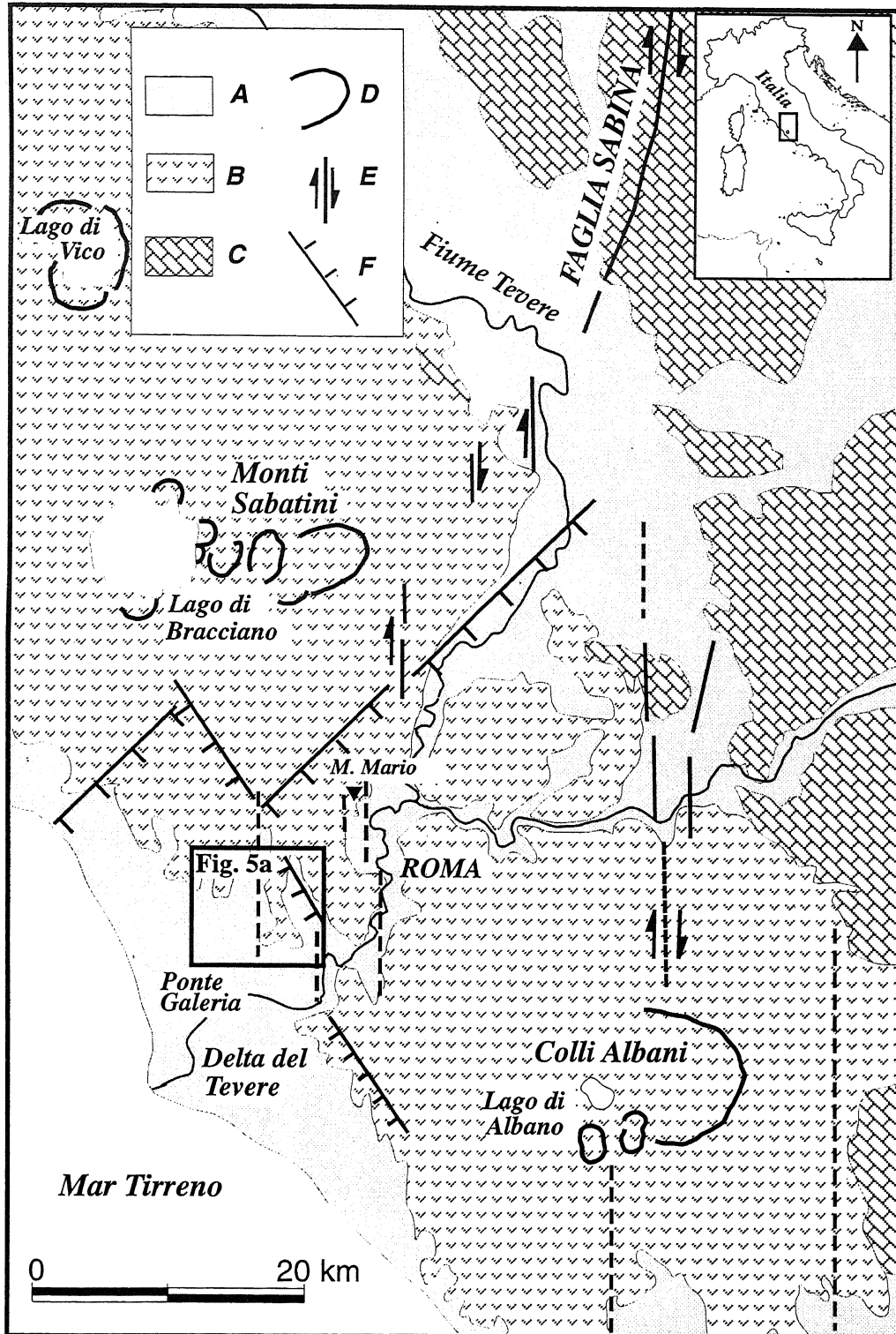


Fig. 1 - Schema geologico-strutturale del margine tirrenico centrale, con la localizzazione dell'area studiata. A) depositi sedimentari plio-quadernari; B) vulcaniti medio-pleistoceniche; C) strutture carbonatiche della catena appenninica; D) orli di crateri e caldere; E) principali faglie trascorrenti; F) principali faglie normali che controllano l'assetto del substrato plio-pleistocenico.

Location and geological sketchmap of the studied area. A) Plio-Quaternary sedimentary deposits; B) Middle-Upper Pleistocene volcanic deposits; C) Mesozoic-Tertiary Apenninic carbonates; D) calderas and crater rims; E) Main strike-slip faults; F) Buried main normal faults.

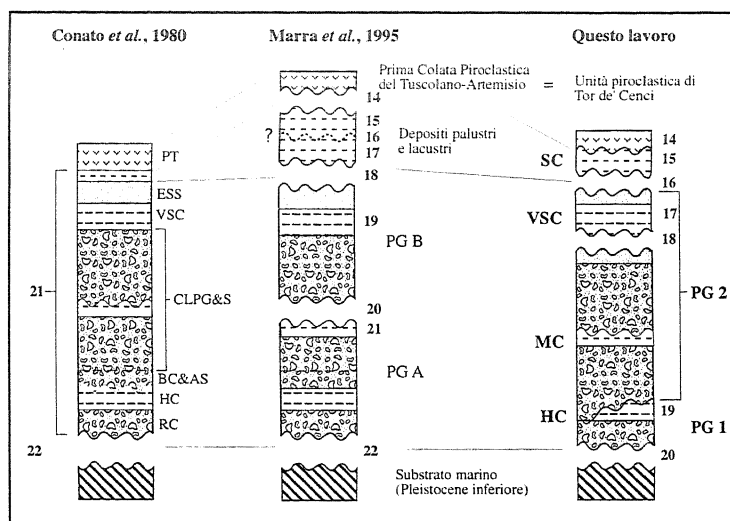


Fig. 2 - Confronto tra la sezione tipo della Formazione di Ponte Galeria (FPG) secondo Conato *et al.* (1980), la revisione preliminare secondo Marra *et al.* (1995) e i risultati del presente studio. RC: conglomerati fluviali; HC: argille ad *Helicella*; BC&AS: conglomerato di spiaggia e sabbie ad *A. islandica*; CLPG&S: ghiaie e sabbie con frequenti laminazioni incrociate; VSC: argille a *Venerupis senescens*; ESS: sabbie eoliche salmonate; PT: tufi pisolitici. SC: Unità di Santa Cecilia; MC: orizzonte argilloso intermedio.

Stratigraphy of the Ponte Galeria Formation (PGF). Left column, PGF after Conato et al. (1980): RC, river pebble and cobble conglomerate; HC, Helicella bearing clay; BC&AS, beach conglomerate and A. islandica sand; CLPG&S, pebble gravel and sand with cross laminations; VSC, Venerupis senescens clay; ESS, eolian salmon sand; PT, Pisolitic Tuffs. Middle column, reinterpretation of PGF depositional sequences after Marra et al. (1995). Right column: this paper; SC, Santa Cecilia Unit.

1993) seguono le HC o, laddove queste sono erose, il livello ghiaioso-sabbioso contenente il livello piroclastico. Questi due set di ghiaie sono separati da un orizzonte pressochè continuo di argille (MC), con spessore variabile tra 0.5 e 1-2 m, che mostra caratteri salmastri verso SW, mentre passa a facies decisamente continentali (diatomiti) verso NE (Fig. 3). L'insieme dei tre livelli ghiaiosi in facies di spiaggia sommersa costituisce la porzione basale di quello che è stato da noi riconosciuto come il secondo ciclo deposizionale (PG2) all'interno della FPG, culminante nelle "Argille a *Venerupis senescens*" (VSC), che presentano caratteri da lagunali a litorali, seguite dalle "Sabbie salmonate", con caratteri da litorali ad eolici. Una discontinuità alla base delle VSC è tuttavia rivelata dalla presenza di un deposito sabbioso di spiaggia emersa (Bellotti *et al.*, 1993), al tetto del secondo set di ghiaie progredienti.

Al tetto della FPG è stata identificata una terza sequenza deposizionale, l'Unità di Santa Cecilia (SC) (Karner & Marra, 1997), che è a sua volta seguita, in disconformità, dai depositi piroclastici ascritti alla Prima Colata piroclastica del Tuscolano-Artemisio (De Rita *et al.*, 1988), o "Tufi pisolitici" *Auct.* (= Unità piroclastica di Tor de' Cenci; Marra & Rosa, 1995). All'interno della SC sono stati rinvenuti due distinti livelli piroclastici che ne hanno permesso la datazione (Fig. 3).

3. VINCOLI RADIOMETRICI E PALEOMAGNETICI: CORRELAZIONE CON LA SCALA DEGLI ISOTOPPI DELL'OSSIGENO ($\delta^{18}O$)

Lo studio paleomagnetico delle HC ha dimostrato il loro carattere inverso (Marra *et al.*, sottomesso a EPSL). Questo indica che esse si sono deposte prima del limite paleomagnetico Matuyama/Brunhes (775 ± 4 ka; Bassinot *et al.*, 1994). La comparazione della ricorrenza del *reversal* M/B con l'andamento della curva isotopica in una carota oceanica analizzata da Bassinot *et al.* (1994), ha dimostrato che questo evento paleomagnetico avviene subito dopo l'*highstand* dello *stage* 19, cioè all'inizio

della fase regressiva che culmina nel *lowstand* dello *stage* 18. La porzione basale (PG1) della PGF corrisponde a un ciclo trasgressivo completo e lo studio paleomagnetico comparato all'analisi di facies sulle HC ha dimostrato che queste argille mantengono il carattere inverso lungo tutto il loro spessore. Poichè la parte alta delle HC già mostra caratteri regressivi, se ne deduce che, in analogia con quanto osservato da Bassinot *et al.* (1994), anche nel delta del "Paleotevere" il *reversal* non avviene fintanto che non sia cominciata la fase regressiva (Fig. 4).

Con l'obiettivo di vincolare ulteriormente la posizione del limite paleomagnetico Matuyama/Brunhes all'interno della FPG, è stato eseguito lo studio magnetostratigrafico del livello intermedio di argille (MC). L'orizzonte argilloso è stato campionato in località Castel Malnome (Fig. 5) ed ha rivelato una polarità magnetica normale (Marra *et al.*, in stampa). Il carattere normale del livello argilloso subito sopra le HC e l'età radiometrica (753 ± 17 ka; Karner & Renne, 1997) del livello piroclastico intercalato alla base del più basso livello di ghiaie del secondo ciclo (PG2) della FPG, testimoniano concordemente che il *reversal* era già avvenuto all'inizio di questo secondo ciclo (Figg. 3, 4).

Il contatto erosivo al tetto delle HC è un'altra evidenza dell'inizio di una fase regressiva; l'età del livello piroclastico conferma che la porzione basale del secondo ciclo deposizionale (PG2) si depone in prossimità del *lowstand* dello *stage* 18 (che ricorre circa 720 ka nella scala di Bassinot *et al.*, 1994, Fig. 4). In base a queste considerazioni è stato ipotizzato che la porzione basale della FPG (PG1) corrisponde al passaggio dal cataglaciale dello *stage* 20 al successivo interglaciale, culminante nello *stage* 19.

L'ipotesi di correlare la PG1 con *stages* più antichi, ad esempio il 22-21, implicherebbe d'altro canto l'esistenza di uno *hiatus* di almeno 100.000 anni, che non sembra trovare alcun riscontro nei caratteri di moderata erosione al tetto della PG1, nè con lo stile tettonico riconosciuto, che accompagna la deposizione della FPG e si esplica essenzialmente attraverso il collasso dell'area del delta del "Paleotevere", rendendo improbabile l'elisione per erosione di termini sedimentari.

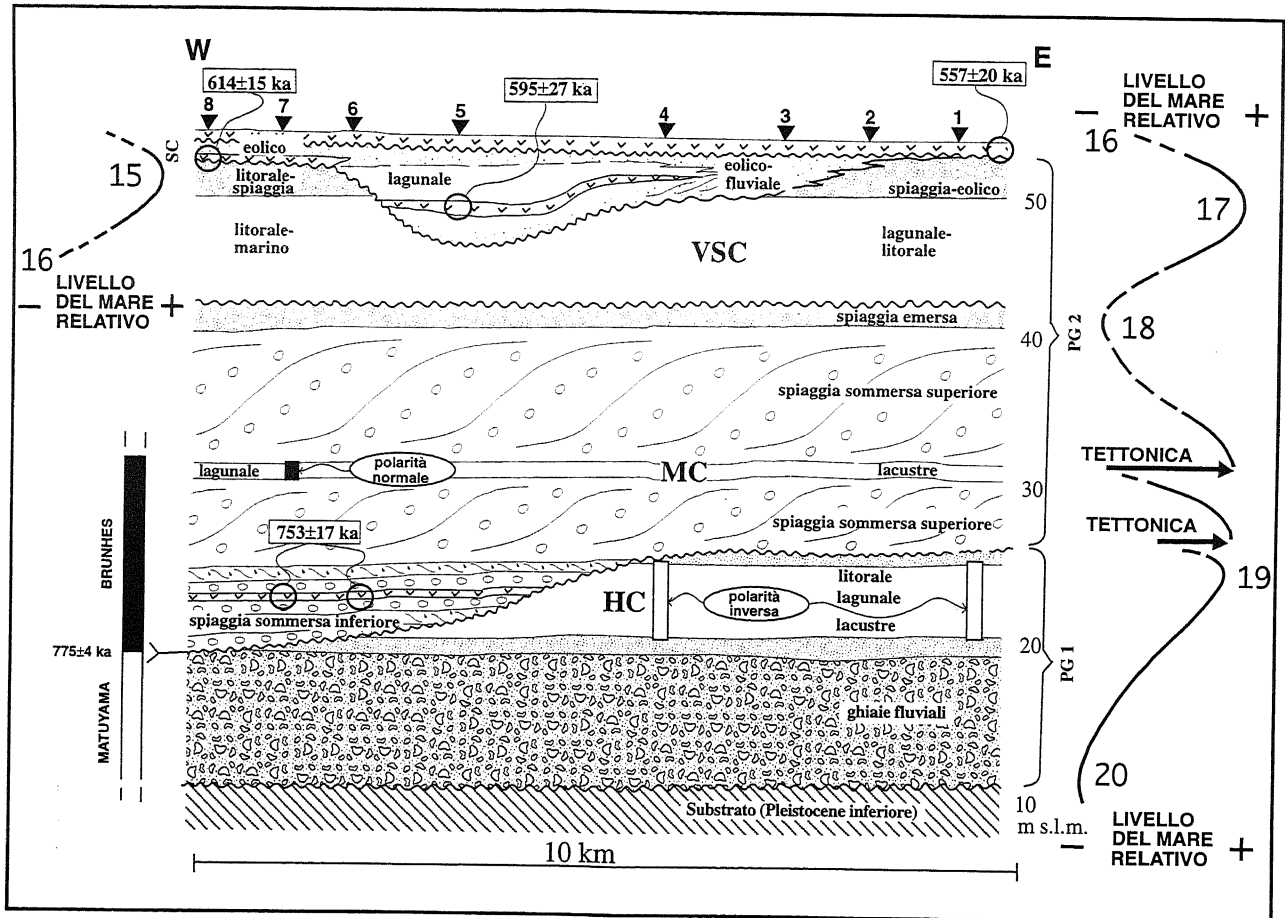


Fig. 3 - Ricostruzione dell'assetto stratigrafico della FPG. I triangoli ed i numeri da 1 a 8 indicano la proiezione lungo la sezione dei siti (affioramenti e sondaggi) usati per la ricostruzione. Sono inoltre riportati i caratteri sedimentologici-sequenziali dei livelli sedimentari e la posizione dei siti di prelievo e i risultati delle indagini sui campioni per l'analisi magnetostratigrafica e radiometrica. E' inoltre mostrato l'andamento delle oscillazioni eustatiche desunto dall'analisi sequenziale e la sua correlazione con gli stages isotopici in base ai vincoli paleomagnetici, radiometrici e strutturali.

Palimpsestic reconstruction based on correlation of exposures and well data (sites 1-8). Intervals sampled for paleomagnetic investigations and the position of the dated ash layers are shown. Relative sea level oscillations, inferred from stratigraphic analyses and structural investigations, are correlated with $\delta^{18}O$ isotopic stages, on the basis of radiometric and paleomagnetic constraints.

Risulta a questo punto da capire come le ghiaie basali del secondo ciclo, deposte al di sopra di sedimenti lagunali durante una fase di ritiro della linea di costa, possano presentarsi in facies marina. Tale apparente contraddizione ha trovato una spiegazione plausibile quando si è riconosciuto il ruolo giocato dalla tettonica rispetto alla ciclicità glacio-eustatica, come spiegato più avanti, evidenziata dalla ricostruzione stratigrafico-strutturale ed esplicata principalmente durante la deposizione dei diversi livelli ghiaiosi superiori.

Per ciò che riguarda l'Unità di Santa Cecilia (SC), i due tefra rinvenuti al suo interno hanno fornito età radiometriche di 595 ± 27 e 614 ± 15 ka, rispettivamente (Karner & Renne, 1997). Queste età permettono di correlare la deposizione della SC con l'*highstand* dello stage 15 (Figg. 3, 4). La presenza di una *unconformity* al tetto della SC, al di sopra della quale si è deposta l'Unità piroclastica di Tor de' Cenci, datata 557 ± 20 ka (Karner & Renne, 1997), conferma ulteriormente la correlazione della SC con lo stage 15. Questo fatto impone di correla-

re il deposito di *highstand* sottostante, rappresentato dalle VSC, ad uno stage più antico, di conseguenza il 17.

4. ASSETTO TETTONICO DELL'AREA DI PONTE GALERIA

La ricostruzione degli andamenti della superficie di tetto delle HC e delle VSC (Fig. 5), ottenuta grazie all'integrazione dei dati di campagna con un *dataset* relativo ad oltre 100 sondaggi, ha messo in evidenza una forte controllo della tettonica sull'assetto dell'area di Ponte Galeria. In particolare le HC, in corrispondenza di settori di dimensioni estremamente limitate, risultano sollevate fino a circa 10 m rispetto alle aree circostanti, pur mantenendo inalterato il proprio spessore ed i caratteri sedimentologici e di facies (settori marcati col simbolo + in Fig. 5a), mentre altrove (Casale Lumbroso) presentano spessori molto elevati, fino a 14 m (Fig. 5b). Gli spessori pressochè costanti dei livelli stratigrafici sottostanti permettono di escludere che le HC possano essersi depo-

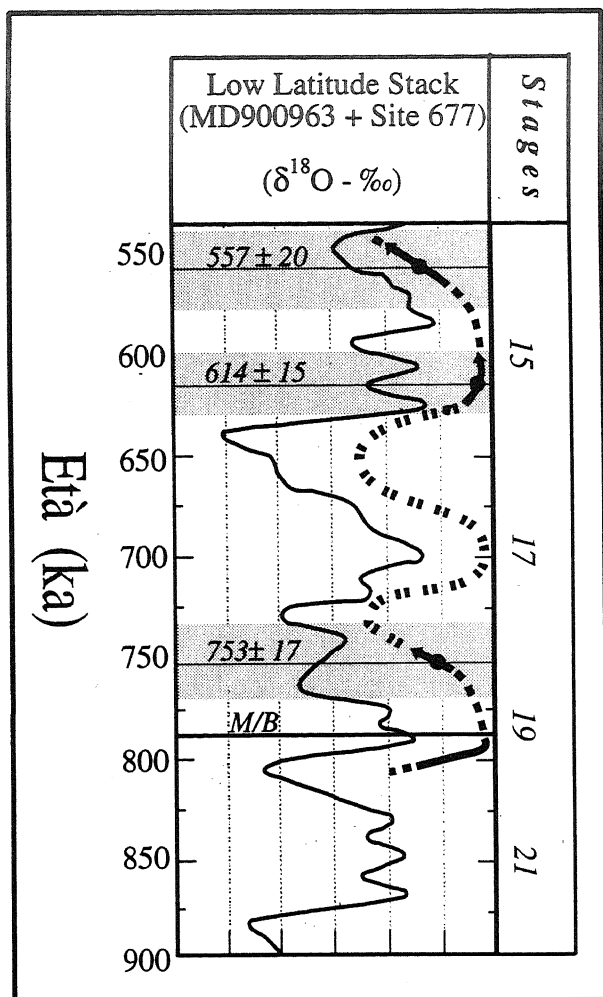


Fig. 4 - Comparazione delle oscillazioni glacio-eustatiche desunte dall'interpretazione della stratigrafia della FPG (curva superiore) con la scala degli isotopi dell'ossigeno (curva inferiore, da Bassinot *et al.*, 1994). Le porzioni continue della linea superiore costituiscono i vincoli temporali derivati dai dati radiometrici e paleomagnetici.

Comparison between the PGF sea level history (upper curve) and Low Latitude Stack (MD900963 and ODP Site 677) from Bassinot *et al.* (1994) (lower curve). Solid portions of the PGF sea level curve reflect time constraints either from paleomagnetic data or the ages of the pyroclastic layers.

ste su una superficie già articolata in alti e bassi morfologici. Il profilo di Figura 5b evidenzia inoltre come la loro fagliazione sia iniziata con caratteri sinsedimentari e sia poi proseguita sia in un periodo precedente che posteriormente alla deposizione delle VSC.

Risulta quindi evidente come una discreta attività tettonica abbia inizio subito prima della deposizione dei due set progredienti di ghiaie e con le ghiaie contenenti il livello piroclastico datato 753 ± 17 ka, e prosegua poi nel tempo. L'età di queste ghiaie ed il fatto che si depongono sulla superficie erosa delle HC indicano che esse corrispondono ad un periodo di regressione culminante nel *lowstand* dello stage 18. Abbiamo inoltre visto come le HC si correlino all'*highstand* dello stage 19 e le VSC a quello dello stage 17. Le facies marine che caratterizza-

no indistintamente tutti questi livelli di ghiaie, pertanto, possono spiegarsi unicamente con un collasso generale dell'area del delta del "Paleotevere", in corrispondenza con la regressione legata allo stage 18. Tale collasso avrebbe annullato l'effetto delle fase regressiva, riportando l'area di Ponte Galeria al di sotto del livello del mare. Il fatto che l'area del delta del "Paleotevere" dev'essere stata soggetta, in quest'intervallo di tempo, ad una rapida subsidenza, può essere evinto anche prendendo in considerazione il fatto che non risulta in letteratura alcuna sensibile differenza nei rapporti isotopici dell'Ossigeno tra gli stages 19 e 17. Ne segue che anche i massimi stazionamenti della linea di costa ad essi associati debbano essere stati sostanzialmente uguali. Le VSC, viceversa, che rappresentano l'orizzonte stratigrafico correlabile con la massima risalita eustatica dopo la deposizione delle HC, mostrano mediamente una superficie di tetto ad una quota maggiore di 25 m rispetto a quella delle HC. Tale differenza di quota, pertanto, può essere spiegata soltanto con un collasso dell'area del delta: tale collasso rende ragione della limitata erosione osservabile al tetto delle HC (il processo erosivo viene fermato dal collasso tettonico e dalla conseguente re-ingressione), del carattere marino dei depositi associati al *lowstand* e della differenza di quota tra i due depositi (HC e VSC) associati a *highstand* successivi.

La tettonica che interessa l'area di Ponte Galeria, pur manifestandosi in generale sotto forma di un collasso regionale, presenta caratteri complessi che lasciano ipotizzare, a nostro avviso, l'alternarsi di fasi puramente estensionali con fasi a carattere trascorrente. Questo fatto trova riscontro nel profilo di Figura 5b, dove è stato necessario ipotizzare un doppio verso di ribassamento su alcune faglie (tipico per faglie verticali, quali le trascorrenti, riattivate in estensione). Non sarebbe altrimenti spiegabile la quota di tetto delle HC (34 m s.l.m.) molto più alta a Casale Lumbroso, dove pure esse mostrano 14 m di spessore, rispetto ad aree limitrofe, dove queste culminano attorno a 26 m s.l.m., mostrando appena 3.5 m di spessore.

La presenza di piccole strutture transpressive quindi non risulterebbe in contraddizione con un collasso a scala regionale. Tali strutture possono infatti essere interpretate come la conseguenza dell'interazione di segmenti trascorrenti destri, disposti con geometria in echelon lungo step sinistri (Fig. 5a). Tali segmenti si trovano lungo la diretta prosecuzione meridionale di un'ampia *shear-zone* destra a carattere regionale, che dalle strutture carbonatiche della Sabina si sviluppa con direzione circa N20° lungo il margine tirrenico (Fig. 1) e che è stata attiva almeno fino a tutto il Pleistocene medio (Alfonsi *et al.*, 1991; Faccenna *et al.*, 1994). L'attività di queste faglie trascorrenti destre, in funzione della loro disposizione geometrica a scala regionale, risulta avere prevalentemente carattere transtensivo, e quindi già in grado di produrre fenomeni di collasso. L'ipotesi recente (Marra, sottomesso a Geoph. J. Int.) di un'alternanza di fasi tettoniche trascorrenti ed estensionali nel Pleistocene medio dell'area romana, sembrerebbe tuttavia più plausibile, anche alla luce dei risultati preliminari degli studi di anisotropia della suscettività magnetica condotti sui diversi orizzonti argillosi della FPG. Tali dati prelimi-

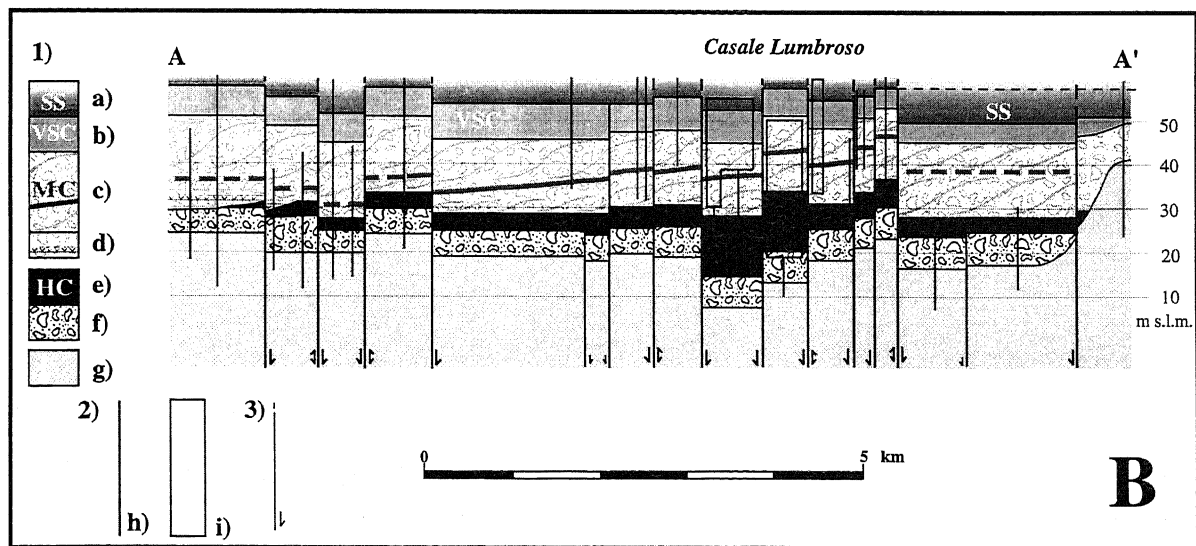
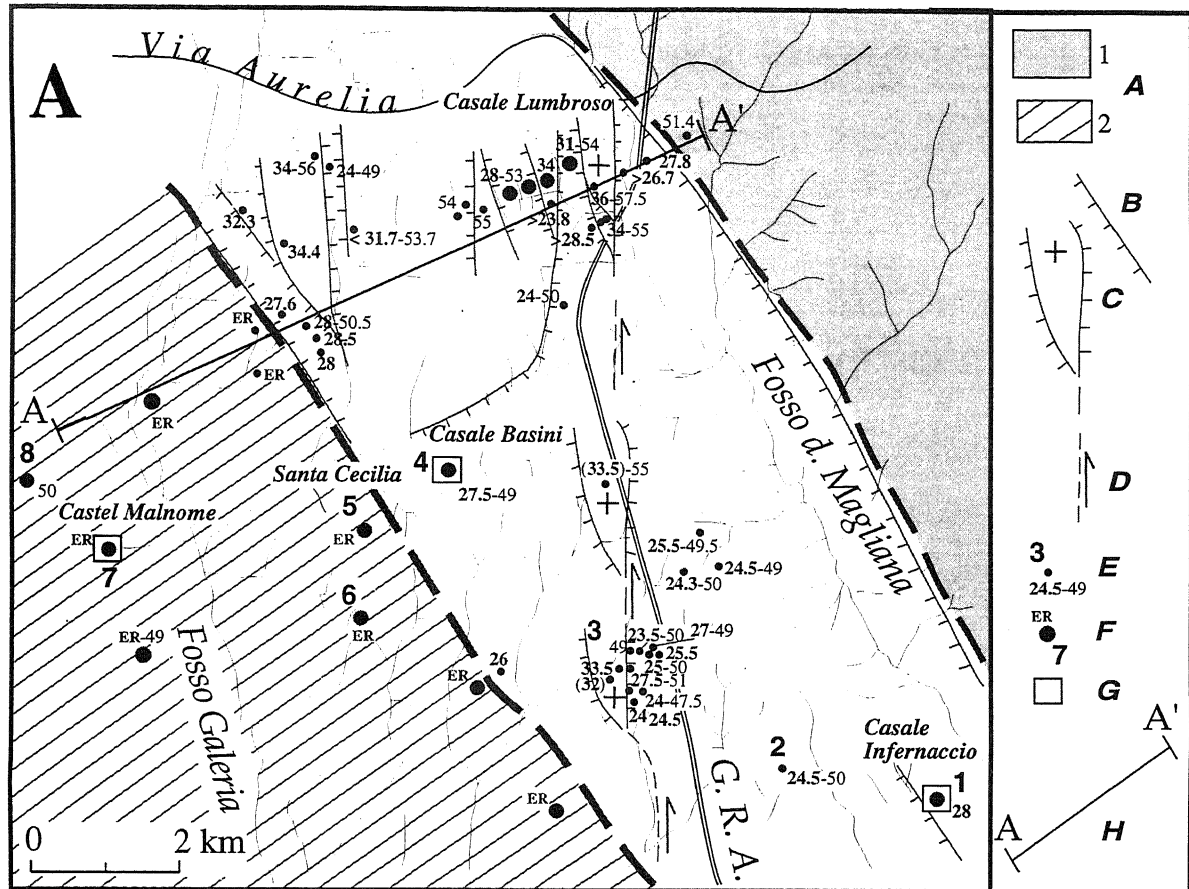


Fig. 5 - (*sopra*) Rappresentazione planimetrica delle quote (in m s.l.m.) della superficie di tetto dei due principali orizzonti argillosi della FPG e delle possibili strutture tettoniche responsabili della loro dislocazione. A) Aree dove le HC sono assenti, perchè non deposte (1), o perchè erose (2); B) faglie dirette; C) settori soggetti a possibile sollevamento relativo ("push-up") legati all'eventuale interazione di D) segmenti *en echelon* trascorrenti destri; E) ubicazione dei sondaggi e F) delle cave analizzate per la ricostruzione stratigrafica: i numeri in grassetto sono relativi alle argille a *Helicella* (HC) (ER indica che suddetto livello è eroso), mentre quelli in corsivo si riferiscono alle argille a *V. senescens* (VSC); i numeri più grandi da 1 a 8 si riferiscono alle località utilizzate per la ricostruzione della sezione mostrata in Figura 3; G) siti in cui è stata effettuata l'analisi paleomagnetica; H) A-A': traccia del profilo di Figura 5b. G.R.A.: Grande Raccordo Anulare di Roma. (*sotto*) Profilo SW-NE mostrante l'assetto stratigrafico-strutturale della FPG. 1) "Sabbie salmonate" (a), VSC (b), ghiaie progradanti (c) separate dal livello di argille intermedio (MC), ghiaie a laminazione piano-parallela contenenti il livello piroclastico di 753 ± 17 ka (d), HC (e), ghiaie fluviali (f), substrato marino del Pleistocene inferiore (g); segue/cont. →

nari hanno fornito indicazioni sul campo di *stress* locale, che sembrano indicare rotazioni di 90° sul piano orizzontale dell'asse di massima suscettività, e quindi del σ_3 (Florindo & Marra, in prep.).

5. CONCLUSIONI

I risultati di questo studio multidisciplinare indicano che l'area di Ponte Galeria è caratterizzata dalla presenza di tre sequenze a gradazione diretta, correlabili con le oscillazioni glacio-eustatiche relative agli *stages* 19, 17 e 15. E' stata viceversa riconosciuta come non direttamente riconducibile alla ciclicità climatica la presenza di due orizzonti progradanti di ghiaie che separano le prime due sequenze. La ricostruzione dei caratteri stratigrafico-strutturali dell'area studiata ha consentito di riconoscere un forte controllo della tettonica sulla sedimentazione, che si è esplicato principalmente a partire dall'intervallo temporale coincidente con la deposizione di questi orizzonti ghiaiosi. L'interpretazione di questo doppio evento di progradazione in termini di un collasso tettonico dell'area del delta del "Paleotevere", trova riscontro nei dati radiometrici e paleomagnetici che vincolano le tre sequenze deposizionali riconosciute e rende conto della facies di ambiente marino che caratterizza questo intervallo.

Si è altresì potuto constatare come apparentemente non esista correlazione tra il picco freddo dello *stage* 22 (inizio del "Pleistocene Glaciale", *sensu* Shackleton & Opdyke, 1976) e l'inizio della sedimentazione a carattere continentale nel delta del "Paleotevere". Questo, oltre a costituire un punto di riflessione per ulteriori approfondimenti, mette ancor più in risalto l'importanza del ruolo della tettonica regionale rispetto alle oscillazioni eustatiche.

In ogni caso, la cronologia dei depositi di costa del delta del "Paleotevere" risulta in buon accordo con le più recenti scale degli isotopi dell'ossigeno calibrate sui

parametri astronomici. Questo mette in evidenza come la cronologia assoluta di sequenze di costa costituisca un valido metodo per una verifica indipendente della teoria di Milankovitch, quando attraverso un approccio come quello illustrato, si riesce ad isolare il segnale glacio-eustatico dalla tettonica e ottenere dei buoni vincoli temporali.

BIBLIOGRAFIA

- Alfonsi L., Funicello R., Mattei M., Girotti O., Maiorani A., Preite Martinez M., Trudu C. & Turi B., 1991 - *Structural and geochemical features of the Sabina strike-slip fault (Central Apennines)*. Boll. Soc. Geol. It., **110**, 217-230.
- Ambrosetti P. & Bonadonna F.P., 1967 - *Revisione dei dati sul Plio-Pleistocene di Roma*. Atti Acc. Gioenia Scienze Naturali Catania, **18**, 33-72.
- Bassinot F.C., Labeyrie L.D., Vincent E., Quidelleur X., Shackleton N.J. & Lancelot Y., 1994 - *The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal*. Earth Planet. Sci. Lett., **126**, 91-108.
- Bellotti P., Chiocchini U., Cipriani N. and Milli S., 1993 - *I sistemi deposizionali nei sedimenti clastici pleistocenici affioranti nei dintorni di Ponte Galeria (sud ovest di Roma)*. Boll. Soc. Geol. It., **112**, 924-941.
- Conato V., Esu D., Malatesta A. & Zarlenga F., 1980 - *New data on the Pleistocene of Rome*. Quaternaria, **22**, 131-176.
- De Rita D., Funicello R. & Parotto M., 1988 - *Carta geologica del Complesso vulcanico dei Colli Albani*. CNR, Roma.
- De Rita D., Milli S., Rosa C. & Zarlenga F., 1992 - *Un'ipotesi di correlazione tra la sedimentazione lungo la costa tirrenica della campagna romana e l'attività vulcanica dei Colli Albani*. Studi Geologici Camerti, volume speciale, **2**, 343-349.
- Faccenna C., Funicello R. & Mattei M., 1994 - *Late Pleistocene N-S shear zones along the Latium Tyrrhenian margin: structural characters and volcanological implications*. Boll. Geof. Teor. Appl., **36**, 507-522.
- Karner D.B. & Renne P.R., 1997 - *⁴⁰Ar/³⁹Ar Geochronology of Roman Province Tephra in the Tiber River Valley: Age Calibration of Middle Pleistocene Sea-Level Changes*. Bull. Geol. Soc. Amer. (in stampa).
- Karner D.B. & Marra F., 1997 - *Correlation of Fluvio-deltaic Aggradational Sections with Glacial Climate History: A Revision of the Classical Pleistocene Stratigraphy of Rome*. Bull. Geol. Soc. Am. (in stampa).
- Marra F., 1997 - *Low-Magnitude Earthquakes of Rome: Structural Interpretation and Implications for Local Stress-Field*. Sottomesso a Geoph. J. Int.
- Marra F., Rosa C., De Rita D. & Funicello R., 1995a - *Stratigraphic and tectonic features of the Middle Pleistocene sedimentary and volcanic deposits in the area of Rome (Italy)*. Quater. Int., in stampa.

2) ubicazione dei sondaggi (h) e delle sezioni di cava (i) analizzati; 3) faglie presunte: per alcune di esse si è dovuto ipotizzare un doppio rigetto, che rende conto dello stile tettonico complesso che ha interessato l'area.

(above) Map of Ponte Galeria area with structures and elevation data of the top surface of HC and VSC. A) Area where the HC is lacking: 1) non-deposited, 2) eroded; B) normal fault; C) possible push-up-like structures, associated with D) strike-slip en echelon faults; E) location of bore holes and F) quarries used for stratigraphic analysis: elevations are in m above sea level, bold numbers represent the upper part of HC (ER indicates that HC is eroded), plain numbers represent the top of VSC; numbers 1-8 indicate the sites used for the palynostratigraphic reconstruction shown in Figure 3; G) location of paleomagnetic sampling; H) A-A', location of the cross-section in Figure 5b; GRA, perimeter road of Rome. (below) Cross-section of PGF deposits along A-A' in Figure 5a. 1) "Salmon sand" (a), VSC (b), prograding gravel (c) and middle clay (MC) layer, plain-parallel gravel containing the 753±17 ka tephra layer (d), HC (e), fluvial gravel (f), Lower Pleistocene substratum (g); 2) boreholes (h) and quarry sections (i) used for stratigraphic reconstruction; 3) inferred faults: opposite displacements have been hypothesised in order to explain the complex tectonic style affecting the PGF.

- Marra F. & Rosa C., 1995 - *Stratigrafia e assetto geologico dell'area romana*. In: "La Geologia di Roma. Il Centro Storico", Volume speciale delle Mem. Descr. della Carta Geol. d'It., **50**, 49-118.
- Marra F., Florindo F. & Karner D.B., 1997 - *Paleomagnetism and geochronology of early Middle Pleistocene depositional sequences near Rome: comparison with the deep sea $\delta^{18}\text{O}$ record*. Sottomesso a E.P.S.L.
- Milli S., 1992 - *Analisi di facies e ciclostratigrafia in depositi di piana costiera e marino marginali. Un esempio nel Pleistocene del Bacino Romano*. Tesi di Dottorato, IV Ciclo, Università di Roma "La Sapienza", Roma.
- Shackleton N.J. & Opdyke N.D., 1976 - *Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-239 Late Pliocene to Latest Pleistocene*. In: Cline R.M. & Heys J.D. (Eds.) "Investigation of Late Quaternary Paleooceanography and Paleoclimatology". Geol. Amer. Mem., **145**, 216-219.

Ms. ricevuto il: 6. 6. 1997

Inviato all'A. per la revisione il: 14. 7. 1997

Testo definitivo ricevuto il: 4. 8. 1997

Ms received: June 6, 1997

Sent to the A. for a revision: July 14, 1997

Final text received: Aug. 4, 1997