

I FONDALI ANTISTANTI LA COSTA DI MONTALTO DI CASTRO (ALTO LAZIO): CARATTERISTICHE ED EVOLUZIONE TARDO-QUATERNARIA

P. Tortora

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

RIASSUNTO - *I fondali antistanti la costa di Montalto di Castro (Alto Lazio): caratteristiche ed evoluzione tardo-quadernaria* - Il Quaternario, 2, n. 2, 1989, pp. 175-187 - Le indagini effettuate nella piattaforma costiera in esame hanno permesso di individuare i lineamenti morfologici, sismostratigrafici e sedimentologici dei suoi fondali.

L'analisi sismostratigrafica ha considerato le sequenze sedimentarie piuttosto superficiali, che giacciono su di una superficie di discordanza molto articolata, la cui formazione è stata riferita all'erosione subita dalla piattaforma, emersa nell'ultimo periodo glaciale di bassi stazionamenti del livello del mare. L'andamento topografico della superficie di discordanza ha permesso di trarre utili informazioni, riguardanti la paleomorfologia delle terre emerse su cui è avvenuta la trasgressione versiliana.

Tale superficie, presenta due profonde incisioni, attribuibili ai paleoalvei dei fiumi Fiora e Tafone, separate da una ampia zona morfologicamente rialzata. Durante la trasgressione versiliana alle incisioni corrispondevano due baie sui cui fondali si riversavano direttamente i sedimenti fluviali, che ivi alimentavano potenti sequenze sedimentarie di colmamento; nella zona rialzata, invece, si depositava un *sand sheet* trasgressivo dallo spessore ridotto.

Nel corso del presente stazionamento del livello del mare è stata attiva la progradazione di depositi cuneiformi costieri che hanno anche completato il riempimento dei paleoalvei. Probabilmente in questo periodo è iniziata la colonizzazione delle posidonie, che ha determinato una certa crescita dei fondali verso l'alto conseguente alla formazione di *mattes*.

La sedimentazione attuale è in prevalenza pelitica, risentendo largamente degli apporti limosi fluviali. I fondali compatti, con affioramenti rocciosi e con *mattes a Posidonia*, probabilmente supportano un coralligeno di piattaforma sottoposto ad erosione, il quale produce materiale bioclastico che si disperde sul fondale e influenza in parte la sedimentazione marina.

ABSTRACT - *The sea floor offshore Montalto di Castro (northern Latium): features and late-Quaternary evolution* - Il Quaternario, 2, n. 2, 1989, pp. 175-187 - The inner continental shelf in front of the Montalto di Castro coastline (central Tyrrhenian sea) has been investigated for the purpose of reconstructing its evolution during the late Quaternary age. The marine investigation involved a seismic survey, using Uniboom and Side scan sonar apparatus, and a sampling of sea-floor sediment, using grab and gravity core.

The seismic stratigraphy of the shelf is characterised by an erosive unconformity surface that bounded the bottom of the overlying Holocene sedimentary sequences.

The unconformity surface shows a very rough morphology with two paleoriver valleys - located in front of the present river mouths of the Fiora and Tafone rivers - which cross the investigated area in a seaward direction, binding a large zone with a higher topography. This unconformity is also present in the sea-floor next to the investigated one, and was formed during the emersion of the continental shelf in the last glacial low-stand. Its morphology has strongly influenced the depositions which occurred in the last post-glacial sea level rise and, in part, those of the present high still-stand.

During the last marine transgression (Versiliano), each of the two paleo-valleys was characterised by depositional environments with low energy and high sedimentary input, and each paleo-valley housed a coastal embayment characterised by a river mouth. The transgression in these two areas was strongly depositional and produced thick sedimentary bodies, which partially filled the low stand paleoriver morphology. Whereas, in the area between the incisions - topographically higher and less protected from the marine processes - a transgressive sand sheet deposited.

During the present high still stand the progradation of wedge-shaped coastal bodies began in both the incisions and in a zone close to that of the Tafone paleoriver. Probably at this stage the growth of *Posidonia mats* and that of bio-construction supported by a rocky sea-floor also occurred.

The present-day sedimentation is mostly muddy and it is due to the dispersal of fine fluvial sediments, with scarce supply of bioclastic debris from the bio-constructions, and a very scarce supply of sand from the relict deposits.

Parole chiave: Piattaforma continentale, sismostratigrafia, Olocene, Montalto di Castro

Key-words: Continental shelf, seismic stratigraphy, Holocene, Montalto di Castro

1. GENERALITÀ

Questo studio ha avuto lo scopo di mettere in evidenza le caratteristiche dei fondali antistanti la costa di Montalto di Castro e di delineare il quadro paleoambientale a cui si può attribuire la loro evoluzione. Il contesto geologico a cui si fa riferimento riguarda i processi avvenuti nel corso della trasgressione versiliana e durante la fase di sostanziale stabilità del livello marino degli ultimi 6.000 anni.

L'area studiata, più precisamente, comprende i fondali costieri che si estendono fino all'isobata di 50 m di fronte al litorale tra le foci dei fiumi Fiora e del Fosso del

Tafone (Fig. 1). Quest'area marina, tramite i due fiumi, riceve sedimenti da un bacino di drenaggio non molto esteso, che si spinge verso l'entroterra per circa 40 km, fino alle pendici dell'apparato vulcanico del Lago di Bolsena. Su tale bacino, in un'area dalla morfologia piuttosto articolata, posta in sinistra dell'alto corso del F. Fiora, affiorano le vulcaniti dell'apparato vicano da cui traggono origine buona parte delle sabbie litorali e marine (Anselmi et al., 1976; Burrigato e Moroni, in stampa). Nel bacino sono presenti, inoltre, i terreni appartenenti alle unità Ligure (argille, calcari argillosi, conglomerati, arenarie) e Toscana (calcari, dolomie, scisti argillosi, scisti arenacei). Più verso la costa affiorano i depositi del

Pleistocene (sabbie, argille, conglomerati, marne, vulcaniti rimaneggiate etc.), la cui messa in posto viene riferita alle varie trasgressioni che hanno interessato la fascia costiera (Ambrosetti et al., 1981). Tra le foci dei due fiumi sono presenti modesti depositi di spiaggia dell'attuale stazionamento del livello del mare, che delimitano le retrostanti aree con sedimenti alluvionali e palustri dell'Olocene.

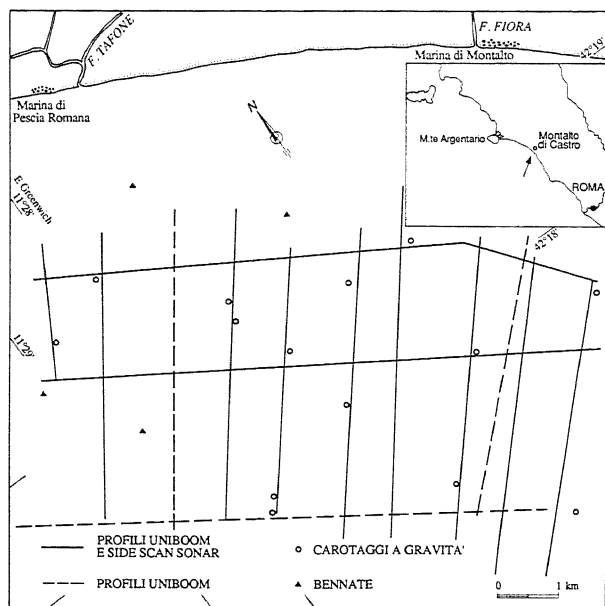


Fig. 1 - Ubicazione dei profili sismici e delle campionature utilizzati nel presente studio.
Seismic profile locations and sea bottom sampling.

Il Fiume Fiora e il corso d'acqua minore del Fosso del Tafone, presentano portate liquide variabili durante l'anno, con valori massimi concentrati nei periodi autunnale ed invernale (Ministero dei Lavori Pubblici, 1978). In queste stagioni a volte si verificano intense fasi di alluvionamento, durante le quali significative quantità di sedimento limoso, e in subordine sabbioso, vengono disperse nell'ambiente costiero. Comunque, il carico solido ordinario è ritenuto piuttosto modesto e scarsamente influente sulla sedimentazione marina.

Elaborazioni sullo stato del moto ondoso e sul regime anemometrico sono riportate in Bartolini et al. (1977) e in Caputo et al. (1981), che considerano le stazioni di misura di M.te Argentario e di Civitavecchia, non molto distanti dall'area studiata.

2. RILIEVI IN MARE

Le indagini in mare sono state effettuate con la nave oceanografica Marsili del C.N.R. ed hanno compreso una serie di rilievi di sismica ad alta risoluzione con *Uniboom* da 300 Joule e rilievi morfologici con un *Side scan sonar*. Inoltre, sono stati raccolti campioni di

sedimento di fondo con un carotiere a gravità di tipo *Kullenberg* e mediante una benna *Shipex*. Tutte le operazioni in mare sono state radiolocalizzate con il sistema della *Motorola, Mini Range III*, che si avvale di stazioni ripetitrici poste in punti trigonometrici a terra.

La maglia delle linee *Uniboom* e *Side scan sonar* è costituita da 11 profili perpendicolari alla costa e 3 paralleli alla stessa, per un totale di circa 50 miglia nautiche (Fig.1).

3. BATIMETRIA E MORFOLOGIA DEI FONDALI

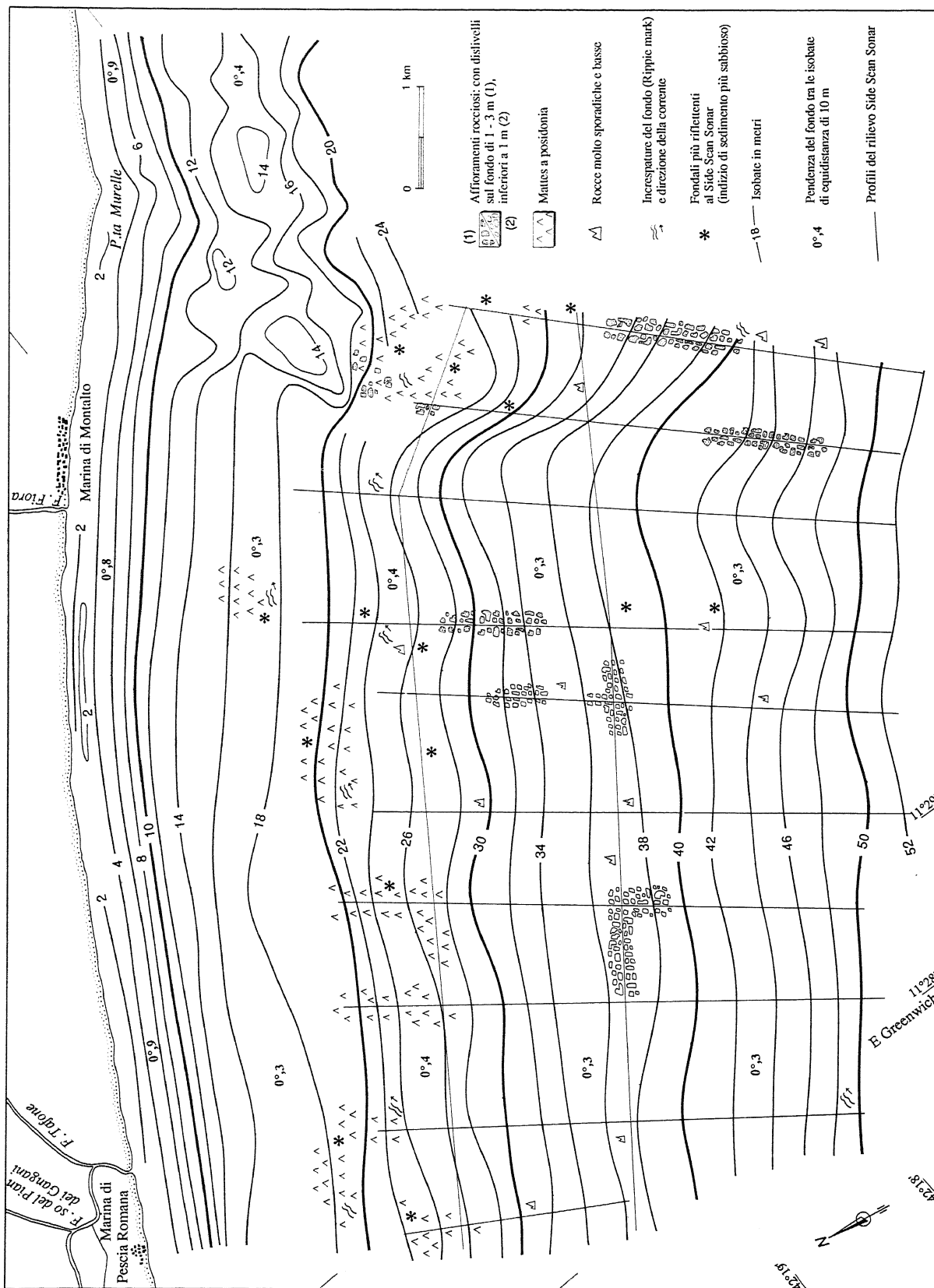
La batimetria è stata ricostruita utilizzando le registrazioni *Uniboom* e considerando alcuni elaborati gentilmente messi a disposizione dall'ENEL riguardanti i fondali più vicini alla costa.

In generale, la topografia sottomarina (Fig. 2) appare regolare, con isobate sub-parallele alla costa che solo di fronte a P.ta delle Murelle presentano andamenti sinuosi, imputabili al fondale roccioso. Le pendenze variano intorno a 0,3-0,4 gradi e sono leggermente più elevate nelle zone comprese tra il litorale e i -10 m.

Utilizzando i dati del *Side scan sonar* e del *Uniboom* sono stati riconosciuti vari lineamenti morfologici del fondo marino. Le evidenze, comunque, si riferiscono unicamente alle fasce di fondale ampie circa 100 m che corrono lungo i profili delle indagini, infatti tale è stata l'ampiezza sul fondo del cono degli echi del *Side scan sonar*.

L'analisi delle registrazioni ha suggerito la seguente distinzione morfologica: fondali piatti con sedimento incoerente; fondali articolati con roccia; fondali parzialmente tabulari e compatti, attribuibili alle formazioni delle *mattes a Posidonia*. In Fig. 2 sono riportate le zone dei profili che risultano interessate da questi lineamenti. I fondali piatti sono i più ricorrenti nell'area studiata (sono presenti in Fig. 2 dove non risultano gli altri due tipi di fondo) e sono costituiti da sedimenti sciolti in prevalenza limoso-argilloso. Nelle zone più vicine alla costa sono presenti anche sabbie di natura bioclastica, le quali si alternano alle formazioni delle *mattes a Posidonia*. Queste sabbie risultano maggiormente riflettenti agli impulsi del *Side scan sonar* rispetto ai sedimenti fini e spesso sono interessate da *ripple-mark*, mediamente di 2 m di lunghezza tra le creste e di 20 cm di altezza. Sono state rilevate increspature sul fondo, sebbene poco pronunciate, anche più a largo, in due circoscritte e limitate zone poste a -40 e -50 m. Tutti i *ripple mark* evidenziati nell'area in esame indicano direzioni di corrente da ovest, forse imputabili agli episodi di tempesta che

Fig. 2 - Carta batimetrica e morfologica
Bathymetric and morphological map of the investigated area



Bartolini et al. (1977) segnalano provenire dal III quadrante.

I fondali rocciosi si presentano come una alternanza di formazioni litoidi, che si elevano per un massimo di 3 m dalle circostanti zone piatte con sedimento incoerente (Fig. 3 A). Le formazioni con maggiori addensamenti di roccia e con maggiori dislivelli sono localizzate unicamente di fronte alla costa di Montalto Marina. Nelle registrazioni *Uniboom*, non risulta chiara la relazione tra gli affioramenti rocciosi e la struttura del sottofondo marino, pertanto è incerto se essi rappresentino terreni compatti non sepolti dalla sedimentazione attuale o semplicemente biocostruzioni di un coralligeno di piattaforma, le quali sono tipiche delle vicine aree di mare (Aiello et al., 1978; Carboni et al., 1980). La prima ipotesi sembrerebbe la più probabile, se si considera che il fondo roccioso è stato rilevato sempre nelle zone con scarsa copertura di sedimento. Comunque, l'eventuale presenza di un substrato non escluderebbe le biocostruzioni organogene che potrebbero benissimo essere supportate da questo; la presenza di biocostruzioni nell'area è indicata anche da frammenti biogeni inclusi nei sedimenti campionati.

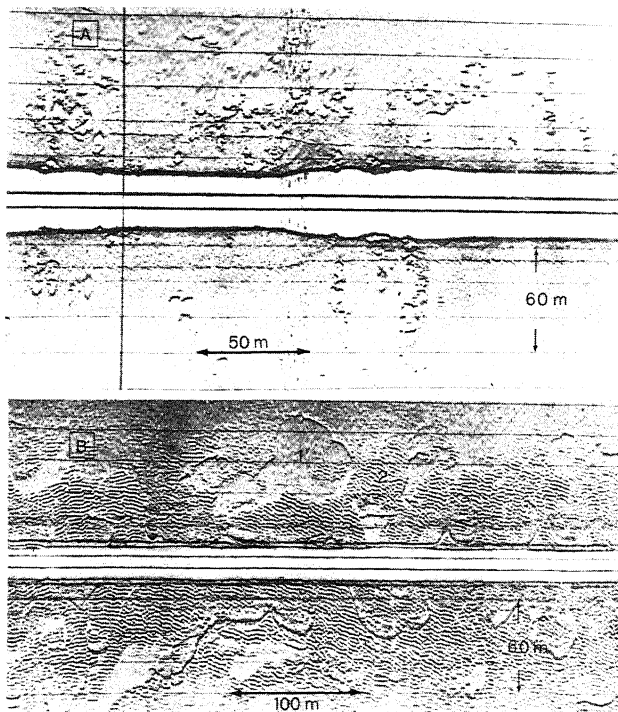


Fig. 3 - Alcuni esempi di registrazioni *Side scan sonar* (localizzati in Fig. 2): la registrazione A rileva un fondale roccioso con sbalzi di quota di 2-3 m rispetto alle circostanti zone con sedimento incoerente; in quella B sono visibili le formazioni delle *mattes a posidonia* (1), fiancheggiate da sedimenti bioclastici con *ripple mark* (2)
Some examples of *Side scan sonar* records (located in Fig. 2): record A shows a rocky sea-floor, 2-3 metre high in the surrounding areas with incoherent sediments; record B shows a zone with *posidonia* mat formations (1), surrounded by bioclastic sediment with *ripple marks* (2)

I fondali con le *mattes a Posidonia* sono localizzati solo nelle zone più vicine alla costa. Queste formazioni rappresentano la propagine più meridionale di un vasto posidonieto che si estende, a debole profondità e parallelamente al litorale, fin dal promontorio di Ansedonia (ad est di M.te Argentario). Le *mattes* in queste aree, direttamente osservate in immersione, consistono in depositi pelitici e sabbioso-bioclastici compattati dai rizomi delle *posidonie*, le quali tuttora viventi, intrappolano il sedimento limoso in sospensione producendo la crescita verticale del deposito; la componente bioclastica, invece, viene fornita dalla attività biologica, in genere molto intensa intorno al posidonieto.

Le *mattes* dell'area in esame consistono in spianate tabulari dal dislivello di 1-2 m rispetto al fondo sabbioso o limoso circostante, e dallo spessore variabile nell'ambito di qualche metro (Fig. 3 B e Fig. 8 C). Non sono state fatte osservazioni dirette in immersione, per cui con i soli dati sismici risulta difficile distinguere là dove esse supportino un posidonieto vivente.

4. LITOSTRATIGRAFIE DEI CAROTAGGI

Sono state raccolte 14 carote di fondo marino e prelevati con una benna a tenuta stagna 4 campioni di sedimento superficiale. Le analisi di laboratorio sono state di tipo granulometrico, secondo le metodologie classiche in uso in Sedimentologia. Le varie litologie riscontrate vengono riferite alla classificazione di Nota (1958); i parametri granulometrici sono calcolati con il sistema di Folk e Ward (1957) e le coordinate delle stazioni di campionatura sono riportati in Tabella 1.

Le litostratigrafie delle carote (Fig. 4) sono caratterizzate principalmente dai sedimenti pelitico sabbioso e pelitico, ambedue presenti nelle carote 1, 2, 3, 4 e 12; inoltre, tali litotipi costituiscono buona parte (in genere le porzioni medie e superiori) della carota 6, della 7, della 8, della 10 ed infine costituiscono il sedimento dei campioni di benna 2, 3, 4. Le peliti molto sabbiose sono presenti nella carota 9, nella 14, e nella porzione superiore della 5, della 11, della 13, e in quella inferiore della 6 e nel campione di benna 1.

Le carote 5, 7, 8, 11 e 13 hanno le sequenze litostratigrafiche più interessanti, in quanto al sedimento limoso della loro porzione superiore, bruscamente fanno seguito verso il basso le sabbie pelitiche, che nelle ultime tre carote citate sono frammiste a ciottoli litici e a frammenti biogeni.

Il termine superiore limoso di questi cinque carotaggi, così come il limo delle altre carote e delle bennate, rappresenta le deposizioni avvenute nel corso delle fasi recenti della sedimentazione. Lo scarsissimo scheletro sabbioso disperso in questi sedimenti fini, è costituito da una mescolanza di assemblaggi composizionali di varia

Tabella 1- Coordinate delle campionature e caratteristiche granulometriche dei sedimenti analizzati
Coordinates of sampling and grain size characteristics of the sediments analysed

Livelli carote	Coordinate Gauss-Boaga		Battente d'acqua	% sabbia (* sabbia+ghiaia)	Mz	Indici Statistici		
	nord	est				SD	Sk	Kg
1A	4685515	1706098	48	28,57	6,03	2,72	-0,72	0,69
2A	4685299	1705946	50	22,32	6,33	2,54	-0,68	0,89
3A	4684074	1708663	48	7,30	7,57	1,30	-0,85	1,3
3B	"	"	48	4,30	7,67	1,08	-0,74	1,26
4A	4682789	1709896	48	25,10	6,13	2,80	-0,87	0,72
5A	4685701	1712300	28	45,67	5,27	3,02	-0,29	0,60
5B	"	"	28	82,70	2,03	2,37	0,30	2,22
6A	4685257	1709246	38	25,09	6,23	2,22	0,35	0,65
6B	"	"	38	35,40	5,70	1,72	0,50	0,65
7A	4687377	1709424	25	23,57	5,97	1,94	0,08	0,57
7B	"	"	25	84,76	2,63	1,87	0,60	2,33
8A	4687394	1708172	30	13,36	6,60	1,72	-0,33	0,63
8B	"	"	30	78,96*	1,83	3,85	0,43	1,14
9A	4685743	1707108	40	44,49	5,03	3,46	-0,44	0,63
10A	4687031	1706760	36	8,65	6,83	1,87	-0,51	0,90
11A	4688023	1706475	34	43,42	4,20	2,88	-0,41	0,57
11B	"	"	34	88,23*	-0,27	3,71	0,32	1,05
12A	4688276	1706471	31	24,68	6,20	2,05	-0,33	0,64
13A	4689831	1704832	27	35,53	5,47	3,11	-0,48	0,66
13B	"	"	27	82,93*	1,90	3,08	0,30	1,75
14A	4689326	1703684	33	44,66*	4,48	3,59	-0,25	0,63
Campioni benna								
1	4687275	1704042	41	41,14	5,63	2,79	-0,75	0,52
2	4690727	1706176	17	4,58	7,07	1,35	-0,76	0,92
3	4688957	1708145	22	7,48	7,20	1,61	-0,56	1,19
4	4687725	1710562	19	7,17	6,10	1,71	0,15	0,55

* la ghiaia in genere è compresa tra il 10 e il 20%, nel campione 11B arriva al 45%

* gravel is generally present between 10-20%, in sample 11B it reaches 45%

origine, preliminarmente riconosciuti in (sono in corso studi automatizzati sulla forma dei clasti; Full et al., 1989): a) sabbie finissime quarzose, angolari, con lamine di mica e frammenti litici, ritenute di provenienza fluviale recente; b) sabbie medie, arrotondate, con quarzo, minerali pesanti, e frammenti biogeni, frequentemente patinate da ossidi di ferro e con assenza di miche, collegate direttamente a depositi relitti di piattaforma o provenienti da questi (Tortora, 1989); c) sabbie bioclastiche degli apporti dalle biocostruzioni supportate dai fondali compatti. Gli ultimi due tipi di sabbie indicano una provenienza da sorgenti sedimentarie indigene, le quali, comunque, contribuiscono molto scarsamente alla sedimentazione, principalmente pelitica con apporti ritenuti di origine fluviale.

Il termine litologico inferiore è costituito da sabbie medie (e ridotta frazione pelitica) con gli stessi attributi petrografici visti per quelle del tipo b); inoltre, tali sabbie sono mal classate, con curve di frequenza granulometrica bi e polimodale e talora al bottom sono frammiste a ciottoli (biogeni e litici). I citati caratteri sono tipici delle sabbie relitte di piattaforma (Swift et al., 1971); la posizione stratigrafica di quelle carotate, sottostanti ai sedimenti recenti, le farebbe riferire con buona probabilità alla trasgressione versiliana.

5. SISMOSTRATIGRAFIA

La sismostratigrafia del fondale marino, nei suoi lineamenti generali, appare caratterizzata da una coltre sedimentaria – stratificata là dove presenta spessori significativi – che giace su una superficie di discordanza erosiva. Questa, presenta due profonde incisioni di origine fluviale, a partire dalle quali la discordanza è stata estesa nel resto dell'area sulla base della continuità dei riflettori sismici.

Tale superficie è stata individuata anche al di fuori dei fondali in studio, almeno fino al promontorio di M.te Argentario (Milli e Tortora, in prep.), dove ugualmente mostra incisioni di drenaggio subaereo. Essa, pertanto, rappresenta un episodio erosivo non locale, ma legato, con molta probabilità, all'emersione della piattaforma costiera durante i vari bassi stazionamenti del livello marino dell'ultimo glaciale.

L'andamento topografico della discordanza (Fig. 5) evidenzia con chiarezza le due incisioni di cui si è detto, che separano una zona piuttosto piatta e morfologicamente rialzata, e che si protendono perpendicolarmente dalla costa verso il largo, proprio dinnanzi alle attuali foci del Fiora e del Tafone.

L'incisione del paleoalveo del F. Fiora (Fig. 7 A e B), più pronunciata dell'altra, ha un approfondimento

dell'ordine di 20-25 m e una larghezza intorno ai 1.500 m; è interessata da una serie di terrazzi fluviali abbastanza simmetrici nei due versanti (Fig. 8 in Tortora, 1989), i quali lasciano presupporre più riprese dell'attività erosiva, probabilmente legate agli abbassamenti del livello di base del corso d'acqua in relazione con eustatismo negativo glaciale. Il paleoalveo del Tafone – la cui morfologia nel dettaglio non è completamente definibile con le corse sismiche a disposizione – ha una larghezza variabile da 1.000 a 2.000 m e un approfondimento dell'ordine di 10÷15 m (Fig. 8 D).

Si ritiene che la coltre sedimentaria al di sopra della discordanza comprenda, almeno in gran parte, i sedimenti olocenici dell'ultima trasgressione post-glaciale

(versiliana) e dell'attuale fase di stabilizzazione del livello marino. La geometria di tale coltre è stata ricostruita nella carta delle isopache di Fig. 6, e riflette sia l'articolazione della superficie di discordanza - infatti i massimi spessori sono localizzati nei due paleoalvei - sia la presenza di depositi cuneiformi che si assottigliano verso il largo, ricollegabili alla sedimentazione progradazionale costiera di epoca recente.

Purtroppo i carotaggi, essendo poco profondi, non permettono di distinguere le facies sedimentarie che costituiscono la coltre sedimentaria. Comunque, utilizzandoli insieme alle evidenze morfologiche dei fondali e, soprattutto, a quelle sismostratigrafiche, si sono riconosciuti alcuni corpi sedimentari, riferibili a

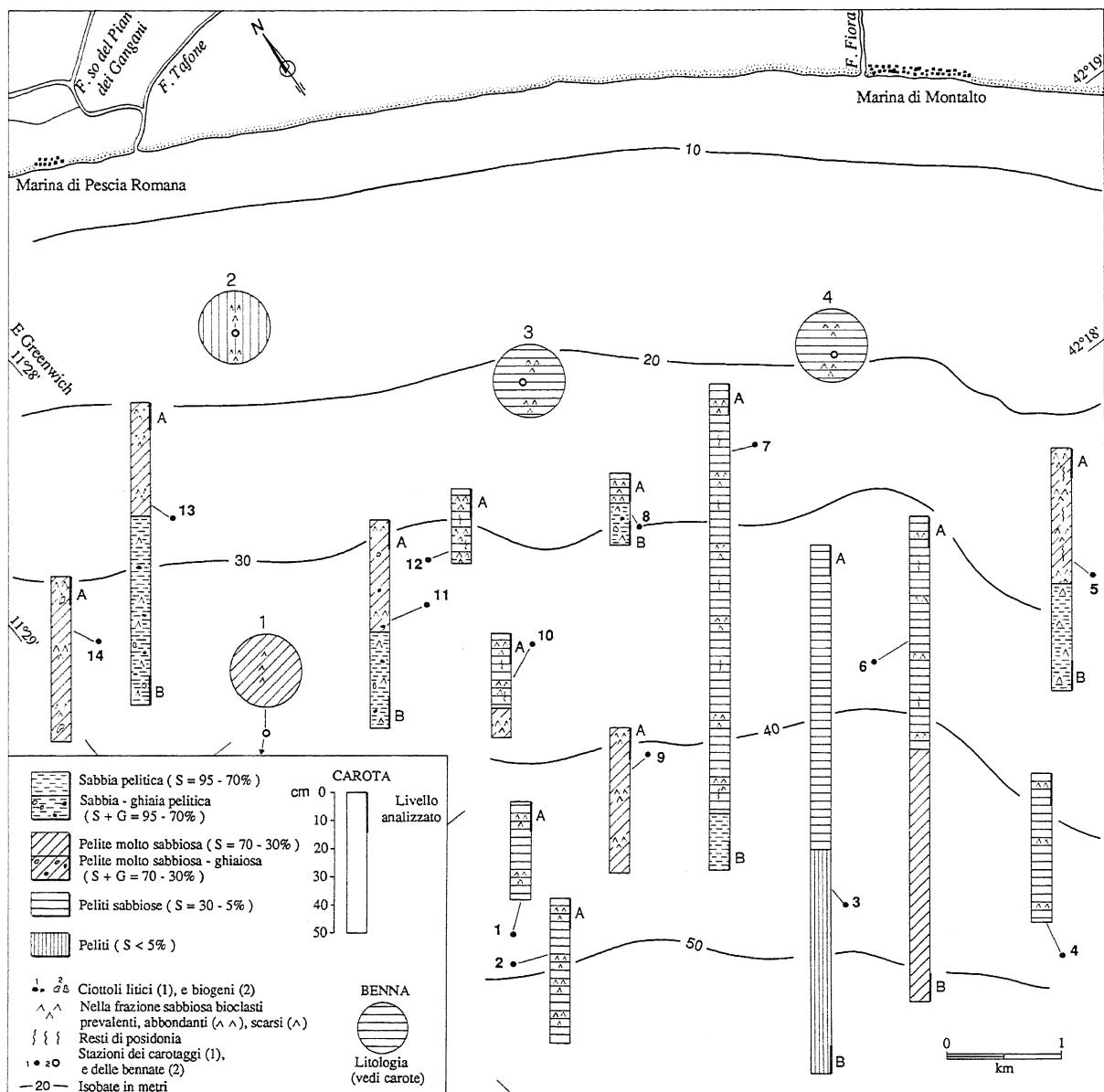


Fig. 4 - Litostratigrafie dei carotaggi e tipi di sedimento nei campioni di benna
Lithostratigraphy of the cores and sediment types of the grab samples

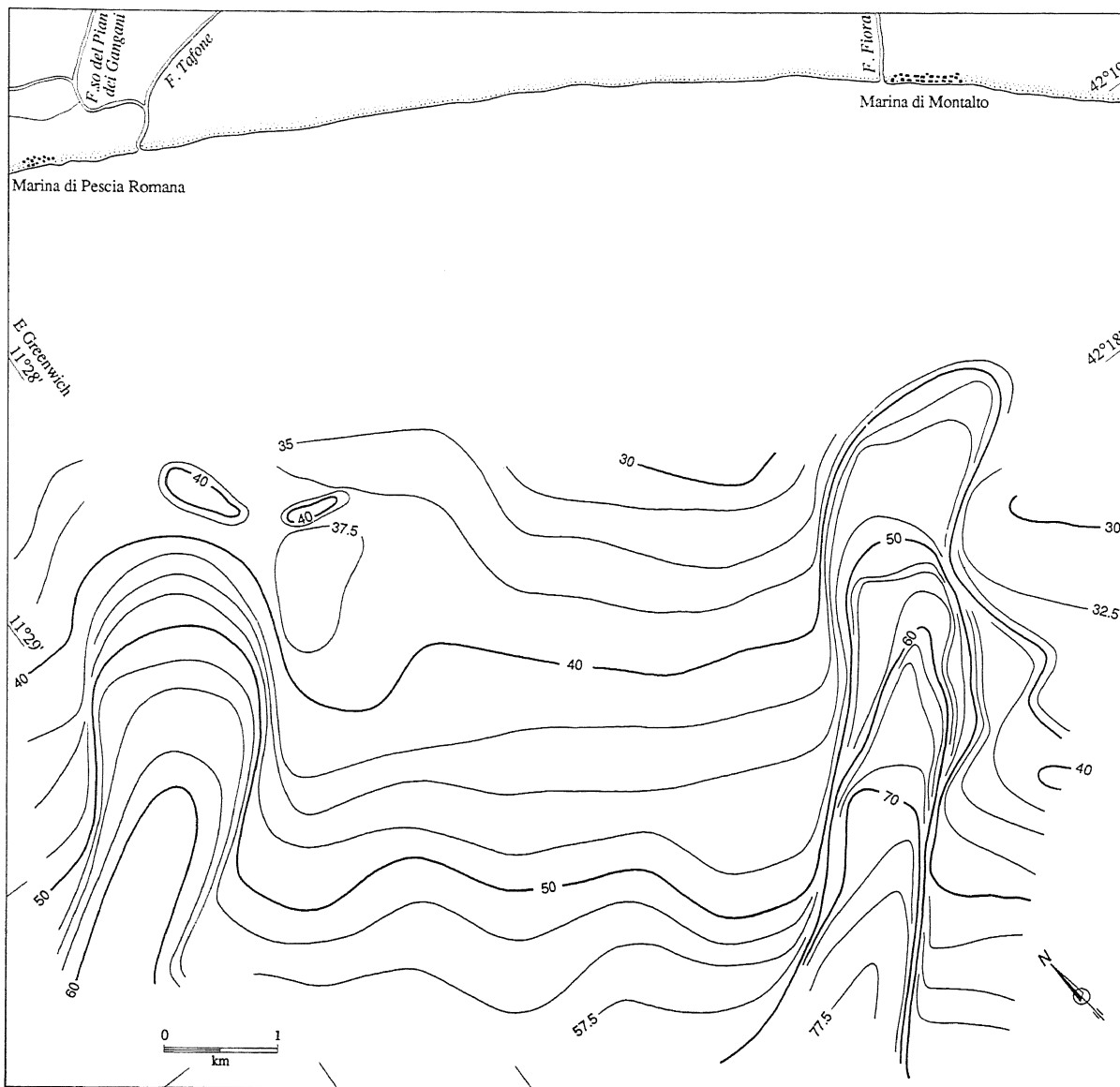


Fig. 5 - Andamento della superficie di discordanza prodottasi durante le fasi di emersione glaciale della piattaforma. Le profondità (in metri) sono riferite al livello marino attuale e sono state dedotte per una velocità del segnale sismico pari a 1.600 m/sec
Morphology of the unconformity surface formed during the last glacial emersion of the continental shelf; the depths, in metres, refer to the present sea level and are calculated with a speed of 1.600 m/sec

particolari momenti della sedimentazione.

E' stato così possibile cartografare (Fig. 6) la distribuzione areale: 1) dei depositi di colmamento; 2) dei depositi progradazionali costieri; e 3) dei depositi delle zone con basso tasso di sedimentazione; nella stessa carta sono riportate le zone interessate da una significativa concentrazione di fondali rocciosi e di *mattes* a *Posidonia*.

I depositi di colmamento si rilevano unicamente nelle due paleoincisioni e rappresentano i depocentri della sedimentazione olocenica; la loro geometria è in relazione con la morfologia dei due paleoalvei ospitanti e con gli originari ambienti deposizionali, che dovevano essere di bassa energia. La parte medio-alta dei due colmamenti è costituita dai corpi delle progradazioni

costiere, che, con molta probabilità, sono riferibili alla sedimentazione avvenuta nelle ultime fasi della trasgressione versiliana e nel corso dell'attuale stabilizzazione del livello marino.

Il colmamento del paleoalveo del Fiora, con spessore che complessivamente raggiunge i 20-25 m, presenta una stratificazione continua, sub-parallela e leggermente inclinata verso il largo, che passa superiormente e con gradualità - nel corpo sedimentario attribuito al cuneo costiero - ad obliqua parallela a debole angolo, con riflettori sismici tendenti ad "impacchettarsi" verso il largo. Sostanzialmente non vi è una forte differenza tra le due porzioni del colmamento, se non per la maggiore intensità progradazionale del deposito superiore (cuneo costiero), il quale ha uno spessore che passa da 15 a 3

metri procedendo verso il largo. Le configurazioni dei riflettori sismici lasciano dedurre, per l'intero riempimento del paleoalveo, tassi di sedimentazione piuttosto uniformi – indicanti deposizioni limose – e leggermente decrescenti verso mare in relazione ad una sorgente sedimentaria localizzata verso la costa, ed attribuibile agli apporti solidi del F. Fiore. Le carote raccolte (la 3 e la 6) rilevano sedimenti limoso-argillosi nell'immediato sottofondo marino.

Il deposito di colmamento del paleoalveo del Tafone raggiunge uno spessore dell'ordine di 15 m e, nella parte più vicina alla costa, è quasi essenzialmente costituito

dai corpi cuneiformi costieri, che si estendono lateralmente anche al di fuori del paleoalveo (Fig. 8 C); tali corpi hanno uno spessore che, partendo da circa 10 m, si riduce progressivamente verso il largo fino a 1-2 m. Dal punto di vista sismico, essi presentano riflettori con configurazione progradazionale obliqua parallela a debole angolo (indicante depositi sottili) e con *downlap*, a seconda dei casi, sia sulla stessa discordanza alla base, sia sui sottostanti colmamenti. Questi hanno riflettori sub-paralleli e lievemente inclinati verso mare, che a luoghi delimitano corpi sedimentari minori, probabilmente a diversa litologia e grado di cementazione, così come

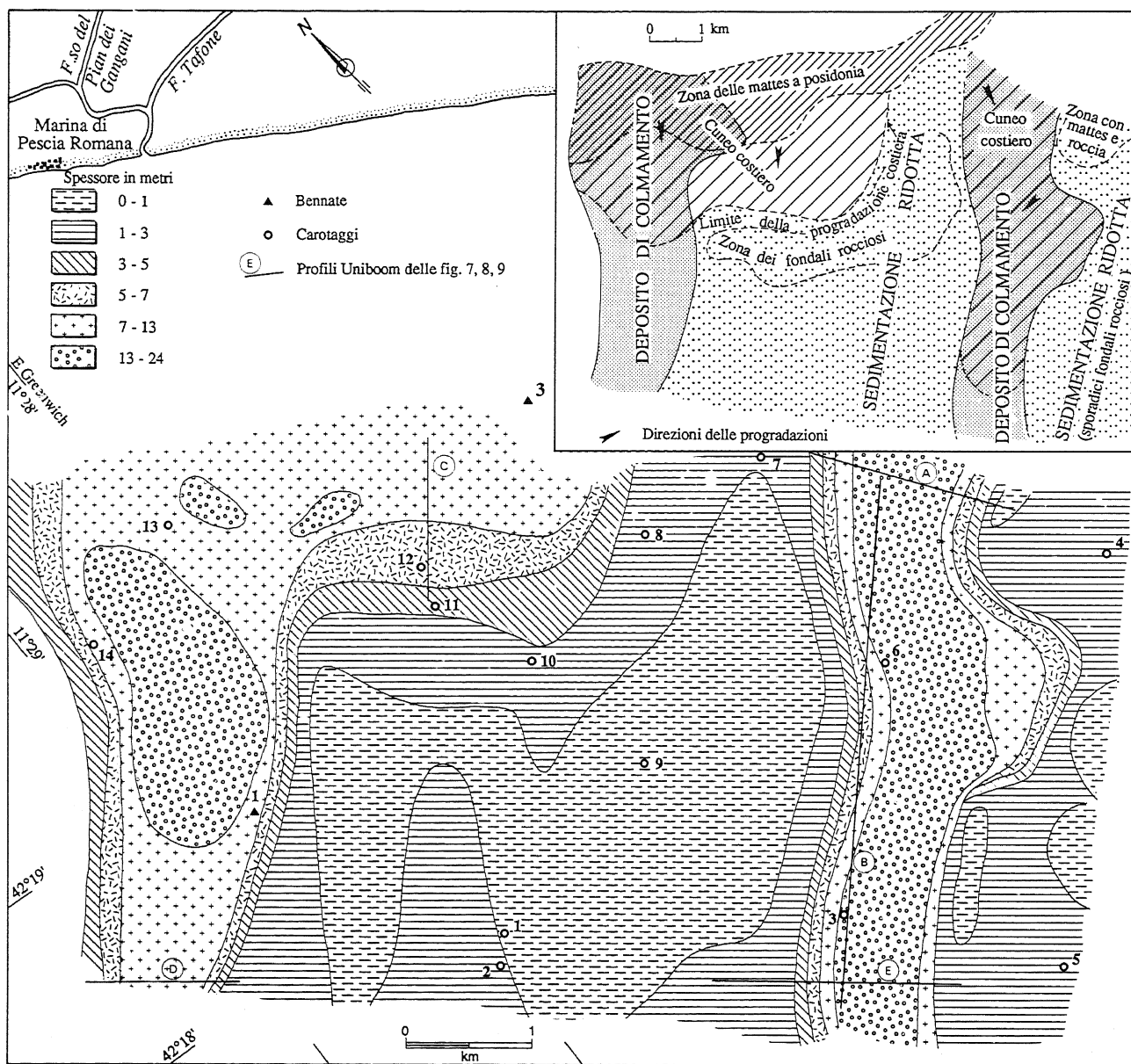


Fig. 6 - Spessore della coltre sedimentaria e distribuzione dei vari tipi di deposito che la costituiscono
Thickness of the sedimentary blanket overlying the unconformity surface and types of its deposits

lasciano dedurre anche le frequenti iperboli di diffrazione del segnale sismico.

I campioni raccolti nelle aree dei colmamenti e dei cunei costieri (carote 11, 12, 14 e bennate 1, 2, 3) indicano una sedimentazione in prevalenza pelitica con apporti bioclastici, che ben si accorda con le evidenze sismiche e morfologiche dei fondali. Fa eccezione a ciò la carota 13, che segnala sabbie trasgressivo-relitte alla sommità del cuneo costiero, le quali, a rigor di logica, dovrebbero invece essere alla sua base. Carotaggi più profondi sarebbero necessari per chiarire il disaccordo tra i dati, per ora spiegato, considerando tali sabbie rimobilizzate da un deposito relitto e poi utilizzate nella fase di progredizione recente.

I depositi con basso tasso di sedimentazione sono localizzati nelle aree morfologicamente più rialzate ed interessate spesso da affioramenti rocciosi. I carotaggi – che hanno attraversato quasi interamente la coltre, qui poco spessa – evidenziano che è costituita, nella parte superficiale, da una copertura limosa recente e, più in basso, da accumuli sabbiosi probabilmente messi in posto durante la trasgressione versiliana.

Nei profili sismici analizzati non sono visibili (o non riconoscibili) litosomi litorali dei passati stazionamenti marini. Modestissime dislocazioni da carico sono presenti nel colmamento dell'incisione del Tafone, mentre è evidente, sebbene in una sola corsa sismica, una faglia che disloca il versante di destra del paleoalveo del Fiora e parte dei depositi di colmamento (Fig. 9).

6. DISCUSSIONE

I dati raccolti permettono di avanzare alcune ipotesi circa l'evoluzione sedimentaria dell'area durante il tardo Quaternario, a partire dall'ultimo periodo glaciale, interessato da un basso stazionamento del livello marino intorno alla quota di circa -130 m (*low-stand*). Durante questa fase, buona parte dell'intera piattaforma continentale era emersa ed intense fasi di erosione la caratterizzavano soprattutto per l'abbassamento del livello di base dei corsi d'acqua. Nell'area in esame (e anche nelle aree vicine), tale periodo erosivo è segnalato da una marcata superficie di discordanza, particolarmente pronunciata ed incisa di fronte alle attuali foci del Fosso del Tafone e del Fiume Fiora, per la presenza dei loro paleoalvei. Ripetute oscillazioni negative del livello marino, forse di poco antecedenti all'ultima fase di *low-stand*, determinavano il ringiovanimento del paesaggio e con esso i terrazzi fluviali osservati nel paleoalveo del F. Fiora.

L'andamento topografico di detta superficie di discordanza è un importante elemento per le ricostruzioni paleoambientali, in quanto rappresenta con buona approssimazione la morfologia dell'area in esame durante il periodo di emersione antecedente alla trasgressione marina del Versiliano, e costituisce la paleomorfologia su

cui è iniziata la deposizione delle sequenze sedimentarie trasgressive.

La trasgressione versiliana iniziò intorno a 18.000 anni fa (Fairbridge, 1961), circa sul bordo della attuale piattaforma continentale di Montalto di Castro. Durante il passaggio del mare sulla parte esterna e media di questa piattaforma, situazioni deposizionali favorevoli, determinarono la messa in posto dei litosomi costieri, attualmente relitti, segnalati da Aiello et al. (1978). È possibile che in queste fasi gli effetti dell'innalzamento del livello del mare si registrassero indirettamente anche sulle aree emerse, come quella in esame, dove alle variazioni positive del livello di base dei fiumi doveva corrispondere in terraferma un sensibile incremento delle deposizioni all'interno delle valli fluviali.

È possibile che tali depositi siano presenti nel paleoalveo del Fosso del Tafone dove, al di sopra della discordanza, il segnale sismico indica brusche variazioni litologiche forse attribuibili a questi episodi. Nel paleoalveo del F. Fiora, invece, la stratificazione regolare e continua del suo colmamento risulta piuttosto il prodotto di una sedimentazione marina di bassa energia, lasciando semmai come ipotetica la presenza di modesti depositi fluviali alla base del colmamento.

Se si considerano le profondità raggiunte dalla superficie di discordanza nel limite esterno dell'area (intorno a -70 m dal l.m.), e la curva eustatica dell'ultimo innalzamento post-glaciale del livello del mare (Fairbridge, 1961) si deduce che l'area studiata iniziò ad essere sommersa circa 14-15.000 anni fa. Gli eventi deposizionali trasgressivi furono largamente condizionati dagli alti e bassi (paleoalvei) morfologici, creatisi durante le fasi erosive di *low-stand*, i quali controllavano l'andamento della linea di costa e la batimetria dei fondali.

Durante questa fase della trasgressione, nel delta del Tevere (Bellotti et al., 1989), posto circa 80 km a sud-est, sono stati ipotizzati 7 stazionamenti del livello del mare in assenza di sostanziali movimenti verticali del delta. Stando ai dati della citata curva eustatica, tre di questi (a -66 m, -50 m e -40 m) devono aver interessato anche l'area in esame, tra i 14.000 e i 12.000 anni fa. Se si considerano tali stazionamenti come effetto della sola stabilizzazione del livello del mare e si riportano le rispettive quote sulle isobate della superficie di discordanza cartografata, si ricava, con una certa approssimazione, quello che doveva essere l'andamento costiero durante le tre stasi della trasgressione (Fig. 10). In tali momenti, come noto, se si escludono altri fattori di tipo locale, la sedimentazione progredizionale risulta massima.

Dall'andamento delle varie linee di costa appaiono due ampie baie, di cui soprattutto quella originatasi all'interno della paleovalle del F. Fiora doveva essere molto pronunciata: ad esempio per lo stazionamento di -50 m, essa risulta di circa 900 m di larghezza e spinta verso terra per 3 km.

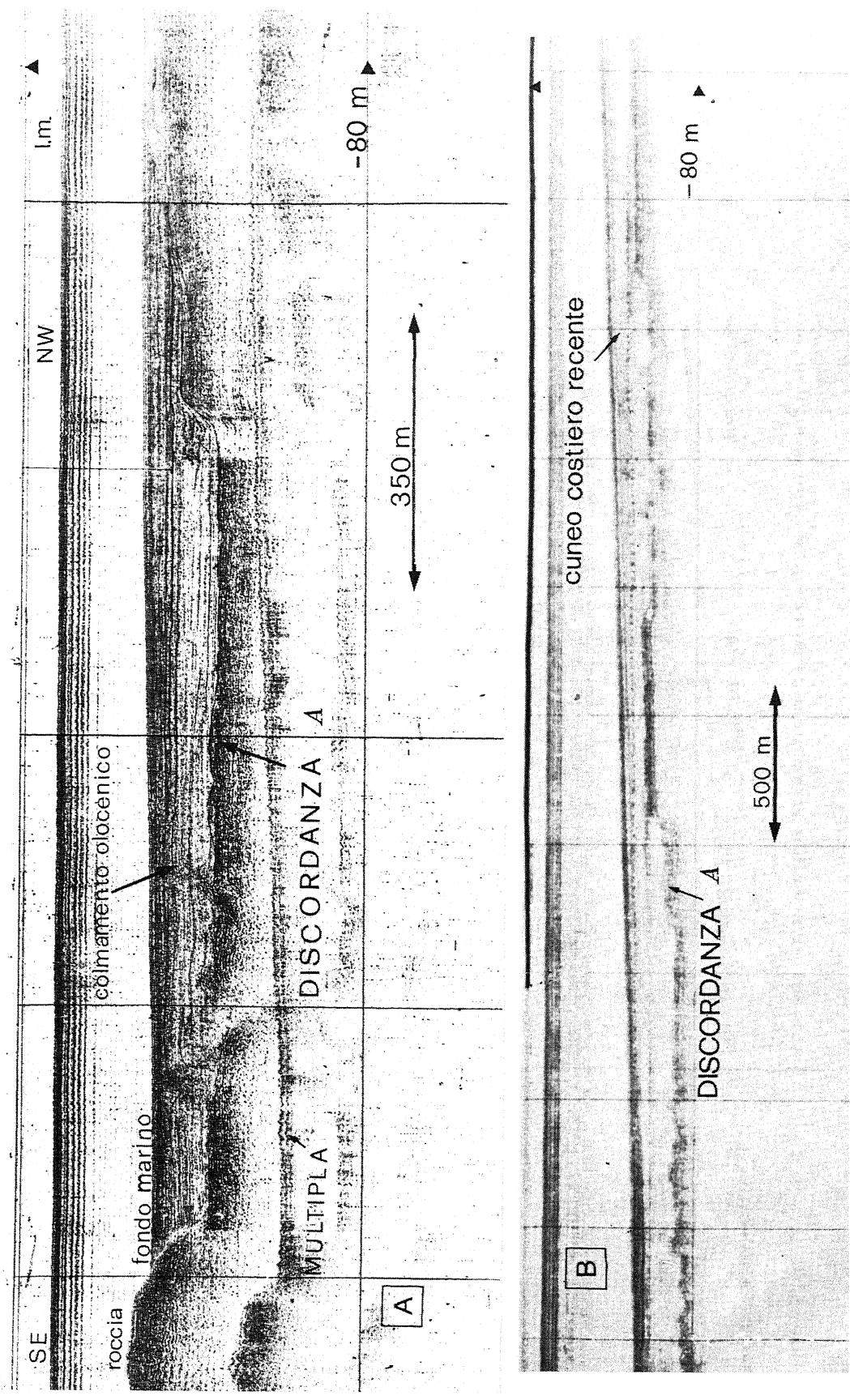


Fig. 7 - Profili sismici Uniboom (localizzati in Fig. 6): le registrazioni A (parallela alla costa) e B (perpendicolare) mostrano l'incisione del paleovalveo del F. Fiora e i depositi di coltamento soprastanti
 Uniboom seismic profiles (located in Fig. 6): records A and B, parallel and perpendicular to the coastline, show the paleo-river morphology of the Fiora, infilled by the depositions of the last post-glacial transgression and of the present high still-stand

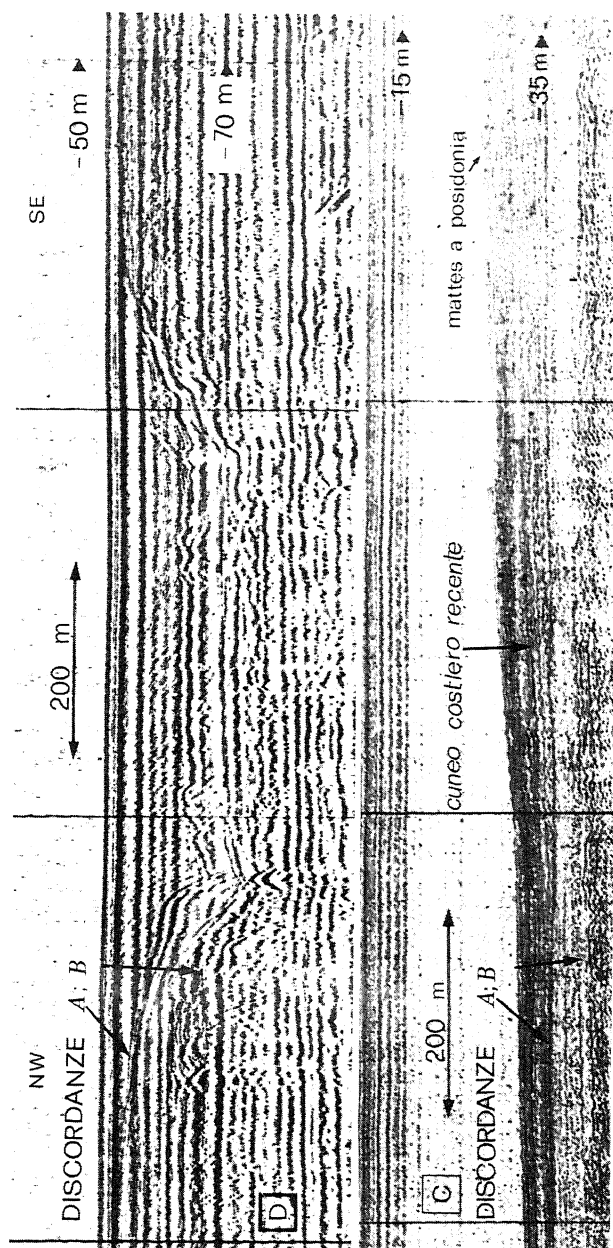


Fig. 8 - La registrazione C evidenzia il cuneo di sedimenti costieri riferito alle progradazioni del presente stazionamento marino; la parte alta del deposito è interessata dalle *mattes a Posidonia*. Nella registrazione D è visibile il paleoalveo del Tafone, inciso da due superfici (la superiore è quella cartografata in Fig. 5) le quali delimitano una sequenza sedimentaria sottostante a quella studiata. Il paleoalveo, pertanto, è il risultato di più fasi localizzate di erosione fluviale, avvenute in almeno due periodi di emersione della piattaforma. Nel caso del paleoalveo del F. Fiora - dove non risulta una simile evidenza - l'ultimo *low-stand* glaciale ha determinato una intensa erosione e l'asportazione sia della discordanza inferiore sia dei depositi che probabilmente le erano soprastanti (Fig. 9)

Record C shows the wedge-shaped coastal body of the present high still-stand progradation, covered in the upper part by *Posidonia* mats. Record D shows the paleo-morphology of the Tafone river, characterised by two erosive surfaces (the upper is the unconformity previously mapped), which bound a sedimentary sequence underlying the analysed one. The incision appears to be the product of more localised erosive

La paleomorfologia subaerea in definitiva doveva determinare due eventi importanti: il primo è che l'ingressione progrediva in anticipo nei paleoalvei e, quindi, la sedimentazione iniziò ad essere sincrona nell'area solo quando il mare ricopri anche la zona morfologicamente rialzata; il secondo è che le due incisioni rappresentavano un trugolo ideale per la sedimentazione di colmamento, alimentata direttamente dai fiumi stessi che sfociavano all'interno delle due baie.

Le evidenze sismiche lasciano supporre che, nelle incisioni, la trasgressione fu ampiamente deposizionale; mentre nella zona tra di esse compresa, lo spessore dei sedimenti messi in posto fu molto ridotto: infatti, anche i carotaggi inducono a pensare che qui si sia depositato in prevalenza un *sand sheet*, derivante dall'erosione dei corpi litorali al passaggio dello *shoreface* trasgressivo (vedi modello dello *shoreface retreat* - Bruun, 1962).

Il presente stazionamento del livello del mare (ultimi 6.000 anni) segnò significative fasi di progradazione dei depositi all'interno dei due paleoalvei e nella zona fiancheggiante l'incisione del Tafone, che portarono alla messa in posto dei cunei sedimentari costieri, la cui sola porzione esterna ricade nell'area in studio.

Probabilmente durante un momento indeterminato del presente stazionamento marino iniziò la colonizzazione di *Posidonia Oceanica*, che diede luogo a *mattes*, e del coralligeno di piattaforma il quale sembra essere supportato da un substrato duro.

7. CONCLUSIONI

Le indagini sismostratigrafiche e sedimentologiche hanno messo in evidenza le caratteristiche dei fondali in esame, le quali sono principalmente riferibili agli eventi erosivi e deposizionali degli ultimi 18.000 anni circa. In questo intervallo di tempo i fattori che hanno guidato l'evoluzione dell'area risultano: 1) le variazioni eustatiche del livello marino; 2) la morfologia del bacino accettore costiero; 3) gli apporti e la dispersione dei sedimenti in mare.

L'influenza delle variazioni del livello marino può essere sintetizzata attraverso tre momenti. Il primo, è riferibile al modellamento erosivo della piattaforma costiera, emersa durante i bassi stazionamenti eustatici del mare, dell'ultimo *low-stand* glaciale e della fase iniziale della trasgressione versiliana. Il secondo momento è quello che ha portato alla sommersione della piattaforma durante la fase medio-tarda della trasgressione, determinando l'istaurarsi dei primi colmamenti sui

phases which occurred in at least two periods of the emersion. In the Fiora paleovalley - where there is no such evidence - the erosion which occurred during the last glacial low-stand has caused the removal of both the lower unconformity and of the overlying sedimentary sequence

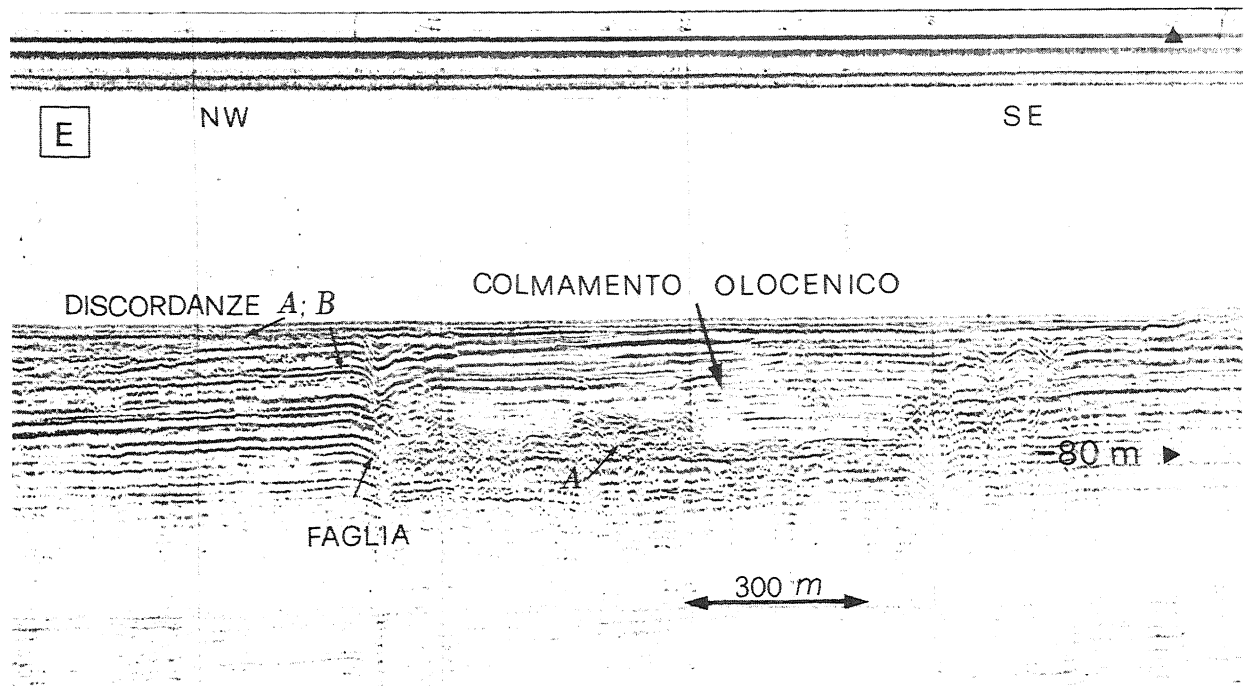


Fig. 9 - Il profilo sismico mostra il paleoalveo del Fiora che qui risulta interessato da una faglia la quale ha dislocato anche i sedimenti del colmamento
Seismic profile crossing Fiora paleo-river which shows a fault that has dislocated the left side of the incision and part of the infilling deposits

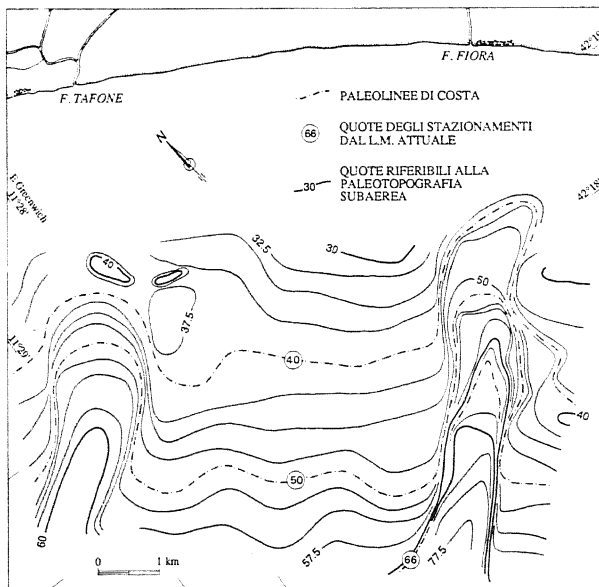


Fig. 10 - Ricostruzione dell'andamento della paleocosta durante tre probabili fasi di stazionamento della trasgressione versiliana (Bellotti et al., 1989) avvenuti tra i 14.000 e i 12.000 anni fa
Reconstruction of the paleo-coastlines in short phases of still-stand occurring approximately between 14,000 and 12,000 years ago, during the last post-glacial transgression

bassi morfologici del substrato ingredito, con inizio dei processi di uniformazione dei fondali da parte della

sedimentazione. Il terzo momento è riferibile al presente stazionamento del livello marino, che ha causato una concentrazione della deposizione nei fondali costieri, con fenomeni progradazionali che, tra l'altro, hanno ultimato sui fondali il colmamento dei bassi morfologici.

La forte influenza della morfologia del bacino accettore sulla sedimentazione si deduce dalla geometria dell'intero deposito olocenico, che presenta depocentri perpendicolarmente alla costa, lungo i paleoalvei dei due fiumi. Durante la trasgressione, la morfologia del bacino causava anche forti differenziazioni energetiche e di rifornimento sedimentario lungo la paleocosta. Questa, infatti, presentava due baie a forte influenza fluviale, localizzate nei paleoalvei, e probabilmente un settore litorale (forse con frequenti affioramenti rocciosi), meno rifornito, più esposto e a forte grado di elaborazione dei sedimenti, il quale era ubicato nella zona topograficamente più rialzata e compresa tra le baie.

Gli apporti sedimentari nell'area in esame, stando alla direzione delle progradazioni dei depositi, appaiono provenire principalmente dalla costa, probabilmente con immissione di sedimento sui fondali dalle foci dei fiumi Fiora e Tafone. Attualmente, modeste sorgenti intrabacinali possono essere considerate il coralligeno di piattaforma, per la produzione di bioclasti, e le sabbie trasgressivo-relitte, che comunque sono di importanza irrilevante per la sedimentazione, principalmente pelitica.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Prof. F. Burragato e il Dr. G.B. Borelli per il contributo dato al presente lavoro e il Sig. Alessandro D'Agostino per i disegni da lui eseguiti e che compaiono in questa nota.

BIBLIOGRAFIA

- Aiello E., Bartolini C., Gabbanì G., Rossi S., Valleri G., Certini L., Clerici C. & Lenaz R. (1978) - *Studio della piattaforma continentale medio-tirrenica per la ricerca di sabbie metallifere: 1) da Capo Linaro a Monte Argentario*. Boll. Soc. Geol. It., **97**, 495-525.
- Ambrosetti P., Bartolini C. & Bosi C. (1981) - *Evoluzione geologica e morfologica quaternaria dell'area adiacente la bassa valle del Fiume Fiora*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **4**, 104-134.
- Anselmi B., Brondi A., Ferretti O. & Rabottino L. (1976) - *Studio mineralogico e sedimentologico della costa compresa tra Ansedonia e la foce del Mignone*. Rend. Soc. It. Miner. Petr., **33**, 311-348.
- Bartolini C., Corda L., D'Alessandro L., La Monica G. B. & Regini E. (1977) - *Studi di geomorfologia costiera: III - Il Tombolo di Feniglia*. Boll. Soc. Geol. It., **96**, 117-157.
- Belknap D. F. & Kraft J.G. (1981) - *Preservation potential of transgressive coastal lithosomes on the U. S. Atlantic shelf*. Mar. Geol., **42**, 429-442.
- Bellotti P., Carboni M.G., Milli S., Tortora P. & Valeri P. (1989) - *La piana deltizia del Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low-stand glaciale all'attuale*. Giorn. Geol., **51**, 55-76.
- Boyd R. & Pendland S. (1984) - *Shoreface translation and the Holocene stratigraphy record: examples from Nova Scotia, the Mississippi delta and eastern Australia*. Mar. Geol., **60**, 391-412.
- Bruun P. (1962) - *Sea level rise as a cause of shore erosion*. Proc. ASCE J. Waterways and Harbour Division, **88**, 117-130.
- Burragato F. & Moroni F. (in stampa) - *Composizione delle sabbie: la piattaforma continentale interna da M.te Argentario a Torre Sant'Agostino*. Cartografia dei Placers Italiani (1:25.000), Prog. Fin. C.N.R. "Oceanografia e Fondi Marini".
- Caputo C., Pugliese F. & Lupia Palmieri E. (1981) - *Variazioni della linea di riva tra Ansedonia e Capo Linaro (Civitavecchia)*. Riv. Geogr. It., **87**, 221-242.
- Carboni M.G., Matteucci R. & Tortora P. (1980) - *La piattaforma costiera dell'alto Lazio: dalla foce del Fiume Marta a Torre Sant'Agostino*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Serie A, **87**, 193-230.
- Evangelista S., Full W.E. & Tortora P. (1989) - *Interaction of marine and fluvial clastic sediment in central Italy, Thyrrhenian coast*. Annul Convention of Am. Assoc. Pet. Geol., April 89, San Antonio, Texas.
- Fairbridge R.,W. (1961) - *World sea-level and climatic changes*. Phys. Chem. Earth, **4**, 99-185.
- Folk R.L. & Ward W.C. (1957) - *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Jour. Sed. Petr., **27**, 3-36.
- Heward A.,P., (1981) - *A review of wave-dominated clastic shoreline deposits*. Earth Sci. Rev., **17**, 223-276.
- Ministero dei Lavori Pubblici (1978) - *Annali idrologici, 1969 (parte seconda). Bacini con foce al litorale tirrenico dal Fiora al lago di Fondi*. Serv. Idrog. Ist. Poligr. di Stato, Roma.
- Milli S. & Tortora P. (in prep.) - *La presenza di depositi sabbiosi di origine relitta sui fondali tra M.te Argentario e la foce del F. Fiora: valutazioni per un loro impiego nel ripascimento dei litorali in erosione*.
- Nota D.J.G. (1958) - *Sediments of western Guiana shelf*. Thesis mendedel, Landbomvhogedrool, Wegeningen, 1-98.
- Swift D.J.P. & Sears P.C. (1974) - *Estuarine and littoral depositional patterns in the superficial sand sheet central and southern Atlantic shelf of North America*. Int. Symp. on Interrelationships of Estuarine and Continental Shelf Sedimentation. Mém. Inst. Géol Bassin Aquitaine, **7**, 171-189.
- Swift D.J.P., Stanley D.J. & Curray J.R. (1971) - *Relict sediments on the continental shelf: a reconsideration*. Jour. Geol., **79**, 322-346.
- Tortora P. (1989) - *La sedimentazione olocenica nella piattaforma continentale interna tra il promontorio di Monte Argentario e la foce del Fiume Mignone (Tirreno centrale)*. Giorn. Geol. Univ. Bologna, **51**, 93-117.
- Vail P.R., Mitchum R.M. & Thompson S. (1977) - *Seismic stratigraphy and global changes of sea level from coastal onlap*. In: C.E. Payton (Editor), *Seismic stratigraphy - Application to Hydrocarbon Exploration*. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., **26**, 63-81.
- Wilkinson B.H. & Byrne J.R. (1977) - *Lavaca Bay-transgressive deltaic sedimentation in central Texas estuary*. Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., **61**, 527-545.

Accettato per la stampa il 19.10.1989