

## Alti livelli del Mare del Pleistocene superiore nel Mediterraneo centro-settentrionale

*(High Sea-levels in upper Pleistocene in the middle-North Mediterranean)*

R. MORTARI (\*)

Ricevuto il 3 Febbraio 1972

**RIASSUNTO.** — Sono stati riconosciuti nel Lazio e in Calabria oltre 60 terrazzi di erosione marina che giungono nelle due regioni alle altezze massime di 1049 e 1328 m s.l.m. Nell'Appennino settentrionale e nel Peloponneso è stata ritrovata la parte superiore della stessa successione fino a 1650 e 1514 m s.l.m. rispettivamente. Le differenze fra le massime quote sono attribuite a sollevamenti orogenetici. Ma al di sotto di 144 m s.l.m. Lazio e Calabria hanno 20 terrazzi a quote coincidenti per le due regioni: si ritiene che almeno qui i movimenti orogenetici non siano più avvenuti a partire da 175.000 anni fa. Le datazioni del fenomeno, limitato agli ultimi 275.000 anni, sono state possibili per la presenza nel Lazio di piroclastiti, di diverse delle quali si conosce l'età assoluta. Con i dati a disposizione si è potuta così ricostruire una grande trasgressione marina culminata 270.000 anni fa, con un innalzamento del livello di base di circa 870 m.

**SUMMARY.** — More than sixty terraces of marine origin have been assessed in Latium. They have often been located, and fairly constantly at the same height above Sea level, up to a quote of 1049 m. From Sea level up to a height of 221m they are discontinuously covered by thin layers of transgressive terrains, whose gravel fraction frequencies and sizes allow to recognize various levels reached by the Sea during four different ingressions (fig. 4) and exactly up to 59, 35, 22.5 and 12 m above the actual Sea level. For higher quotes, fig. 3a shows the vertical difference in height between each terrace. The discontinuous shape of the curve connecting all significant val-

---

(\*) Prof. inc. di Geotecnica presso la Facoltà di Scienze Mat., Fis. e Nat., Università degli Studi, Roma.

ues of these differences can be explained by an overlapping of two major events: a great Regression of the Sea; a Sea-volume variation due to glaciation. Same results have been obtained for Calabria, Northern Apennine and Peloponnesus, where the highest terrace has been found respectively at 1328, 1650 and 1514 ms o.s.l. (figs. 3b, 5). These differences are due to orogenic uplifting occurred in the different regions. When there is a coincidence of the sequence, and this generally happens from the terraces situated at 144 m and down, there are reasons to think that the uplifting ended. In order to know the entity of uplifting, remarking, as in fig. 3a, that the values are affected by a certain regularity, exception made for two groups of higher values, the same entity has been calculated on the basis of the difference, on ordinates, between the increased value and the ordinary one which could be expected. On fig. 5 two particular terraces for each series, well recognizable in the field for their more mature morphology, are outlined quite clearly; they do not fit within the sequence of terraces described in fig. 3. According to the author they could have formed during the marine Ingression which anticipated the formation of all the other terraces. The presence in Latium of pyroclastic sediments, whose absolute ages are well known, allowed this phenomenon to be located within an age of the last 280,000 years, and to date some of the terraces. But the criteria followed to ascribe an exact age to all the terraces were taken considering their constant quantity for every stage of climatic change (fig. 3a); this constant quantity probably means a fairly regular periodicity of the Sea volume variations. This periodicity, which could be recognised with a certain approximation even on the paleotemperature curve given by Emiliani (22), is identified with that of 40,000 years due to the variation of the obliquity of the ecliptic. The moment in which the sea reached the maximum volume is put in coincidence with the maximum expansions of the tropical zone. This event happened lastly 9,000 years ago (24); and this seems confirmed by the age of the fourth but last terrace, put down to a little less than 9600 years. Work made by Dansgaard - Johnsen - Moeller and Langway (20) on the ices of Greenland showed that 9,000 years ago a marked improvement of climate had already occurred. Assigning to the interglacial stages corresponding to a maximum of the sea-volume the respective ages of 9,000, 49,000, 89,000 years, it has been possible to reconstruct the behaviour of the sea-level for the last 275,000 yrs. (fig. 7).

On fig. 7 levels have been corrected, where required, by the value of orogenic uplifting; the curve has been drafted considering also the data given by Milliman - Emery (27), Cotecchia - Dai Pra - Magri (18), and Broecker - Thurber - Goddard - Teh-Lung Ku - Matthews and Mesolella (13). As regards the last six authors, it is remarked that corrections made by them on the various heights on sea level of sampling sites — on account of differential coastal uplifting — were not clearly justified, and were therefore not considered. In order to explain the different conclusions reached by Milliman - Emery on quotes reached recently by the Sea, the author thinks that not always samples collected for absolute datation were the highest deposited by the sea in that particular moment. The datations ascribed to three terraces limiting abruptly towards the sea the outcrops of three tuffs coincided with the absolute ages of same tuffs as determined by Bonadonna - Bigazzi (11) in

Latium in 1970 ( $177 \pm 30$  thousand years,  $127 \pm 13$  thousand yrs,  $90 \pm 18$  thousand years). Said ages were respectively: 163 thousand yrs, 129 thousand yrs, 86 thousand yrs. Considering fig. 3a it can be found that the ticker continuous line shows that there were sea volume variations independent from the major periodicity of 40,000 yrs, with an average periodicity of 22,000 years which is near enough to the 23,000 average value given by Van Woerkom<sup>(24)</sup> for the equinoxes precession over the last 300,000 years. From figures 3 and 5 it can be calculated what should have been the orogenic uplifting in the four regions within the last 270,000 yrs, and fig. 8 is the complete curve of this uplifting for Latium and Calabria and the partial curve for the other two regions. For Latium and Calabria it is remarked that the uplifting, occurred within 70,000 yrs, ended 175,000 yrs ago. Summing up, the data collected speak in favour of a great Transgression with a total sea-level uplifting of 870 m. Furthermore the reasons to believe that the same phenomenon may have occurred more than once during the various geologic periods are discussed.

#### INTRODUZIONE

Vengono esposti i risultati di uno studio effettuato in alcune zone del Lazio, della Calabria, dell'Appennino settentrionale e del Peloponneso (fig. 1) dove le tracce di una grande trasgressione, lasciate dal Mare nel Pleistocene superiore, si riconoscono fino a grande altezza, rispettivamente fino a 1049, 1328, 1650 e 1514 m sopra il livello attuale del Mare. Le tracce consistono in nette variazioni di pendenza nella morfologia con una scarpata di qualche metro di altezza ed un terrazzo in genere limitato in ampiezza ma decisamente meno inclinato rispetto al versante in cui è intagliato. Ciò che fa ritenere fuori di dubbio che questi terrazzi siano di origine marina è l'uguaglianza di quota anche a notevole distanza: ad esempio fra il livello del Mare e la quota 144 m si sono contati nel Lazio 20 antichi terrazzi, e in Calabria non solo ve ne sono altrettanti, ma essi sono alle stesse identiche quote del Lazio. Inoltre in una stessa regione si rinvengono di frequente terrazzi ma solo a quote determinate; le diversità di quota tra una regione e l'altra sono spiegabili con sollevamenti orogenetici, restando però costante il loro numero nella successione verticale.

La ricerca è stata condotta dapprima nel Lazio, poiché nel Lazio affiorano molti prodotti vulcanici in parte datati, che, incisi o no da terrazzi, permettono non solo di limitare il fenomeno nel tempo, ma anche di assegnare delle precise età quando i tufi si siano depositi durante il ciclo trasgressivo. Lo studio nelle altre regioni ha avuto lo scopo di verificare la validità delle osservazioni effettuate nel Lazio e di arrivare a delle conclusioni più generali.

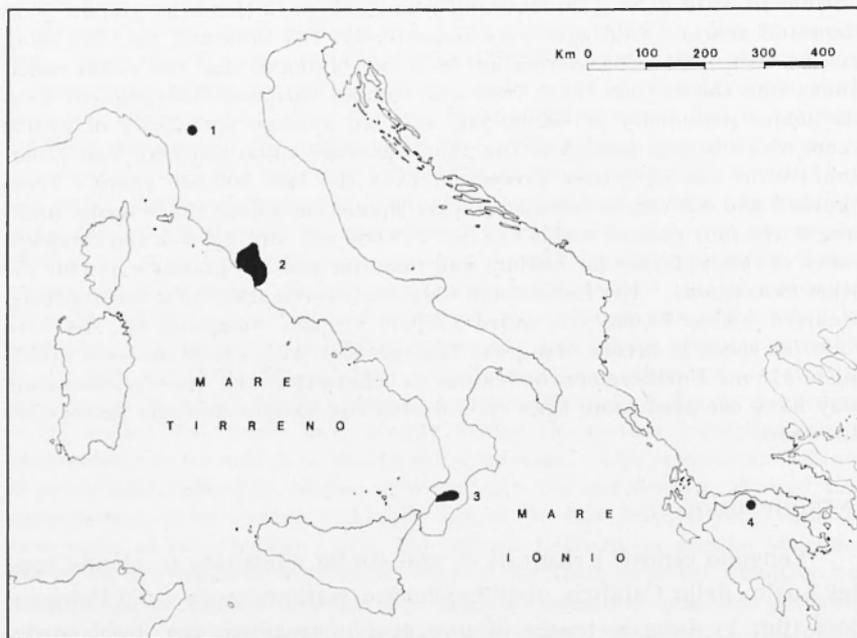


Fig. 1 - Distribuzione geografica delle zone studiate. 1) Appennino settentrionale (M. Cimone, m 2165); 2) Lazio centro-settentrionale; 3) Calabria (Serre); 4) Peloponneso (M. Coelòs, m 1820).

Fig. 1 - Geographical distribution of the studied areas. 1) Northern Apennine (M. Cimone, m 2165); 2) Northern-central Latium; 3) Calabria (Serre); 4) Peloponnesus (M. Coelòs m 1820).

#### OSSERVAZIONI NELL'AREA LAZIALE.

I principali lavori sulle linee di costa del Pleistocene superiore del Lazio sono dovuti in passato a Gignoux e a Blanc. Gignoux<sup>(25)</sup> aveva riconosciuto a Nord di Civitavecchia tracce di linee di riva tirreniane fra i 15 e i 35 m s.l.m., documentate soprattutto da lembi di « panchina ». A Sud di Civitavecchia, Blanc<sup>(4, 5)</sup> riuscì a seguire fino alla foce del Tevere le tracce di una linea di costa tirreniana a 20 m s.l.m., rappresentate dagli affioramenti tipici di Casale di Statua e del Granaretto, nonché da terrazzi di abrasione marina ricoperti da « sabbie rubefatte wurmiane », e da « cordoni litorali ghiaiosi ». Anche a Sud del Tevere si hanno tracce lasciate dal Mare alla quota di 21 ÷ 22 m, sopra alla grotta del Fossellone, al Monte Circeo. Sempre su questo promontorio Blanc individuò una antica spiaggia a 38 m e un solco marino,

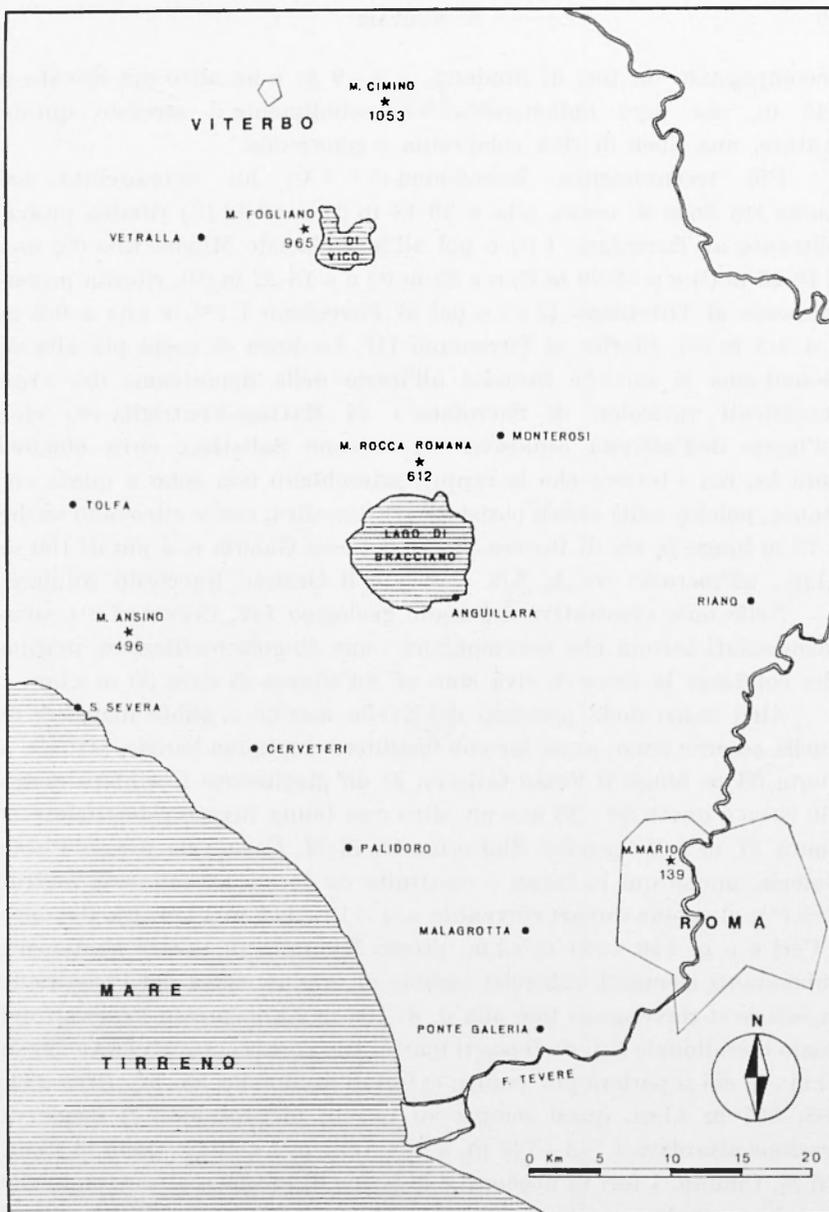


Fig. 2 - Lazio centro-settentrionale. Località cui si fa riferimento nel testo. La maggior parte dell'area studiata è ricoperta da tufi continentali dei vulcani Sabatino e Vicano.

Fig. 2 - Northern-central Latium. Sites quoted in the text. The great majority of the studied areas are covered by the continental tuffs of the Sabatino and Vican volcanoes.

accompagnato da fori di litodomi, a  $8 \div 9$  m e un altro più elevato a 110 m, che però indicherebbe « verosimilmente », secondo questo Autore, una linea di riva calabriana o pliocenica.

Più recentemente, Bonadonna (7, 8, 9, 11) ha riconosciuto nel Lazio tre linee di costa, una a 39-48 m (8) o 39-42 (11) riferita probabilmente al Tirreniano I (7) e poi all'interglaciale Mindel-Riss (8), una a 18-25 m (7) o a 15-20 m (8) o a 25 m (9) o a 18-22 m (11), riferita probabilmente al Tirreniano II (7) e poi al Tirreniano I (11), e una a 0-2 m o a 2-3 m (11), riferita al Tirreniano III. La linea di costa più alta di Bonadonna si sarebbe formata all'inizio della deposizione dei « tufi stratificati varicolori di Sacrofano » di Mattias-Ventriglia (26) cioè all'inizio dell'attività esplosiva del vulcano Sabatino, circa 800.000 anni fa; ma i terreni che la rappresenterebbero non sono a quota costante, poiché, nella stessa posizione stratigrafica, essi si ritrovano anche a 73 m lungo la via di Boccea presso il Fosso Galeria e, a più di 100 m s.l.m., all'incrocio tra la S.S. Cassia e il Grande RacCORDo Anulare.

Nelle note illustrative del foglio geologico 149, Cerveteri (21), sono riconosciuti terreni che testimoniano « una singola oscillazione marina che condusse la linea di riva sino ad un'altezza di circa 30 m s.l.m. ».

Altri indizi della presenza del livello marino a quote maggiori di quella odierna sono: a) un terreno fossilifero con fauna banale, attuale, a quota 33 m lungo il Fosso Galeria; b) un giacimento fossilifero molto più ricco a quota  $30 \div 33$  m e un altro con fauna invece ridottissima, a quota 27 m sulle pendici Sud-orientali di M. Carnevale presso Ponte Galeria: anche qui la fauna è costituita da forme attuali, non indicative (\*); c) sabbie dunari rinvenute a q.  $115 \div 117$  m s.l.m. fra Palidoro e Ceri e a q.  $140 \div 145$  m s.l.m. presso Montalto di Castro contenenti abbondanti elementi vulcanici (sabbie di origine eolica del Pleistocene superiore si rinvencono fino alla q. di 180 m s.l.m. presso Priverno nel Lazio meridionale (3)); d) depositi marini trasgressivi trovati fino a 221 m s.l.m., di cui si parlerà più avanti; e) fori di litodomi a 55, 57,  $122 \div 250$ , 383, 997 m s.l.m. quasi sempre su terreni pleistocenici; f) forme di erosione alveolare a  $743 \div 748$  m, a  $993 \div 997$  m e a  $1042 \div 1045$  m s.l.m. sul M. Cimino. I fori di litodomi e le forme di erosione alveolare, anche se talora assolutamente tipici, potrebbero essere opinabili se non si riscontrasse che sono sempre in relazione con la parte più elevata di un terrazzo, cioè con una traccia più sicura di una antica linea di costa.

---

(\*) Ringrazio vivamente il Sig. F. Settepassi per alcune determinazioni fattemi.

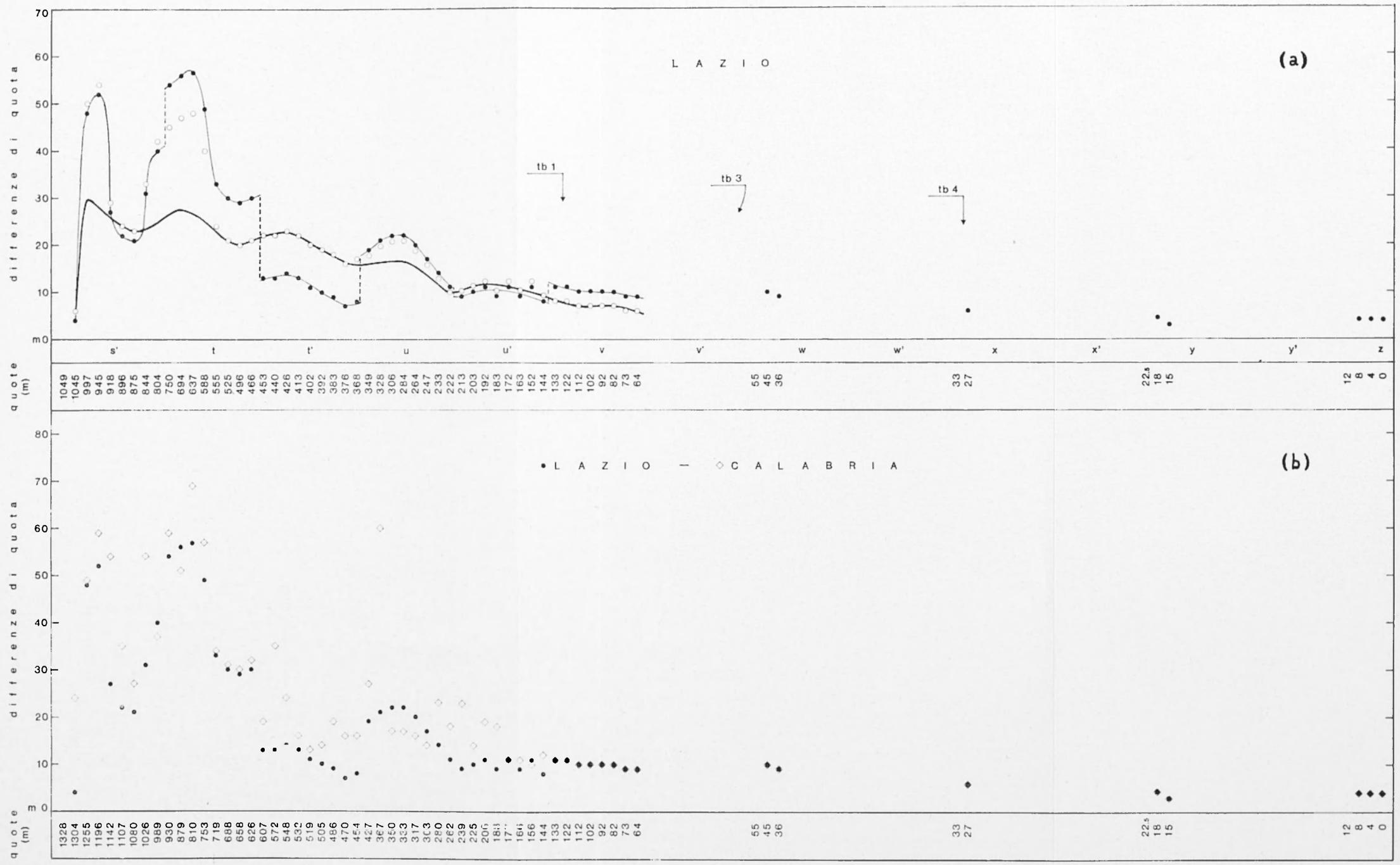


Fig. 3 - Successione dei terrazzi marini nel Lazio (a) e nella Calabria (b). Per ogni terrazzo l'ordinata rappresenta la differenza di quota rispetto a quello precedente, mentre in ascissa possiamo considerare un fattore tempo. Le lettere con e senza apice indicano fasi climatiche alterne.

Fig. 3 - Heights of marine terraces in Latium (a) and Calabria (b). For each terrace the height difference relative to the higher one is given on ordinate, while on abscissa is given a time factor. Letters with or without apex show alternated climatic stages.

Per questo motivo, e perché si è riscontrato che i terrazzi sono l'unica traccia ampiamente diffusa, ci si è basati per questo lavoro principalmente sul rilievo delle quote dei terrazzi, all'intersezione con la scarpata a monte. Le zone maggiormente studiate sono state (fig. 2) tra S. Severa e M. Ansino, tra Cerveteri, Anguillara e Ponte Galeria, tra M. Rocca Romana e Monterosi, tra Vetralla e il lago di Vico, tra questo lago e il M. Cimino. Sono state compiute oltre 700 misurazioni e le quote risultanti, riportate nella fig. 3a, si riferiscono generalmente ad almeno tre punti molto lontani fra loro.

Per comprendere perché nelle fig. 3a i terrazzi di quota inferiore a 64 m siano stati tenuti distinti in quattro gruppi, occorre fare alcune considerazioni sui terreni trasgressivi di copertura che si rinvengono qua e là sulle colline in modo sempre più discontinuo man mano che ci si allontana dal mare, e che scompaiono gradualmente a distanza di alcuni chilometri dalla costa. Si tratta di argille limose bruno-rossastre o sabbie giallastre, in cui sono sempre presenti elementi di ghiaia ma con frequenza e dimensioni maggiori dove più grossolana è la frazione principale. Questi terreni tendono ad avere uguale granulometria alla stessa quota, mentre invece, passando da quote inferiori a quote superiori, quelli più fini sono sostituiti da altri sempre più grossolani fino a che riprendono improvvisamente i più fini. Rilevando per ogni determinata quota a cui si sono incontrati questi affioramenti sui rilievi collinari lungo un allineamento Palidoro-Anguillara i valori massimi del diametro medio degli elementi di ghiaia presenti e riportando questi valori con la quota relativa sul diagramma semilogaritmico della fig. 4, si è potuto mettere in evidenza come in corrispondenza delle quote di 59, 35, 22,5 e 12 m si hanno le tracce di quattro massimi livelli del Mare raggiunti in quattro trasgressioni successive.

Questi terreni hanno permesso di fare altre osservazioni a conferma della loro deposizione in ambiente marino: al di sopra di 50-70 m s.l.m. essi giacciono sui tufi del vulcano Sabatino, che sono continentali, e gli elementi di ghiaia, sopra gli 80 ÷ 90 m, sono tutti silicei, oltre che molto levigati. L'esame morfoscopico compiuto al microscopio elettronico di questi elementi di ghiaia ha messo in evidenza che essi sono stati elaborati intensamente in un mezzo acquoso<sup>(14)</sup>. Poiché la ghiaia non può derivare dal rimaneggiamento torrentizio dei tufi, ma dal rimaneggiamento di terreni che troviamo oggi sotto la quota di 50 ÷ 70 m s.l.m., solo il mare può averla portata a quote così elevate sulle pendici del vulcano Sabatino. Tra le quote dei due massimi trasgressivi di 59 e 35 m e le quote dei terrazzi non c'è coincidenza e ciò perché le stasi del

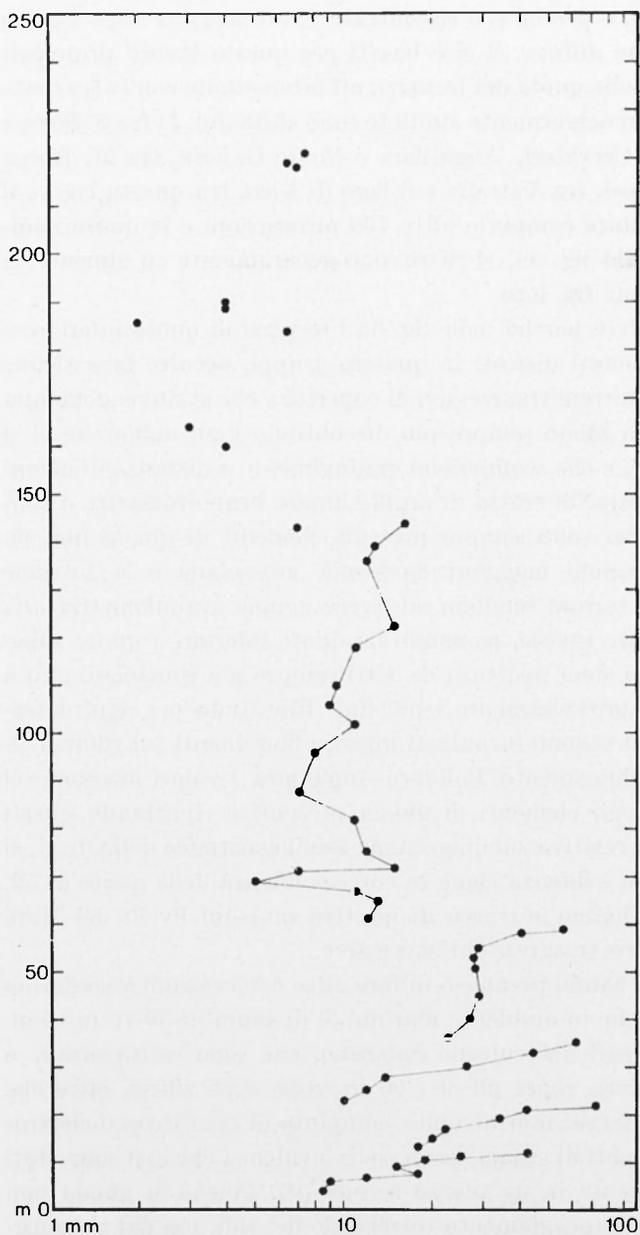


Fig. 4 - Diagramma semilogaritmico con i valori massimi del diametro medio degli elementi della frazione ghiaiosa contenuti a varie quote nei terreni trasgressivi che ricoprono le colline terrazzate di un allineamento Palidoro - Anguillara, nel Lazio. Dove gli elementi di ghiaia sono di maggior dimensioni sono anche molto più frequenti, e tutto il sedimento è più grossolano. Ciò indica che si sono succedute quattro ingressioni del Mare, che hanno raggiunto le quote di 59, 35, 22,5 e 12 m sopra il livello attuale.

Fig. 4 - Semilogarithmic diagram with maximum values of the average diameter of the gravel fraction contained at various

height within the transgressive terrain covering the terraced hills of a Palidoro-Anguillara allignment, in Latium. Where the gravel elements are of bigger sizes they are generally more frequent and all the sediment is coarser. This would stand to indicate the occurring of four marine ingressions reaching the successive heights of 59, 35, 22.5 and 12 m above the actual level.

livello marino che hanno prodotto i terrazzi non hanno coinciso nel tempo con i massimi di ingressione marina, cosa che invece pare verificata per le due ingressioni successive.

Nella fig. 3a si è cercato di studiare la distribuzione verticale dei terrazzi riportando in ordinata, per ogni terrazzo, la differenza di quota che c'è rispetto al terrazzo precedente, di quota maggiore; in ascissa possiamo considerare un fattore tempo nell'ipotesi che le stasi del livello marino che sono all'origine dei terrazzi siano avvenute con intervalli di tempo regolari. Si sono così avuti sul grafico dei punti che, per i terrazzi di quota superiore a 59 m, sono stati uniti con una linea sottile. Si è messo così in evidenza che i valori delle differenze di quota fra i terrazzi subiscono periodicamente degli sbalzi prima in un senso e poi in quello opposto. Questo alternarsi di terrazzi più vicini e più lontani verticalmente è spiegabile come l'effetto della sovrapposizione di due fenomeni: uno costituito da una generale regressione del Mare che, dopo essere arrivato a lambire i terreni che oggi ritroviamo a 1049 m di quota, tendeva a ritornare, probabilmente in modo continuo, alla quota attuale, e l'altro consistente nell'alternarsi di diminuzione e aumento del volume dell'acqua del Mare per il glacialismo. Escludendo il secondo fenomeno, avremmo delle differenze di quota rappresentate nella figura non più dai punti, bensì dai circoli. La somma delle differenze di valore di ordinata fra i circoli e i punti per ogni fase anaglaciatale o cataglaciatale dovrebbe corrispondere all'entità dell'abbassamento e innalzamento del livello marino avvenuti in quella fase di deterioramento climatico. Le lettere con e senza apice contraddistinguono rispettivamente le fasi cataglaciatale e anaglaciatale. Ritorneremo sulla fig. 3 dopo avere esaminato la situazione nelle altre aree.

#### OSSERVAZIONI NELLE ALTRE REGIONI

*Calabria.* — In Calabria sono noti da tempo terrazzi marini quaternari fino a 1300 m s.l.m. (<sup>16</sup>, <sup>17</sup>), e sono generalmente interpretati come l'effetto dello stesso sollevamento orogenetico che ha portato sedimenti pliocenici e pleistocenici marini a grande altezza. In effetti il Pliocene superiore vi si trova sollevato fino ad una quota massima di 1200 m (<sup>31</sup>) e il Calabriano fino a 510 m s.l.m. (<sup>12</sup>); inoltre Romagnoli (<sup>32</sup>) ha rinvenuto a circa 1100 m di quota una « panchina » che sembrerebbe indicare genericamente il Pleistocene. Ma lo stesso Romagnoli rileva che sopra e sotto la quota di 1300 m si presentano due diverse morfologie, di cui quella inferiore nettamente più giovane, che confer-

mano le osservazioni di Cortese sul carattere relativamente recente dei terrazzi.

Con questa situazione, la Calabria si presta dunque per osservazioni di confronto. La zona studiata comprende una parte delle Serre, estesa ad Ovest del M. Pecoraro (m 1423), tra Nardodipace, Serra S. Bruno, Soriano, Arena, Rosarno e Laureana di Borrello. Il primo risultato di rilievo è che il numero dei terrazzi coincide con quello del Lazio. Le quote rilevate sono nella parte inferiore della fig. 3b, dove le differenze di quota fra i terrazzi sono confrontate con quelle del Lazio. Si può così notare che le differenze di quota della Calabria sono quasi sempre maggiori che nel Lazio, mentre dal terrazzo di 144 m in giù i valori coincidono perfettamente nelle due regioni. Questo ci fa fare una prima considerazione: sicuramente i terrazzi di ugual quota, compresi fra il livello del Mare e la quota 144 m, sono contemporanei nel Lazio e nella Calabria. Ciò ci permetterà di parlare di stabilità di queste due regioni in quel periodo di tempo. Potremo inoltre ammettere che, essendo tirreniana la « panchina » citata da Selli<sup>(33)</sup> nella penisola di Crotona fra 55 e 45 m s.l.m., in quanto contiene lo *Strombus bubonius*, deve essere di età tirreniana la ingressione dei 59 m riconosciuta nel Lazio, indipendentemente dalla presenza di questo fossile; e potremo ammettere altresì che, siccome è tirreniano il giacimento a 35 m di Vibo Valentia (Pata, 1947), deve essere tirreniana anche l'ingressione dei 35 m del Lazio. Tirreniano è pure il noto giacimento con *Strombus bubonius* di Ravagnese a circa 100 m s.l.m.<sup>(25)</sup> ed è interessante l'osservazione di Gignoux<sup>(25)</sup> di un mare a Strombi a 100 m con linea di riva ad altezza costante per la Calabria.

*Appennino settentrionale.* — I rilievi sono stati effettuati nel bacino del torrente Scoltenna, fra l'Abetone e Magrignana, sui versanti occidentale e meridionale del M. Cimone, il più alto monte dell'Appennino settentrionale (2165 m).

La minima quota rilevata è stata di 686 m presso Magrignana, la massima quota è risultata di 1650 m, sopra la quale le forme del terreno sono più smussate, come in Calabria. I terrazzi si presentano in modo estremamente netto e molto estesi, soprattutto sul versante a SW, lungo la carrareccia che da Pian Cavallaro porta a Fiumalbo. Le quote misurate compaiono nella colonna « A » della fig. 5; ogni terrazzo è stato qui distinto con una sigla formata da una lettera e una cifra e indicante la sottofase glaciale e il numero d'ordine del terrazzo, in senso cronologico, nell'ambito della sottofase. Sul significato dei terrazzi S6, S7, S8, ritorneremo in seguito.

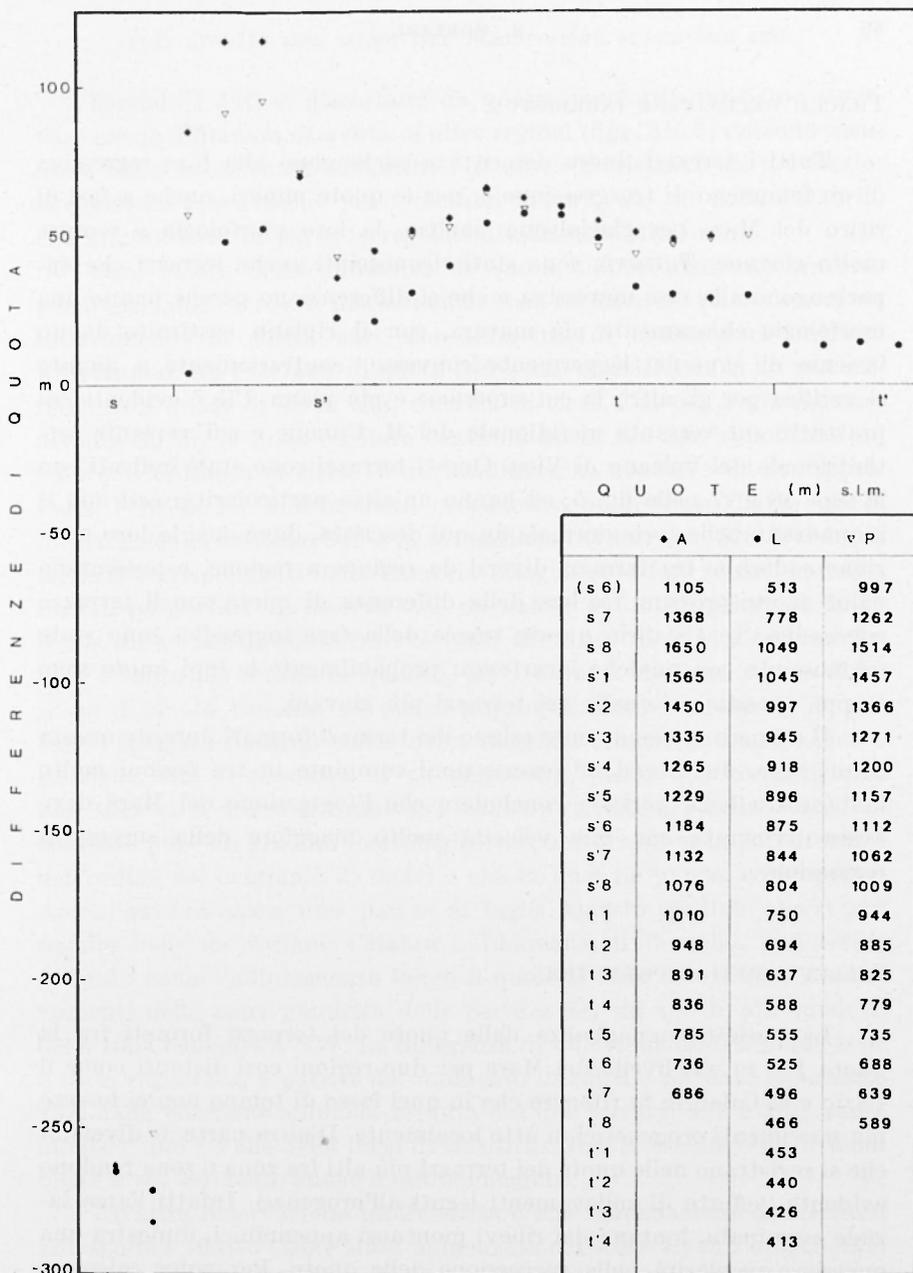


Fig. 5 - Differenze di quota fra ogni terrazzo e quello precedente per la serie dell'Appennino settentrionale (A) e del Peloponneso (P), confrontate con le corrispondenti differenze di quota del Lazio (L).

Fig. 5 - Height differences between each terrace and the former for the sequence of Northern Apennine (A) and Peloponnese (P), compared with the equivalent height differences of Latium (L).

## TRACCE DELLA FASE INGRESSIVA.

Tutti i terrazzi finora descritti appartengono alla fase regressiva di un fenomeno di trasgressione e, per le quote minori, anche a fasi di ritiro del Mare per glacialismo; inoltre, la loro morfologia è sempre molto giovane. Tuttavia sono stati riconosciuti anche terrazzi che appartengono alla fase ingressiva e che si differenziano perché hanno una morfologia chiaramente più matura, con il ripiano costituito da un insieme di superfici leggermente convesse, contrariamente a quanto si verifica per gli altri, la cui superficie è più piana. Ciò è evidente soprattutto sul versante meridionale del M. Cimone e sul versante settentrionale del vulcano di Vico. Questi terrazzi sono stati indicati con le sigle s6 e s7 nella fig. 5, ed hanno un'altra particolarità: essi non si inquadrano nella serie normale fin qui descritta, dove anzi la loro posizione cadrebbe tra terrazzi diversi da regione a regione, e presentano valori molto prossimi fra loro della differenza di quota con il terrazzo successivo. In Calabria queste tracce della fase ingressiva sono state riconosciute con qualche incertezza; probabilmente le loro quote sono troppo prossime a quelle dei terrazzi più giovani.

Il numero estremamente esiguo dei terrazzi formati durante questa prima fase, dedotto dalle osservazioni compiute in tre regioni molto lontane fra loro, porta a concludere che l'ingressione del Mare deve essere avvenuta con una velocità molto maggiore della successiva regressione.

## SOLLEVAMENTI OROGENETICI.

La perfetta uguaglianza delle quote dei terrazzi formati fra la quota 144 m e il livello del Mare per due regioni così distanti come il Lazio e la Calabria fa ritenere che in quel lasso di tempo non ci fossero più movimenti orogenetici in atto localmente. D'altra parte, le diversità che si registrano nelle quote dei terrazzi più alti fra zona e zona rendono evidente l'effetto di sollevamenti legati all'orogenesi. Infatti l'area laziale esaminata, lontana dai rilievi montuosi appenninici, dimostra una maggiore regolarità nella successione delle quote. Per poter calcolare l'entità dei sollevamenti si è perciò cercato di riportare i dati del Lazio alla massima regolarità, quale può essere bene espressa dalla linea continua, più grossa, della fig. 3a, che si basa sui valori delle differenze di quota corretti per il glacialismo.

Quando i dati si discostano da questa regolarità possiamo osservare che le differenze di quota di altre regioni (figg. 3b, 5) possono assumere valori eccezionalmente minori di quelli corrispondenti del Lazio: tipicamente ciò avviene per i terrazzi u3, u4, u5, u6 della Calabria, che manifestano in parte la regolarità mancante nel Lazio.

Ogni valore della differenza di quota, opportunamente corretto per il glacialismo, che si discosti dalla linea regolare continua denota un sollevamento di entità pari alla differenza di ordinata riscontrata. Ad esempio, fra i terrazzi di quota 349 e 328 m del Lazio si ha una differenza di quota di 21 m che, corretta di circa 1 m per il glacialismo, diventa 20 m; la linea regolare continua ha in sua corrispondenza un valore di ordinata di circa 16 m. La differenza  $20 - 16 = 4$  m rappresenta l'entità del sollevamento orogenetico occorso nel Lazio tra la formazione del terrazzo 349 e la formazione del terrazzo 328. Per i due terrazzi corrispondenti della Calabria bisogna però fare alcune considerazioni particolari. Si osserva cioè un valore molto irregolare di 60 m per la differenza di quota fra i terrazzi 427 e 367 di questa regione. La cosa è tanto più strana in quanto, per i terrazzi che seguono, le differenze di quota tornano ad essere improvvisamente regolari. Ciò può essere spiegato tenendo conto della singolare situazione morfologica e geologica che si riscontra al passaggio fra questi due terrazzi, cioè non solo vi si trova il limite del nucleo « cristallino » delle Serre, ma compare pure un gradino morfologico con una scarpata la cui altezza è dell'ordine del centinaio di metri e che in qualche punto, come presso Arena, sembra essere una parete di faglia. Questo gradino, che si può seguire bene da Soriano Calabro a Laureana di Borrello, può essere spiegato come l'allineamento lungo il quale si sono diversificati i sollevamenti della zona granitica delle Serre a SE da quelli più modesti della zona collinare a NW. La differenza di sollevamento fra le due zone è stata registrata, a partire dal momento in cui si è formato il terrazzo 427, dalla posizione anomala assunta dai due terrazzi 427 e 327, uno a monte e uno a valle della linea di frattura. Non si esclude che il fenomeno si sia verificato anche a quote maggiori.

Un'altra osservazione interessante è che l'inclinazione dei terrazzi non sembra affatto essere stata influenzata dai sollevamenti orogenetici: i terrazzi più elevati, formati quando i sollevamenti erano di maggiori proporzioni, sono tra quelli meno inclinati. La conclusione a cui si deve giungere è che il sollevamento non può essere continuo: esso deve interrompersi durante il periodo in cui si forma il terrazzo, e questo sembra legare ad un'unica causa i due fenomeni. La stasi del livello del Mare che

produce il terrazzo sarebbe dunque da interpretare in senso relativo, in quanto dipendente da una stasi di fenomeni interni della Terra.

Nelle figg. 3 e 5, si sono scelte le differenze fra le quote di ogni terrazzo rispetto a quello precedente, e non rispetto a quello successivo, anche nella considerazione che siano più intimamente legati il sollevamento e la successiva stasi che non viceversa, tanto più che le quote misurate si riferiscono probabilmente alle quote del livello marino all'inizio della formazione del terrazzo.

#### DATAZIONI DEL FENOMENO TRASGRESSIVO.

La presenza nel Lazio di prodotti vulcanici di cui è nota l'età assoluta permette di limitare il fenomeno nel tempo: ad esempio i terrazzi più alti che si incontrano sul M. Cimino sono più recenti del « peperino delle alture » la cui età è di  $1,35 \div 1,19$  M.A. <sup>(29)</sup>; da 945 m in giù troviamo terrazzato anche il « tufo rosso a scorie nere » del Monte Fogliano, che ha circa 430 mila anni secondo Evernden - Curtis <sup>(23)</sup> e  $0,52 \pm 0,12$  M.A. secondo Nicoletti <sup>(29)</sup>. Inoltre, fra 247 e 72 m s.l.m. sono terrazzate anche due placche di travertino in località Pian Sultano e Monte dei Pozzi, presso S. Severa, che appoggiano sui « tufi stratificati varicolori di La Storta » di Mattias - Ventriglia <sup>(26)</sup>, più recenti del « tufo rosso a scorie nere ».

Un limite più vicino a noi è dato dall'età di 280.000 anni <sup>(10, 11)</sup> di una tufite situata a 79 m s.l.m. nella parte più recente della serie lacustre di Riano, a Nord di Roma, che è sicuramente anteriore alla Trasgressione.

Essendo pressoché costante il numero dei terrazzi per ogni fase glaciale, come messo in evidenza nella fig. 3a, si considera che sia i terrazzi che le fasi glaciali abbiano delle periodicità ben determinate. Anche nella curva delle paleotemperature di Emiliani <sup>(22)</sup>, riportata nella fig. 6, è riconoscibile con le crocette una periodicità nel presentarsi dei momenti più caldi, periodicità che è molto prossima a 40.000 anni, cioè al valore della variazione di inclinazione dell'asse terrestre. I momenti caldi corrisponderebbero così ai maggiori valori di inclinazione dell'asse, cioè quando le zone tropicali erano più ampie. Il momento più recente in cui si è verificata questa situazione è stato calcolato a circa 9.000 anni fa da Van Woerkom <sup>(34)</sup>. Intorno a questa data si è pure avuto un netto miglioramento delle condizioni climatiche <sup>(20)</sup>.

Se gli Autori non sono d'accordo, come messo in evidenza da Cur-ray - Shepard - Veeh <sup>(19)</sup>, né sul momento in cui si è avuto l'ultimo massimo livello marino né sull'altezza massima raggiunta, ciò è probabilmente dovuto al fatto che non sempre i campioni prelevati per datazioni col radiocarbonio sono i più elevati in quota che il Mare in quel momento può avere depositato. L'età di 9.000 anni, riferita al terrazzo di quota 12 m, corrisponde anche ad un calcolo basato sulla frequenza

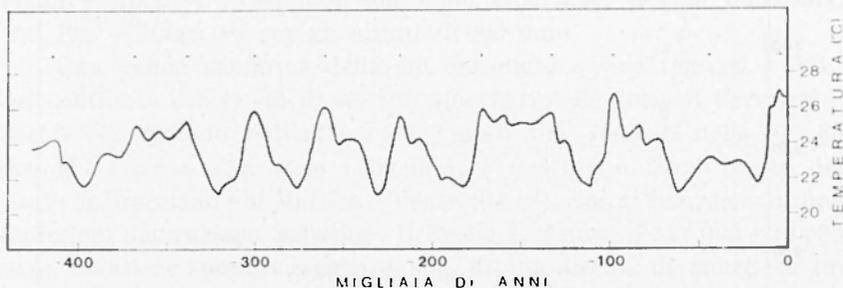


Fig. 6 - Curva delle paleotemperature di Emiliani. Con le crocette si è indicata la periodicità delle fasi climatiche, che è molto prossima a 40.000 anni.

Fig. 6 - Palaeotemperature curves by Emiliani. Periodicity of climatic stages, very close to a value of 40,000 yrs, has been marked with small crosses.

dei terrazzi. Se durante le fasi  $t-t'$  e  $u-u'$ , ciascuna della durata di 40.000 anni, si sono formati  $8+9+8+8=33$  terrazzi, ogni terrazzo si è formato in media ogni 2400 anni circa. Dal culmine dell'ingressione dei 12 m si sono formati finora 4 terrazzi di cui l'ultimo presente da oltre due millenni, perciò gli anni trascorsi da allora sono un po' meno di  $2400 \times 4 = 9600$ , tenendo anche conto che non si sa se il terrazzo z1 si sia iniziato a formare prima del massimo ingressivo. Se questi calcoli sono corretti, i precedenti massimi marini si devono essere verificati all'incirca 49, 89, 129, 169, 209 e 249 mila anni fa e, se si considera la fase s' costituita da 8 terrazzi, il Mare doveva trovarsi a formare il terrazzo s8, che è il più elevato, circa 270 mila anni fa.

Con questi riferimenti possiamo ricostruire su un diagramma quote/tempi l'andamento del livello marino. In fig. 7 sono riportati i valori delle quote dei terrazzi, accompagnati dai valori corretti per il sollevamento orogenetico che, per i terrazzi più antichi, è ovviamente cumulativo; i punti rappresentativi dei nuovi valori corretti sono stati

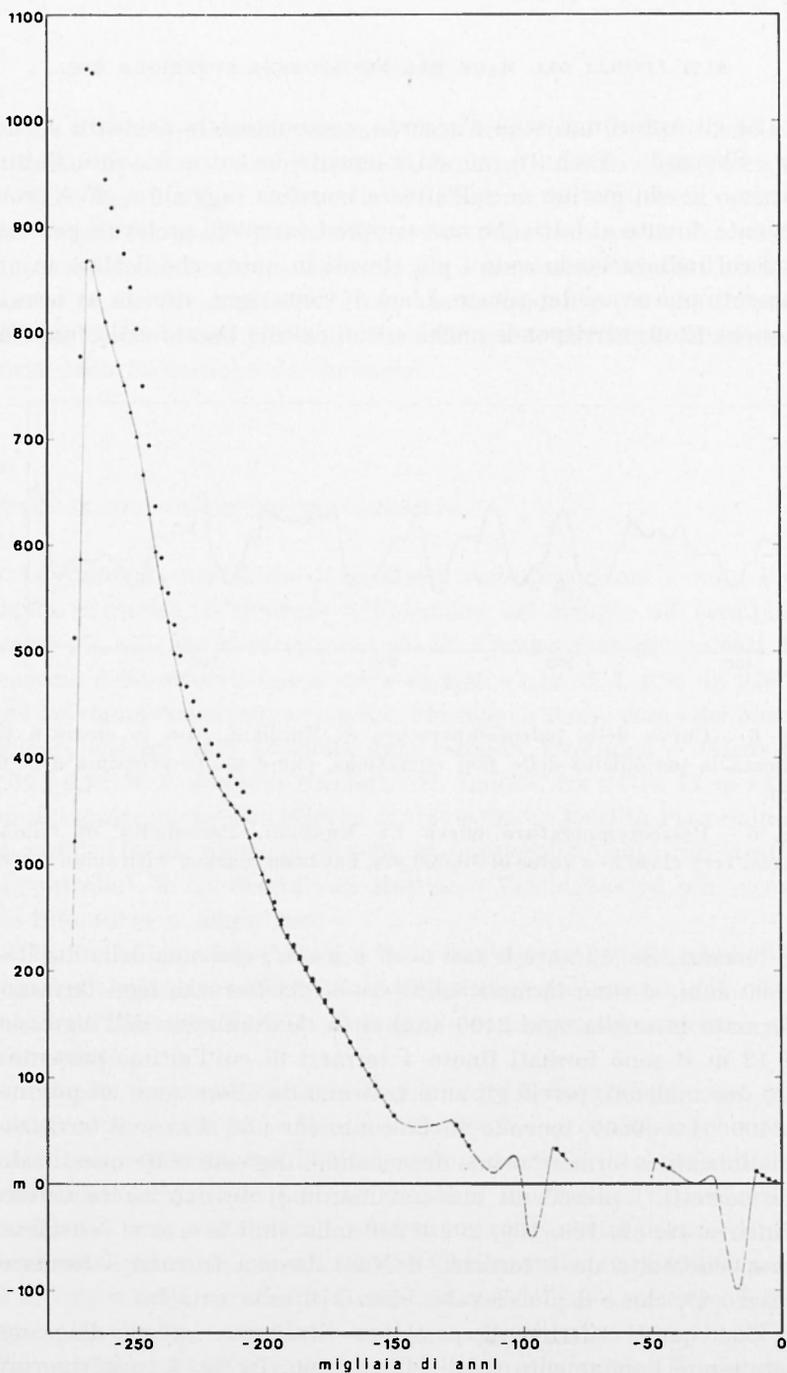


Fig. 7 - Quote ed età delle tracce delle linee di costa del Pleistocene superiore nel Lazio. Con la linea continua si sono uniti i valori di quota eventualmente corretti per i sollevamenti orogenetici.

Fig. 7 - Quotes and ages of the upper Pleistocene coast lines in Latium. Quote values eventually corrected by orogenic uplifting have been connected together with a continuous line.

uniti da una linea che rappresenta le effettive variazioni di livello del Mare. Per la fase climatica  $w-w'$  e per la fase  $x$  si è tenuto conto delle datazioni di Broecker *et al.* (13) per campioni provenienti da quote comprese fra 6,1 e 19,8 m e fra 12,2 e 54,9 m s.l.m. le cui età risultano di  $81 \div 83$  mila anni e  $102 \div 128$  mila anni rispettivamente, ma sono state utilizzate le quote attuali anziché quelle corrette dagli Autori per non ben giustificati sollevamenti orogenetici differenziali. Per la fase  $y-y'$  si sono considerate le datazioni assolute riportate sia da Milliman - Emery (27), seppure con delle modifiche, che da Cotecchia, Dai Pra - Magri (18) per gli ultimi 40.000 anni.

Una valida conferma delle età assegnate a vari terrazzi è data dal confronto con le età di tre tufi affioranti nella zona di Cerveteri e datati con metodo radioattivo (11). Questi tufi, indicati nella fig. 3a con tb1, tb3 e tb4, sono i livelli 1, 3 e 4 (11) e fanno parte del « tufo di Bracciano » di Mattias - Ventriglia (26), cioè di una delle ultime esplosioni del vulcano Sabatino. Il livello 1, datato a  $177.000 \pm 30.000$  anni, mantiene spessori ragguardevoli, di una diecina di metri, su un fronte di tre chilometri per poi assottigliarsi e sparire improvvisamente verso il mare alla quota di 124 m, al ciglio della scarpata del terrazzo di 122 m, datato in questo lavoro a circa 163.000 anni. È evidente che di questo tufo, eruttato quando il livello del mare era a 122 m, si è conservata solo quella parte che si è deposta in ambiente subaereo. Ugualmente il tb3, datato a  $127.000 \pm 13.000$  anni, si incontra fino a 60 m s.l.m.; per questo tufo possiamo solo dire che esso è anteriore o contemporaneo del massimo livello dei 59 m di età 129.000 anni. Infine il tufo tb4, datato a  $90.000 \pm 18.000$  anni, si rinviene fino a 28 m s.l.m. e si può considerare contemporaneo del terrazzo di 27 m la cui età qui assegnata è di circa 86.000 anni. Il tufo di Bracciano, a differenza dei tufi su cui appoggia, non è terrazzato.

I risultati ottenuti sono ancora in accordo con le conclusioni di Accordi - Maccagno (1) secondo i quali a Riano sopra la quota di 79 m s.l.m., cioè sopra alla quota del tufo datato a 280.000 anni, il clima passa da oceanico caldo a oceanico più freddo.

Con le età qui calcolate, la sinuosità della linea grossa e continua della fig. 3a, la quale riflette piccole variazioni altimetriche positive e negative di  $7 \div 1$  m del livello del Mare, viene ad avere una periodicità media di circa 22.000 anni che, estrapolata fino ad oggi, farebbe coincidere i momenti in cui si avevano queste variazioni positive del livello marino con i momenti in cui la Terra si trovava in perielio al solstizio dell'inverno boreale. È chiaro che la sinuosità della linea citata è legata

alla precessione degli equinozi; il valore di 21.000 che si attribuisce solitamente a questo fenomeno è in realtà una media dei valori calcolati per l'ultimo milione di anni<sup>(34)</sup> ma, se si considerano solo gli ultimi 300.000 anni, la periodicità calcolata risulta di 23.000 anni<sup>(34)</sup>.

#### VELOCITÀ DEL SOLLEVAMENTO OROGENETICO.

Ora che si sono precisate le età di ogni terrazzo, si può risalire alla velocità del sollevamento orogenetico, che viene qui calcolato a partire dalla formazione del terrazzo più alto, cioè da circa 270.000 anni fa. Sull'entità del sollevamento eventualmente avvenuto fra i momenti di formazione dei terrazzi di 1049 e 1045 m del Lazio nulla si può dire di certo, e si è supposto che il sollevamento sia nullo. Per la Calabria, l'Appennino settentrionale e il Peloponneso esso invece sarà rispettivamente di 24, 81 e di 53 m, cioè 4 m in meno della differenza di quota fra i loro terrazzi s'1 e s8. Aggiungendo a questi quattro valori quelli relativi ai successivi terrazzi, si ottengono le quattro linee della fig. 8. È notevole che tutte le linee tracciate mostrino un flesso, cioè un rallentamento nella velocità di sollevamento, in corrispondenza di 260.000 anni fa.

Il sollevamento della zona del Lazio studiata risulta complessivamente di 181 m; il complemento a 1049, pari a 868 m, rappresenta il valore attribuito all'innalzamento del livello marino. I sollevamenti orogenetici dell'Appennino settentrionale e del Peloponneso degli ultimi 270.000 anni sono deducibili sottraendo alle quote del terrazzo più alto il valore di 868 m trovato.

Mentre in queste ultime due regioni l'area esaminata è molto ristretta e l'andamento del sollevamento riflette una situazione reale, per le altre due regioni questo andamento è in qualche modo falsato dalla diversità del fenomeno da zona a zona. Si è visto, ad esempio, che fra i terrazzi u1 e u2 della Calabria si può essere verificato un sollevamento differenziale protrattosi nel tempo anche dopo la formazione del terrazzo u2. È molto probabile che la differenza di quota fra questi due terrazzi si sia accentuata, fino a raggiungere il valore attuale, durante i successivi sollevamenti che hanno interessato la zona a NW della linea Soriano-Laureana, cioè tra i momenti in cui si sono formati i terrazzi u6 e u'8.

Per il Lazio il ragionamento è in un certo senso analogo poiché il sollevamento di 181 m va riferito certamente al M. Cimino, dove sono

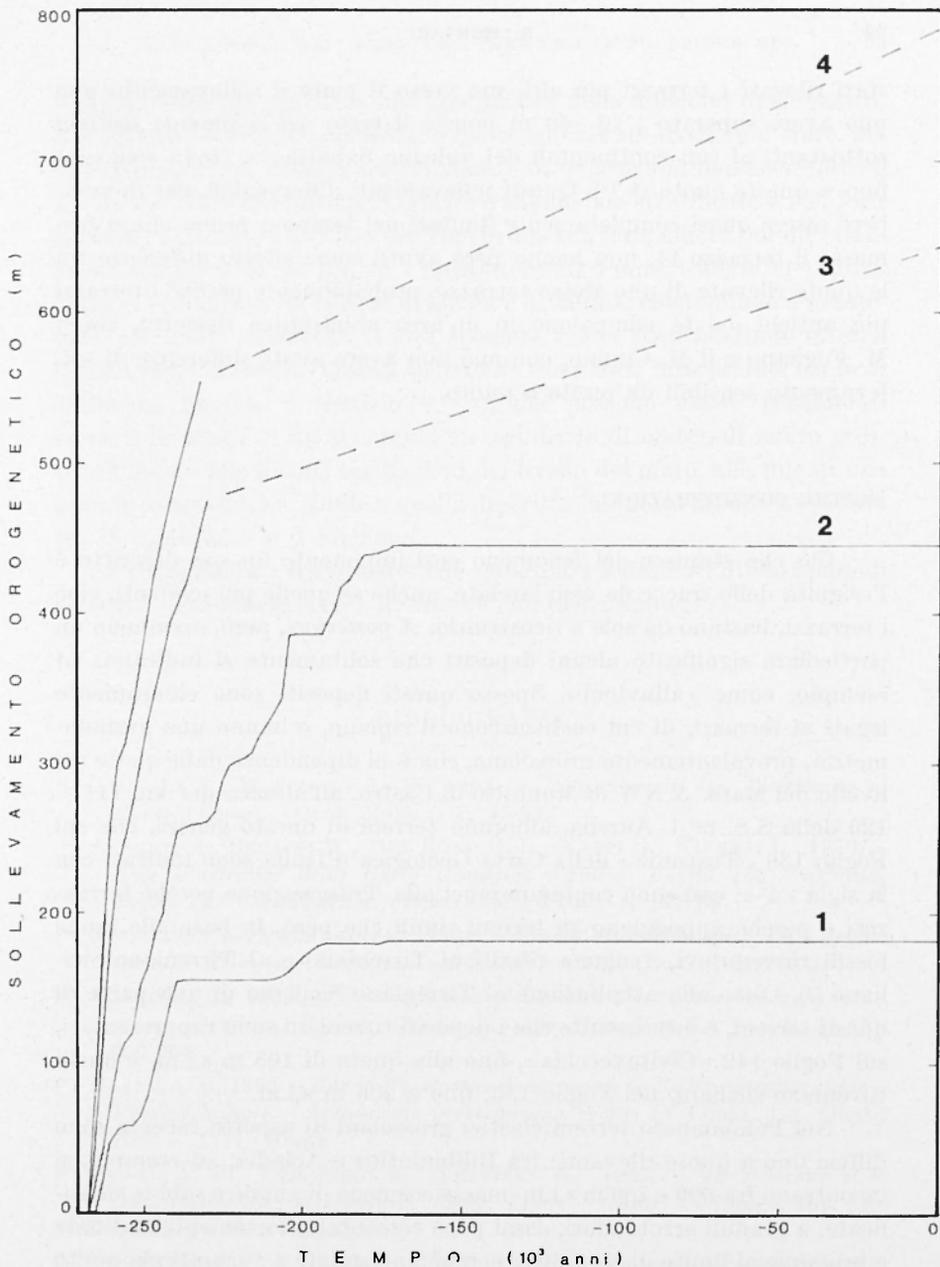


Fig. 8 - Sollevamento orogenetico in funzione del tempo per Lazio (1), Calabria (2), Peloponneso (3) e Appennino settentrionale (4). Si notano variazioni contemporanee di velocità e, per le prime due regioni, l'arresto del movimento avvenuto 175.000 anni fa.

Fig. 8 - Orogenic uplifting in function of time for Latium (1), Calabria (2), Peloponnesus (3), Northern Apennine (4). Contemporaneous variations of speed and the stopping of movements, dated approximately around 175,000 yrs ago, have been observed.

stati rilevati i terrazzi più alti, ma verso il mare il sollevamento non può avere superato i 70-50 m poiché il tetto dei sedimenti siciliani sottostanti ai tufi continentali del vulcano Sabatino si trova sollevato fino a queste quote (6. 15). Questi sollevamenti differenziali, che dovrebbero essere quasi completamente limitati nel tempo a prima che si formasse il terrazzo t4, non hanno però avuto come effetto differenze fra le quote rilevate di uno stesso terrazzo, probabilmente perché i terrazzi più antichi del t4 compaiono in un'area abbastanza ristretta, tra il M. Fogliano e il M. Cimino, che può non avere avuto differenze di sollevamento sensibili da punto a punto.

#### ULTIME CONSIDERAZIONI.

Ciò che stupisce del fenomeno così imponente fin qui descritto è l'esiguità delle tracce da esso lasciate, anche se quelle più evidenti, cioè i terrazzi, bastano da sole a ricostruirlo. *A posteriori*, però, assumono un particolare significato alcuni depositi che solitamente si indicano, ad esempio, come « alluvioni ». Spesso questi depositi sono chiaramente legati ai terrazzi, di cui costituiscono il ripiano, e hanno una granulometria, prevalentemente grossolana, che è in dipendenza dalle quote sul livello del Mare. A NW di Montalto di Castro, all'altezza dei km 111-120 della S.S. n° 1 Aurelia, affiorano terreni di questo genere, che sul Foglio 136 « Toscana » della Carta Geologica d'Italia sono indicati con la sigla « a<sup>1</sup> »; essi sono contemporanei alla Trasgressione perché terrazzati e perché appoggiano su terreni simili che però, in base alle faune fossili rinvenutevi, vengono riferiti al Tirreniano e al Tirreniano-Siciliano (2). Oltre alla attribuzione al Tirreniano-Siciliano di una parte di questi terreni, è interessante che i depositi tirreniani sono rappresentati, sul Foglio 142 « Civitavecchia », fino alla quota di 103 m s.l.m. e quelli tirreniano-siciliani, nel Foglio 136, fino a 200 m s.l.m.

Nel Peloponneso terreni elastici grossolani di aspetto recente sono diffusi fino a quote rilevanti; fra Bilibinotica e Acladià, ad esempio, si incontrano fra 600 e 750 m s.l.m. masse cospicue di ghiaie e sabbie stratificate, a granuli arrotondati, assai poco cementate, fortemente inclinate e prossime al limite di equilibrio perché appoggiate a versanti già molto acclivi. Questi depositi a grandi altezze hanno uno spiccato carattere subacqueo. Potrebbero essere stati loro a pascere copiosamente nel recente passato le spiagge di tutto il Peloponneso, formate per l'appunto da ghiaia e ciottoli. Il carattere così grossolano di questi depositi, for-

tamente erodibili, può dare una spiegazione della difficoltà di rinvenirli, con spessori continui e cospicui, a quote elevate sul livello del Mare. Ma non mancano nel passato testimonianze di deposizioni massicce sotto il livello del Mare di ciottolami, ghiaie e sabbie ben stratificate e con forti spessori: a sinistra e a destra del Tevere alla sua foce, affiora per un'estensione maggiore di 20 km la « formazione di Ponte Galeria »<sup>(9)</sup> costituita in prevalenza da banchi di ghiaia e di sabbia, che tendono a mantenere per molti chilometri il loro spessore e una stratificazione interna leggermente inclinata. Questi sedimenti sono stati interpretati come di ambiente fluviale o deltizio<sup>(6, 7, 21)</sup>, ma possono essere considerati come il risultato di un accumulo straordinario di materiali molto grossolani legato alle ultime oscillazioni del livello del mare, alla fine di una grande trasgressione, simile a quella descritta in questo lavoro, avvenuta tra il Calabriano e il Siciliano.

I conglomerati trasgressivi che separano i sedimenti di vari periodi geologici potrebbero avere avuto un'identica origine.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) ACCORDI B., MACCAGNO A. M., 1962. — *Researches in the Pleistocene of Riano (Rome)*. « Geol. Rom. », **1**, 25-32.
- (2) ALBERTI A., BERTINI M., DEL BONO G. L., NAPPI G., SALVATI L., 1970. — *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 136 Toscana, Foglio 142 Civitavecchia*. « Serv. Geol. d'Italia », 141 pp.
- (3) ANGELUCCI A., PALMERINI C., 1964. — *Studio sedimentologico delle sabbie rosse di Priverno (Lazio sud-occidentale)*. « Geol. Rom. », **3**, 203-226.
- (4) BLANC A. C., 1936. — *Una spiaggia pleistocenica a « Strombus bubonius » presso Palidoro (Roma)*. « Rend. R. Acc. Naz. Lincei », ser. **6**, **23** (3), 200-204.
- (5) BLANC A. C. 1956. — *Sur le Pleistocène de la région de Rome; Stratigraphie — Palaeoéologie — Archéologie préhistorique*. Actes IV Congr. Int. Quat., 1097 — 1111, Roma.
- (6) BLANC A. C., TONGIORSI E., TREVISAN L., 1953. — *Le Pliocène et le Quaternaire aux alentours de Rome, Livret — Guide*. IV Congr. Int. IN-QUA, pp. 31, Roma.
- (7) BONADONNA F. P., 1965. — *Resti di Hippopotamus amphibius L. nei sedimenti del Pleistocene medio-inferiore della Via Portuense (Roma)*. « Boll. Soc. Geol. It. », **84** (1), 29-39.
- (8) BONADONNA F. P., 1967a. — *Studi sul Pleistocene del Lazio. III Linee di costa lungo il litorale di Tarquinia (Lazio settentrionale)*. « Geol. Rom. », **6**, 121-135.

- (9) BONADONNA F. P., 1967b. - *Studi sul Pleistocene del Lazio. IV - La linea di costa tirreniana di Ponte Galeria (Roma)*. « Quaternaria », **9**, 285-299.
- (10) BONADONNA F. P., BIGAZZI G., 1969. - *Studi sul Pleistocene del Lazio. VII - Età di un livello tufaceo del bacino diatomitico di Riano stabilita con il metodo delle tracce di fissione*. « Boll. Soc. Geol. It. », **88**, 439-444.
- (11) BONADONNA F. P., BIGAZZI G., 1970. - *Studi sul Pleistocene del Lazio. VIII - Datazione di tufi intertirreniani della zona di Cerveteri (Roma) mediante il metodo delle tracce di fissione*. « Boll. Soc. Geol. It. », **89** (4), 464-473.
- (12) BONFIGLIO L., 1970. - *Facies biodetritica tardopliocenica nei Peloritani a 1250 metri d'altitudine*. « Boll. Soc. Geol. It. », **89** (4), 499-506.
- (13) BROECKER W. S., THURBER D. L., GODDARD J., TEH-LUNG KU, MATTHEWS R. K., MESOLELLA K. J., 1968. - *Milankovitch Hypothesis Supported by Precise Dating of Coral Reefs and Deep-Sea Sediments*. « Science », **159** (3812), 297-300.
- (14) CAILLEUX A., SCHNEIDER H., 1968. - *L'usure des sables vue au microscope électronique à balayage*. Sc. Progr. - La Nature, (3395), 3 pp.
- (15) CARBONI M. G., 1969. - *Studio microstratigrafico di due serie perforate nella Pianura Pontina (F° 149, II SE, Castel Porziano)*. « Mem. Soc. Geol. It. », **8**, 1071-1096.
- (16) CORTESE E., 1886. - *I terrazzi quaternari del litorale tirreno della Calabria*. « Boll. R. Com. Geol. d'It. », **17** (11 e 12), 480-487.
- (17) CORTESE E., 1895. - *Descrizione geologica della Calabria*. « Mem. Descr. Carta Geol. d'It. », **9**, 310 pp.
- (18) COTECCHIA V., DAI PRA G., MAGRI G., 1969. - *Oscillazioni tirreniane e oloceniche del livello del mare nel golfo di Taranto, corredate da datazioni col metodo del radiocarbonio*. « Geol. Appl. e Idrog. », **4**, 93-148.
- (19) CURRAY J. R., SHEPARD F. P., WEEH H. H., 1970. - *Late Quaternary Sea-level in Micronesia: CARMARSEL Expedition*. « Bull. Geol. Soc. America », **81** (7), 1865-1880.
- (20) DANSGAARD W., JOHNSEN S. J., MOELLER J., LANGWAY C. C. JR., 1969. - *One thousand Centuries of Climatic record from Camp Century on the Greenland Ice Sheet*. « Science », **166** (3903).
- (21) DRAGONE F., MAINO A., MALATESTA A., SEGRE A. G., 1967. - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia - Foglio 149 Cerveteri*. « Serv. Geol. d'Italia », 93 pp.
- (22) EMILIANI C., 1970. - *Pleistocene Paleotemperatures*. « Science », **168**, 820-824.
- (23) EVERNDEN J. F., CURTIS G. II., 1965. - *The Potassium - Argon dating of Late Cenozoic rocks in East Africa and Italy*. « Curr. Anthropol. », **6** (4), 343-364.
- (24) FABIANI R., 1952. - *Trattato di Geologia*. 741 pp. Roma.

- (<sup>25</sup>) GIGNOUX M., 1913. — *Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du sud et de la Sicilie*. Ann. Univ. Lyon, N.S., 1 (36), 693 pp.
- (<sup>26</sup>) MATTIAS P. P., VENTRIGLIA U., 1970. — *La regione vulcanica dei Monti Sabatini e Cimini*. « Mem. Soc. Geol. It. », 9 (3), 331-384.
- (<sup>27</sup>) MILLIMAN J. D., EMERY K. O., 1968. — *Sea Levels during the Past 35,000 Years*. « Science », 162 (3858), 1121-1123.
- (<sup>28</sup>) NEGRIS Ph., 1910. — *Les terrasses du Nord du Péloponnèse et la régression quaternaire*. 43 pp., Athènes.
- (<sup>29</sup>) NICOLETTI M., 1969. — *Datazioni argon potassio di alcune vulcaniti delle Regioni vulcaniche Cimina e Vicana*. « Period. Mineral. », 38 (1), 1-20.
- (<sup>30</sup>) PATA O., 1947. — *Su di un nuovo giacimento a Strombus bubonius Lmk. presso Vibo-Valentia*. « Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. », 54, 159-166.
- (<sup>31</sup>) PATA O., 1949. — *Il ciclo sedimentario pliocenico sulle pendici occidentali di Aspromonte*. « Notiz. Geol. Calabr. e Messin. », 1 (1), 11-20.
- (<sup>32</sup>) ROMAGNOLI L., 1969. — *Osservazioni geologiche e geomorfologiche sull'Aspromonte (Calabria). Considerazioni preliminari sull'erosione e la conservazione del suolo*. « Boll. Soc. Geol. It. », 88 (1), 245-266.
- (<sup>33</sup>) SELLI R., 1962. — *Le Quaternaire marin du versant Adriatique - Ionien de la péninsule italienne*. « Quaternaria », 6, 391-413.
- (<sup>34</sup>) VAN WOERKOM A.J.J., 1953. — *The astronomical theory of climate changes*, in « Climatic Change - Evidence, Causes and Effects ». Edited by H. SHAPLEY. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 147-157.
-