

VARIAZIONI CLIMATICO-AMBIENTALI NELL'AREA MEDITERRANEA DURANTE IL PERIODO STORICO: EVIDENZE GEOARCHEOLOGICHE DI CICLICHE CRISI AMBIENTALI TIPO "EFFETTO SERRA"

F. Ortolani⁽¹⁾ - S. Pagliuca⁽²⁾

⁽¹⁾Dip.to di Scienze della Terra, Università di Napoli Federico II

⁽²⁾C.N.R. - I.S.P.A.I.M., Ercolano, Napoli

ABSTRACT - *Historical climatic-environmental variations in the Mediterranean area: Geoarchaeological evidences of the type cyclic "Greenhouse Effect" environmental crisis.* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 9(1), 209-212 - An original systematic study on sediments of historical age from various Italian and Egyptian geoarchaeological sites was carried out. Studied sediments were mostly eolian sand, paleosols, alluvium and colluvium deposits and calcareous crusts. The environmental conditions controlling accumulation of each type of sediment have been reconstructed. On the basis of the stratigraphical reconstruction of historical sediments, environmental physical changes and related climatic variations have been identified. Data so far acquired with direct investigations indicates that remarkable climatic-environmental changes have occurred in the Mediterranean basin between 25° and 45° N lat. since about 2,500 years BP. Geological clues for warm-arid (eolianites, calcareous crusts) and cold-humid (flood deposits, paleosols) periods at different latitudes may be taken as quantitative evidence of the climatic conditions during sedimentation, and testify to cyclic environmental crises of 100 to 150 years duration, each crisis having a return time of about 1000 years. The effect of a climatic phase on environment is different depending on latitude: for instance, during a period of warm-arid environmental crisis in Italy, favourable environmental conditions might occur in Central and North Europe and in the Dead Sea area, as well as during a cold-humid crisis, North Africa might be under favourable environmental conditions.

Key words: Global change, geoarchaeology, Historical period, Mediterranean region

Parole chiave: Variazioni climatico-ambientali, geoarcheologia, Periodo storico, area mediterranea

1. INTRODUZIONE

Le ricerche multi-disciplinari di geoarcheologia ambientale sono state condotte con un nuovo metodo di studio basato su approfonditi rilevamenti morfologici e dettagliate analisi stratigrafiche e sedimentologiche dei terreni, datati archeologicamente e radiometricamente, che ricoprono siti archeologici e che inglobano manufatti, in un'area tra 30° N e 48° N, caratterizzata da condizioni climatiche desertiche a sud e da ghiacciai a nord e da costante e diffusa presenza umana negli ultimi 5.000 anni.

Per la prima volta sono stati studiati e correlati a scala regionale e sistematicamente, in Egitto e in Italia, i sedimenti depositi nel periodo storico e costituiti da sabbie eoliche, paleosuoli, alluvioni e colluvioni, incrostazioni carbonatiche; per ogni tipo di sedimento è stata ricostruita la condizione ambientale (climatica e morfologica) che ha consentito il deposito facendo riferimento alle aree in cui attualmente tali terreni si accumulano. In tal modo la stratigrafia dei sedimenti storici ha consentito di ricostruire quantitativamente le modificazioni dell'ambiente fisico e di correlare queste ultime con le modificazioni del clima (Ortolani & Pagliuca, 1993).

Le modificazioni climatico-ambientali evidenziate dagli indicatori geologici (Ortolani & Pagliuca, 1993; 1994) sono state correlate con quelle testimoniate dalle espansioni e ritiri dei ghiacciai alpini (Orombelli, 1990; Berger, 1990), con quelle ricostruite con lo studio della documentazione letteraria (Camuffo & Enzi, 1993; Vidal-Naquet, Ed., 1993), con quelle evidenziate dalla variazione del rapporto degli isotopi dell'ossigeno determinata con l'analisi delle carote di ghiaccio della Groenlandia e dell'Antartide (Dansgaard *et al.*, 1969; Larsen *et al.*, 1995),

con quelle determinate per l'Oceano Atlantico a 38° di latitudine N con analisi isotopiche su gusci di foraminiferi (Bard *et al.*, 1991), con quelle studiate nella zona del Mar Morto sulla base delle variazioni del livello delle acque (Magaritz, 1993), con quelle individuate in Etiopia con analisi polliniche (Bonnefille & Mohammed, 1994), con quelle evidenziate dalle variazioni del campo magnetico terrestre (Thouveny & Williamson, 1991), con quelle testimoniate dalle curve dendrocronologiche (Bartholin, 1984), con quelle messe in luce dalla variazione delle macchie solari (Shoenwiese *et al.*, 1994), con quelle evidenziate dalle variazioni della temperatura dell'aria (Bradley & Jones, 1993) e delle precipitazioni (Bradley *et al.*, 1987), con quelle ritrovate nel Messico meridionale sulla base di analisi di sedimenti lacustri nel territorio dei Maya Hodell *et al.*, 1995).

2. VARIAZIONI CLIMATICO-AMBIENTALI: SINTESI DEI DATI

I dati finora acquisiti con le indagini dirette indicano che notevoli e varie modificazioni climatico-ambientali hanno interessato il bacino mediterraneo tra il 48° e 30° di latitudine N da 2500 anni circa B.P.; gli indicatori geologici rinvenuti alle varie latitudini e relativi a periodi caldo-aridi (eolianiti, croste calcaree) e freddo-umidi (depositi alluvionali, paleosuoli) forniscono indicazioni quantitative circa le condizioni climatiche esistenti al momento della sedimentazione ed in particolare sulle precipitazioni idriche, sui suoli e sulla loro produttività agricola e quindi sulle principali risorse alimentari. Gli indicatori geologici e morfologici testimoniano vere e proprie crisi ambientali

cicliche di tipo freddo-umido e caldo-arido della durata di 100-150 anni (periodo di circa 1000 anni per lo stesso tipo di crisi). Gli effetti ambientali della stessa modificazione climatica sono risultati differenti in relazione alla latitudine per cui, ad esempio, durante un periodo di crisi ambientale caldo-arida in Italia centro-meridionale, si sono determinate condizioni ambientali eccezionalmente favorevoli nel centro nord dell'Europa e nella zona del mar Morto.

Le variazioni climatiche freddo-umide, caratterizzate da una temperatura media inferiore all'attuale fino a 2° (Bard *et al.*, 1991), evidenziate nelle sezioni geoarcheologiche da depositi alluvionali e colluvioni di notevole spessore nelle grandi pianure costiere del Mediterraneo compreso il Nord Africa (Vita Finzi, 1969), nonché da paleosuoli (Entisuoli Acquents) in aree attualmente interessate da condizioni climatiche caldo-aride, sono avvenute tra il VI-IV sec. a.C., tra il V-VIII sec. d.C. e tra il XVI-XIX sec. d.C.; ad esse corrispondono, invece, periodi di particolare aridità lungo la valle del Nilo e nella zona del mar Morto (Ortolani & Pagliuca, 1993; 1994).

Le variazioni climatiche caldo-aride, caratterizzate da una temperatura media superiore a quella attuale fino a circa 2°, evidenziate nelle sezioni geoarcheologiche da sabbie eoliche, accumulate anche in aree ubicate a distanze superiori ad 1 km dal mare e con altitudine fino a 30 m s.l.m., e croste carbonatiche fino ad oltre il 41° di latitudine N e quindi in zone caratterizzate attualmente da clima umido con il quale non possono depositarsi, sono avvenute tra il II-V sec. d.C. e tra l'XI-XIV sec. d.C.; ad esse corrispondono periodi di piene lungo la valle del F. Nilo e nella zona del mar Morto (Ortolani & Pagliuca, 1993; 1994).

Gli indicatori geologici e le paleotemperature (Bard *et al.*, 1991) evidenziano che ogni 500 anni circa, negli ultimi 2500 anni, le fasce climatiche si sono spostate di circa 8°-10° di latitudine alternativamente verso sud e verso nord, provocando brevi ma intense crisi ambientali nell'area mediterranea compresa tra il 30° ed il 46° di latitudine N (Ortolani & Pagliuca, 1993; 1994).

Lo spostamento verso nord delle fasce climatiche, nei periodi più caldo-aridi rispetto all'attuale situazione, avrebbe determinato un avanzamento della zona arida e semiarida fino ad oltre il 41° di latitudine N, con impostazione di condizioni climatiche desertiche e di steppa (piovosità inferiore a 200 mm) e accumulo di sabbie eoliche e incrostazioni calcaree nelle aree costiere; contemporaneamente si sarebbe avuto un aumento delle precipitazioni nell'alto bacino del F. Nilo e nella zona del Mar Morto in seguito all'ampliamento della zona equatoriale e tropicale.

Lo spostamento verso sud delle fasce climatiche, nei periodi più freddi rispetto all'attuale situazione, avrebbe determinato un avanzamento della zona temperato-umida di tipo oceanico fino a circa 35° di latitudine N, con impostazione di condizioni climatiche freddo-umide; in concomitanza si sarebbe avuta una diminuzione delle precipitazioni nell'alto bacino del F. Nilo, interessato in questo caso dalla zona arida e semiarida, con conseguente riduzione delle portate come ad esempio accaduto durante la Piccola Età Glaciale del XVI-XIX sec.d.C. (El Sharkawi, com. pers.) e nella zona del mar Morto (Magaritz, 1993).

Lo spostamento verso sud della fascia arida-semia-

rida potrebbe avere provocato la crisi ambientale di tipo arido evidenziata nello Yucatan da Hodell *et al.* (1995), che avrebbe sensibilmente influito sulla decadenza della civiltà Maya tra l'800 e 950 d.C.

Le cause di queste variazioni climatico-ambientali cicliche con periodo di circa 1000 anni evidenziate per la prima volta grazie alle ricerche geoarcheologiche, qui sintetizzate, vanno probabilmente ricercate nell'attività solare. I rapporti isotopici dell'Ossigeno delle carote di ghiaccio della Groenlandia e Antartide evidenziano che le oscillazioni climatiche di breve periodo si sono verificate in tutto l'Olocene e Pleistocene superiore con variazioni repentine di alcuni gradi della temperatura media (Dansgaard *et al.*, 1993); le cicliche e rapide variazioni della temperatura media (periodo 1000 anni) sono confermate dalle ricerche di Bard *et al.* (1991) e di Larsen *et al.* (1995).

La sezione geoarcheologica più rappresentativa delle modificazioni climatico-ambientali di tipo caldo-arido nell'area mediterranea è quella osservabile nell'area archeologica di Selinunte nella Sicilia sud-occidentale (Ortolani & Pagliuca, 1993) dove l'area archeologica e l'Acropoli stessa, fino alla quota di circa 30 m, sono state messe alla luce asportando sabbie eoliche che le avevano ricoperte negli ultimi 2000 anni preservandole fino ai nostri giorni.

Come è noto, nella parte meridionale dell'area mediterranea le sabbie vengono trasportate dal vento e accumulate anche a centinaia di metri di distanza dalla spiaggia solo in particolari condizioni climatiche di tipo arido con una piovosità inferiore a circa 200 mm/anno per cui, considerando che il clima umido attuale (piovosità media a Selinunte di circa 600 mm/anno) si è instaurato nell'area mediterranea a partire dal 1500 d.C., cioè dall'inizio della "Piccola età glaciale" e che esso ha favorito la pedogenesi delle sabbie eoliche, accumulate sull'area archeologica, e la loro fossilizzazione da parte della macchia mediterranea, è apparso stimolante analizzare tali sedimenti dal punto di vista sedimentologico e mineralogico e ricostruire le modificazioni climatico-ambientali.

In particolare, le eolianiti inferiori che seppelliscono le strutture riferibili al III sec.a.C. sono ricoperte dal paleosuolo di colore grigio scuro che per le caratteristiche macroscopiche è interpretabile come un suolo prodotto in condizioni climatiche freddo-umide. Queste ultime hanno interessato l'area mediterranea, tra il V ed VIII sec.d.C., prima delle invasioni dei popoli musulmani. Il periodo di accumulo delle eolianiti può essere ristretto, quindi, tra il III sec.a.C. (età dei manufatti) ed il V sec.d.C. (inizio del periodo freddo-umido). Tenendo presente che nell'area mediterranea l'intervallo caldo-arido si è verificato tra il II e IV sec.d.C., è da ritenere che anche le sabbie dunari inferiori accumulate fino sull'Acropoli siano relative alla crisi caldo-arida del periodo romano.

Come già detto il paleosuolo, che ha uno spessore di alcune decine di centimetri, contiene nella parte alta vari reperti riferibili al periodo di occupazione delle popolazioni musulmane avvenuta, in Sicilia, tra il IX e XI sec. d.C. Si ritiene, pertanto, che al momento dell'occupazione musulmana il paleosuolo si fosse già formato durante il periodo freddo-umido intercorso tra il VI e IX sec. d.C. L'analisi preliminare consente di definire questo livello pedogenizzato grigio scuro, con tessitura sottile e tipico

delle medie latitudini e della fascia subtropicale piovosa, un Entisuolo Aqueus sviluppatosi su sedimenti eolici limosi alloctoni (tipo *loess*) accumulatisi sui depositi dunari del periodo romano costituiti da sabbia ricca di detriti bioclastici provenienti dalla locale spiaggia.

Le sabbie superiori che ricoprono le strutture ed il paleosuolo possono essersi accumulate tra l'XI sec. d.C. (età dei manufatti relativi al periodo di occupazione delle popolazioni musulmane rinvenuti sul paleosuolo e delle fortificazioni eseguite nella zona Acropoli) ed il XVI sec. d.C., prima che si instaurassero le condizioni climatiche freddo-umide della nota "Piccola Età Glaciale" che hanno caratterizzato l'Italia dal 1500 circa d.C. I dati storici e paleoclimatici consentono quindi di porre la sedimentazione delle eolianiti superiori nel noto periodo caldo medievale compreso tra l'XI e XIV sec. d.C. Si fa presente che le sabbie ricoprenti il paleosuolo non si trovano solo nella zona di Malophoros ma in tutta la dorsale dell'Acropoli a quota superiore anche a 20 m s.l.m. La loro messa in posto, quindi, ha rappresentato una notevole modificazione ambientale che può essere avvenuta solo in un periodo particolarmente arido in cui la superficie del suolo era priva di copertura vegetale. L'età delle eolianiti superiori non può essere riferita che al periodo arido che ha caratterizzato il Mediterraneo prima del periodo freddo-umido della Piccola Età Glaciale (1500-1850 circa) e quindi al periodo caldo medievale. Le due fasi caldo-aride sono state separate da un periodo freddo-umido, con condizioni climatico-ambientali simili a quelle instauratesi durante la Piccola età glaciale; a tale periodo è da attribuire il paleosuolo di colore grigio scuro.

3. DISCUSSIONE

I dati scaturiti dagli studi geoarcheologici tesi alla definizione dell'evoluzione ambientale negli ultimi millenni (Ortolani & Pagliuca, 1993; 1994) consentono di apprezzare concretamente l'entità delle modificazioni ambientali ed in particolare delle vitali risorse naturali quali acqua e suolo. In particolare si osserva che l'ingente accumulo di sedimenti alluvionali verificatosi tra il VI e IV sec. a.C. e tra il V e VIII sec. d.C. ha determinato marcate modificazioni morfologiche nelle valli e pianure alluvionali dovute a una generale aggradazione del piano campagna (fino a circa 10 m) con conseguente seppellimento dell'ambiente antropizzato e progradazione delle pianure alluvionali costiere (da alcune centinaia di metri ad alcuni chilometri con relativa sostanziale modificazione della morfologia della fascia litorale, interramento di lagune costiere e di eventuali aree portuali); durante la Piccola Età Glaciale, tra il XVI e XIX sec. d.C., si è determinata prevalentemente la marcata progradazione dei litorali e degli apparati deltizi (Pranzini, 1993).

Gli effetti ambientali delle crisi caldo-aride verificatesi nel passato nell'area mediterranea (incremento della temperatura media di circa 2°, diminuzione della piovosità, inaridimento e accumulo di eolianiti e incrostazioni carbonatiche nelle aree costiere) sono molto simili a quelli previsti per il prossimo futuro quando l'«Effetto Serra» avrà raggiunto la massima espansione; gli effetti ambientali delle crisi freddo-umide registrati nell'alto medioevo e

nel periodo arcaico (diminuzione della temperatura media di circa 2°, incremento della piovosità e accumulo di ingenti volumi di detriti nelle aree costiere) sono del tutto simili a quelli testimoniati per la Piccola Età Glaciale.

La storia dell'uomo negli ultimi 2500 anni, nell'area Circummediterranea, si sarebbe svolta in un ambiente che veniva profondamente modificato ciclicamente da "piccole età glaciali" e "effetti serra" che determinavano brevi periodi di crisi ambientale con rapide e sostanziali variazioni delle risorse naturali vitali (acqua, suolo, fauna, flora).

I dati finora ottenuti evidenziano che attualmente ci troviamo nella naturale fase di transizione ambientale tra il periodo freddo-umido della "Piccola Età Glaciale" e il periodo caldo-arido connesso all' "Effetto Serra" che dovrebbe accentuarsi già dal prossimo secolo con conseguente ripristino delle condizioni climatico-ambientali già sperimentate, ciclicamente, tra il 200 e 400 d.C. e tra il 1000 e 1300 d.C. circa.

Le modificazioni climatico-ambientali che già oggi si avvertono sono quindi le prime manifestazioni delle modificazioni che naturalmente si accentueranno secondo la ciclicità fino a determinare, nelle aree costiere comprese tra il Nord Africa e la Pianura Padana, una crisi ambientale di tipo caldo-arido della durata prevista di 100-200 anni; è naturalmente da valutare se le attività umane potranno provocare una accentuazione delle variazioni ambientali rispetto a quelle sperimentate già in passato.

Una prevedibile diretta conseguenza della modificazione climatica è rappresentata dal cambiamento di zona pluviometrica nell'Europa Centrale (dal tipo atlantico al tipo mediterraneo con relativo incremento delle temperature medie) con concentrazione della piovosità in precisi periodi rispetto all'attuale distribuzione, più o meno omogenea, nel corso dell'anno e conseguenti aumenti delle portate idriche dei grandi fiumi con ripetute e continue inondazioni delle valli e pianure antropizzate in relazione al regime pluviometrico connesso alla Piccola Età Glaciale.

Altra prevedibile conseguenza è l'incremento di piovosità che si avrà in parte delle zone attualmente aride ubicate a nord del Tropico del Cancro in Africa e Vicino Oriente, in seguito allo spostamento verso nord del limite delle aree interessate dai monsoni estivi, che determinerà un drastico miglioramento delle locali condizioni ambientali.

BIBLIOGRAFIA

- Bard E., Labeyrie L.D., Pichon J.-J., Labracherie M., Arnold M., Duprat J., Moyes J., Duplessy J.-C., 1990 - *The last deglaciation in the southern and northern hemispheres: a comparison based on oxygen isotope, sea surface temperature estimates and accelerator ¹⁴C dating from deep-sea sediments*. In: Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic, 405-415.
- Bonnefille R. & Mohammed U., 1994 - *Pollen-inferred climatic fluctuations in Ethiopia during the last 3000 years*. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **109**, 331-343.

- Bradley S.R. & Jones P.D., 1993 - *Little Ice Age summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends*. The Holocene, **3**(4), 367-376.
- Camuffo D., Enzi S., 1993 - *Cambiamenti climatici negli ultimi 2000 anni*. Atti Conv. AIQUA "Una nuova geologia per l'ambiente", Il Quaternario, **7**(2), 257-266.
- Dansgaard W., Johnsen S.J., Moller J., Langway C.C., 1969 - *One thousand centuries of climate record from Camp Century on the Greenland ice sheet*. Science, **166**, 377.
- Hodell D.A., Curtis J.H., Brenner M., 1995 - *Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization*. Nature, **375**, 391-394.
- Larsen E., Sejrup H.P., Johnsen S.J., Knudsen K.L., 1994 - *Do Greenland ice cores reflect NW European interglacial climate variations?* Quater. Res., **43**, 125-132.
- Magaritz M., 1993 - *Synchronized changes in regional water balance since the Mid-Holocene*. Climatic Change, **24**, 179-185.
- Orombelli G., 1990 - *Ghiacciai, clima, equilibri ambientali*. Mem. Soc. Geol. It., **45**, 833-837.
- Ortolani F. & Pagliuca S., 1994 - *Variazioni climatiche e crisi dell'ambiente antropizzato*. Il Quaternario, **7**(2), 351-356.
- Ortolani F. & Pagliuca S., 1993 - *Climatic variations and crises in the anthropized environment in the Mediterranean Region*. Proc. Geosciences & Archæology Seminar, spec. publ. n. 70, 113-126.
- Pinna M., 1977 - *Climatologia*. Ed. UTET, 442 pp.
- Pranzini E., 1993 - *Bilancio sedimentario ed evoluzione storica delle spiagge*. Atti Conv. AIQUA "Una nuova geologia per l'ambiente", Il Quaternario, **7**(2), 197-204.
- Schonwiese C.-D., Ullrich R., Beck F., Rapp J., 1994 - *Solar signals in global climatic change*. Climatic Change, **27**, 259-281.
- Thouveny N. & Williamson D., 1991 - *Palaeomagnetic secular variations as a chronological tool for the Holocene*. Palæoclim. Res., **6**, 15-27.
- Vidal-Naquet P., 1993 - *Il nuovo atlante storico*. Zanichelli, 2a ed., Bologna, 355 pp.
- Vita Finzi C., 1969 - *The Mediterranean valleys: geological changes in historical times*. Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 140 pp.

*Ms. ricevuto : 25 maggio 1996
 Inviato all'A. per la revisione: 28 giugno 1996
 Testo definitivo ricevuto : 22 luglio 1996*

*Ms received: May 25 1996
 Sent to the A. for a revision: June 28, 1996
 Final text received: July 22, 1996*