

## LE OSCILLAZIONI TARDO-QUATERNARIE DEL LAGO SHALA (*RIFT* ETIOPICO): ANALISI DELL'EVOLUZIONE AMBIENTALE DALL'INTEGRAZIONE DI EVIDENZE MORFOLOGICHE, SEDIMENTARIE E CRONOLOGICHE

M. Alessio<sup>(1)</sup> - L. Allegri<sup>(1)</sup> - G. Belluomini<sup>(2)</sup> - M. Benvenuti<sup>(3)</sup> - M. Cerasoli<sup>(2)</sup> - S. Improta<sup>(1)</sup>  
L. Manfra<sup>(4)</sup> - M. Sagri<sup>(3)</sup> - D. Ventra<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Dip.to di Fisica, Università "La Sapienza", Roma

<sup>(2)</sup>C.N.R. - C.S. per il Quaternario e l'Evolutione Ambientale, Dip. Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma

<sup>(3)</sup>Dip.to Scienze della Terra, Università di Firenze, Firenze

<sup>(4)</sup>Dip.to Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma

**ABSTRACT** - *Late Quaternary fluctuations of the Shala Lake (Ethiopian Rift): the environmental evolution on the basis of morphological, sedimentary and chronological data* - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences, 9(1), 1996, 387-392 - New data on the late Quaternary environmental evolution of the Ziway-Shala lakes region (Main Ethiopian Rift) are presented in this paper. Geomorphological, stratigraphical and sedimentological studies on fluvio-lacustrine deposits are used to improve the geological knowledge of the Holocene evolution on the eastern coast of the Shala Lake (Ajewa embayment). This part of the Shala basin was considered a sample area to test morphologic and stratigraphic evidences of the late Quaternary lacustrine fluctuations recognized in the entire lake region and to detect possible causes for environmental changes. Several new radiocarbon dates of shells, wood and organic mud have been integrated with those from previous studies in the same area to reconstruct the chronology of these changes. The integration of geomorphological and chronological data suggest that lake level fluctuations were governed both by climate through arid/humid oscillations (as already hypothesised), and also by volcano-tectonic activity. This combined action markedly influenced Holocene morphological and depositional dynamics. It can thus be concluded that: 1) the controlling action of the Main Ethiopian Rift volcano-tectonic dynamics cannot be undervalued for a correct interpretation of recent environmental changes in the Ziway-Shala lakes region; 2) the lacustrine fluctuations have to be seen as resulting from the interplay of climatic and geodynamic controls; 3) care is needed when correlating lacustrine deposits or lacustrine surface and their radiocarbon ages with effective lacustrine stillstands. It is not obvious to consider water level rising or falling as only due to climatic variations.

Parole chiave: Evoluzione ambientale, analisi geo-morfologiche, datazioni al radiocarbonio, tardo Quaternario, lago Shala, Rift Etiopico  
Key words: Environmental change, geo-morphological analysis, radiocarbon dating, late Quaternary, Shala lake, Main Ethiopian Rift

### 1. INTRODUZIONE

Paleoambienti e paleogeografie sono segnalati nel record geologico da evidenze morfologiche e sedimentarie la cui interpretazione è spesso difficile in depositi antichi e/o fortemente deformati. Nelle successioni quaternarie è invece normale correlare i corpi sedimentari alle loro espressioni morfologiche; questa opportunità consente una corretta interpretazione degli eventi che hanno trasformato un data area fino alla sua presente configurazione. L'applicabilità di metodi geocronologici quali quello del radiocarbonio ai depositi quaternari consente spesso di ricostruire con accuratezza la cronologia di tale trasformazione.

Come esempio di integrazione tra osservazioni geomorfologiche, stratigrafiche e studi cronologici basati sul metodo del <sup>14</sup>C, si presentano i primi risultati di ricerche condotte su sedimenti fluvio-lacustri olocenici della costa orientale del lago Shala (*Rift* Etiopico). Tali ricerche rientrano in un progetto di cooperazione scientifica con enti universitari etiopici finanziato dalla Comunità Europea.

### 2. INQUADRAMENTO GENERALE

Il lago Shala, situato entro un'ampia caldera, è localizzato 150 km a sud di Addis Abeba e con un livello delle acque a circa 1558 m s.l.m. costituisce il lago terminale di un bacino endoreico comprendente anche i laghi Ziway (1636 m), Langano (1582 m) ed Abiyata

(1576 m). Il sistema dei laghi Ziway-Shala si localizza nella parte centrale di una depressione tettonica orientata in senso NE-SO lunga 500 km, larga 80 km e nota come *Rift* Etiopico (*Main Ethiopian Rift*; Fig.1). Il bacino dei laghi, confinante a nord con quello del fiume Awash, drena la regione degli altopiani con i fiumi Meki e Katar tra i principali corsi provenienti rispettivamente dall'altopiano etiopico e da quello sud-orientale. Nella regione dei laghi Ziway-Shala il *rift* è delimitato da importanti sistemi di faglie normali che lungo il margine orientale individuano una principale fascia tettonica nota come *Wonji Fault Belt*. La posizione dei quattro laghi prossima a questo sistema di faglie principali riflette quindi l'asimmetria strutturale del *rift*. I terreni presenti in questa regione sono di origine prevalentemente vulcanica. Il vulcanismo ha accompagnato a partire dal Mio-Pliocene l'evoluzione del *Rift* Etiopico (Di Paola, 1972). Sopra la successione vulcanica, spesso alcune centinaia di metri, si ha una sottile copertura sedimentaria (alcune decine di metri) costituita principalmente da depositi fluvio-lacustri di età compresa tra il Pleistocene Superiore e l'Olocene. Tali depositi segnano l'evoluzione del bacino dei laghi Ziway-Shala. La storia tardo-quaternaria di questo bacino è stata caratterizzata da significative oscillazioni dei livelli lacustri che hanno lasciato chiare evidenze morfologiche sotto forma di terrazzi e paleospagge (Grove & Goudie, 1971; Street, 1979). Ad un'osservazione generale queste evidenze sottolineano la tendenza alla riduzione dell'estensione dei laghi fino alle loro attuali dimensioni. L'analisi

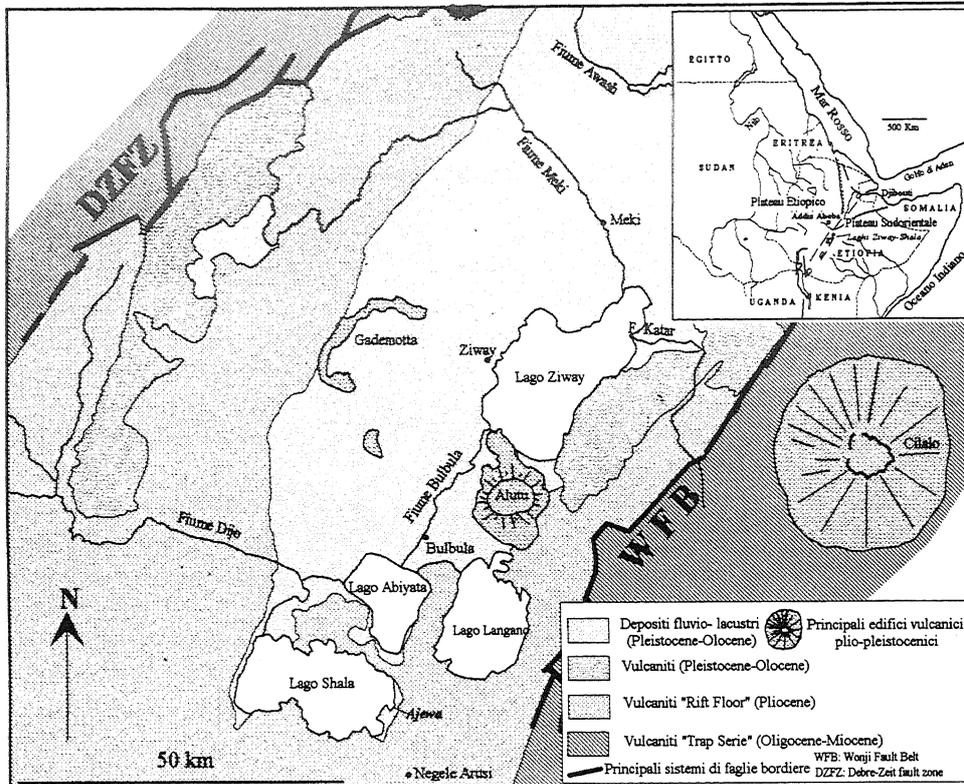


Fig.1 - Carta geologica schematica dell'area centrale del Rift Etiopico (modificata da Di Paola, 1972 e Gasse & Street, 1978).

*Schematic geological map of the central area of the Main Ethiopian Rift (modified from Di Paola, 1972 and Gasse & Street, 1978).*

stratigrafico-sedimentologica e numerose datazioni della sostanza organica contenuta in depositi fluvio-deltizi, costieri e lacustri hanno tuttavia permesso di ricostruire, soprattutto per l'Olocene, una più complessa evoluzione. Un predominante controllo climatico sul livello lacustre causato da un'alternanza di fasi umide ed aride è stato suggerito da vari Autori (Gasse & Street, 1978; Street, 1979; Gillespie *et al.*, 1983; Street-Perrot & Perrot, 1990).

### 3. REVISIONE MORFOLOGICA E STRATIGRAFICA DELLE OSCILLAZIONI DEI LAGHI ZIWAY-SHALA

Studi recenti concentrati principalmente sulla cartografia dei depositi fluvio-lacustri hanno permesso di approfondire la conoscenza dei cambiamenti ambientali avvenuti in quest'area nel tardo Quaternario (Sagri, 1995; Dainelli, 1996). La revisione delle evidenze morfologiche delle oscillazioni lacustri, nuovi studi stratigrafici ed i numerosi dati in letteratura hanno consentito di distinguere cinque principali unità sedimentarie (Fig. 2). Queste, costituite da complesse successioni di depositi lacustri (peliti organogene, diatomiti), costieri (sabbie e ghiaie delizie e di spiaggia) e vulcanoclastici, sono unità a limiti inconformi formatesi in tre principali fasi sedimentarie. Durante la fase del megalago (Pleistocene superiore) il bacino si estendeva nei periodi di massimo livello lacustre, ben oltre il limite che avrebbe raggiunto nella successiva fase (primo medio Olocene). In questa fase si è formato un macrolago che nei momenti di massimo livello raggiungeva una

quota limite di 1670 m oltre la quale le acque venivano drenate nel bacino del fiume Awash. Il passaggio dal megalago al macrolago olocenico viene qui attribuito alla concomitanza di eventi vulcano-tettonici e climatici. La minore estensione caratterizzante il macrolago testimonia infatti la formazione di una soglia che sposta più a sud, rispetto al Pleistocene superiore, lo spartiacque tra il bacino del fiume Awash e quello del fiume Meki. La transizione tra Pleistocene ed Olocene costituisce a scala globale un momento di cambiamento climatico che nelle zone tropicali segna il passaggio dalle condizioni aride del glaciale tardo pleistocenico a quelle umide del primo Olocene. La formazione del macrolago riflette quindi anche questa variazione climatica.

Durante la fase del macrolago ripetute fluttuazioni climatiche in senso umido-arido hanno influenzato numerose oscillazioni del livello lacustre (Gillespie *et al.*, 1983). Tali oscillazioni, talora di notevole ampiezza, consentivano momenti di riunificazione dei quattro laghi. Nella fase dei laghi separati (tardo Olocene) le fluttuazioni climatiche vengono modulate in un *trend* di inaridimento riconosciuto a scala globale che ha determinato la progressiva riduzione dell'estensione dei laghi. Il massimo innalzamento del livello dei laghi (quota dei 1600 m) raggiunto intorno ai 2000 anni fa, porta in questa fase alla unificazione dei laghi meridionali (Abiyata-Langano-Shala) ormai definitivamente separati dal lago Ziway.

### 4. ANALISI GEO-MORFOLOGICA E STRATIGRAFICA DEI DEPOSITI TARDO-QUATERNARI NELL'AREA DI AJEWA (COSTA ORIENTALE DEL LAGO SHALA)

La revisione morfo-stratigrafica condotta con controlli in aree chiave, quali la costa orientale del lago Shala (*Ajewa embayment*), è stata fondamentale per ricostruire le tappe dell'evoluzione paleoambientale ipotizzata a scala regionale. Osservazioni morfologiche nell'area di Ajewa effettuate attraverso analisi di foto aeree, mettono bene in evidenza soprattutto le più recenti fasi di fluttuazione del lago Shala nella forma di paleospiege. Queste, per la loro ubicazione prossima all'attuale linea di costa, vengono correlate con le paleospiege recenti

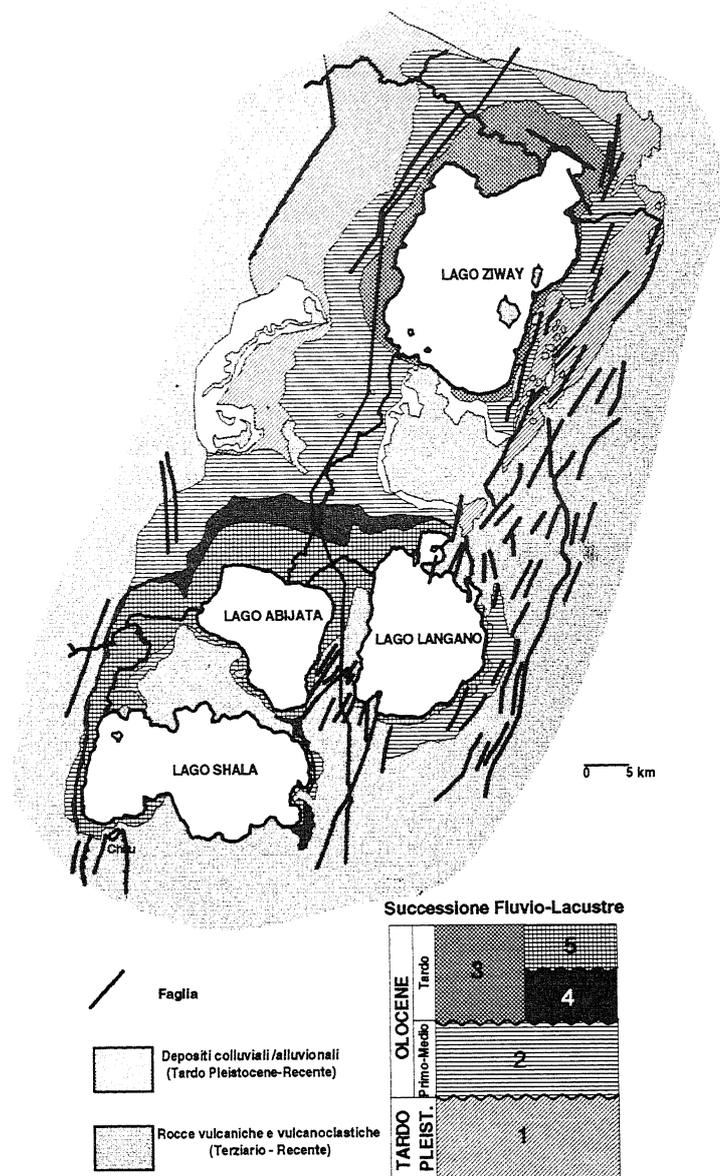
Fig.2 - Le principali unità sedimentarie della successione continentale tardo quaternaria della regione dei laghi Ziway-Shala. 1: unità della fase del megalago (tardo Pleistocene); 2: unità della fase del macrolago (primo-medio Olocene); 3, 4, 5: unità della fase dei laghi separati (tardo Olocene).

*Main sedimentary units of the late Quaternary continental succession in the Ziway-Shala lakes region. 1: unit of the megalake phase (late Pleistocene); 2: unit of the macrolake phase (early-middle Holocene); 3, 4, 5: units of the separated lakes phase (late Holocene).*

diffuse in tutta la regione dei laghi e soprattutto ben espresse lungo la costa settentrionale del lago Abiyata.

Rilevamenti geologici di dettaglio hanno permesso di individuare almeno otto unità stratigrafiche nella successione fluvio-lacustre tardo quaternaria affiorante in quest'area (Fig. 3 e 5). Ogni unità registra una o più fasi di fluttuazione del livello lacustre evidenziata da corpi sedimentari formati in una gamma di sistemi deposizionali variabili da fluvio-deltizi (sabbie e ghiaie a stratificazione inclinata piana) a lacustri marginali (sabbie di spiaggia, e peliti organiche palustri) a lacustri centrali (peliti, diatomiti e minori intercalazioni di sabbie risedimentate). Superfici erosive all'interno e tra queste unità segnalano gli eventi regressivi mentre le fasi di ingressione sono marcate da superfici di sommersione lacustre. Oltre alle evidenze di fluttuazione del lago queste unità mostrano gli effetti di un controllo deformativo sin- e post-deposizionale. Questi sono indicati da strutture associate sia a deformazione plastica (pieghe, slump) che fragile (faglie con rigetti da metrici a centimetrici). La deformazione, prodotta da eventi vulcanici e tettonici che hanno caratterizzato l'evoluzione recente della caldera che ospita il lago Shala, ha attivato all'interno dell'*Ajewa embayment* minori bacini deposizionali. Tra i più evidenti si segnala quello che ha per substrato l'unità 3 (Pleistocene superiore) e che è stato riempito dall'unità 5 (primo Olocene). La formazione di questo bacino viene riferita a fenomeni di sollevamento e successiva traslazione dell'unità 3 che per scivolamento gravitativo ha subito piegamenti con l'individuazione di aree depresse (sinformi) e in rilievo (antiformi). La presenza di *slump* a carico dei sedimenti lacustri dell'unità 5 suggerisce una ripresa della deformazione durante questa fase deposizionale.

Campioni di sostanza organica (conchiglie, legno, peliti organiche) prelevati nelle diverse unità, sono stati datati con il metodo del radiocarbonio. Le datazioni ottenute (Fig. 4) sono state comparate con quelle prodotte da studi precedenti sulla stessa area (Grove *et al.*, 1975; Street, 1979; Gillespie *et al.*, 1983) ed il confronto ha mostrato alcune differenze. Le unità mappate sono comprese tra il Pleistocene superiore (unità 2 e 3; fase del megalago) e l'Olocene. Per quest'ultimo periodo è stata ricostruita una complessa cronologia che permette di



riferire le unità 8 e 7 al tardo Olocene (posteriori a 2000 anni B.P.; fase dei laghi separati, unità 5 in Fig. 2), l'unità 6 intorno ai 7500 anni B.P., l'unità 5 intorno ai 9017 anni B.P. (fase del macrolago). L'unità 4 è costituita da una successione terrazzata i cui depositi difficilmente cartografabili, individuano nell'insieme un periodo di abbassamento lacustre (tra i 10300 e i 9500 B.P.; fase del macrolago) e stazionamenti lacustri intorno ai 6300+6200 anni B.P. (fase del macrolago) e 2600 anni B.P. (fase dei laghi separati, unità 4 in Fig. 2) (Fig. 5).

## 5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il confronto tra le nostre datazioni  $^{14}\text{C}$  e quelle di studi precedenti conferma nelle linee generali l'esistenza delle principali fasi di stazionamento lacustre riconosciute a scala regionale (Gillespie *et al.*, 1983) tuttavia l'età

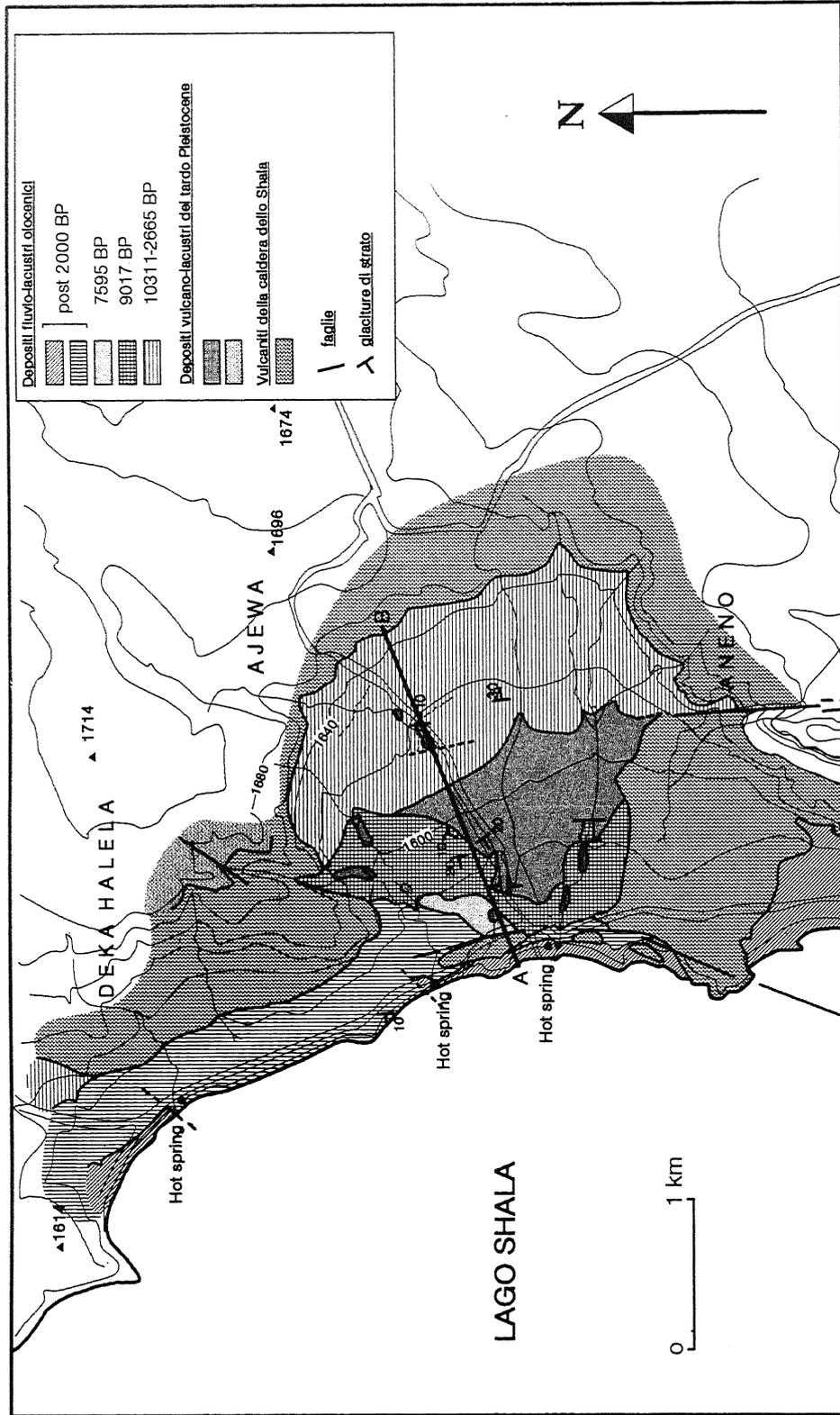


Fig. 3 - Carta geologica dell'area di Ajewa (costa orientale del lago Shala ).  
Geologic map of the Ajewa embayment (eastern coast of the Shala lake).

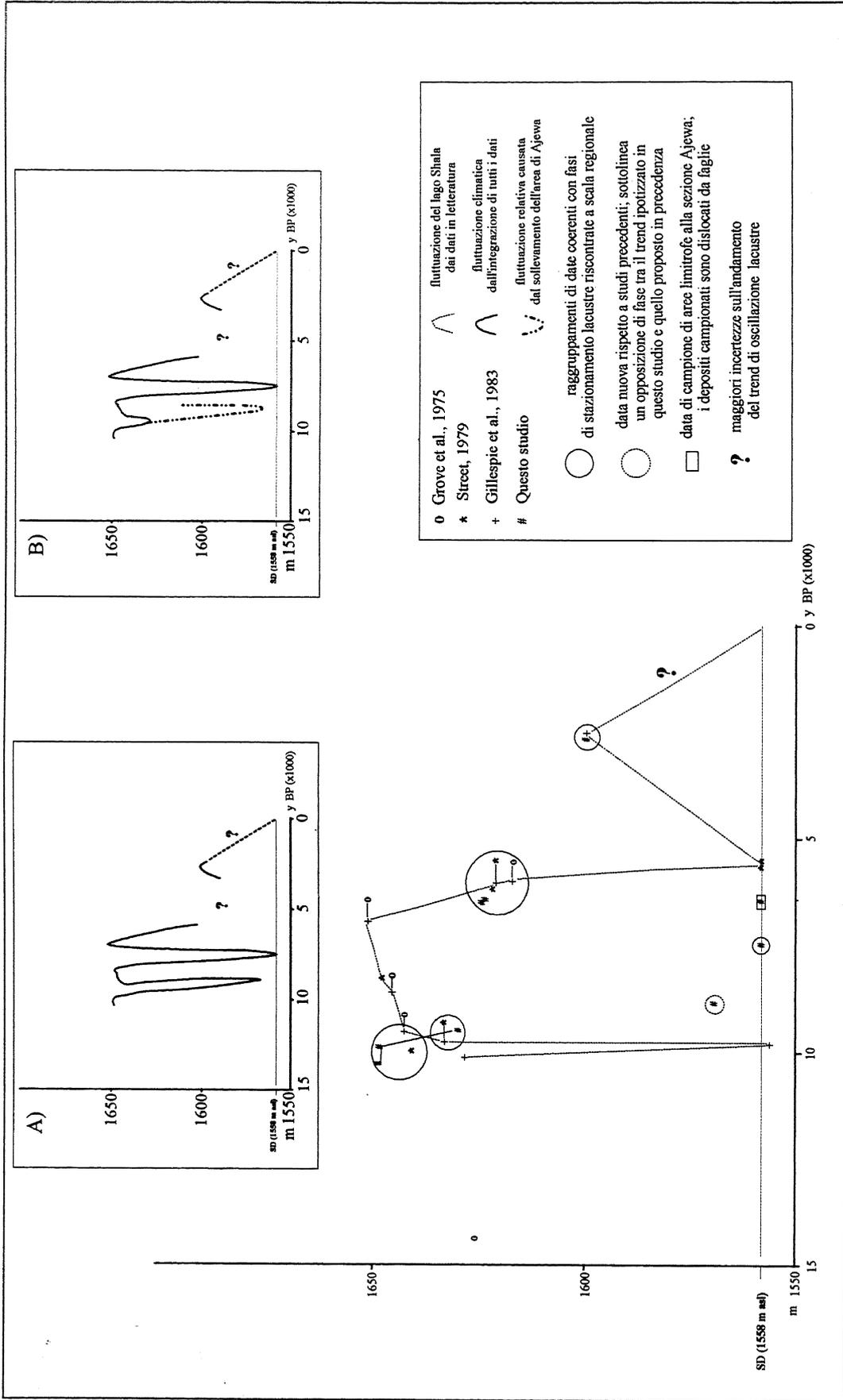


Fig. 4 - Sintesi delle date al radiocarbonio nella successione dell'area di Ajewa. A) e B) ipotesi di fluttuazione olocenica del livello del lago Shala derivate dall'integrazione di tutte le date (vedi testo); nei diagrammi sono stati esclusi i dati di dubbio significato. Radiocarbon dates in the late Quaternary Ajewa embayment succession. A) and B) indicate different hypotheses on lake Shala fluctuations starting from early Holocene (see text for major details); data of uncertain interpretation are not included in the diagrams.

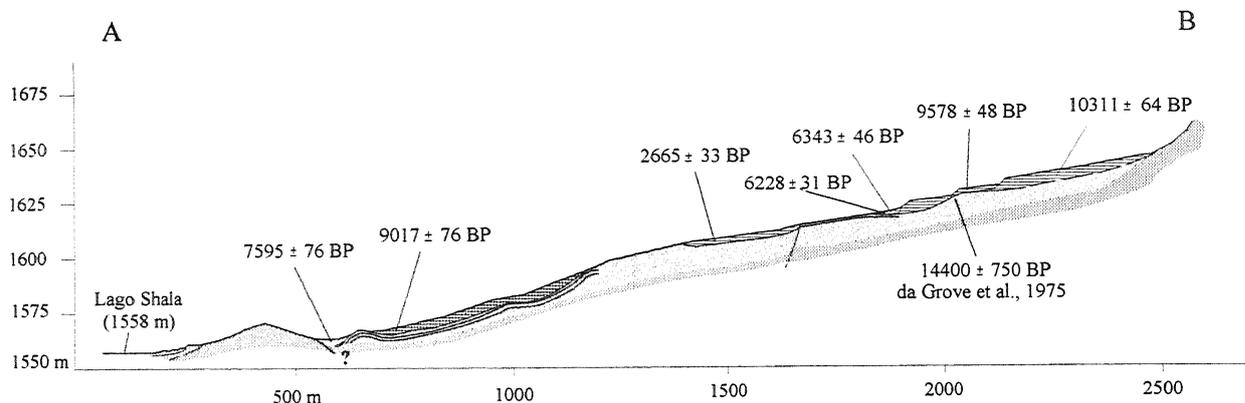


Fig. 5 - Sezione geologica dell'area di Ajewa (vedi Fig. 3).  
Geological cross-section of the Ajewa embayment (see Fig. 3).

di 9017 anni B.P. di un campione della porzione intermedia dell'unità 5 (Fig. 4), indica un'opposizione di fase rispetto alla tendenza di risalita del livello lacustre suggerita in precedenza per lo stesso periodo. L'ipotesi di un basso livello relativo del lago intorno ai 9000 anni B.P. viene da noi sostenuta sulla base di evidenze stratigrafico-deposizionali. L'analisi da noi condotta, basata sul riconoscimento di tendenze deposizionali espresse da associazioni di facies, permette di riferire questa data ad un preciso momento nella storia sedimentaria di questa unità. I depositi palustri risalenti a circa 9000 anni B.P. che giacciono su sedimenti colluviali ed alluvionali, riflettono una nuova sommersione dell'area. Per l'interpretazione di queste evidenze si possono avanzare due ipotesi. Nella prima ipotesi la nostra data esprime una regressione lacustre per cause climatiche non segnalata in precedenza. Il successivo innalzamento del livello si sarebbe verificato intorno agli 8000 anni B.P. Nella seconda ipotesi si suppone un localizzato sollevamento dell'area di Ajewa con graduale deformazione plastica gravitativa dell'unità 3 e formazione del bacino dove si trova l'unità 5. In questo contesto locale il livello del lago, in probabile sollevamento per cause climatiche (vedi prima ipotesi), subisce un abbassamento relativo. Con la stasi dell'attività deformativa il livello lacustre torna ad innalzarsi determinando le ingressioni registrate nell'unità 5. Tale ipotesi tiene conto delle chiare evidenze di deformazione post e sinsedimentaria riconosciute nelle unità 3 e 5.

La deformazione tettonica recente sembra avere interagito con le variazioni climatiche tardo-quadernarie nel controllare le oscillazioni del livello del lago Shala. Questa valutazione ha significative ripercussioni sulla stima dell'ampiezza e della frequenza delle fluttuazioni del livello lacustre e come conseguenza sull'utilizzo di dati cronologici associati a paleolivelli lacustri. La distribuzione altimetrica di depositi lacustri e di superfici associate sembra essere stata falsata da dislocazioni verticali, nel contesto tettonico del *rifting* e soprattutto nell'ambito locale di una caldera vulcanica probabilmente attiva almeno fino a tempi recenti.

## BIBLIOGRAFIA

- Dainelli N., 1996 - *Evoluzione recente della "Regione dei Laghi"*, Rift Etiopico. Tesi di Laurea inedita, 152 pp., Firenze.
- Di Paola G.M., 1972 - *The Ethiopian rift valley (between 7° 00' and 8° 40' lat. North)*. Bull. Volcanol., **36**, 517-560.
- Gasse F. & Street F.A., 1978 - *Late Quaternary lake-level fluctuations and environments of the Northern Rift Valley and Afar Region (Ethiopia and Djibouti)*. Paleogeogr., Palaeoclim., Paleoecol., **24**, 279-325.
- Gillespie R., Street-Perrot A.F. & Switsur R., 1983 - *Post-glacial arid episodes in Ethiopia have implications for climate prediction*. Nature, **306**, 680-683.
- Grove A.T. & Goudie A.S., 1971 - *Late Quaternary Lake Levels in the Rift Valley of Southern Ethiopia and elsewhere in Tropical Africa*. Nature, **234**, 403-405.
- Grove A.T., Alayne Street F. & Goudie A.S., 1975 - *Former lake levels and climatic change in the rift valley of southern Ethiopia*. Geogr. Journ., **141**, 177-202.
- Sagri M. (coord.), 1995 - *Land resources inventory, environmental changes analysis and their applications to agriculture in the Abaya Lake Region (Ethiopia)*. Report n.4. EEC Research Contract STD3-TS3-CT92-0076, 52 pp., Firenze.
- Street F.A., 1979 - *Late Quaternary lakes in the Ziway-Shala basin. Southern Ethiopia*. Ph.D Thesis, inedita, 457 pp., Cambridge.
- Street-Perrott F.A. & Perrott R.A., 1990 - *Abrupt climate fluctuations in the tropics: the influence of Atlantic Ocean circulation*. Nature, **343**, 607-612.

Ms. ricevuto : 15 giugno 1996  
Inviato all'A. per la revisione: 20 giugno 1996  
Testo definitivo ricevuto : 14 ottobre 1996

Ms received: June 15, 1996  
Sent to the A. for a revision: June 20, 1996  
Final text received: Oct. 14, 1996