

EVIDENZE GEOMORFOLOGICHE SOMMERSE NELLE AREE COSTIERE ITALIANE DI UNO STAZIONAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE UBICATO A CIRCA -20 M E ATTRIBUITO ALLO STADIO 3

F. Antonioli (1) - L. Ferranti (2)

(1) Department of Environment, ENEA Casaccia - Roma

(2) Geomare Sud - CNR, Napoli

ABSTRACT - *Submerged geomorphological evidence for isotope stage 3 paleo-sea level at about -20 m b.s.l. along the Italian coasts.* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 9(1), 1996, 205-208 - Underwater investigations along the Italian coasts have shown a recurrent paleo-sea level at -18+/-22 m below the present sea level. Geochronological age determinations on submerged speleothems used as sea-level markers and sampled at around -20 m, suggest that the paleo-sea level corresponds to the highest stand reached by the sea during the isotope stage 3, between 48 and 27 ka. Geomorphological evidence of this paleo-sea level are remains of a subhorizontal abrasion surface, which is visible on cliffs bordering carbonate promontories. Analogous surfaces (terraces) are mainly observed in the Tyrrhenian Sea from Tuscany to Sicily and in Sardinia at similar depths (-16+/-22 m); examples are also visible along the Apulia's coast in the Adriatic Sea. Recurrent geomorphological features of these terraces are: a) discontinuous but frequent occurrence; b) width lower than 10 m; c) location at the base of ancient cliffs; d) notch and pot-holes at the inner margin; e) in many cases terraces are laterally connected with the wave-enlarged mouth and levelled bottom of submerged caves, and with the flat top of ancient buttes. The general tectonic stability since Eutyrrhenian times (stage 5e of the oxygen isotope curve) in the regions where the observed forms occur, confines the relative age to well definite times. The absolute age of the paleo-sea level is yielded by speleothems sampled at about -20 m b.s.l. in Tuscany. These display marine biogenic episodes interlayered with continental ones. The ¹⁴C radiometric ages of the different layers keep such alternating episodes within the time span ranging from 27 to 42 ka (Alessio *et al.* 1992; 1994), namely during the highstand related to the isotope stage 3 (Aharon & Chappel, 1986). It is concluded that abrasion terraces and related morphological features found within the same depth interval formed during the stage 3 oscillating highstand.

RIASSUNTO - *Evidenze geomorfologiche sommerse nelle aree costiere italiane di uno stazionamento del livello del mare ubicato a circa -20 m e attribuito allo stadio 3* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 9(1), 1996, 205-208 - Numerose ricerche di geologia subacquea effettuate lungo le coste italiane ed in particolare in quelle tirreniche, hanno messo in luce ricorrenti evidenze di un paleostazionamento del livello del mare, rappresentato in molti casi da un terrazzo sommerso compreso tra -18 e -22 m di profondità. Tali evidenze hanno una distribuzione omogenea lungo tutta l'area peritirrenica, dalla Toscana alla Sicilia, e si rinvenivano anche in Adriatico lungo la costa pugliese. La ricorrenza e la correlabilità laterale del terrazzo suggeriscono una sua attribuzione ad un importante e prolungato paleostazionamento del livello del mare. Sulla base di datazioni effettuate su speleotemi sommersi (Alessio *et al.*, 1992; 1994) ed una revisione critica delle curve eustatiche sinora pubblicate, tale paleostazionamento viene riferito ad un alto eustatico occorso tra 27 e 48 ka e correlato con lo stadio 3 della curva isotopica dell'ossigeno (Aharon & Chappel, 1986).

Parole chiave: Geologia subacquea, paleo-livello marino, -18 + -22 m, 27+48 ka (Stadio 3), Mar Tirreno
Keywords: Submarine geology, paleo-sea level, -18 + -22 m b.s.l., 27+48 ka (Stage 3), Tyrrhenian Sea

1. EVIDENZE GEOMORFOLOGICHE

Le evidenze geomorfologiche sono state riscontrate in alcuni promontori carbonatici delle coste italiane (Fig. 1) e sono rappresentate nella maggior parte dei casi da lembi di superficie di abrasione marina, a cui si associano solchi, marmitte di eversione e allineamenti di ingressi di grotte di abrasione costiera. Nel seguito vengono descritte tali evidenze geomorfologiche nelle località più rappresentative; tutti i dati provengono da zone considerate stabili a partire almeno dallo stadio 5e.

Sul promontorio di Gaeta (Lazio) sono presenti numerosi lembi di superfici di abrasione, sommità di faraglioni ed imboccature di grotte di abrasione costiera, compresi tra -18 e -21 m di profondità (Antonioli, 1991).

Nell'isola di Capri (Campania), lembi di superfici di abrasione marina su carbonati si rinvenivano a ridosso della falesia attuale fra -15 e -20 m di profondità. Tali terrazzi si seguono lateralmente per centinaia di metri. I terrazzi ben si correlano dal punto di vista batimetrico e morfologico con il fondo spianato a -18+/-20 m del salone iniziale della Grotta Azzurra (Antonioli & Ferranti, in stampa). Sul versante meridionale della Penisola Sorrentina,

lungo alcuni isolotti (scoglio Isca, scoglio Vervece), Cinque & Putignano (1992) segnalano la presenza di terrazzi di abrasione tra -15 e -25 m, incisi al piede di paleofalesie, ed associati talora a ben preservati solchi. Sullo stesso versante, un lembo di superficie di abrasione posto tra -18 e -22 m, e correlato batimetricamente a sbocchi di condotti carsici suborizzontali, viene segnalato da Donadio *et al.* (1994). Il ripiano si presenta molto netto e lateralmente continuo, con ampiezza di 10 m e larghezza di 40+50 m.

Nel settore ad est dell'isola d'Ischia (Golfo di Napoli), Ferranti *et al.* (1994) segnalano l'esistenza di un terrazzo marino ubicato a -16+/-18 m di profondità ed associato batimetricamente a morfologie di abrasione costiera (fondo della Grotta Grande delle Formiche e piede di paleofalesie e di un arco naturale nella Grotta dell'Arco Naturale). Tali forme abrasive troncano edifici vulcanici attribuiti alla parte bassa del Pleistocene superiore. Nella stessa area de Alteris *et al.* (in stampa) sulla base di profili ecografici, rilevano la notevole estensione areale del ripiano a -16+/-18 m, in massima parte ricoperto di sedimenti.

Le evidenze morfologiche di un paleostazionamento ubicato tra -18 e -22 m presentano la loro massima



Fig. 1 - Ubicazione delle località con indicazione delle profondità di rinvenimento dei lembi di superficie di abrasione marina riferita allo stadio 3.

Site location with indication of the depth at which remains of stage 3 submerged terraces have been identified.

riscono che nel corso del Me-solitico, e con un livello del mare più basso, il terrazzo permetteva la frequentazione antropica del promontorio (Antonioli *et al.*, 1994b). Il terrazzo risulta associato a sbocchi di canali carsici suborizzontali, ed inciso su paleomorfologie molto mature quali blocchi isolati, torrioni, speroni costieri attualmente sommersi. Presso Capo S. Vito (Golfo di Castellammare) si rinvengono con continuità su tutto il promontorio lembi di terrazzi di abrasione marina (Fig. 3 e 4) a profondità variabili tra -13+ -18 m, che troncano falesie sommerse e faraglioni isolati a -18 m (Antonioli *et al.*, 1994c).

Nella zona di Capocaccia (Sardegna nord-occidentale) è presente un esteso terrazzo alla profondità di -18 m che tronca la ripida falesia antistante la Grotta dei Cervi, presso Punta Giglio.

Nella fascia costiera prospiciente il sito archeologico di Egnazia (provincia di Brindisi) si osserva una su-perficie terrazzata compresa tra

abbondanza e diffusione areale a Capo Palinuro (Campania; Antonioli *et al.*, 1994a). Tali evidenze sono rappresentate da un terrazzo ampio pochi metri ma lateralmente ben sviluppato. Il terrazzo, scolpito al piede di paleofalesie ovvero sulla sommità di faraglioni isolati (Fig. 2), risulta inclinato verso mare, dove un ciglio ben individuato lo delimita rispetto alla paleofalesia inferiore. Il terrazzo risulta associato allo sbocco di condotti carsici suborizzontali (Grotte della Cattedrale I e II), ovvero prosegue senza soluzione di continuità nei fondi spianati delle sale iniziali di cavità carsiche dove in alcuni casi è ben preservato anche un solco basale (Grotta Azzurra, Grotta delle Corvine).

Presso Capo Zafferano (costa settentrionale della Sicilia), la continuità delle falesie sommerse è interrotta da un terrazzo spianato con ciglio posto alla profondità di -16+ -18 m. La genesi di tale morfologia è sicuramente antecedente la risalita olocenica del livello marino; difatti le datazioni ^{14}C (9350+9900 a B.P.) di resti di pasto recuperati in una grotta attualmente isolata da ripide falesie costiere, sugge-

-16 e -20 m di profondità, scolpita su calcarenite, per una estensione areale di circa 400 m.

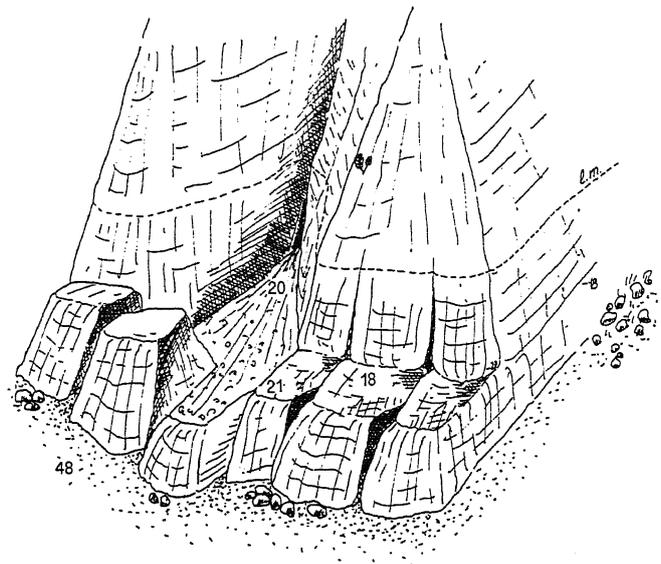


Fig. 2 - Blocco-diagramma del fondale di Capo Spartivento (Capo Palinuro, Campania). Sono indicate le profondità dell'orlo interno, esterno e del piede della scarpata inferiore dei lembi del terrazzo riferito allo stadio 3. La sezione in basso trasversale al promontorio intercetta un faraglione con sommità spianata durante lo stadio 3.

Block diagram of the Cape Spartivento sea-bottom (Cape Palinuro, southern Italy). Numbers refer to the depth of inner and outer margins and of the lower slope toe of stage 3 terraces. The section in the lower part of the figure, is perpendicular to the promontory and shows the top of a submerged butte at the depth of the terrace and which was levelled during the stage 3 interval.

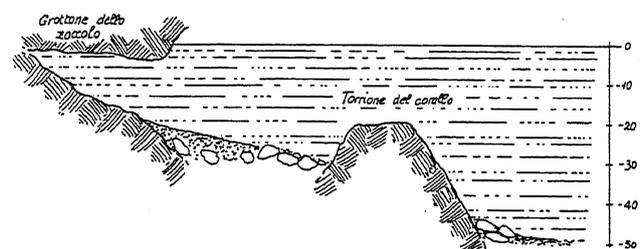




Fig. 3 - Sommità spianata a -17 m di un faraglione ubicato circa 150 m al largo della costa nordorientale del promontorio di S. Vito lo Capo, Sicilia nordovest.

Flat top of a submerged butte at -17 m b.s.l., 150 m offshore to the NE of S. Vito-lo-Capo, northwestern Sicily.

2. ATTRIBUZIONE CRONOLOGICA

Nelle curve eustatiche di Alessio *et al.* (1992; 1994) è presente un paleostazionamento del mare alla profondità di circa -20 m, compreso tra 27 e 48 ka. La curva è stata elaborata sulla base di datazioni ^{14}C di un livello marino organogeno pre-olocenico compreso tra livelli diversi di concrezionamento continentale in alcune stagliati campionati tra -18 e -21 m di profondità nella Grotta dell'Argentola (Toscana). Per le loro caratteristiche morfologiche e la vasta distribuzione areale, i lembi di terrazzi rinvenuti lungo le coste italiane vengono attribuiti ad uno o più stazionamenti avvenuti in età recente e prima dell'ultimo picco glaciale (stadio 2). Per questo motivo tali evidenze geomorfologiche vengono correlate allo stazionamento alla medesima profondità presente nelle curve di Alessio *et al.* (1992; 1994), che corrisponde cronologicamente allo stadio 3 della curva paleoclimatica.

Viene normalmente accettato che il livello eustatico durante lo stadio 3 non si sia innalzato a più di -50÷ -60 m sotto quello attuale, ovvero a profondità ancora maggiori (Chappel & Shackleton, 1986), ed a questo intervallo vengono attribuite caratteristiche paleoclimatiche proprie di un interstadio freddo. In particolare risultano molto scarse le conoscenze sulle quote eustatiche del livello marino raggiunte nel Mediterraneo durante lo stadio 3 a causa della assenza di coralli che nelle aree tropicali hanno permesso lo studio di questo intervallo con maggior dettaglio. Ricerche più recenti indicano però un graduale innalzamento della quota dello stadio 3 rispetto alle precedenti curve eustatiche. Aharon & Chappel (1986) sulla base di studi sui rapporti isotopici dell'ossigeno e datazione al ^{14}C eseguite su *Tridacna Gigas* presenti nei terrazzi corallini sollevati a varie quote in Nuova Guinea, evidenziano – nell'intervallo compreso tra 27 e 60 ka – la presenza di 4 picchi eustatici, il più alto dei quali raggiunge i -34÷ -36 m di profondità. Cann *et al.* (1988) studiano foraminiferi bentonici indicativi di paleo-profondità in Australia meridionale, ed elaborano una dettagliata curva eustatica per l'intervallo 30÷45 ka, dalla quale risulta la presenza di alcuni picchi compresi tra -22 e -24 m di profondità. Richards *et al.* (1994), datano con

il metodo del Th-U numerosi speleotemi sommersi campionati nelle Blue Holes (Bahamas) fino ad una profondità di -56 m. Gli Autori elaborano una curva eustatica che mostra la quota di campionamento e la datazione dei concrezionamenti continentali avvenuti durante lo stadio 3; uno speleotema campionato a -20 m mostra concrezionamento continuo tra 50 e 60 ka.



Fig. 4 - Bordo interno di un terrazzo ubicato sulla costa nordorientale del promontorio di S. Vito lo Capo, Sicilia nordovest. Ci troviamo a -15 m.

Inner margin of a stage 3 terrace at -15 m b.s.l. Northeastern coast of S. Vito-lo-Capo, northwestern Sicily.

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La conoscenza della variazione del livello eustatico del mare durante il Pleistocene superiore riveste una enorme importanza nell'interpretazione dell'evoluzione geomorfologica delle aree costiere, in quanto consente di determinare i livelli di base ai quali riferire forme e depositi. L'attribuzione cronologica delle evidenze geomorfologiche osservate a -18÷ -20 m lungo le coste italiane rappresenta la prima segnalazione della quota eustatica dello stadio 3 effettuata nel Mediterraneo.

La metodologia impiegata per la elaborazione di curve di oscillazione del livello del mare (Alessio *et al.*, 1992; 1994) consente di avere sufficienti margini di certezza sulle quote eustatiche, poichè le datazioni sono state effettuate su speleotemi campionati in aree dove è documentata su base geomorfologica integrata da datazioni assolute una stabilità tettonica a partire almeno

dall'Eutirreniano (stadio 5e). Al contrario in molte delle aree di indagine per la elaborazione di curve eustatiche (ad es. in Nuova Guinea; Aharon & Chappel, 1986), è stata applicata una correzione altimetrica per il sollevamento neotettonico dei terrazzi.

Dati preliminari sui rapporti isotopici dell'ossigeno (delta ^{18}O) sulle stalagmiti campionate in Toscana riferiti allo stadio 3 forniscono valori della temperatura delle acque marine indicativi di periodi più temperati rispetto all'Olocene (Alessio *et al.*, 1994). Pertanto la quota eustatica raggiunta durante lo stadio 3 e i valori di temperatura delle acque suggerirebbero uno scenario paleoclimatico certamente più temperato di quanto comunemente ritenuto.

L'assetto morfologico dei lembi di superficie di abrasione marina da noi rinvenuti induce a formulare l'ipotesi che si tratti di terrazzi policiclici; questa ipotesi ben si correla con le principali curve paleoclimatiche dove lo stadio 3 risulta composto da 4 picchi.

A conforto della nostra attribuzione cronologica è opportuno osservare infine che la correzione del sollevamento post-Tirreniano nella quota dei terrazzi marini dislocati a varie altezze nell'isola di Ustica (Tirreno meridionale) e datati da De Vita & Orsi (1994), riporta quello di 45 ka all'attuale profondità di -20 m.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Geomare Sud - CNR per il contributo alle spese di stampa.

BIBLIOGRAFIA

- Aharon P. & J. Chappel, 1986 - *Oxygen isotope sea level changes and the temperature history of a coral reef environment in New Guinea over the last 105 years*. *Paleogeogr., Paleoclimat., Paleoecol.*, **56**, 337-379.
- Alessio M., L. Allegri, F. Antonioli, G. Belluomini, L. Ferranti, S. Improta, L. Manfra, A. Proposito, 1992 - *Risultati preliminari relativi alla datazione di speleotemi sommersi nelle fasce costiere del Tirreno Centrale*. *Giorn. Geol.*, **54**(2), 165-193.
- Alessio M., L. Allegri, F. Antonioli, G. Belluomini, L. Ferranti, S. Improta, L. Manfra, M. Preite, 1994 - *La curva di risalita del Mare Tirreno negli ultimi 43 ka ricavata da datazioni su speleotemi sommersi e dati archeologici*. Note scientifiche, Abstracts, GEOSUB'94, Palinuro (Sa), 8-10-6-94. In stampa (1996) su: Mem. Descr. Serv. Geol. Naz., **52**.
- Antonioli F., 1991 - *Geomorfologia subacquea e costiera del litorale compreso tra Punta Stendardo e Torre S. Agostino (Gaeta)*. *Il Quaternario*, **4**(2), 257-274.
- Antonioli F., A. Cinque, L. Ferranti, P. Romano, 1994a - *Terrazzi marini quaternari emersi e sommersi a Capo Palinuro*. Note scientifiche, Abstracts, GEOSUB'94, Palinuro (Sa), 8-10-6-94. In stampa (1996) su: Mem. Descr. Serv. Geol. Naz., **52**.
- Antonioli F., G. Belluomini, L. Ferranti, S. Improta, G. Reitano, 1994b - *Il sito preistorico dell'Arco Naturale di Capo Zafferano (Sicilia). Aspetti geomorfologici e relazioni con le variazioni del livello marino olocenico*. *Il Quaternario*, **7**(1), 109-118.
- Antonioli F., G. Reitano, C. Puglisi, S. Tusa, 1994c - *Evoluzione geomorfologica pleistocenica del settore costiero di S. Vito lo Capo (TP)*. Note scientifiche, Abstracts, GEOSUB'94, Palinuro (Sa), 8-10-6-94. In stampa (1996) su: Mem. Descr. Serv. Geol. Naz., **52**.
- Antonioli F. & L. Ferranti (in stampa) - *Evidenze geomorfologiche sommerse relative ad oscillazioni del livello del mare: L'esempio di Capri (Grotta Azzurra e Grotta di Tragara)*. *Boll. Soc. Geogr. It., Atti XXVI Congr. Naz. Geografia*, Genova, 1992.
- Cinque A. & M.L. Putignano, 1992 - *Geomorphology of the continental shelf around the Sorrento Peninsula (Southern Italy)*. *Giorn. Geol.*, **54**(2), 115-125.
- Cann J., A. Belperio, V. Gostin, C. Murray, 1988 - *Sea level history, 45000 to 30000 yr BP, inferred from benthic foraminifera, Gulf of St. Vincent, South Australia*. *Quat. Res.*, **29**, 153-175.
- Chappel J. & N.J. Shackleton, 1986 - *Oxygen isotopes and sea-level*. *Nature*, **324**, 137-140.
- De Alteriis, C. Donadio, L. Ferranti (in stampa) - *Morfologie e strutture di apparati vulcanici sommersi nel Canale d'Ischia (Mar Tirreno)*. Note scientifiche, Abstracts, GEOSUB'94, Palinuro (Sa), 8-10-6-94. In stampa (1996) su: Mem. Descr. Serv. Geol. Naz., **52**.
- De Vita S. & Orsi G., 1994 - *I terrazzi marini dell'isola di Ustica (Mar Tirreno meridionale, Italia)*. Note scientifiche, Abstracts, GEOSUB'94, Palinuro (Sa), 8-10-6-94. In stampa (1996) su: Mem. Descr. Serv. Geol. Naz., **52**.
- Donadio C., Romano P., Sgrosso A., 1994 - *Ricerche di geomorfologia subacquea in Penisola Sorrentina*. Note scientifiche, Abstracts, GEOSUB'94, Palinuro (Sa), 8-10-6-94. In stampa (1996) su: Mem. Descr. Serv. Geol. Naz., **52**.
- Ferranti L., S. Bravi, G. De Alteriis, 1994 - *La Secca delle Formiche di Vivara (Canale d'Ischia, Campania). Osservazioni geomorfologico-strutturali e faunistiche*. *Rend. Acc. Sc. Fis. Mat. Soc. Naz. Sci. Lett. e Arti in Napoli*, a. 133, s. 4, **61**, 51-65.
- Richard D.H., P.L. Smart, R.L. Edwards, 1994 - *Sea levels for the last glacial period based on ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th ages of submerged cave deposits from the Bahamas*. *Nature*, **367**, 357-360.

Ms. ricevuto : 4 giugno 1996
 Inviato all'A. per la revisione: 14 giugno 1996
 Testo definitivo ricevuto : 11 luglio 1996

Ms received: June 4, 1996
 Sent to the A. for a revision: June 14, 1996
 Final text received: July 11, 1996