

Aspetti geomorfologici e cronologici di paleolinee di riva sommerse oloceniche nella piattaforma prossimale tra Capo Ferro e Capo Monti Russu (Sardegna nord-orientale, Italia)

Geomorphological and chronological aspects of submerged Holocene paleoshorelines on the proximal shelf between Capo Ferro and Capo Monti Russu (north-Eastern Sardinia, Italy)

DE MURO S. (*)

RIASSUNTO – Sono state studiate dal punto di vista geomorfologico, sedimentologico e cronologico, alcune linee di riva sommerse individuate nel settore compreso tra Capo Ferro e Capo Monti Russu (Sardegna nord-orientale - Gallura). Il rilevamento geomorfologico subacqueo evidenzia l'esistenza di diverse formazioni sedimentarie ubicate alle profondità di $-28 \div -30$ m, $-6 \div -8$ m e -2 m. Le analisi eseguite sui campioni di roccia, consentono di classificare i depositi indagati come formazioni di spiaggia (*beachrock*), aventi età radiometriche ^{14}C calibrate (effettuate sul cemento) rispettivamente di: 9783 BP, 5130 BP e 2137 BP.

I depositi indagati sono inquadrabili nell'evoluzione geomorfologica costiera recente che ha interessato l'ambiente litorale (spiaggia intertidale) e la piattaforma prossimale durante la fase finale della trasgressione olocenica.

PAROLE CHIAVE: Paleo linee di riva, *beachrock*, analisi radiometriche, Olocene, Sardegna NE.

ABSTRACT – Geomorphological, sedimentological and chronological studies have been carried out on a number of submerged paleo-shorelines located in the sector extending from Capo Ferro to Capo Monti Russu (north-eastern Sardinia - Gallura).

The underwater geomorphologic survey has revealed the existence of several sedimentary formations situated at a depth of $-28 \div -30$ m, $-6 \div -8$ m and -2 m. Following analysis of rock samples, the surveyed deposits have been classified as *beachrock* having ^{14}C calibrate radiometric ages (on cement) of: 9783 BP, 5130 BP, and 2137 BP respectively.

The surveyed deposits can be ascribed to a recent coastal geomorphologic evolution affecting the littoral environment (intertidal-beach) and the proximal shelf during the late Holocene transgression.

KEY WORDS: Paleo-shorelines, *beachrock*, radiometric analysis, Holocene, NE Sardinia.

1. – INTRODUZIONE

Le ricerche costiere subacquee, mirate allo studio di dettaglio di testimonianze sottomarine di instabilità di stazionamento del livello del mare a diversa profondità avvenuti durante la fase finale della trasgressione versiliana, databili e documentate attraverso il rilevamento diretto, sono iniziate nell'area nord-orientale della Sardegna prevalentemente negli anni '80 (DE MURO, 1985; DE MURO & ULZEGA, 1985). Sono proseguite senza interruzione (DE MURO & ULZEGA, 1988; DE MURO, 1990; ORRÙ & ULZEGA, 1991; BRAMBATI & DE MURO, 1992a; ORRÙ & PASQUINI, 1992; BRAMBATI & DE MURO, 1992b; BRAMBATI, DE MURO, FORTI, 1992) fino ai nostri giorni e sono tuttora in pieno sviluppo.

In questi anni sono state eseguite numerose campagne oceanografiche con il preciso scopo di raccogliere dati sulle variazioni eustatiche del Pleistocene superiore e dell'Olocene della piattaforma prossimale e dei sistemi litorali del settore delle Bocche di Bonifacio.

Già nei primi anni di ricerche era emerso un grande interesse scientifico per le ricche testimonianze morfologiche e sedimentologiche legate alle variazioni più recenti del livello marino della piattaforma prossimale settentrionale sarda.

(*) Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine - Università di Trieste, Via Edoardo Weiss 2, Trieste - Università di Trieste, Piazzale Europa 1, Trieste

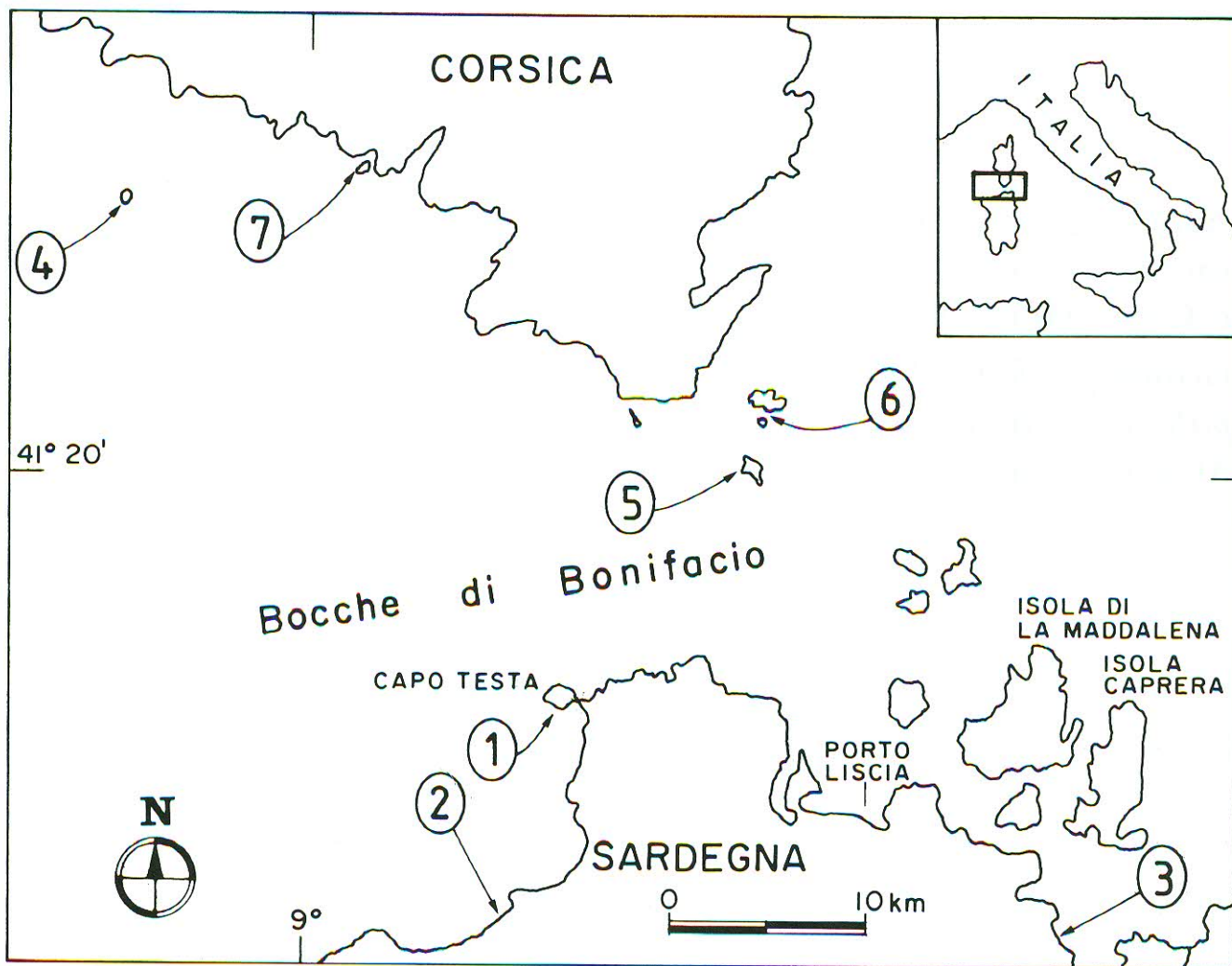


Fig. 1 – Bocche di Bonifacio. L'area è considerata dagli Autori (es.: NESTEROF, 1984) tettonicamente stabile almeno durante gli ultimi 30.000 anni.

Buona concordanza è riscontrabile attraverso il confronto dei dati C^{14} , provenienti da *beachrock* campionate nelle aree riportate in figura, e le curve medie di fluttuazione degli Autori (PIRAZZOLI, 1991 e ANTONIOLI & FERRANTI, 1994). 1) *Beachrock* in località Capo Testa;

2) *beachrock* in località Monti Russu; 3) *beachrock* in località Barca Brusciata; 4) *beachrock* in località Moines;

5) *beachrock* in località Isola di Lavezzi; 6) *beachrock* in località San Bainzo-Isola di Cavallo; 7) *beachrock* in località Figari.

Bocche di Bonifacio. The Authors (es.: NESTEROF, 1984) consider this a tectonically stable area during at least the last 30.000 years. A good concordance there can be seen from the comparison of ^{14}C data, coming from beachrock sampled in the areas of the figure, and the mean fluctuation curves of the Authors (PIRAZZOLI, 1991 and ANTONIOLI & FERRANTI, 1994). 1) Beachrock in locality Capo Testa, 2) beachrock in locality Monti Russu, 3) beachrock in locality Barca Brusciata, 4) beachrock in locality Moines, 5) beachrock in locality Isola di Lavezzi, 6) beachrock in locality San Bainzo-Isola di Cavallo, 7) beachrock in locality Figari.

Queste evidenze contraddistinte da livelli sedimentari molto ben documentati e soprattutto distribuiti con continuità lungo tutta l'area settentrionale della Sardegna e della Corsica meridionale avrebbero potuto permettere, con buona approssimazione, di ricostruire la curva di risalita del mare e le condizioni tettoniche oloceniche (NESTEROF, 1984).

Durante l'Olocene, l'area in oggetto (Gallura) si ritiene abbia raggiunto notevole stabilità tettonica; i depositi marini relativi al Pleistocene medio e superiore si mantengono a quote coerenti rispetto a tutta l'Isola, fatta eccezione per i depositi di Santa Reparata, situati attualmente sul livello del mare, probabilmente a causa di una discontinuità tettonica che potrebbe aver giocato dopo l'ultimo interglaciale

(OZER, 1976). Si tratta tuttavia di movimenti verticali a blocchi su linee preesistenti con rigetto nell'ordine di pochi metri (DE MURO & ULZEGA, 1985). Il rilevamento subacqueo ha consentito di cartografare dettagliatamente anche forme e depositi di limitata estensione e di integrare l'osservazione con documentazione fotografica e restituzione attraverso schemi tridimensionali, di cui viene riportato, a titolo di esempio, l'affioramento roccioso (*beachrock*) di Barca Brusciata (fig. 1, stazione 3).

Per gli altri affioramenti compresi nel settore in esame, già oggetto di due Tesi di Dottorato (OZER, 1976; DE MURO 1990), si rimanda ad un prossimo lavoro in fase di rifinitura con nuove età ^{14}C calibrate.

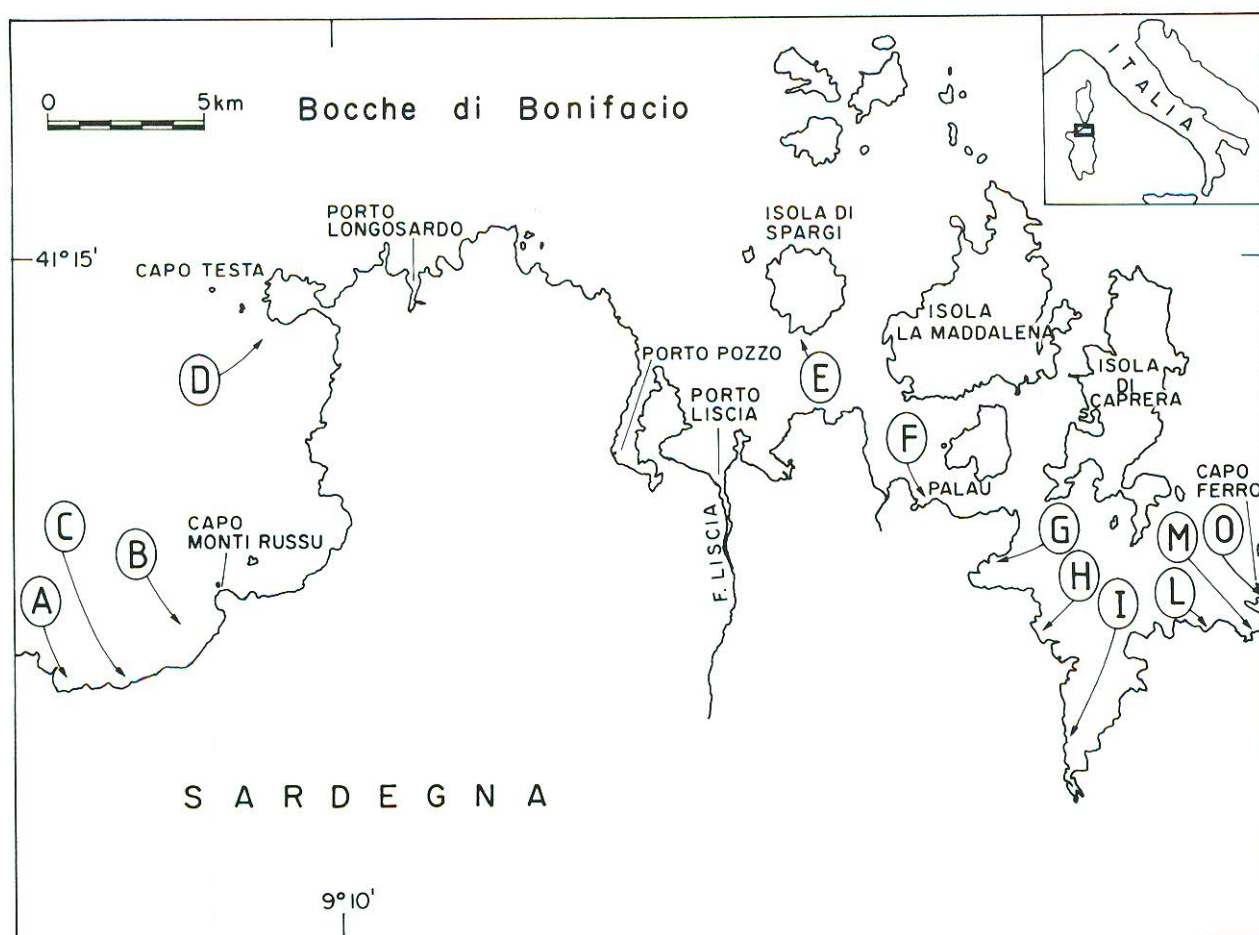


Fig. 2 - Ubicazione delle *beachrock* di maggiore interesse nell'area sarda delle Bocche di Bonifacio.

- A) Baia di Vignola; B) Capo di Monti Russu; C) Naracu Nieddu; D) Capo Testa; E) Isola di Spargi - Cala Corsara; F) Palau; G) Poltu Mannu; H) Barca Brusciata; I) Cannigioni; L) Poltu Cuatu; M) Liscia di Vacca; N) Cala Ghiaia.

Localization of the more interesting beachrocks in the Sardinian area of the Bocche di Bonifacio. A) Baia di Vignola, B) Capo di Monti Russu; C) Naracu Nieddu; D) Capo Testa; E) Isola di Spargi - Cala Corsara; F) Palau; G) Poltu Mannu; H) Barca Brusciata; I) Cannigioni; L) Poltu Cuatu; M) Liscia di Vacca; N) Cala Ghiaia.

Esiste inoltre la possibilità di correlare i dati di queste ricerche, con quelli provenienti dalla Corsica meridionale (fig. 1) e permettere così di ricostruire con buona approssimazione la paleogeografia olocenica delle Bocche di Bonifacio.

Se le indagini sul campo sono già sufficienti, al contrario, molto lavoro ancora rimane da fare a riguardo del riferimento cronologico degli affioramenti e in termini più ampi sugli aspetti sedimentologici e geochimici riguardanti la formazione delle *beachrock* che sono, come ormai internazionalmente riconosciuto, validissimi indicatori dello stazionamento, in un determinato sito, della superficie equipotenziale del livello marino.

Infatti la risposta del sistema costiero alla variazione climatica è pressoché immediata sia che questa dipenda da cause naturali che antropiche. La

linea di costa posta all'interfaccia mare-terra-atmosfera rappresenta il livello di base e di riferimento per le modificazioni di carattere geomorfologico, poiché registra con brevissimo ritardo qualsiasi variazione dei parametri che ne regolano la stabilità e l'equilibrio. In molti casi essa conserva le testimonianze degli interstadi di innalzamento o abbassamento relativo del l.m.m. ed in particolare è sede, con favorevoli condizioni, della diagenesi intertidale del sedimento di spiaggia, qualora si tratti di un litorale sabbioso (ivi comprese tutte quelle strutture sedimentarie caratterizzanti la spiaggia intertidale e quella sopratidale), a causa della formazione di cementi da Mg-calcitici ed aragonitici a dolomitici (raramente).

Occorre tuttavia sottolineare che i dati cronologici provenienti da una *beachrock* di ambiente mi-

crotidale, nella migliore delle ipotesi (corretta misura della profondità di campionatura, mancanza di basculamento dei blocchi, cementazione uniforme del corpo sedimentario ecc.), devono essere considerati con un margine di errore, nella loro collocazione altimetrica, almeno dell'ordine dei due metri.

2. - SCOPO DEL LAVORO

Obiettivo di questa ricerca è fornire le età radiometriche, calibrate ^{14}C , del cemento di tre *beachrock*, composizionalmente classificate come quarzareniti, ubicate alla profondità di $-28 \div -30$ m, $-6 \div -8$ m e -2 m nella Sardegna nord-orientale (fig. 2, stazioni B,D,H e fig. 3).

Si vuole inoltre informare la comunità scientifica sullo stato delle ricerche riguardanti lo studio delle paleospiege sommerse e sulle mete perseguite al fine della ricostruzione della curva di risalita del mare olocenico nell'area delle Bocche di Bonifacio.

3. - METODOLOGIA DI LABORATORIO

Tutti i campioni di *beachrock* sono stati prima analizzati in sezione sottile. Contemporaneamente, frammenti sono stati studiati al microscopio binoculare ed elettronico. Lo studio in sezione sottile ha consentito, attraverso l'analisi modale, di stabilire le percentuali di minerali caratterizzanti (verifiche sono state eseguite con metodi diffrattometrici). Le datazioni sul ^{14}C (figg. 3, 4 e 5) effettuate sul cemento sono state eseguite presso i laboratori di: Geocronologia del Dipartimento Géologie Dynamique Università Pierre et Marie Curie di Parigi (stazioni B, D e Corsica meridionale) e presso il Laboratorio di Geochimica Isotopica dell'Università di Trieste (stazione H), mediante attacco chimico del carbonato e conteggio con contatore a liquido di scintillazione LKB-Quantulus. La calibrazione dell'età ^{14}C è stata eseguita con il metodo di STUIVER & REIMER (1993).

Su campioni disgregati di *beachrock*, arenarie würmiane (DE MURO, 1990), depositi dunari e sabbie litorali attuali è stata eseguita l'analisi comparativa delle morfosculture mediante microscopia elettronica a scansione di granuli di quarzo (BRAMBATI *et alii*, 1992).

L'obiettivo della comparazione dei granuli di quarzo provenienti dall'intera area di ricerca è stato di verificare se partendo da formazioni attuali facilmente discriminabili (dune-spiege) fosse possibile

ritrovare le firme ambientali dei quarzi delle linee di riva sommerse (*beachrock*) e distinguere con certezza queste ultime da quelle dei granuli di quarzo elaborati in ambiente eolico cementati (eolianiti) che spesso si ritrovano alle stesse profondità (DE MURO, 1990) con risposte, all'ecografo e al sonar a scansione laterale, molto simili.

4. - RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO SUBACQUEO

A tre diverse profondità ($-28 \div -30$ m, $-6 \div -8$ m e -2 m) sono state campionate e rilevate alcune linee di riva sommerse caratterizzate da morfologie erosive non attive (paleofalesie, paleopiattaforme d'abrasione, paleosolchi di battente ecc.) associate a *beachrock* localizzate alle stesse quote.

Le *beachrock*, già accuratamente rilevate nell'area (op. cit), si trovano a quote variabili tra l'attuale livello medio del mare e i -50 metri di profondità, in accordo con analoghi depositi di paleo-spiege individuati con regolarità sulla piattaforma continentale della Sardegna, a varie profondità (FANUCCI *et alii*, 1974; ULZEGA *et alii*, 1980; OZER *et alii*, 1980; ULZEGA & OZER, 1982; LECCA, 1982; LECCA *et alii*, 1983; ULZEGA *et alii*, 1984; ULZEGA, 1985; ULZEGA *et alii* 1985; ULZEGA *et alii*, 1986; CARBONI *et alii*, 1989), a testimonianza di importanti rallentamenti e stazionamenti del livello marino durante la risalita eustatica Pleistocenico-Olocenica.

Le *beachrocks* più importanti, per estensione e continuità morfologica, rilevate a occidente del settore in esame sono ubicate (fig. 2) nelle seguenti località: Baia di Vignola (A), Capo di Monti Russu (B), Naracu Nieddu (C), Capo Testa (D) (OZER, 1976; DE MURO op. cit.; DE MURO & ULZEGA op. cit.; BRAMBATI & DE MURO op. cit.). Nel settore occidentale dell'area si segnalano, inoltre, affioramenti presso l'Isola di Spargi (E) e più precisamente a Cala Corsara, a Palau (F), nel Gofu di Arzachena (DE MURO op. cit.; DE MURO & ULZEGA op. cit.) in prossimità delle spiagge di Poltu Mannu (G), di Barca Brusciata (H), di Cannigioni (I), di Poltu Cuatu (L), di Liscia di Vacca (M) e nella parte occidentale di Capo Ferro (N) in prossimità della spiaggia di Cala Ghiaia.

Su tutti questi affioramenti sono state effettuate immersioni, a profondità intermedie, con lo scopo di cartografare e campionare tutte le eventuali variazioni laterali e verticali di facies. Su numerosi campioni sono in corso approfonditi studi mineralogici e geochimici sul cemento e analisi ^{14}C .

(°) nuovi dati

(*) dati bibliografici (NESTEROF, 1984).

Tempo di dimezzamento = 5568 anni (valore inesatto ma universalmente accettato per omogeneità dei risultati).

LOCALITA'	PROF. (m)	ETA' BP	MIN.	MASS.	CALIB. B.P.	DATO	SIGLA
CAPOTESTA	-28÷-30	9080±130	9526	9884	9783	°	1
MONTIRUSSU	-6÷-8	4850±110	4963	5288	5130	°	2
BARCABRUSCIATA	-2	2507±68	2062	2276	2137	°	3

CORSICA MERIDIONALE

MOINES	-17	7945±100	8282	8430	8354	*	4
LAVEZZI OVEST	-15	6325±100	6668	6879	6767	*	5
SANBAINZO	-4	2625±100	2154	2372	2308	*	6
FIGARI	-3	2620±100	2149	2363	2305	*	7

Fig. 3 - Tabella riassuntiva delle età radiometriche ^{14}C su cementi di *beachrock* nell'area della Bocche di Bonifacio; (°) nuovi dati, (*) dati bibliografici (NESTEROF, 1984). Le nuove datazioni ^{14}C sono state eseguite presso i laboratori di Geocronologia del Dipartimento Géologie Dynamique Université Pierre et Marie Curie di Parigi (stazioni D di quota $-28 \div -30$ m identificato dalla sigla 1 e stazione B di quota $-6 \div -8$ m identificato con la sigla 2; in questo laboratorio sono anche state eseguite le analisi per la Corsica meridionale) e presso il Laboratorio di Geochimica Isotopica dell'Università di Trieste sono state eseguite le analisi per la stazione H (quota -2 m, identificato con la sigla 3).

Resumptive table of the ^{14}C radiometric ages on cements of the beachrocks in the Bocche di Bonifacio area. (°) new data, () bibliographic data NESTEROF, 1984). The new ^{14}C datings were carried out in the laboratories of Geo-chronology of the Department "Géologie Dynamique Université Pierre et Marie Curie" in Paris (D station at $-28 \div -30$ m depth identified by the number 1, and B station at $-6 \div -8$ depth identified by the number 2; the southern Corsica data have also been analyzed in this laboratory). In the Laboratory of Isotopic Geochemistry of the University of Trieste where carried out datings of H station. (-2 m depth, identified by the number 3).*

Dal punto di vista sedimentologico, gli affioramenti in oggetto, risultano essere in maggioranza costituiti da un conglomerato poligenico eterometrico, più o meno grossolano, con locali terminazioni fino ad arenarie.

Dal punto di vista mineralogico si tratta prevalentemente di quarzoareniti ed arcose con locali passaggi a litoareniti. Tuttavia non sempre assumono l'aspetto di areniti "pulite" in senso classico, ma talvolta presentano deboli percentuali di matrice interstiziale, mentre raramente si osservano bioclasti, gusci e/o scheletri di organismi bentonici e microplanctonici.

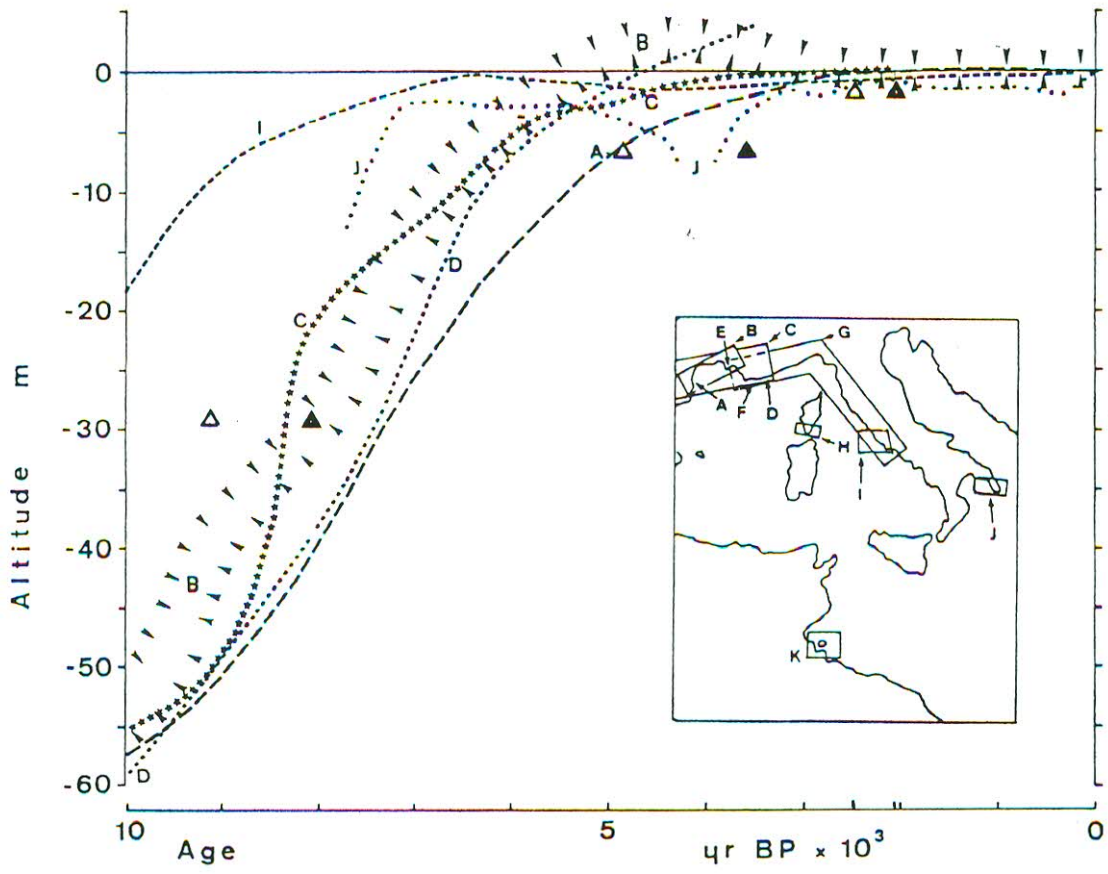
Il rilevamento geomorfologico in immersione ha consentito di distinguere numerosi passaggi laterali di facies, caratterizzati sia da variazione nella granulometria (funzione anche delle differenti strutture sedimentarie), sia da una variazione composizionale a cui si associa una differente coesione e cementazione degli strati.

Il cemento più diffuso è caratterizzato da calcite magnesiaca criptocristallina (micrite) che lega clasti da ben arrotondati a debolmente spigolosi con morfosculture al SEM da elevata energia.

4.1. - ASPETTI GEOMORFOLOGICI E CRONOLOGIA DELLE BEACHROCKS DI CAPO TESTA, MONTI RUSSU E BARCA BRUSCIATA

Nel settore sud orientale di Capo Testa (fig. 2, D), alla profondità compresa tra -28 e -30 m, è stata campionata e datata la *beachrock* più profonda tra quelle segnalate in questo lavoro; si tratta di un'arenaria compatta quarzoso-feldspatica inglobante rari frammenti di lamellibranchi cementata da micrite a composizione Mg-calcitica. Poggia su un substrato granitico, dislocato lungo linee con direzione $\text{N}340^\circ\text{E}$ e $\text{N}70^\circ\text{E}$. Con ancora ben visibili i segni di una morfogenesi avvenuta in ambiente continentale (tafoni, conche, alveoli ecc.).

La *beachrock*, fratturata sia in senso longitudinale che trasversale, presenta profonde marmitte d'evorsione non attive e dislocazioni in lastroni o bancate che rendono la morfologia del fondo particolarmente accidentata (BRAMBATI & DE MURO 1992 c). Questo deposito si dispone a gradoni generati dalla fratturazione longitudinale e trasversale (rispetto all'asse di allungamento) immergendo verso il largo.



Curve	Reference
A	Labeyrie et al., 1976
B	Aloisi et al., 1978
C	de Lumley, 1976
D	Dubar, 1987
E	L'Homer et al., 1981
F	Laborel et al., 1983
G	Pirazzoli, 1976a,b
H	Nesteroff, 1984
I	Antonioli & Frezzotti, 1991
J	Dai Pra & Hearty, 1991
K	Paskoff & Sanlaville, 1983

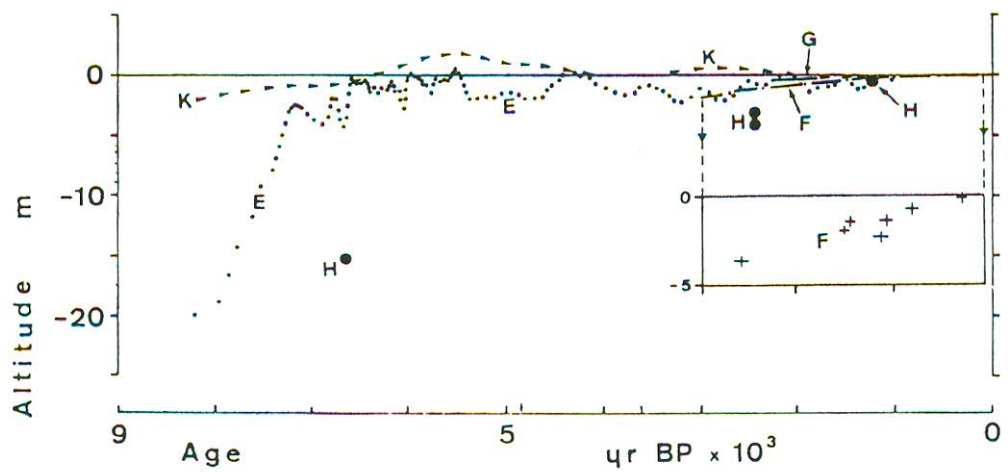


Fig. 4 – Confrontare le curve proposte dagli Autori (da PIRAZZOLI, 1991; “World Atlas of Holocene Sea-level Changes” modificato) e i nuovi dati calibrati (▲) e non calibrati (△). La calibrazione è stata eseguita con il programma di Stuiver e Paula J. Reimer (1993).
 Comparison between the curves proposed by the Authors (from PIRAZZOLI, 1991; “World Atlas of Holocene Sea-level Changes” modified) and the new calibrated (▲) and not calibrated (△) data. The calibration was done with the Stuiver and Paula J. Reimer (1993) program.

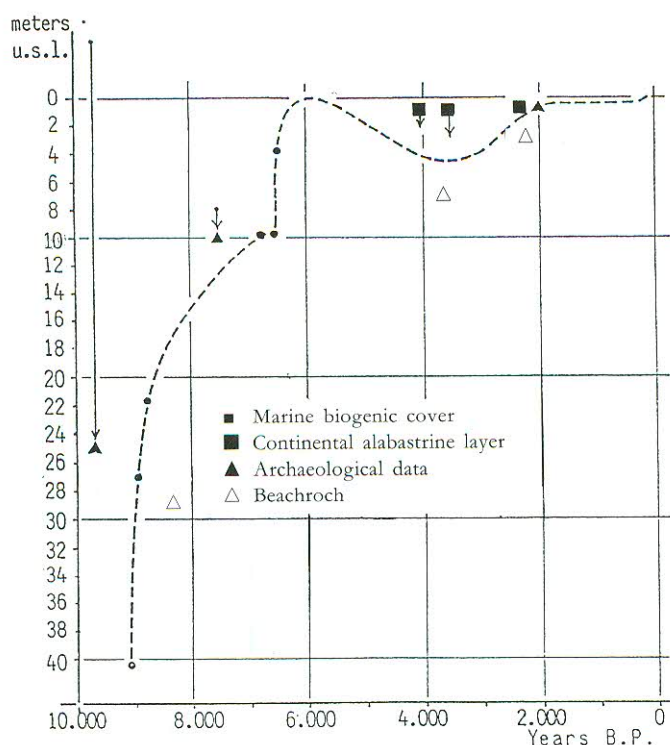


Fig. 5 - Confrontare i dati relativi alle età ^{14}C calibrate (Δ) con la curva proposta da ANTONIOLI & FERRANTI, 1994.
Comparison between the ^{14}C calibrated data with the curve proposed by ANTONIOLI & FERRANTI, 1994.

L'età radiometrica al ^{14}C di 9080 ± 130 BP (BRAMBATI & DE MURO 1992 c) è stata calibrata applicando il metodo di STUIVER & REIMER (1993) ottenendo il risultato di un'età minima di 9526, massima di 9884 e calibrata di 9783 BP (fig. 3).

I dati scaturiti dalla calibrazione sono stati inseriti (figg. 4 e 5) nelle curve proposte dai vari Autori riportate in PIRAZZOLI (1991) ed in ANTONIOLI & FERRANTI (1994). Il dato calibrato se confrontato con le curve medie di fluttuazione proposte tra il 1976 ed il 1994 si inserisce con scarsa concordanza; rispetto alle curve di ALOISI *et alii*, (1981), e DE LUMLEY (1976). I valori si avvicinano maggiormente alla curva proposta da ANTONIOLI & FERRANTI (1994). Al contrario l'età non calibrata si discosta di circa un migliaio di anni dalle curve di figura 4.

Trattandosi di una sola età radiometrica, ed in attesa di altre datazioni, si può solo affermare che il dato calibrato indica un valore di riferimento che si ritiene importante al fine di inquadrare in un preciso intervallo di tempo, il rallentamento e la stasi della risalita del mare versiliano alle profondità comprese tra -30 e -28 metri.

Tra Capo di Monti Russu e il traverso della foce di Lu Litarroni (fig. 2, sito B) alla profondità compresa tra -6 e -15 m è stata rilevata (BRAMBATI & DE MURO 1992 c), campionata e datata una seconda *beachrock*. Il campione utilizzato per l'analisi ^{14}C proviene da quota -6 ÷ -8 m.

Dal punto di vista sedimentologico, si tratta di un conglomerato poligenico eterometrico, più o meno grossolano alla base, che verso l'alto passa ad arenaria con rari ciottoli a composizione prevalentemente quarzoso-feldspatica.

Fratture ortogonali all'asse di allungamento e cornici nette evidenziano la dislocazione di blocchi e lastroni dovuta a scalzamento alla base.

L'età radiometrica ^{14}C risulta essere di: 4850 ± 110 BP, minima 4963, massima 5288 e calibrata (metodo di STUIVER & REIMER; 1993) 5130 BP.

I dati inseriti nelle curve proposte dai vari Autori riportate in PIRAZZOLI (1991) e ANTONIOLI & FERRANTI (1994) possono essere valutati con l'ausilio delle figure 4 e 5.

Nel Golfo di Arzachena (DE MURO & ULZEGA; 1985) sono state segnalate numerose *beachrock* distribuite a varie profondità ed in particolare attorno alla profondità media dei -2 metri.

Tra le numerose schede di descrizione geomorfologica delle *beachrock* rilevate, in questi anni nel settore in oggetto, si è scelta quella di Barca Brusciata (fig. 2, sito H) in quanto si ritiene sia la più rappresentativa, per stato di conservazione ed estensione della paleospiegia, tra gli affioramenti non ancora dettagliatamente pubblicati.

Dal punto di vista planimetrico la *beachrock* è disposta parallelamente alla spiaggia attuale ad una profondità tra -2 e -4 metri. Poggia prevalentemente sul basamento granitico; si presenta con una potenza da uno a due metri con numerose fratture secondo linee ortogonali all'asse di allungamento e normali alla direzione degli strati (N-E S-E, N-E S-O). Sulla superficie di strato sommitale, si sono sviluppate marmitte con dimensioni variabili da 30 cm di diametro fino al metro (figg. 6, 7, 8, 9, 10 e 11).

La morfologia dell'affioramento è, inoltre, caratterizzata da una netta cornice verso monte e da blocchi e bancate di arenarie dislocati per assestamento in situ della *beachrock*. Le cornici delimitano la struttura anche verso la spiaggia sommersa alla quale si raccorda, verso il largo, con inclinazione intorno ai 5° - 10° .

Si tratta di un conglomerato eterometrico con prevalenza di elementi quarzoso-feldspatici e frammenti di roccia in gran parte granitici, ben classificati. Nella parte basale presenta lamine foreset e nella

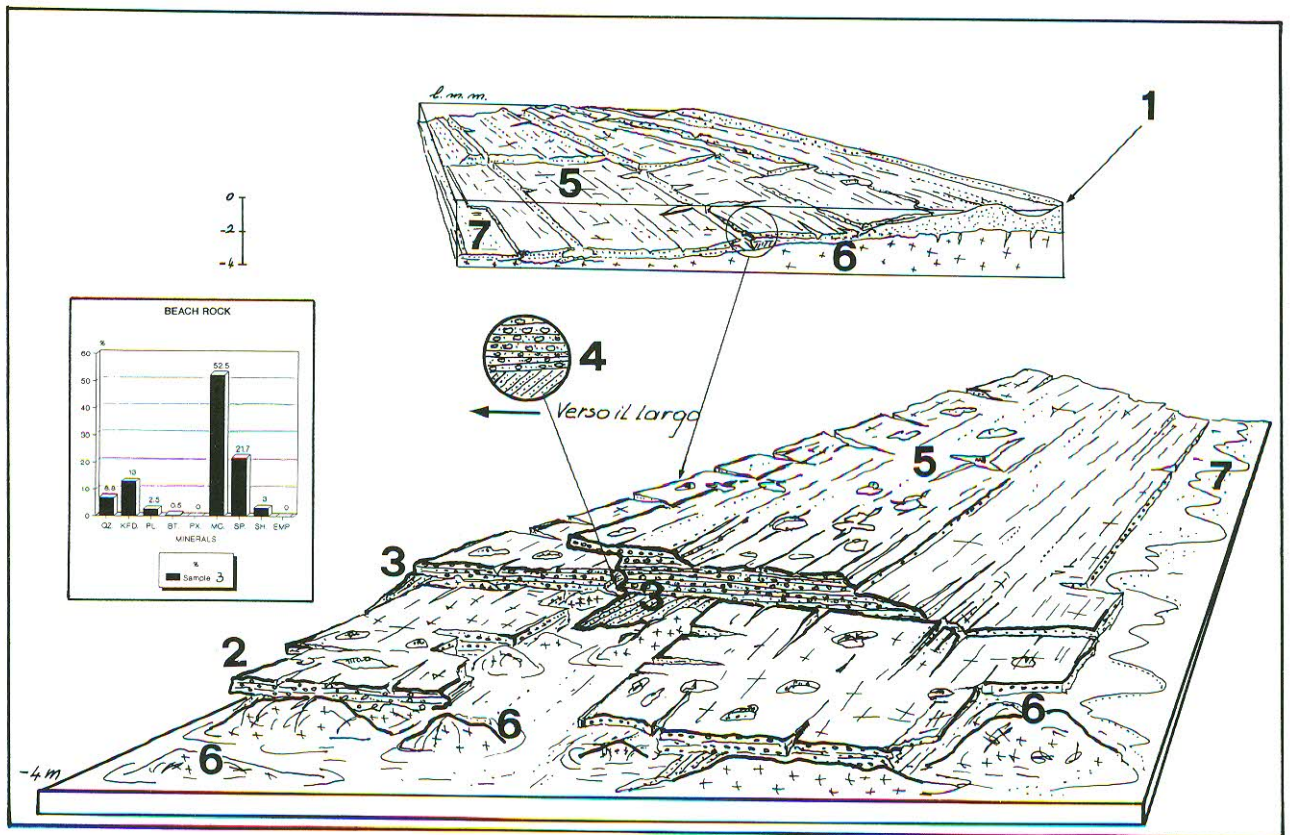


Fig. 6 – Blocco diagramma da rilevamento diretto in immersione. 1) Sezione schematica e blocco diagramma spiaggia sottomarina-spiaggia emersa; 2) cornici nette e superfici di strato con marmitte d'evorsione impostate su fratture ortogonali; 3) troncatura erosiva di lamine foreset (arcuarie) e strutture laminari debolmente cuneiformi (conglomerato); 4) dettaglio delle strutture sedimentarie; 5) fratture a prevalente direzione NW-SE e NE-SW; 6) massi e blocchi granitici fortemente arrotondati; 7) sabbie attuali da fini a grosse con ripple marks. Istogramma della composizione (Qz + Quarzo; KFD + K-Feldspato; PL + Plagioclasti; BT + Biotite; PX + Pirosseni; MC + Micrite; SP + Sparite, SH + Gusci; EMP + Vuoti). Età radiometrica 2507 + 68 BP (min. 2062, max. 2276, calibrata 2137 BP).
Block-diagram from direct surveyings in diving. 1) Schematic section and block diagram of submarine and emerged shore. 2) Sharp edge, and bed surface with evorsion potholes on orthogonal fractures; 3) erosive cutting off of foreset laminae (sandstones) and laminar structures slightly wedge-shaped (conglomerate); 4) detail of sedimentary structures; 5) fractures with main direction NW-SE and NE-SW; 6) very rounded granitic boulders and blocks; 7) present sands from fine to coarse with ripple-marks. Histogram of composition (Qz + Quartz; KFD + K-Feldspar; PL + Plagioclase; BT + Biotite; PX + Piroxenes; MC + Micrite; SP + Sparite, SH + Shells; EMP + Empty). Radiometric ages 2507 + 68 BP (min. 2062 max 2276, calibrated 2137 BP).

parte sommitale strutture laminari debolmente cuneiformi. I termini più grossolani si presentano gradati con passaggio verso l'alto a quarzoareniti e arcose, talvolta localmente a litoareniti.

I singoli clasti presentano elaborazione spinta e cemento Mg-calcitico criptocristallino (micrite). I materiali costituenti provengono dalle aree costiere adiacenti, caratterizzate da litologie granitiche. Il rimaneggiamento e la selezione, avvenuta in ambiente litorale, ha determinato una certa omogeneità dei costituenti litici, con sensibile predominanza di quarzo; sono stati osservati inoltre frammenti di biotite e muscovite associati alla frazione bioclastica.

L'analisi morfoscopica dei granuli mostra una miscela di elementi sub-arrotondati di origine litorale, di granuli di origine eolica, e granuli poco elaborati e a spigolo vivo di origine locale. L'osservazione dei campioni di sabbia prelevati sulla spiaggia attuale mostra notevole similitudine.

L'età ^{14}C (si confrontino le figure 3, 4 e 5) risultano essere di 2507 + 68 BP, minima di 2062, massima 2276 e 2137 BP quella calibrata (STUIVER & REIMER; 1993). È interessante notare che i dati di NESTEROV (1984) relativi a beachrock della Corsica meridionale, ubicate alla profondità di -3 metri, rispetto alle età del campione di Barca Brusciata presentano uno scarto di soli 170 anni (età calibrata). Al contrario i campioni maggiormente profondi risultano in contrasto con la loro collocazione altimetrica e cronologica. Per quanto riguarda le curve (fig. 4 e 5) proposte dai vari Autori riportate in PIRAZZOLI (1991) e ANTONIOLI & FERRANTI (1994), i dati si inseriscono con buona concordanza riducendo di qualche centinaio d'anni lo scostamento tra età calibrata e non calibrata.

Particolare concordanza nell'andamento della risalita è riscontrabile nella sovrapposizione dei tre dati calibrati sulla curva di figura 5.

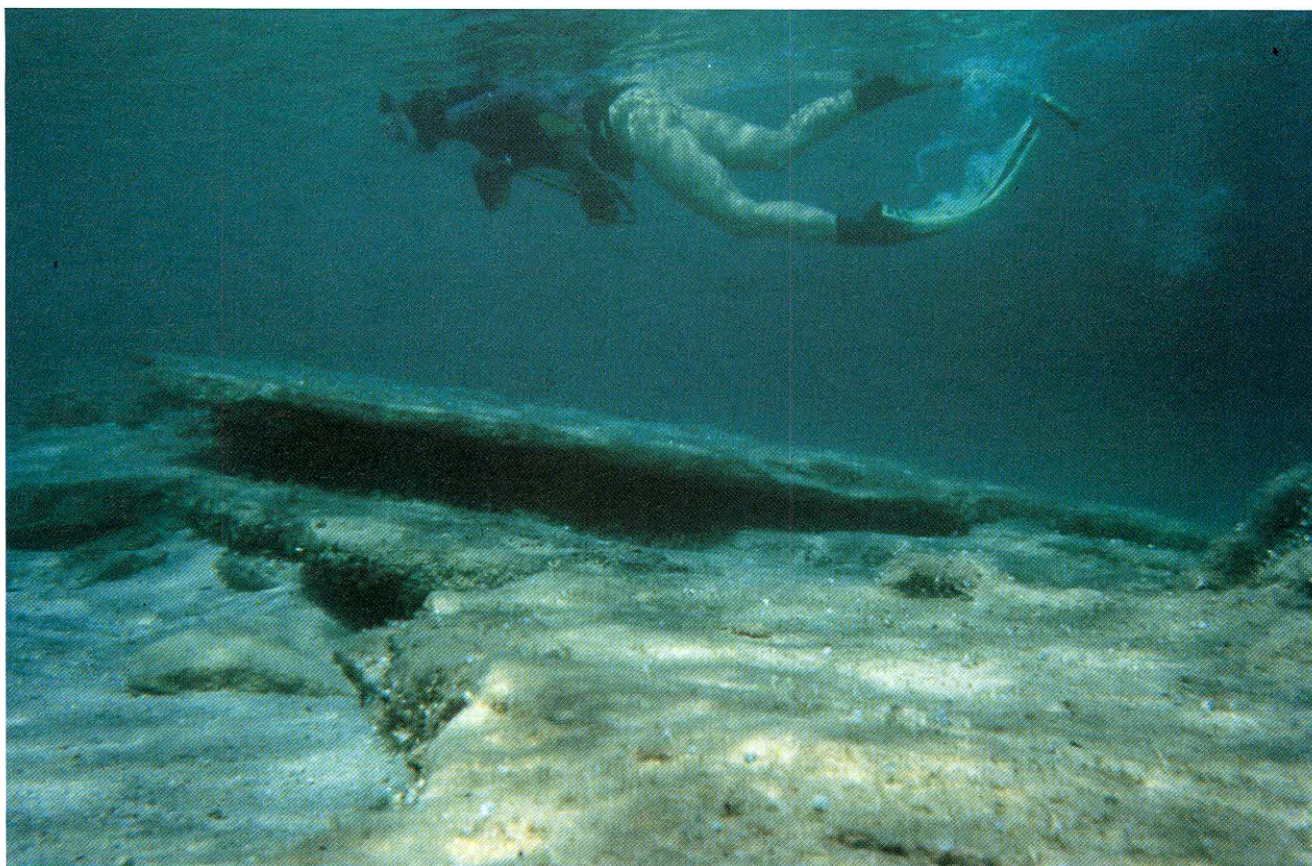


Fig. 7 – La fotografia subacquea mostra bancate potenti 20-30 cm, basculate verso N-E, parzialmente sepolte sotto le coperture di sabbie quarzoso feldspatiche sub-attuali. La cornice continua per una estensione di circa 200 metri. La parte meridionale della beachrock presenta in alcuni tratti, una morfologia maggiormente accidentata con evidenti fenomeni erosivi per scaldamento alla base.

Subaqueous photograph showing banks 20-30 cm thick, tilting to N-E, partially buried under the sub-present quartzose-feldspathic sands. The edge is continuous extending for about 200 m. The southern part of the beachrock presents in some tracts, a more uneven morphology with evident erosional processes at the base.

5. – CONCLUSIONI

Le ipotesi formulate sulla base dello studio delle caratteristiche geomorfologiche e sedimentologiche degli affioramenti indagati, confortate dai dati sulla tipologia del cemento, hanno permesso di classificare i depositi precedentemente citati come *beachrock*.

Le età radiometriche hanno consentito di attribuire, la deposizione e la cementazione di questi sedimenti di spiaggia intertidale all'Olocene.

Il confronto dei dati (età radiometriche ^{14}C) riportati sui grafici delle figure 4 e 5 (PIRAZZOLI, 1991; ANTONIOLI & FERRANTI, 1994) evidenzia una buona rispondenza con le curve medie di fluttuazione ed in particolare con quella scaturita dalla elaborazione di età ^{14}C da speleotemi. Concordezza risulta inoltre dal confronto di alcune datazioni eseguite nella Corsica meridionale (NESTEROF, 1985), soprattutto per quanto riguarda le quote comprese tra -3 e -2 metri, mentre al contrario, i dati dei

campioni prelevati a maggiore profondità (es: -17 metri) non risultano confrontabili, evidenziando ancora una volta la necessità di ampliare lo scarso numero di età radiometriche calibrate disponibili ai fini di una corretta possibile interpretazione paleogeografica dei dati.

Se le indagini sul campo sono già sufficienti, al contrario, molto lavoro ancora rimane da fare a riguardo del quadro delle età radiometriche ^{14}C di molti affioramenti segnalati e campionati nell'area delle Bocche di Bonifacio e più in generale sulla piattaforma continentale della Sardegna, ai fini della ricostruzione di una curva di risalita relativa olocenica per il settore del Tirreno.

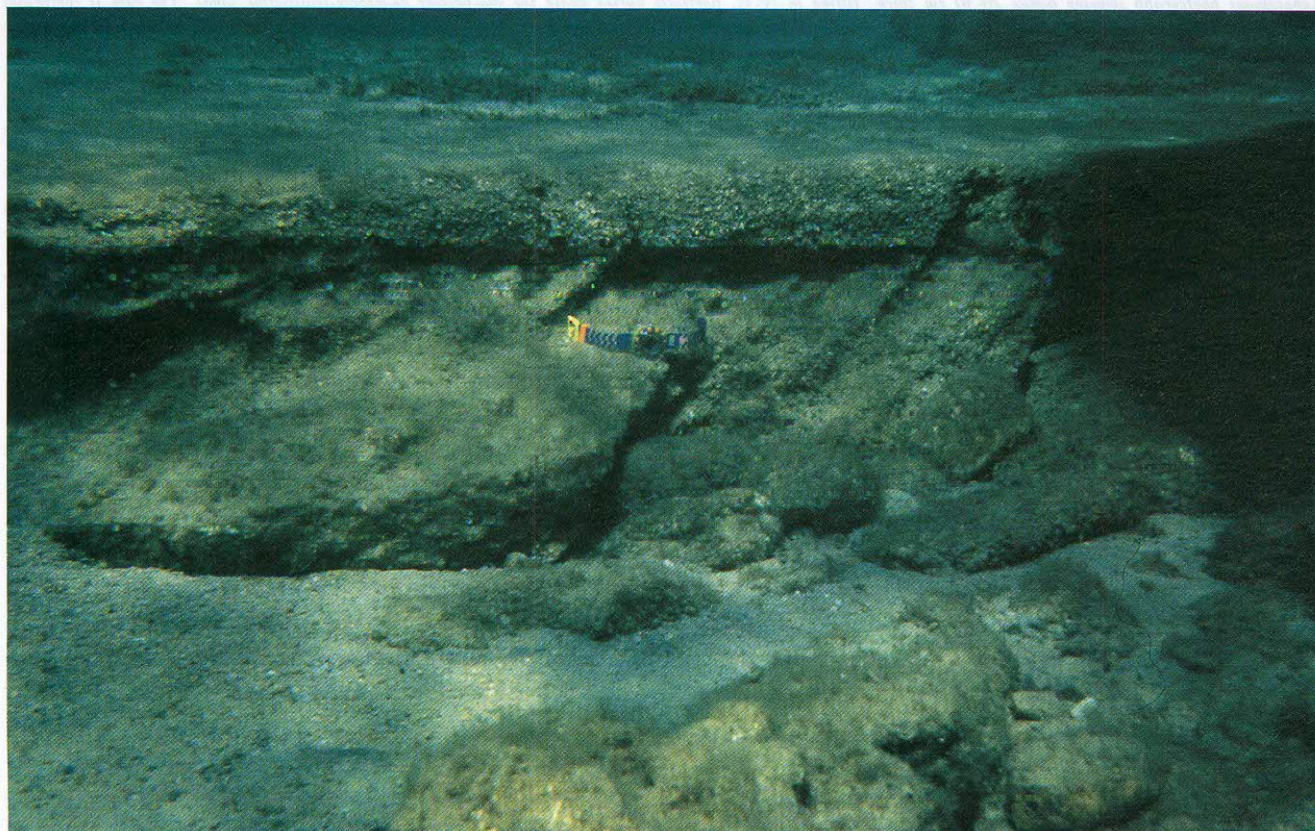
Approfondimenti, si ritiene siano necessari, in termini più ampi sugli aspetti sedimentologici e geochimici riguardanti la formazione delle *beachrocks* stesse.

I nuovi dati cronologici, confrontati con le curve proposte dagli Autori in PIRAZZOLI (1991) e ANTONIOLI & FERRANTI (1994), contribuiscono alla ri



Figg. 8,9 – Le fotografie subacquee mostrano un dettaglio della troncatura erosiva di lamine foreset (arenarie quarzoso-feldspatiche) e le strutture laminari debolmente cuneiformi (conglomerato ad elementi quarzoso feldspatici).

The subaqueous photographs show a detail of the erosive cutting off of the foreset laminae (quartzose-feldspathic sandstones) and the laminar structures slightly wedge-shaped (conglomerate with quartzose-feldspathic elements).





costruzione della curva di risalita del mare olocenico nell'area delle Bocche di Bonifacio indicando una buona concordanza con dati provenienti da altri settori del mediterraneo centrale, in particolare, con quelli del tirreno orientale geograficamente meglio confrontabili.

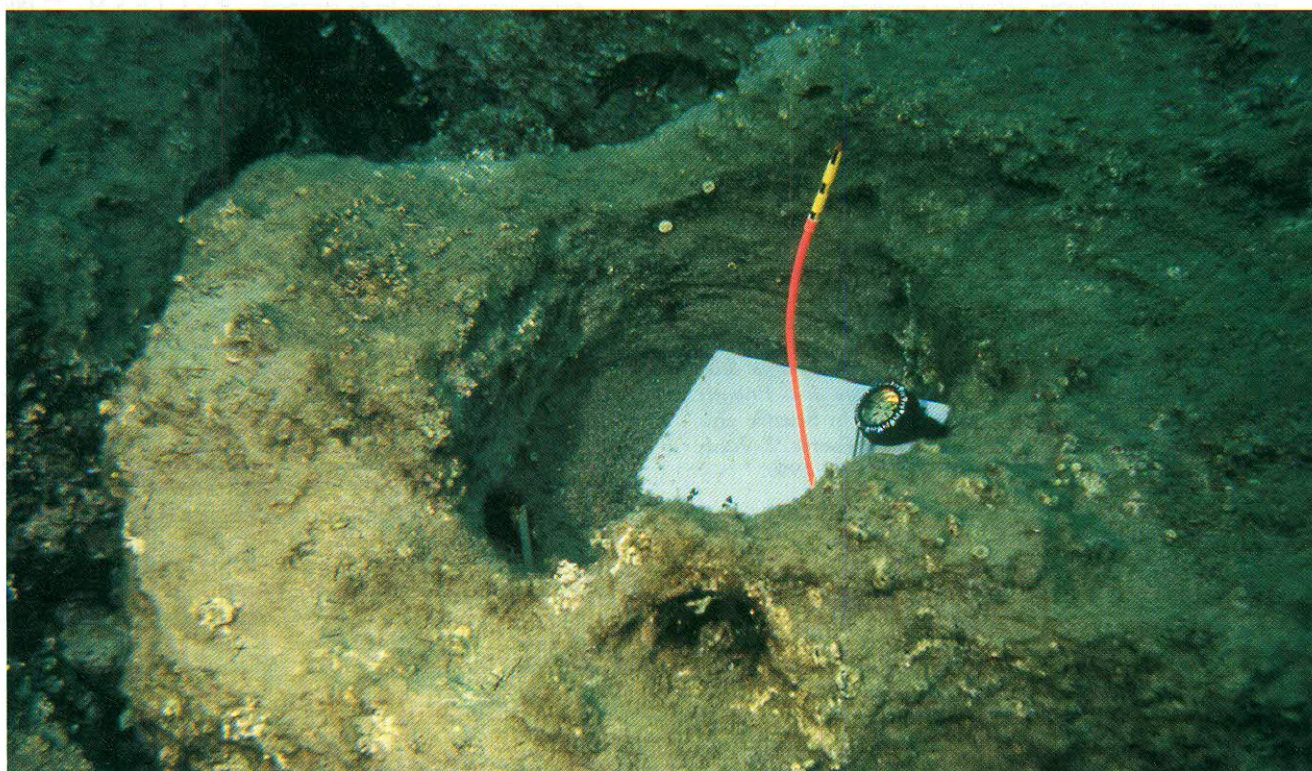
RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Prof. Antonio Longinelli, Direttore del Laboratorio di Geochimica Isotopica dell'Università di Trieste e la Dott.ssa Michela Dini, Dottorando in Scienze Ambientali Marine, per le analisi ^{14}C del campione 3 e per il contributo alla calibrazione ed interpretazione dei dati.

Si ringrazia il Prof. Antonio BRAMBATI, Direttore del Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, per il contributo finanziario relativo alle spese per le analisi ^{14}C dei campioni 1 e 2.

Un particolare ringraziamento è rivolto ai Proff. Ruggero Marocco e Nevio Pugliese (Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine - Università di Trieste) per la disponibilità alla discussione critica e costruttiva sulle tematiche riguardanti le variazioni di livello marino durante l'Olocene.

Figg. 10-11 – Fotografie subacquee di marmitte impostate sulle superfici di strato con dimensioni variabili da 30 cm al metro.
Subaqueous photographs of potholes positioned on layer-surfaces with sizes varying from 30 cm to 1 meter.



BIBLIOGRAFIA

- ANTONIOLI F. & FERRANTI L. (1994) - *Holocene sea level data from the coast and shelf of Italian Tyrrhenian Sea. An historical review*. Riassunti 77° Congr. Soc. Geol. It. Bari.
- ALOISI J. C., MONACO A., PLANCHAIS N., THOMMERET J. & THOMMERET Y. (1978) - *The Olocene transgression in the Golfe du Lion, southwestern France: paleogeographic and paleobotanical evolution*. Géogr. phis. Quat., **32** (2): 145-162.
- DAI PRA, G. & HEARTY, P. J. (1991) - *Variazioni del livello del mare sulla costa ionica salentina durante l'Olocene - Epimerizzazione dell'isolencina in Helix sp.* Mem. Soc. Geol. Ital. (in stampa).
- DE LUMLEY H. (1976) - *Les lignes de rivage in: La préhistoire Française*. CNRS, Paris, **3**: 24-26.
- BRAMBATI A. & DE MURO S. (1992a) - *Notes on the Geomorphological map of the area between Capo Testa and Punta di li Francesi. Northern Sardinia*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., **10**.
- BRAMBATI A., DE MURO S. & FORTI S. (1992) - *L'utilisation de la Microscopie Electronique à Balayage pour l'étude morphoscopique et exoscopique des quartz appliquée à l'identification des environnements de paléo-plages. Recherches dans le secteur compris entre Capo Testa et Punta di li Francesi (Sardagna Septentrionale)*. Atti XXXIII Congrès Assemblée plénière de la CIESM, Trieste.
- BRAMBATI A. & DE MURO S. (1992b) - *Morphology and Seismostratigraphy of The Proximal Shelf Between Capo Testa and Punta di li Francesi (Northern Sardinia) - Preliminary results*. Atti XXXIII Congrès Assemblée plénière de la CIESM - Trieste.
- BRAMBATI A. & DE MURO S. (1992c) - *Submerged coastlines in the sector between Capo Testa e Punta di li Francesi (Northern Sardinia-Italy): geomorphological and sedimentological aspect*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., **10**.
- CARBONI S., LECCA L. & FERRARA C. (1989) - *La discordanza versiliana sulla piattaforma continentale occidentale della Sardegna*. Boll. Soc. Geol. It., **108**.
- DE MURO S. (1985) - *Geomorfologia litorale e subacnea del Golfo d'Arzachena*. Tesi di laurea inedita. Dipartimento Scienze della Terra Cagliari.
- DE MURO S. & ULZEGA A. (1985) - *Il Golfo di Arzachena nella Sardegna settentrionale. Ricerche di geomorfologia costiera e sottomarina*. Boll. Soc. Geol. It., **104**: 551-560.
- DE MURO S. & ULZEGA A. (1988) - *Ricerche Geomorfologiche sulle Bocche di Bonifacio: La piattaforma continentale ad ovest di Capo Testa*. Bull. Soc. de Liège, 57e année, **4-5**: 403-413.
- DE MURO S. (1990) - *Dinamica dei litorali e Geomorfologia della Piattaforma prossimale tra Capo Testa e Punta di li Francesi (Sardagna settentrionale)*. Tesi di Dottorato in Scienze ambientali marine - oceanografia geologica e risorse. 2 Volumi, 526 pp., Università di Trieste - Febbraio 1990.
- FANUCCI F., FIERRO G., OZER A. & PICAZZO M. (1974) - *Ritrovamento di una Beach Rock a meno 70 m di profondità nelle Bocche di Bonifacio*. Studi sassaresi sez. III Annali della Facoltà Agraria dell'Università di Sassari. **12**: 3-12.
- LECCA L. (1982) - *La piattaforma continentale della Sardegna occidentale. Nota Preliminare*. Rend. Soc. Geol. It., **5**: 93-97.
- LECCA L., SCARTEDDU R. & SECHI F. (1983) - *La piattaforma continentale sarda da Capo Mannu a Capo Marargiu*. Boll. Soc. Geol. It., **102**: 57-86.
- NESTEROV W. D. (1984) - *Etude de quelques gres de plage du sud de la Corse: datations 14C et implications neotectoniques pour le bloc corso sarde*. Proc. Colloque sur le gres de plage - Travaux de la Maison de l'Orient, (Lion), **8**: 99-111.
- ORRÙ P. & ULZEGA A. (1991) - *Carta Geomorfologica Marina e Continentale Tavolara e di Capo di Coda Cavallo (Sardegna nord-orientale)*. ed. STEF, Cagliari.
- ORRÙ P. & PASQUINI C. (1992) - *Rilevamento geomorfologico sottomarino della riserva marina di Tavolara e di Capo di Coda Cavallo (Sardegna nord-orientale)*. Giornale di geologia, ser. 3a, **54** (2), 1992: 49-63.
- OZER A. (1976) - *Géomorphologie du versant septentrional de la Sardaigne*. Thèse de Doctorat, Univ. Liege, (3).
- OZER A., PICCAZZO M. & ULZEGA A. (1980) - *Osservazioni sulla paleogeografia delle Bocche di Bonifacio*. IV Conv. A.I.O.L., Chiavari.
- OZER A., TUCCI S. & ULZEGA A. (1983) - *Les Beach Rocks de Sardaigne distribution et implications paleogeographiques*. Proc. Colloque sur le gres de plage (Lion).
- PIRAZZOLI P. A. (1991) - *World Atlas Of Holocene Sea-Level Changes*. Elsevier, Oceanography Series, **58**.
- STUVIER M. & REIMER P. J. (1993) - *Extended 14 C data base and revised cali 3.0 14C age calibration programm*. Radiocarbon, **35** (1), 1993: 215-230.
- ULZEGA A. & OZER A. (1980) - *Comptes-rendus de l'Excursion-table ronde Tyrrhenien de Sardaigne*. INQUA (Avril 1980).
- ULZEGA A. & HEARTY P. J. (1986) - *Geomorphology, Stratigraphy and Geochronology of Late Quaternary Marine Deposits in Sardinia*. Z. Geomorph. N.F., Suppl. - Bd. **62**: 119-129.
- ULZEGA A., LECCA L. & LEONE F. (1981) - *Niveaux marins submergés dans la plate-forme continentale P.V.C.I.E.S.M.*, **27** (8): 35-36.
- ULZEGA A. & OZER A. (1982) - *The versilian transgression in Sardinia*. IGOP 61, Holocene sea level fluctuations, magnitude and causes.: 182-186.
- ULZEGA A., & OZER A. (1980) - *Excursion-table ronde Tyrrhenien de Sardaigne*. INQUA, 1980.
- ULZEGA A., LECCA L. & LEONE F. (1980) - *Niveaux marins submergés dans la plate-forme continentale de la Sardaigne orientale*. XXVII Congrès-Assemblées plénière C.I.E.S.M., Cagliari 9-18 Ottobre.
- ULZEGA A., LEONE F., DE MURO S., FERCIÀ S., FRANCESCHI G., GRIMALDI F., LOI L., LUMMERZHEIM M., MANUNZA A., MARONGIU P., ORRÙ P., PORCU G. P., RODRIGUEZ M., SANNA C. & SANNA R. (1984) - *Primi risultati della crociera oceanografica L. M. 84 per lo studio del linee di riva sommerse della Sardegna*. Rend. Semm. Fac. Sc. Univ. di Cagliari.
- ULZEGA A., LEONE F., DE MURO S., LOI L., ORRÙ P., PANIZZA V., PORCU G. P. & SANNA C. (1986) - *Linee di riva sommerse nel Golfo dell'Asinara (Sardagna settentrionale)*. Crociera oceanografica LM/MCS 85 Rend. Semm. Fac. Sc. Univ. di Cagliari, **56** (1).
- ULZEGA A., LEONE F. & ORRÙ P. (1985) - *Geomorphology of submerged shorelines on the South Sardinian continental shelf*. Journ. Coastal Res., Special Issue: 73-82.