

L'EROSIONE DEL LITORALE IN SINISTRA FOCE SELE (GOLFO DI SALERNO): DINAMICA EVOLUTIVA E PROPOSTE DI INTERVENTO A DIFESA E TUTELA DELLA SPIAGGIA E DELLA PINETA LITORANEA DI PAESTUM

E. Cocco – S. Iuliano

Dipartimento di Scienze della Terra, Università "Federico II", Napoli

RIASSUNTO - *L'erosione del litorale in sinistra Foce Sele (Golfo di Salerno): dinamica evolutiva e proposte di intervento a difesa e tutela della spiaggia e della pineta litoranea di Paestum.* I processi erosivi in atto lungo la fascia costiera in esame possono essere imputati ad una elevata frequenza e severità delle mareggiate -esaltate da una particolare configurazione morfologica dei fondali sottocosta- oltre che ad una già evidenziata (Cocco *et al.*, 1992) riduzione "antropica" del rifornimento detritico. Ne consegue che qualunque ipotesi di intervento a difesa e salvaguardia del tratto costiero in erosione non può che passare attraverso opere finalizzate alla riduzione dell'energia delle onde -incidenti sulla costa in modo pressochè ortogonale- mediante barriere longitudinali sommerse ed alla ricostituzione dell'arenile mediante ripascimenti artificiali. Infine si può prevedere la riqualificazione della zona dunale attraverso il restauro del cordone a fronte mare mediante opere di risagomatura artificiale al fine di favorirne l'inverdimento ed il consolidamento con specie vegetali indigene.

ABSTRACT - *The beach erosion on the left side of the Sele river mouth (Gulf of Salerno, Southern Italy): nearshore dynamics and proposals for the coastal protection.* The examined area is part of the widest physiographic unit of the littoral plain of the Sele River, which represents the coastal edge of a vast tectonic depression (pery-Tyrrhenian Graben of the Gulf of Salerno).

From a geomorphological point of view, we can distinguish two sectors: the first, between the Sele River mouth (Foce Sele) and Pontile, extends about 3 km. Within this area the environment appears still "natural". The second sector further south, between the Pontile and Lido Nettuno near Paestum, extended about 2 km, is completely urbanized (bathing structures are evident all along the coast). The sandy or sandy-pebble backshore is limited towards the hinterland by a narrow mobile dune and then from a series of reforested dune ridges which are deeply degraded because of the marine action. Two zones can be observed in the submarine beach: the first one, within a -5 m depth, shows a very articulated morphology due to the presence of an alternating series of bar-trough systems and shoals; the second one, between a -5 and -10 m depth, shows a gently sloped seabottom.

The study of the littoral regime has shown that the greater energetic potential concerns the sector 230° - 280° N which is subject to 72% of the total energy of the area; the maximum wave height, with a 30 year return period, ranges between 2.93 m (170° N azimuth) and 8.78 m (280° N azimuth), while the average direction of wave approach is from 230° N azimuth, orthogonally to the coast.

The research confirms a clear erosional tendency concerning above all the area between the Sele River mouth (Foce Sele) and Pontile, where the shoreline underwent a retreat of 1-2 m/year from 1978 to 1997 and a loss of sediment in the emerged beach consisting of more than 70,000 m³ (2 m³ per linear meter of coast per year) from 1982 to 1997. During the period in which the backshore has been monitored (November 1996 - November 1997), violent storms coming from 240° N azimuth struck the area causing a strong erosion of the beach and of the dune systems.

As a result of the reduction of detrital supply due to human activities (Cocco *et al.*, 1992) the coastal processes along the studied area can be attributed to the energetic factors in the nearshore zone. Thus we propose a coastal defence project which consists in the following parts:

- 1) reduction of the energy of the incident wave on the coast by the construction of submerged breakwaters;
- 2) artificial beach nourishment;
- 3) restoration of the foredune system by remodelling artificially the profile and by planting native species.

Parole chiave: processi costieri, morfodinamica delle barre, variazioni della linea di riva, dispersione dei sedimenti, regime delle onde, opere umane, difesa dei litorali.

Key-words: near shore processes, bar and trough morphodynamics, shoreline changes, sediment dispersion, wave climate, human activities, shore protection.

1. PREMESSA

Vengono riportati in questa nota i risultati di uno studio, eseguito per conto dell'Amministrazione Provinciale di Salerno - Assessorato Agricoltura e Foreste, sulla dinamica dei sedimenti e sul regime delle onde nell'area in sinistra Foce Sele (Golfo di Salerno), per uno sviluppo di circa 5 km, finalizzato alla protezione e alla tutela della fascia costiera e della Pineta Litoranea di Paestum.

L'area in esame (Fig. 1) è parte della più ampia unità fisiografica della Piana del F. Sele, estesa tra Salerno ed Agropoli in direzione NW-SE per circa 40 Km, la quale costituisce il bordo costiero del *graben* peritirrenico del Golfo di Salerno.

Il F. Sele, con i suoi tributari Tanagro e Calore Lucano, è il più importante tra i numerosi corsi d'acqua che scorrono lungo la Piana, con un bacino di drenaggio esteso complessivamente 3.235 km² ed una portata solida di 500.000 m³/anno (Cocco *et al.*, 1992); di tale

portata però solo il 25% arriva alla foce a causa delle numerose opere di sistemazione idraulico forestale e della traversa di Persano, la quale sottende il 67% del bacino totale. Da rilevare che anche i bacini idrografici degli affluenti minori sono stati interessati da regimazioni (soprattutto briglie e difese spondali) e che negli ultimi decenni sono stati estratti in alveo oltre 1 milione di m³ di inerti, secondo dati ufficiali.

2. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

La fascia costiera in esame può essere suddivisa (Fig. 1) in un tratto settentrionale -tra Foce Sele e Pontile- lungo il quale persistono ancora caratteri di "naturalità" ed in un tratto meridionale -tra Pontile e Lido Nettuno- pressochè completamente urbanizzato da strutture balneari.

Lo studio dell'assetto geomorfologico è stato condotto attraverso rilievi di campagna nell'arco di tempo compreso tra novembre 1996 e novembre 1997 ed attraverso l'analisi e la comparazione di carte topografiche, di levate aerofotografiche e di rilievi plano-altimetrici di epoca compresa tra il 1978 ed il 1994.

Per quanto riguarda i rilievi di campagna è stato effettuato preliminarmente il posizionamento di 57 caposaldi (generalmente in corrispondenza della recinzione forestale) ad interasse di circa 50 m per il tratto Foce Sele-Pontile e ad interasse compreso tra 150 m e 575 m per il tratto Pontile-Lido Nettuno (cfr. Fig. 11). Quindi si è proceduto, con l'ausilio di teodoliti e distanziometro elettronici, al rilievo della linea di riva e della linea di duna (ciglio e piede, quando presenti) nel novembre '96 ed al rilievo batimetrico dei fondali, entro la profondità di 10 m, nel gennaio-febbraio '97. Infine numerosi sopralluoghi e rilievi topografici ripetuti delle sezioni di spiaggia hanno consentito il monitoraggio della spiaggia emersa e della duna fino al novembre 1997; in maggior dettaglio sono state eseguite 4 campagne di rilievo, tra novembre '96 e marzo '97, nell'ambito della convenzione di studio e 2 campagne, a giugno e novembre '97, nell'ambito di ricerche individuali.

2.1 La duna

Le dune costituiscono un elemento insostituibile nell'equilibrio dinamico della fascia costiera: esse rap-

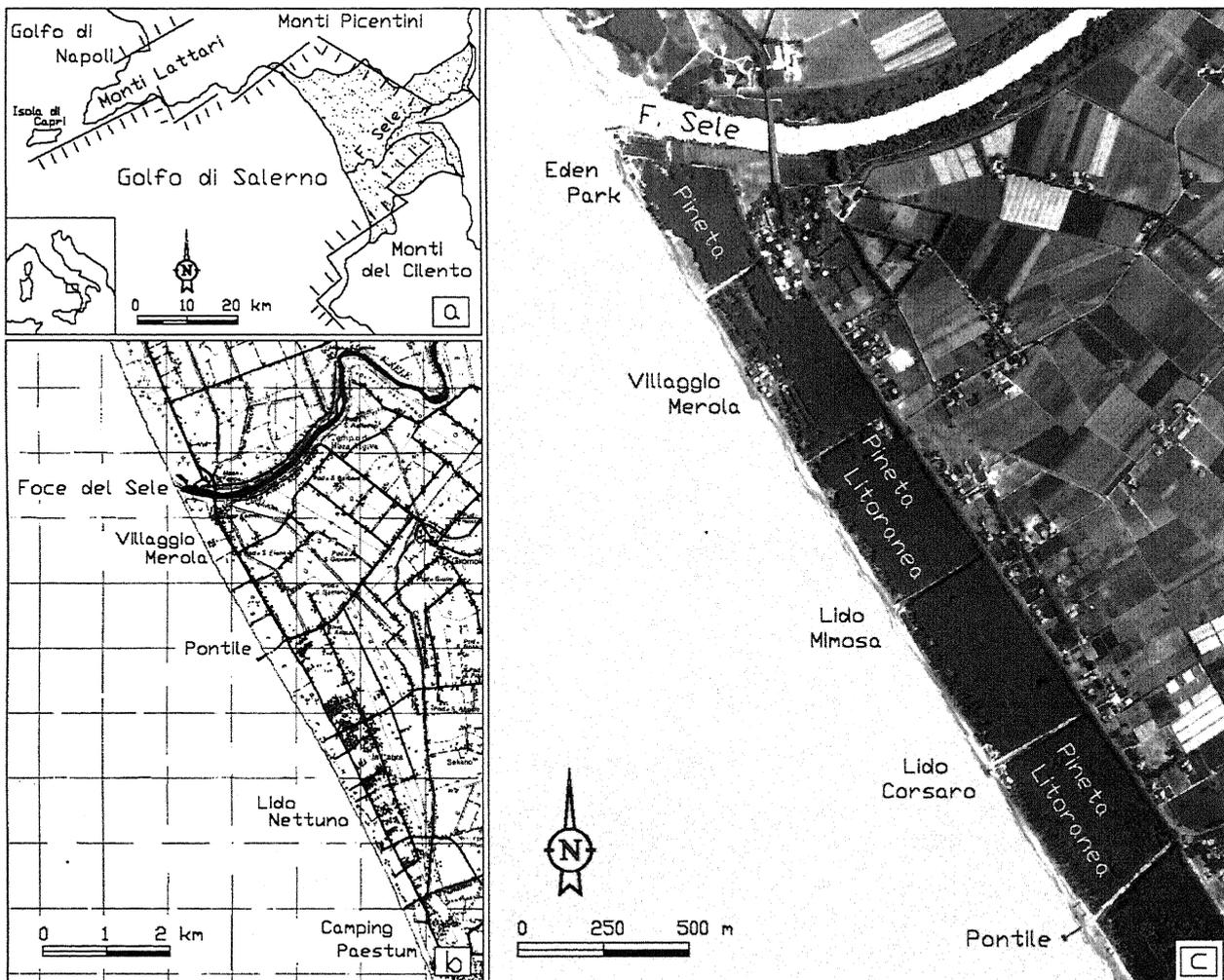


Fig. 1 - Ubicazione dell'area in studio: a. graben peritirrenico del Golfo di Salerno; b. stralcio della carta topografica IGM del 1992 (scala originaria 1/50.000); c. aerofoto del 1998 (autorizzazione alla divulgazione n. 22 del 29/9/98).

Location of the study area: a. peritirrenian graben of the Gulf of Salerno; b. topographic map -1992- of the Sele River littoral plain; c. aerial photo (1998) of the beach on the left side of the Sele River mouth (Foce Sele).

presentano un serbatoio naturale dal quale il mare in tempesta attinge materiale che va a ripascere temporaneamente la spiaggia emersa e la spiaggia sommersa sotto forma di barre.

Formatesi generalmente in tempi storici -le grandi opere di disboscamento e di dissodamento delle aree interne in epoca romana sembrano essere all'origine della produzione di grandi quantità di materiali clastici che hanno alimentato le cimose litoranee- ancora sul finire del secolo scorso le dune sabbiose erano la principale componente morfologica dei paesaggi litoranei del nostro paese (Cencini, 1995). L'area in esame non sfugge a questa regola come è testimoniato dalle carte topografiche dell'epoca (Atlante Geografico di Rizzi Zannoni del 1808 e Carte topografiche I.G.M. del 1871 con aggiornamenti del 1908).

Nel corso del nostro secolo imponenti opere umane, tra cui le bonifiche ed i rimboschimenti e più recentemente l'urbanizzazione, hanno modificato l'assetto morfologico, idrologico e vegetazionale di queste aree fino a giungere in taluni casi ad una vera e propria alterazione dell'ambiente naturale.

Un classico esempio di opera di rimboscimento che non ha alterato l'equilibrio dinamico della fascia costiera può essere rappresentato dall'area ravennate (Cencini, 1980) dove ad una spiaggia sabbiosa emersa segue verso l'interno un primo cordone di dune "mobili" basse a vegetazione di piante graminacee (Caliketo e Agropireto) ed un secondo cordone di dune più elevate fissato ad Ammofila e rinsaldato da una bassa boscaglia di Olivello spinoso e Ginepro comune, quindi le paleodune rimboschite a Pino marittimo (pinete demaniali).

Nell'area in esame i cordoni rimboschiti passano direttamente al cordone di dune vive a fronte mare fissato da una rada vegetazione erbacea; tale cordone, nel tratto Foce Sele-Pontile, presenta un'altezza variabile tra 2,5 e 4 m ed un'ampiezza molto limitata (tra pochi ed una decina di metri) talchè le mareggiate più violente, dopo averlo eroso completamente, si esplicano direttamente sulle paleodune rimboschite con la conseguente distruzione della pineta stessa (cfr. Fig. 8). Nel tratto Pontile-Lido Nettuno il cordone dunare, ampio alcune decine di metri, risulta per gran parte asportato per far posto agli stabilimenti balneari, con relativi parcheggi e strade di accesso, che si susseguono più o meno ininterrottamente fino a Paestum.

2.2 La spiaggia emersa

Nel primo tratto, tra Foce Sele e Pontile (Figg. 2 e 3), è presente una spiaggia emersa di tipo sabbioso o sabbioso-ciottoloso, ampia qualche decina di metri, passante verso l'entroterra in modo graduale o più spesso con una scarpa subverticale, ad una duna fissata da una rada vegetazione erbacea, quindi ad una serie di cordoni dunari rimboschiti (Pineta litoranea). Sovente è possibile osservare (Fig. 4) numerosi "relitti" di pini con relativi apparati radicali emergenti dalla sabbia a testimonianza del fatto che la spiaggia è attualmente impostata sui cordoni dunari rimboschiti, in forte arretramento.

L'andamento della linea di riva è caratterizzato (Fig. 5) da una successione continua di lobi di protendi-



Fig. 2 - Tratto tra Foce Sele e Villaggio Merola. Ad una spiaggia emersa ampia poche decine di metri segue un cordone di dune fissato da vegetazione di piante graminacee, quindi la pineta litoranea degradata per ampio tratto dall'azione marina.

The sector between Foce Sele and Villaggio Merola: a narrow backshore is followed inland by a foredune ridge stabilized with grass species and then by older dune ridges consolidated with pine trees, which are deeply degraded because of the marine action for more than 30 m towards the inland.



Fig. 3 - Tratto tra Lido Corsaro e Pontile. Una esigua spiaggia emersa è limitata verso l'interno da un cordone dunare più o meno ampio, fortemente eroso, quindi, al di là della recinzione, dalle paleodune rimboschite (Pineta litoranea). La scarpa incisa sulla duna è alta oltre 1 m. Questa zona sarà particolarmente colpita dalla mareggiata del 21/22 novembre '96 (v. Fig. 9).

The sector between Lido Corsaro and Pontile: a small beach is limited landward by a foredune ridge strongly eroded and by reforested dunes. The dune scarp is over 1 m high. This zone will be particularly struck during the storm of 21/22 November 1996 (see Fig. 9).



Fig. 4 - La spiaggia in corrispondenza di Villaggio Merola nel mese di marzo '97: si possono osservare numerosi tronchi "relitti" della Pineta litoranea emergenti dalla sabbia. Da rilevare che il fabbricato a sinistra della foto si trovava alla fine degli anni '70 oltre 40 m all'interno della Pineta.

The Villaggio Merola beach on March 1997: we can observe many remnants of pine trees stabilizing older dune ridges. At the end of the 70's the building on the left of the picture was located more than 40 m from the present day shoreline.



Fig. 5 - Topografia ritmica della linea di riva a SW di Villaggio Merola (sullo sfondo). Notare l'ampio lobo di protendimento emerso cui fa seguito, nella spiaggia sottomarina, un altrettanto ampio bassofondo (si confronti la Fig. 7).

Shoreline rhythmic topography on the beach SW of Villaggio Merola. A very wide shoal in the submarine beach follows up wide emerged cusp (see Fig. 7).

mento verso mare (*horns*) e di rientranze (*embayments*) verso terra ("*sand waves*" Dolan, 1971; Cocco, 1976; "*rhythmic topography*" Komar, 1971).

Nell'area limitrofa alla foce l'assetto naturale della spiaggia è alterato dalla presenza di una barriera radente in massi naturali a difesa della sponda sinistra del fiume, di una sorta di pennello trasversale sempre in massi naturali e di una recinzione in traversine di calcestruzzo a difesa delle strutture turistiche del Camping Eden Park. Presso il Lido Corsaro (1 km a NW del Pontile) è visibile un'altra barriera aderente realizzata a difesa dello stabilimento e della sua ampia terrazza a fronte mare.

Nel secondo tratto -tra Pontile e Lido Nettuno- il carattere naturale della spiaggia è praticamente scomparso per le continue variazioni morfologiche causate dalle attività balneari in occasione della stagione estiva.

2.3 La spiaggia sommersa

Il rilievo dei fondali ha previsto l'esecuzione, secondo le metodologie adottate dai gruppi di ricerca "Dinamica ed evoluzione dei litorali" (Cocco *et al.*, 1988; Brambati & De Muro, 1992), di 61 profili batimetrici entro la profondità di 10 m, attestati sui caposaldi di riferimento prima citati; 57 profili sono stati eseguiti parallelamente tra loro e trasversalmente alla costa, mentre 4 profili, attestati sul c.s. P100 nei pressi della foce, sono stati effettuati a raggiera.

Il rilievo ha evidenziato (Figg. 6 e 7) una prima zona ("zona delle barre"), compresa tra la battigia e la profondità di 5 m (alla distanza di 220/310 m), caratterizzata da una morfologia molto articolata per la presenza di uno o più sistemi di barre-truogoli ed una seconda zona, tra -5 e -10 m, caratterizzata da una morfologia

uniforme con fondali a debole acclività. La pendenza media della "zona delle barre" è compresa tra 1,9 % (settore Foce Sele-Pontile) e 1,6 % (settore Pontile-Lido Nettuno), quella della zona esterna tra 0,7 e 1,1 %.

Per la "zona delle barre" sono stati riconosciuti tre tipi fondamentali di profili:

1) Profilo a "barra-bassofondo" (Fig. 6a) caratterizzato dalla presenza di una sorta di barra con cresta ubicata a profondità di 1,5÷2,7 m ad una distanza di 100-200 m dalla riva, seguita da un ampio bassofondo tra -1 e -2 m. Del tutto assente il truogolo.

2) Profilo ad un solo ordine di barre (Fig. 6b) ben sviluppato con cresta ubicata a profondità di 2÷3 m ad una distanza dalla riva di 150-280 m e truogolo ubicato a profondità di 3,3÷5,9 m ad una distanza di 100-240 m dalla riva. La profondità dei truogoli diventa più elevata spostandosi dall'area di Foce Sele verso Lido Nettuno. Da rilevare che quando è presente un solo ordine di barre, il fondale tra il truogolo e la riva può assumere una configurazione concava o convessa semplice o articolata.

3) Profilo a doppio ordine di barre (Fig. 6c) rappresentato da una barra esterna con caratteri analoghi al precedente (a profondità e distanza leggermente superiori) e da una barra interna ubicata a distanza di 50-80 m dalla riva con cresta a profondità di 0,8÷1,5 m e truogolo a profondità di 1,2÷1,7 m.

Questi profili si alternano lungo riva in modo più o meno regolare e con variazioni più o meno marcate, configurando una serie di sistemi a barre/truogoli e a bassofondi alternati che possiamo definire "celle litorali morfodinamiche". Procedendo da Foce Sele verso il Pontile si individuano otto "celle" di estensione compresa tra 200 e 500 m (Fig. 7). Da rilevare che alle zone di bassofondo ed a quelle dei truogoli corrispondono sulla riva rispettivamente i lobi di protendimento e le rientranze delle *sand wave* (v. Fig. 5).

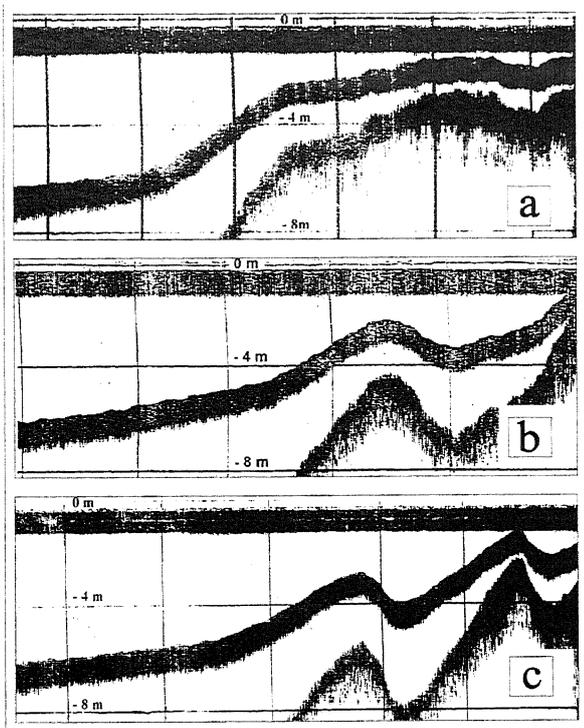


Fig. 6 - Profili batimetrici della spiaggia sommersa eseguiti con ecografo Elac-Laz 721 munito di trasduttore a 200 kHz: a- profilo a "barra-bassofondo"; b- profilo ad un solo sistema di barre; c- profilo a doppio ordine di barre.

Bathigrams of submarine beach: an echographer model Elac-Laz 721 with a frequency of 200 kHz transducer was used: a. "bar-shoal" profile; b. single bar and trough profile; c. double bar and trough profile.

I sistemi di barre/truogoli e di bassofondi possono essere classificati nello stadio di "dominio intermedio" (Wright & Short, 1983) caratterizzato da elementi morfologici sia del "dominio dissipativo" tipico di fondali bassi con barre che di quello "riflessivo" tipico di fondali più acclivi privi di barre, in particolare negli stadi "b, long-shore bar trough", "c, rhythmic bar and beach" e "d, transverse bar and rip". Tali sistemi, congiuntamente, formano una sequenza riferita alla mobilitazione dei sedimenti dalla spiaggia emersa a quella sommersa durante fasi di alta energia connesse con onde di tempesta, attraverso la graduale migrazione verso il largo delle barre prossime alla riva e lo sviluppo di deboli o forti celle di circolazione litoranee innescate dalle correnti di ritorno (Carter, 1988).

2.4 Il monitoraggio della fascia costiera emersa

Il rilievo topografico ripetuto delle sezioni di spiaggia emersa ha consentito di registrare i profondi fenomeni erosivi (Figg. 8 e 9) causati da una serie di violente mareggiate che hanno colpito il settore. L'erosione è di norma localizzata in corrispondenza delle rientranze della linea di riva e delle zone dei truogoli sommersi a causa dell'alto contenuto energetico delle onde che in queste zone frangono direttamente sulla battigia. In corrispondenza dei lobi emersi, cui sono associati bassofondi sommersi, il contenuto energetico delle onde è minore a causa della rifrazione operata proprio dai fondali più bassi e qui non solo sono stati registrati lievi danni provocati dalle mareggiate, ma addirittura, in molti casi, sono stati riscontrati fenomeni di protendimento della spiaggia.

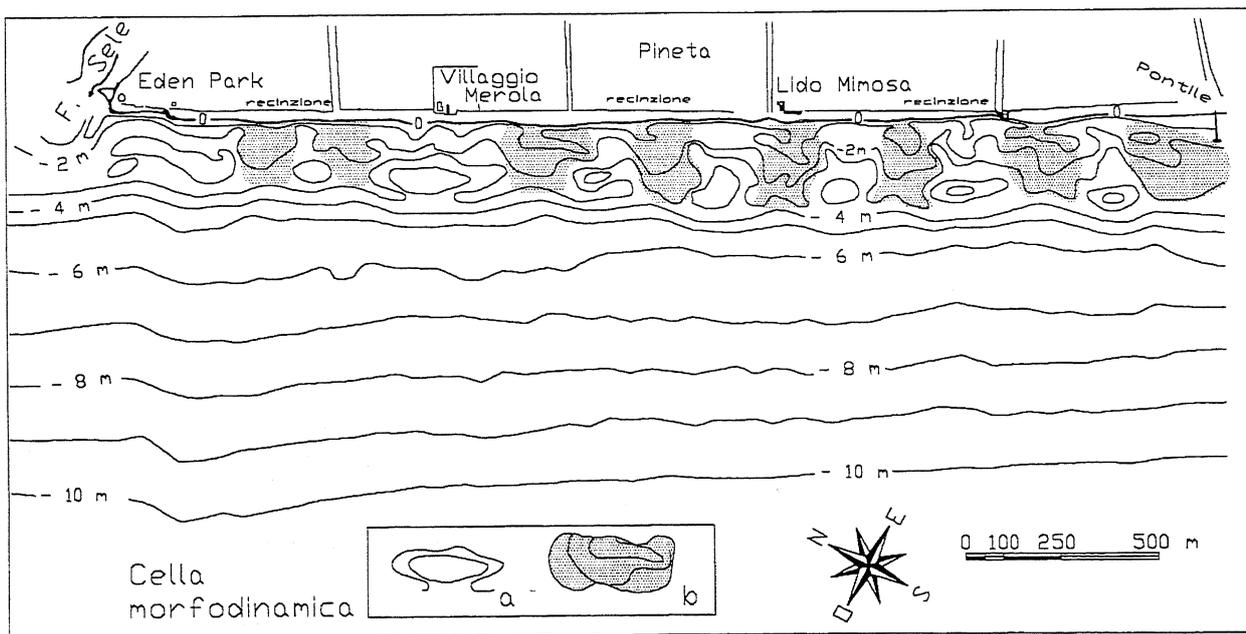


Fig. 7 - Carta delle isobate e morfologia della spiaggia sommersa del tratto compreso tra Foce Sele e Pontile: sono distinguibili otto sistemi "celle litorali morfodinamiche" di barre/truogoli (a) alternati a bassofondi (b).

Precision bathymetric map of the sector between Foce Sele and Pontile showing eight bar/trough systems alternating to the shoals ("morphodynamic cells").

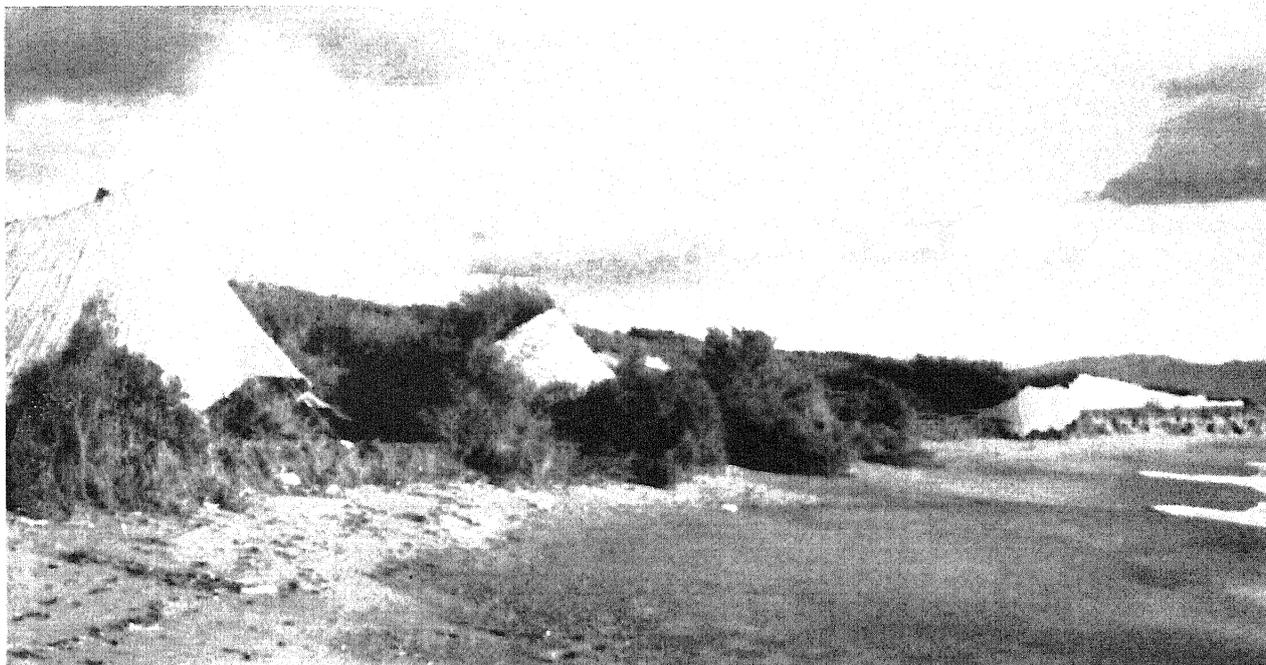


Fig. 8 - Tratto tra Lido Corsaro e Pontile in corrispondenza del c.s. n. 48 (vedi Fig. 3). La mareggiata del novembre '96 ha eroso completamente la duna "mobile", abbattendo la recinzione e distruggendo la retrostante paleoduna fissata dalla pineta.

The sector between Lido Corsaro and Pontile at the bench mark n.48 (see Fig. 3): the sea-storm that occurred in November 1996 completely eroded the foredune demolishing the bench mark line and the reforested paleodunes.



Fig. 9 - Tratto tra Lido Corsaro e Pontile in corrispondenza del c.s. n. 49. Scarpa subverticale incisa nel cordone dunare a fronte mare dalla mareggiata del novembre '96. La scarpa è alta oltre 2 m, l'arretramento del ciglio è pari a 12 m.

The sector between Lido Corsaro and Pontile at the bench mark n. 49. The foredune scarp, over 2 m high, resulting by the sea-storm that occurred in November 1996. The dune retreated of 12 metres.

Ad es. tra novembre '96 e marzo '97 (Fig. 10) nei pressi di Villaggio Merola, in corrispondenza della sezione n° 19 (zona di truogolo/rientranza), si è avuto un decremento netto della superficie pari a 31 m² (a seguito della mareggiata del 20/21 novembre '96 la linea

di riva ed il ciglio della duna erano arretrati rispettivamente di 18 e 8 m), mentre in corrispondenza della sezione n° 20 (zona di bassofondo/lobo) il profilo di spiaggia mostra variazioni più contenute con un decremento di superficie pari a 8 m². Nei pressi di Pontile, in

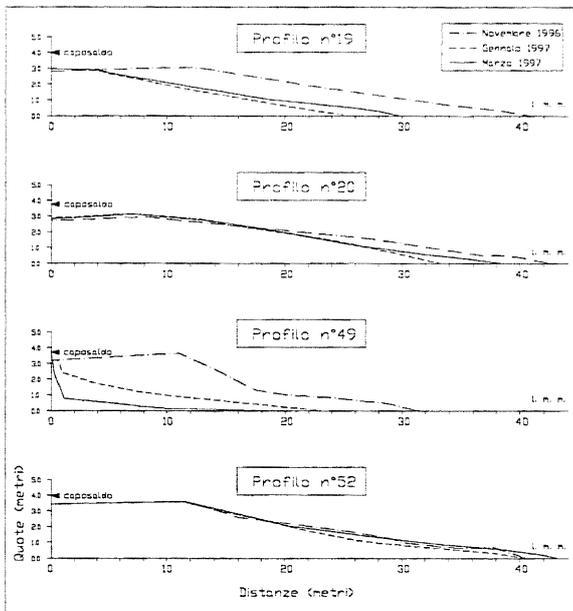


Fig. 10 - Profili topografici in corrispondenza dei c.s. nn. 19, 20, 49 e 52.

Cross profiles at the bench marks nn. 19, 20, 49 and 52.

corrispondenza della sezione n° 49 (zona di truogolo/rientranza), è stato registrato un decremento di superficie di 58 m², con un arretramento della linea di riva e del ciglio della duna rispettivamente di 14 e di 12 m, mentre in corrispondenza della sezione n° 52

(zona di bassofondo/lobo) il profilo di spiaggia è rimasto pressochè inalterato.

3. EVOLUZIONE RECENTE DELLA LINEA DI RIVA

Per lo studio dell'evoluzione costiera recente è stato possibile disporre del seguente materiale:

- carta topografica in scala 1:5.000 del 1978 (Consorzio di Bonifica in Sinistra Sele);
- rilievo plano-altimetrico della "zona dunale" in scala 1:4.000 del 1982 (Comune di Capaccio, Catasto terreni);
- levata aerofotografica in scala 1:4.000 del 1994 (Avioriprese, Na);
- rilievo topografico in scala 1:2.000 eseguito nel 1996/97, nell'ambito del presente studio.

Dai confronti effettuati mediante la digitalizzazione in Autocad Map del materiale citato (Tab. 1 e Fig. 11), risulta che, nel periodo 1978/97, il tratto Foce Sele-Pontile è soggetto ad una forte crisi erosiva con un arretramento medio pari a 21 m (1,1 m/anno) mentre per il tratto Pontile-Lido Nettuno si registra una relativa stabilità, potendosi individuare zone in debole avanzamento o arretramento.

I settori maggiormente colpiti dall'erosione (Fig. 12) sono quelli compresi tra i caposaldi 12...19 (Villaggio Merola) e 26...32 (a NW di Lido Mimosa), con un arretramento medio di 1,9 m/anno; tra i c.s. 6...11 (a NW di Villaggio Merola) e 20...25 (a SE di Villaggio Merola), con un arretramento medio rispettivamente di 1,5 e 1,4 m/anno ed infine tra i c.s. 40...43 (tratto a

N° Sez.	78/82		82/94		94/97		78/97		N° Sez.	78/82		82/94		94/97		78/97	
	totale	media	totale	media	totale	media	totale	media		totale	media	totale	media	totale	media	totale	media
1	-8	-1,95	20	1,67	-20	-6,67	-8	-0,41	30	-30	-7,50	-13	-1,08	-2	-0,67	-45	-2,37
2	-2	-0,38	11	0,92	-21	-7,00	-12	-0,61	31	-16	-4,00	-17	-1,42	7	2,33	-26	-1,37
3	-13	-3,25	-3	-0,25	0	0,00	-16	-0,84	32	-10	-2,50	-16	-1,33	-8	-2,67	-34	-1,79
4	-13	-3,25	0	0,00	2	0,67	-11	-0,58	33	0	0,00	-17	-1,42	6	2,00	-11	-0,58
5	-17	-4,25	0	0,00	4	1,33	-13	-0,68	34	3	0,75	-15	-1,25	-2	-0,67	-14	-0,74
6	-24	-6,00	-5	-0,42	1	0,33	-28	-1,47	35	-6	-1,50	-19	-1,58	3	1,00	-22	-1,16
7	-29	-7,25	-11	-0,92	9	3,00	-31	-1,63	36	-6	-1,50	-21	-1,75	0	0,00	-27	-1,42
8	-28	-7,00	-11	-0,92	11	3,67	-28	-1,47	37	0	0,00	-20	-1,67	5	1,67	-15	-0,79
9	-23	-5,75	-11	-0,92	3	1,00	-31	-1,63	38	-8	-2,00	-16	-1,33	4	1,33	-20	-1,05
10	-17	-4,25	-9	-0,75	-3	-1,00	-29	-1,53	39	0	0,00	-15	-1,25	3	1,00	-12	-0,63
11	-17	-4,25	-7	-0,58	-5	-1,67	-29	-1,53	40	-1	-0,25	-20	-1,67	0	0,00	-21	-1,11
12	-25	-6,25	-4	-0,33	-10	-3,33	-39	-2,05	41	-3	-0,75	-15	-1,25	-3	-1,00	-21	-1,11
13	-24	-6,00	-6	-0,50	-11	-3,67	-41	-2,16	42	-3	-0,75	-14	-1,17	-7	-2,33	-24	-1,26
14	-23	-5,75	-7	-0,58	-11	-3,67	-41	-2,16	43	2	0,50	-16	-1,33	-10	-3,33	-24	-1,26
15	-23	-5,75	-5	-0,42	-1	-0,33	-29	-1,53	44	3	0,75	-13	-1,08	-5	-1,67	-15	-0,79
16	-22	-5,50	-8	-0,67	-13	-4,33	-43	-2,26	45	4	1,00	-12	-1,00	7	2,33	-1	-0,05
17	-14	-3,50	-11	-0,92	-11	-3,67	-36	-1,89	46	5	1,25	-16	-1,33	13	4,33	2	0,11
18	-7	-1,75	-11	-0,92	-14	-4,67	-32	-1,68	47	5	1,25	-13	-1,08	0	0,00	-8	-0,42
19	-6	-1,50	-7	-0,58	-21	-7,00	-34	-1,79	48	8	2,00	-15	-1,25	-7	-2,33	-14	-0,74
20	-4	-1,00	-3	-0,25	-13	-4,33	-20	-1,05	49	23	5,75	-20	-1,67	-11	-3,67	-8	-0,42
21	-19	-4,75	-4	-0,33	-8	-2,67	-31	-1,63	50	21	5,25	-19	-1,58	-5	-1,67	-3	-0,16
22	-22	-5,50	-3	-0,25	-6	-2,00	-31	-1,63	51	12	3,00	-5	-0,42	-10	-3,33	-3	-0,16
23	-13	-3,25	-6	-0,50	-11	-3,67	-30	-1,58	52	5	1,25	-10	-0,83	-4	-1,33	-9	-0,47
24	-2	-0,50	-21	-1,75	-1	-0,33	-24	-1,26	53	11	2,75	3	0,25	-12	-4,00	2	0,11
25	-6	-1,50	-13	-1,08	-7	-2,33	-26	-1,37	54	11	2,75	-10	-0,83	-7	-2,33	-6	-0,32
26	-15	-3,75	-21	-1,75	-5	-1,67	-41	-2,16	55	2	0,50	-12	-1,00	-8	-2,67	-18	-0,95
27	-12	-3,00	-17	-1,42	-8	-2,67	-37	-1,95	56	16	4,00	8	0,67	-3	-1,00	21	1,11
28	-13	-3,25	-12	-1,00	-6	-2,00	-31	-1,63	57	19	4,75	0	0,00	-13	-4,33	6	0,32
29	-18	-4,50	-2	-0,17	-17	-5,67	-37	-1,95									

Tab. 1 - Arretramenti (valori negativi, in metri) ed avanzamenti (valori positivi) della linea di riva negli anni 1978/82, 1982/94, 1994/97 e 1978/97 in corrispondenza dei caposaldi topografici.

Retreat (negative values, in metres) and advance (positive values) of the shoreline during the periods 1978/82, 1982/94, 1994/97 and 1978/97 at the topographic bench marks.

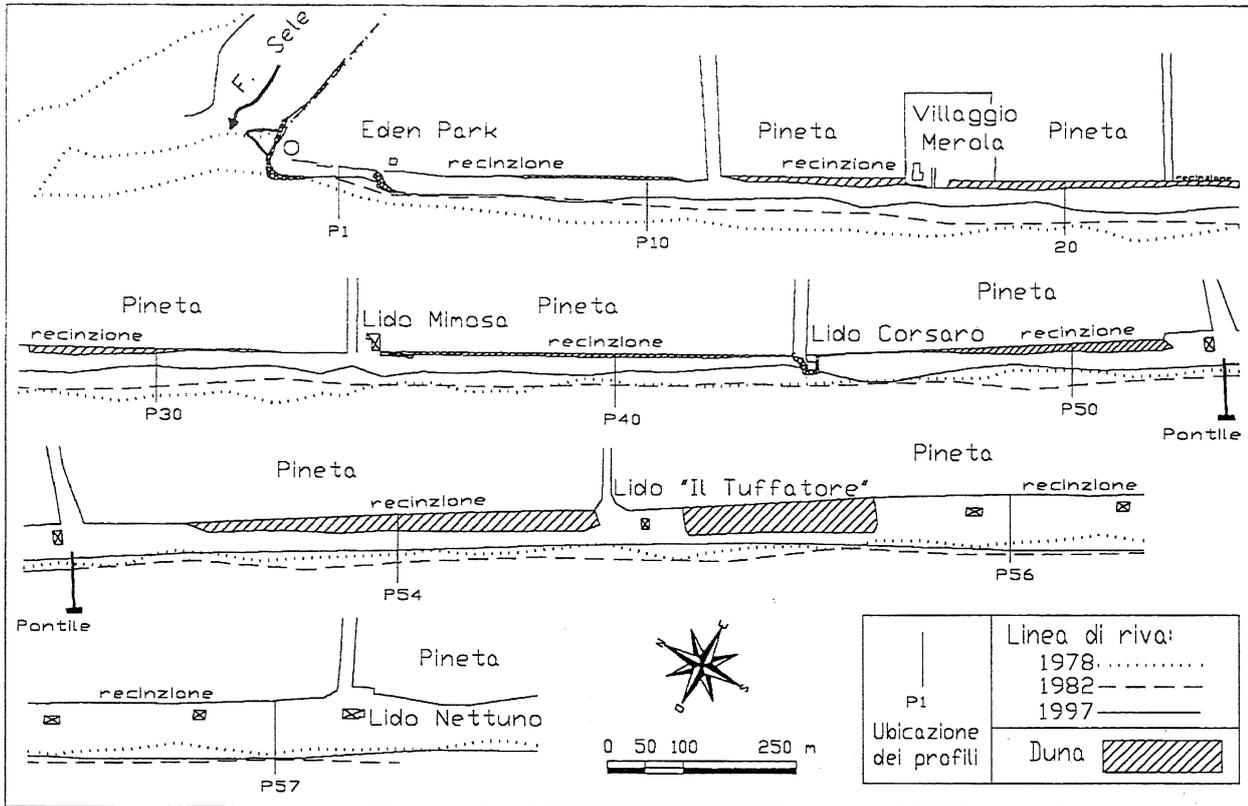


Fig. 11 - Variazioni della linea di riva del tratto costiero in esame nel periodo 1978-97, attraverso il confronto cartografico.
 Shoreline changes in the study area by map data from 1978 to 1997.

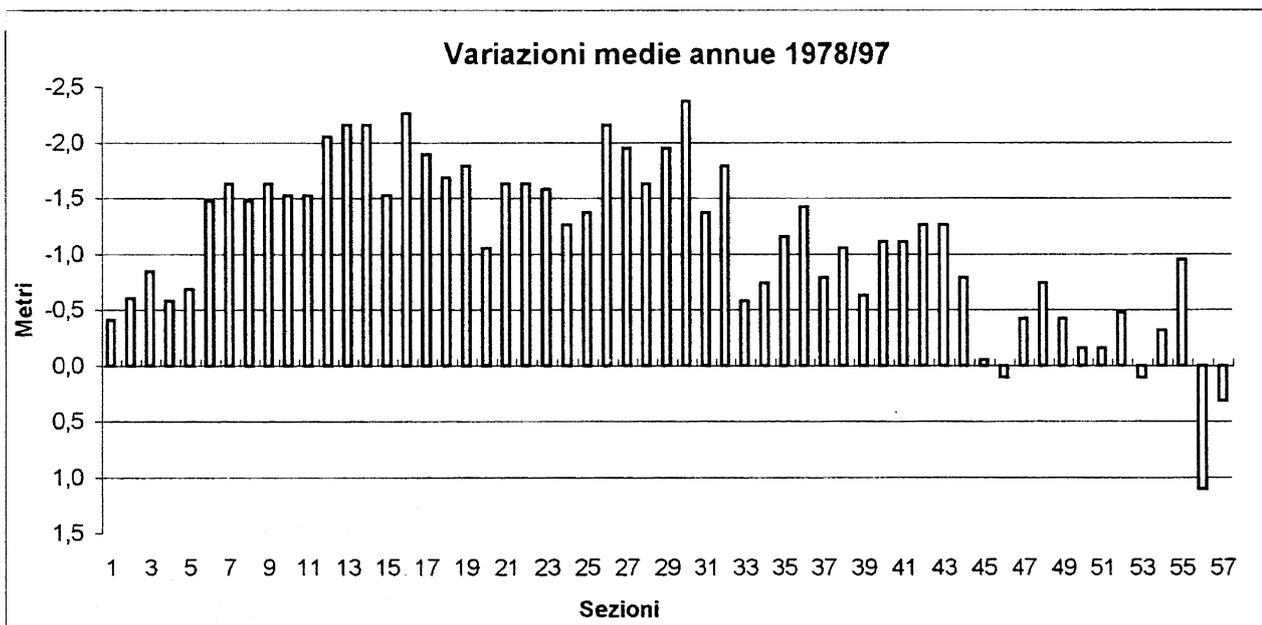


Fig. 12 - Diagramma delle variazioni medie annue della linea di riva nel periodo 1978/97
 Variations of the shoreline (mean values in metres per year) during the 1978/97 period.

NW di Pontile), con un arretramento medio di 1,2 m/anno.

4. IL REGIME LITORANEO

Lo studio del regime litoraneo è stato affrontato sia dal punto di vista sedimentologico che idrodinamico.

4.1 I sedimenti

In corrispondenza dei caposaldi sono stati prelevati 21 campioni di duna e di spiaggia emersa e 229 campioni di battigia e di spiaggia sommersa ad ogni metro di profondità fino a -7 m ed in prossimità delle creste e dei truogoli delle barre.

4.1.1 Analisi granulometriche

Dopo opportuna preparazione i campioni sono stati analizzati con l'ausilio di un setacciatore meccanico multidimensionale adoperando una serie di setacci a 1/2 phi.

I dati granulometrici sono stati elaborati con apposito software per la determinazione completa degli indici e parametri sedimentologici. Prendendo in esame il valore del "granulo medio" (Mc Cammon, 1962) è stato possibile distinguere le seguenti facies granulometriche (Fig. 13):

- sabbie grossolane e molto grossolane, a luoghi ghiaie, presenti nella spiaggia emersa ed in quella sommersa entro la profondità di 1 m (talvolta 2 m), fatta eccezione per l'area limitrofa alla foce del F. Sele dove si rinvengono fino alla profondità di 3 m;
- sabbie medie presenti sulla duna e nella spiaggia sommersa tra -1 e -4/-5 m;
- sabbie fini presenti nella spiaggia sommersa a profondità superiore a 4+5 m tra Foce Sele e Pontile e a profondità di 7 m nel tratto a SE del Pontile;

- sabbie molto fini presenti esclusivamente nell'area prospiciente Villaggio Merola alla profondità di 6÷7 m.

Nell'area limitrofa alla Foce Sele la presenza di sabbie grossolane e molto grossolane fino alla profondità di 3 m è da collegare verosimilmente a depositi relliti.

I sedimenti sono disposti in fasce grosso modo parallele alla costa ad indicare un modellamento dei fondali di tipo prevalentemente trasversale: il limite tra le varie facies granulometriche marca i diversi regimi idrodinamici delle onde in corrispondenza del piede della barra esterna (limite sabbie medie - sabbie fini) e del gradino di battigia (limite sabbie grossolane, molto grossolane e ghiaie - sabbie medie).

4.1.2 Analisi dinamico-modale

Su ogni campione di battigia e di spiaggia sommersa del tratto Foce Sele-Pontile, con interasse di campionamento pari a 100 m, è stata eseguita l'analisi dinamico-modale secondo la metodologia di Cortemiglia, 1986; la formula modale media $\ll (2,144 \text{ mm}) 4,64\% + (1,503) 0,91\% + (0,874) 7,58\% + (0,403) 36,52\% + (0,247) 40,90\% + (0,120) 6,84\% + (0,043) 2,61\% \gg$ indica che i sedimenti che partecipano attivamente alla dinamica litoranea sono rappresentati dalle sabbie medie e fini subordinatamente dalle sabbie grossolane, dalle ghiaie e dalle sabbie molto fini. Pressochè ininfluenti le sabbie molto grossolane ed il silt.

Le curve di isodensità modale elaborate per le subpopolazioni più frequenti evidenziano che la mobilitazione delle sabbie medie (subpopolazione modale 0,492-0,258 mm) avviene entro la zona delle barre con modalità complesse e differenziate da zona a zona: tra Foce Sele e Villaggio Merola lo spostamento dei materiali avviene in una stretta fascia tra -2 e -3 m dove sembrano prevalere le componenti lungo costa del flusso di massa generato al frangimento con vettori di transito diretti da NW a SE; tra Lido Mimosa e Pontile si individua l'attivazione di celle di circolazione litoranee in una fascia di fondali più ampia, tra -2 e -4 m.

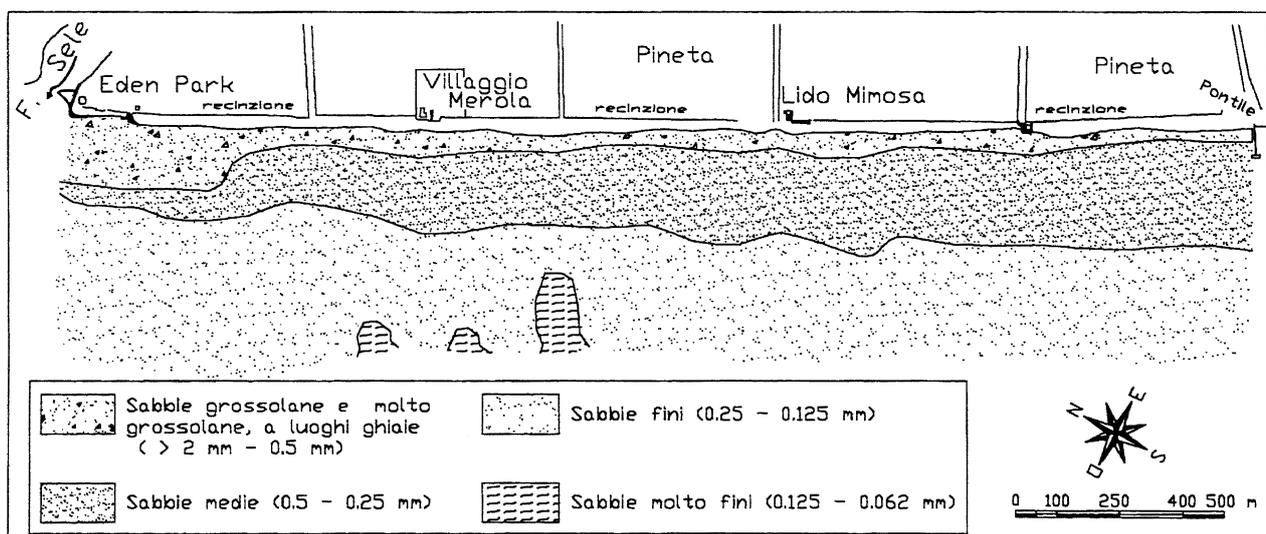


Fig. 13 - Distribuzione areale delle facies granulometriche nella spiaggia sommersa (tratto Foce Sele - Pontile).

Distribution of sediments in the submarine beach (sector between Foce Sele and Pontile).

Lo spostamento delle sabbie fini (subpopolazione modale 0,247-0,126 mm), tra Foce Sele e Villaggio Merola, avviene generalmente secondo uno schema di circolazione a cella entro la profondità di 3-6 m, mentre tra Lido Mimosa e Pontile si individuano spiccate linee di trasferimento trasversale verso il largo di tali materiali.

Per i sedimenti più grossolani (subpopolazioni modali cumulate 0,507-22,372 mm) si registra una mobilitazione lungo la battigia ed in corrispondenza del suo gradino a -1 m, correlata essenzialmente al getto di riva, con vettori di transito da SE a NW; per le sabbie molto fini (subpopolazione modale 0,120-0,037 mm) si individua invece un netto allontanamento verso il largo a partire dalla profondità di 6 m, ad opera delle correnti di compensazione.

La Figura 14 illustra lo schema generale della dispersione dei sedimenti attraverso l'andamento dei principali assi di transito sedimentario ricavati dalle curve di isodensità modale.

4.2 Le onde

L'area in esame è compresa nel settore di traversia delimitato dalle direzioni 170° - 320° N con fetch massimo di 304 m.n. (diretrice 230° N). L'elaborazione, attraverso il modello previsionale del moto ondoso SMB, dei dati di vento triorari registrati presso la Stazione ITAV di Ustica nel periodo 1951/81 (eventi meteorologici con durata non inferiore a 3 ore e con velocità con soglia 20 nodi) ha evidenziato (Tab. 2 e Fig. 15) che le ondate di maggior frequenza provengono dalle direttrici comprese tra 230° - 270° N e 300° - 320° N (2.011 eventi su un totale di 3.002, frequenza pari a 67%); le altezze d'onda massime con periodo di ritorno trentennale sono comprese tra 2,39 m (170° N) e 8,78 m (280° N). I con-

tenuti energetici maggiori competono al settore 230° - 280° N con oltre il 72% dell'energia complessiva che interessa il paraggio. La direzione di modellamento -intesa come direzione risultante dei vettori energia- è risultata 250° N con Hm 2,08 m e Tm 5,84 s. Tale direzione, come evidenziato dall'esame delle onde rifratte, presenta un angolo di approccio alla costa pressoché ortogonale mentre le direzioni adiacenti, anch'esse ad elevata frequenza d'apparizione e con notevoli contenuti energetici, producono angoli al frangimento tali da indurre correnti con componenti longitudinali. Ne deriva quindi un movimento medio dei sedimenti di tipo trasversale con componenti secondarie di tipo longitudinale. La fascia dei frangenti delimitata a riva e a largo dall'involuppo delle batimetriche di frangimento rispettivamente delle onde medie e delle onde massime, risulta compresa tra le profondità di 1 e 3-4 m.

Da rilevare che nel corso delle indagini, sono state registrate quattro mareggiate di particolare intensità il 20-21 novembre 1996, il 4-5 gennaio, il 13 ed il 17 febbraio 1997: la direzione di provenienza delle onde è stata sempre dal 3° quadrante, la velocità del vento -misurata con un anemometro portatile- era compresa tra 8 e 15 m/s, l'altezza d'onda al frangimento -valore medio relativo a 10 "stime" effettuate sul Pontile- tra 2,5 e 3,5 m, il periodo tra 6 e 8 s.

4.3 Comportamento idrodinamico della fascia costiera

Come è stato illustrato nelle pagine precedenti, la fascia costiera in esame è caratterizzata, nella parte sommersa, da sistemi alternati di barre/truogoli e di bassofondi ("celle litorali morfodinamiche") cui si associano, presso la riva, profonde rientranze e protesi lobi con ampiezza d'onda dell'ordine del centinaio di metri

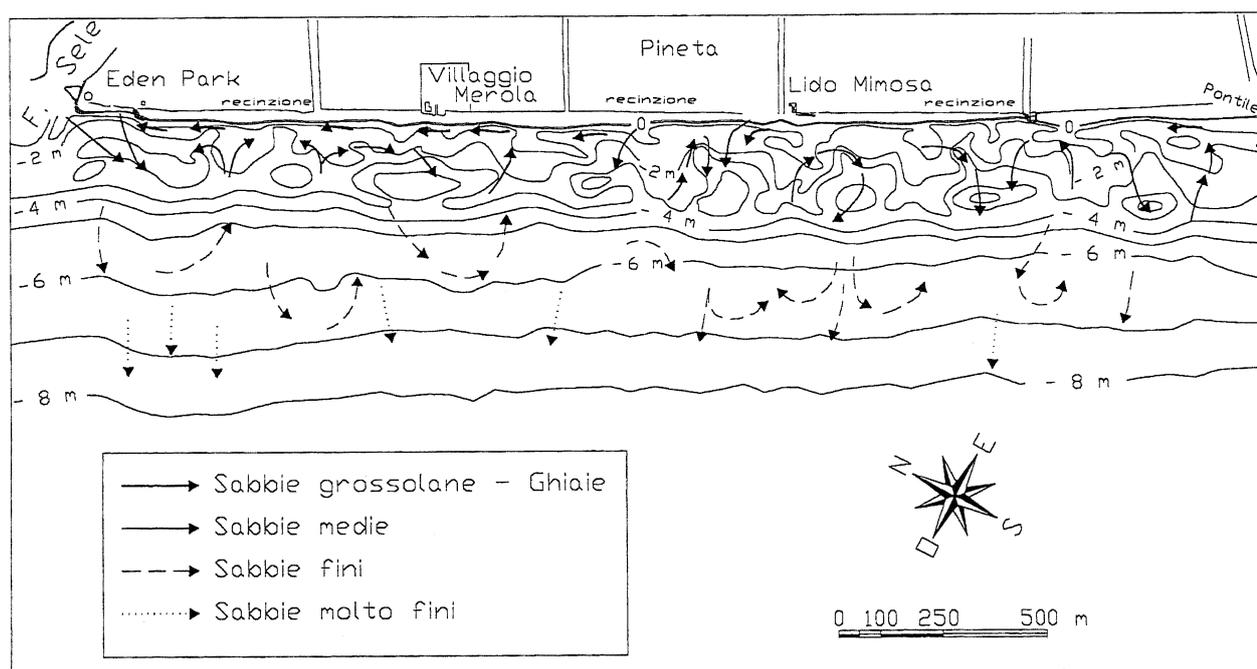


Fig. 14 - Schema generale della mobilitazione dei sedimenti nella spiaggia sommersa del tratto Foce Sele- Pontile.

Pattern of sedimentary dynamics in the submarine beach of the sector between Foce Sele and Pontile.

Direzione °N	Fetch (m.n.)		Eventi		Altezze d'onda (metri)				Energia	
	Geogra.	Efficace	Numero	%	Hmm	10 anni	20 anni	30 anni	m ² s ²	%
170	7	50	60	2,00	0,95	2,40	2,74	2,93	4.204,11	0,12
180	8	75	105	3,50	1,22	3,58	4,20	4,56	25.040,27	0,74
190	153	104	73	2,43	1,51	4,15	4,77	5,13	38.559,86	1,15
200	162	135	117	3,90	1,52	4,25	4,93	5,32	62.954,60	1,87
210	175	164	157	5,23	1,96	5,48	6,33	6,83	199.485,30	5,93
220	267	186	162	5,40	1,69	4,45	5,06	5,42	139.058,80	4,13
230	304	200	222	7,40	2,16	6,58	7,60	8,18	476.492,40	14,16
240	425	201	224	7,46	2,07	6,32	7,32	7,90	417.659,60	12,41
250	292	191	224	7,46	2,08	6,06	7,03	7,59	421.476,80	12,52
260	237	170	261	8,69	1,92	5,91	6,73	7,21	359.900,30	10,69
270	231	142	229	7,63	2,14	6,63	7,60	8,15	445.924,80	13,25
280	29	111	164	5,46	2,23	6,98	8,12	8,78	373.456,60	11,10
290	20	80	153	5,10	1,86	5,37	6,18	6,64	162.358,80	4,82
300	17	54	217	7,23	1,62	5,21	5,97	6,40	128.935,80	3,83
310	14	33	291	9,69	1,30	4,27	4,83	5,15	79.592,78	2,36
320	14	19	343	11,43	1,02	3,39	3,76	3,97	30.740,72	0,91
			3002	100,00					3.365.841,54	100,00

Tab. 2 - Principali caratteristiche del moto ondoso (modello previsionale SMB).

Main features of wave climate (SMB method).

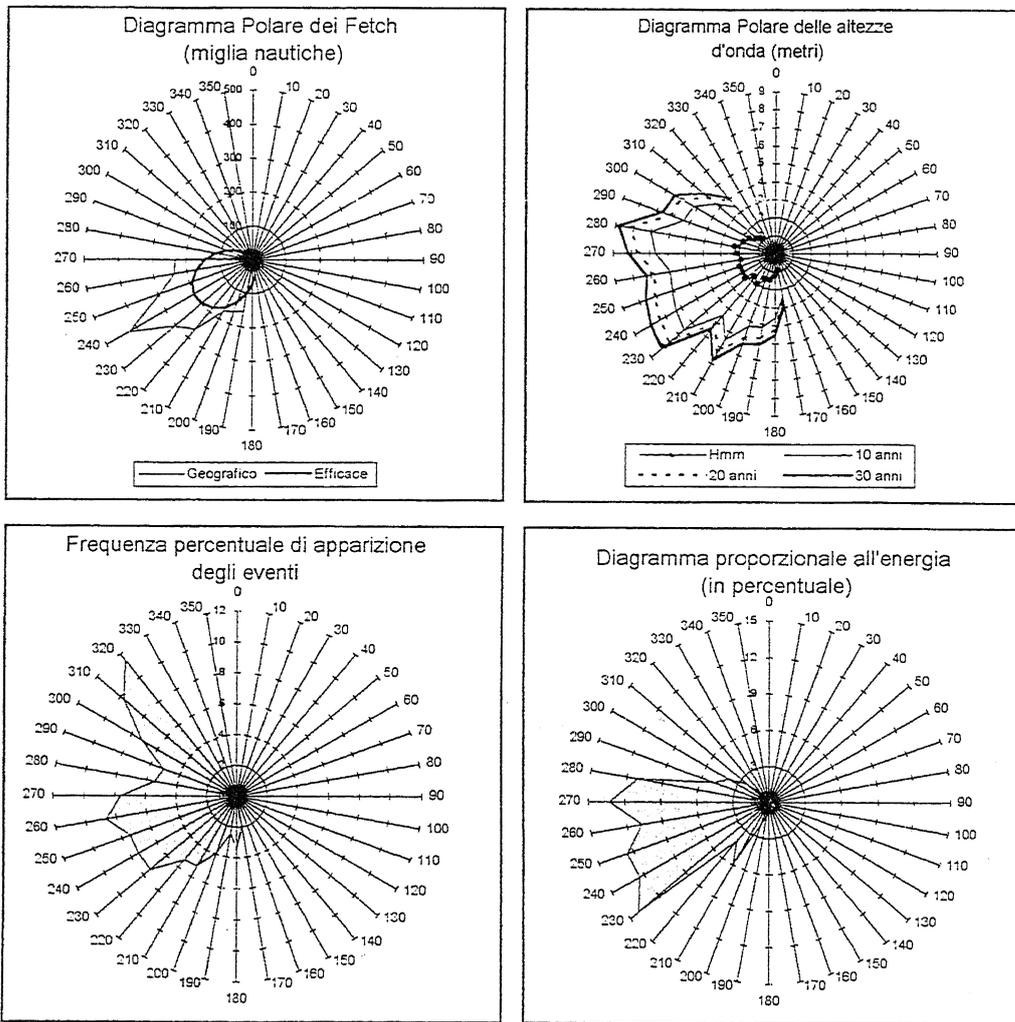


Fig. 15 - Diagrammi a rosa delle principali caratteristiche delle onde.

Polar diagrams of the main features of wave climate

(topografia ritmica - "sand waves"). Dal punto di vista idrodinamico sono generalmente accettati due schemi fondamentali di circolazione nelle celle litoranee (Carter, 1988; Fig.16): il primo prevede l'erosione dei lobi (delle "sand waves") da parte delle correnti di ritorno che si allontanano lungo le rientranze, quando la topografia ritmica della barra è in opposizione di fase con quella del-

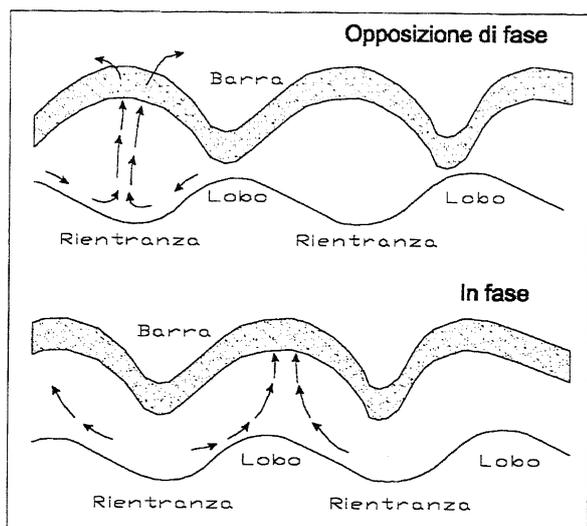


Fig. 16 - Erosione o deposizione dei lobi delle sand wave, da parte delle correnti di ritorno. Spiegazione nel testo (da Carter, 1988, modificato).

Patterns of rhythmic bar topography: the rip current erodes or deposits the cusp when the rhythmic bar topography is out of phase or in phase with the cusp.

la linea di riva; il secondo prevede la costruzione dei lobi -sempre da parte delle correnti di ritorno che si allontanano lungo i lobi- quando la barra è in concordanza di fase con la riva. Nell'area in esame l'andamento dei fondali e della linea di riva suggerisce il primo schema idrodinamico (si confrontino le Figg. 7 e 14), in perfetto accordo con le ricerche condotte da Sonu (1972) e da Wright & Short (1983) lungo spiagge configurate morfologicamente come quella in esame, con barre/truogoli alternati a bassofondi. Gli studi sperimentali di questi Autori hanno evidenziato che le correnti dirette verso riva erano situate sui bassofondi mentre quelle dirette verso il largo erano situate nei truogoli. Secondo Wright & Short (1983), in particolare, quando i lobi delle barre crescenti (stadio "c, *rhythmic bar and beach*") si saldano alla riva si genera un'alternanza di barre trasversali e di *rip* (stadio "d, *transverse bar and rip*") con il massimo divario tra condizioni dissipative e riflessive, con correnti molto forti dirette verso il largo lungo i truogoli e correnti più deboli dirette verso riva lungo i bassofondi.

5. IL BILANCIO SEDIMENTARIO

Il bilancio sedimentario computa materiali perduti o acquisiti nei confronti di uno specifico volume di controllo rispetto ad un certo periodo di tempo commisurato con la scala delle indagini (da pochi giorni per l'esame di una tempesta a molti mesi per uno studio regionale a lungo termine dell'erosione).

Un'analisi standard per la determinazione del bilancio costiero è stata proposta da C.e.r.c. (Coastal Engineering Research Center) nel 1984: essa assume che un iniziale volume di controllo (Q), compreso tra due sezioni consecutive del sistema spiaggia/duna, è soggetto ad incremento (+) o decremento (-) attraverso i suoi limiti. Il cambiamento in Q (ΔQ) dopo un certo periodo di tempo rappresenta il bilancio netto. Per il tratto Foce Sele-Pontile è stato possibile determinare:

1) il bilancio della fascia costiera emersa (spiaggia + duna) per il periodo 1982/96, analizzando comparativamente 24 sezioni topografiche (rilievo della "zona dunale" del Comune di Capaccio del 1982 e rilievo eseguito nell'ambito del presente studio), costituenti i limiti di 23 "celle" ad interasse di 100 m. Il bilancio netto è negativo, superiore a -70.000 m^3 , (-5.000 m^3 per anno, 2 m^3 per metro lineare di costa per anno);

2) il bilancio della spiaggia sommersa entro la profondità di 10 m per il periodo 1989/97, ponendo a confronto (tecnica della "differenza cartografica", Stapor, 1971) la carta delle isobate del 1989 (Cocco *et al.*, 1992) con quella del 1997 attraverso un apposito programma per PC. Il bilancio netto dei sedimenti indica una perdita totale di 110.000 m^3 con un valore medio di 13.750 m^3 per anno (circa 6 m^3 per metro lineare di costa).

Per quanto riguarda il bilancio della fascia costiera emersa (spiaggia + duna) per il periodo di monitoraggio (novembre '96 - novembre '97), si rimanda ad uno specifico lavoro di imminente pubblicazione.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Studi precedenti (Cocco & de Magistris, 1988; Cocco *et al.*, 1992) hanno messo in evidenza, a partire dal 1955, una generale attenuazione della naturale tendenza progradazionale per l'intera unità fisiografica ed una netta tendenza erosionale per l'area sottesa dal complesso di foce del F. Sele imputabili ad una drastica riduzione degli apporti solidi fluviali prodotta da interventi umani.

Le indagini eseguite confermano una profonda crisi erosiva per il tratto compreso tra Foce Sele e Pontile con perdita di ingenti volumi di materiali sabbiosi dall'intero sistema duna - spiaggia emersa - spiaggia sommersa, sia nel medio termine (14 anni), sia nel breve termine (1 anno). In particolare la distruzione quasi sistematica dei sistemi dunari con allontanamento di notevoli quantità di materiali causata dalle ripetute mareggiate che hanno colpito il settore durante il periodo di monitoraggio, deve essere ritenuta un importante indicatore della capacità erosiva delle onde nell'area in esame pur nella considerazione che si tratta di singoli episodi evolutivi. D'altra parte il modello previsionale del moto ondoso ha messo in evidenza alte frequenze ed alti contenuti energetici delle onde provenienti dalle direttrici comprese tra 230° N e 280° N .

I processi dinamico-evolutivi in atto lungo il litorale in esame possono essere imputati, oltre che ad un deficit di *input* sedimentario, anche alla severità del clima ondoso esaltata dalla particolare morfologia dei fondali sottocosta (alternanza di sistemi di barre/truogoli e di bassofondi).

Sulla base di queste considerazioni, si propone un progetto di difesa così articolato:

1) *riduzione dell'energia delle onde incidenti sulla costa;*

2) *ricostituzione dell'arenile e stabilizzazione della linea di riva;*

3) *riqualificazione del sistema dunare.*

La riduzione del contenuto energetico delle onde può essere perseguita attraverso la realizzazione di barriere soffolte longitudinali, posizionate all'intorno della batimetrica -5, atteso che le onde più gravose incidono sulla costa pressochè ortogonalmente. Le barriere soffolte, preferibili a quelle emerse per il minor impatto ambientale, avranno altresì il pregio di impedire l'evacuazione verso il largo dei sedimenti ad opera delle correnti di ritorno e di favorire un ricambio d'acqua sufficiente a garantire la balneabilità della spiaggia.

La ricostituzione dell'arenile e la stabilizzazione della linea di riva può essere ottenuta attraverso un ripascimento artificiale protetto consistente in un versamento sull'arenile di materiali a granulometria idonea contenuto da barriere sommerse longitudinali, in massi o più opportunamente in sacchi di polipropilene riempiti di sabbia, posizionate all'intorno della batimetrica -2, aventi la funzione di impedire al materiale di ripascimento di allontanarsi verso il largo e di ridurre la frequenza delle successive operazioni di ricarica. Interventi del genere sono stati realizzati con discreto successo in varie parti d'Italia (Berriolo, 1993; Preti, 1993). Oltre alla stabilizzazione della linea di riva, l'effetto positivo del ripascimento protetto si è concretizzato in una tendenza a rialzare le quote del fondale ed a ricostituire le barre naturali; il ripascimento inoltre non ha determinato effetti negativi sulle spiagge limitrofe. L'impiego dei sacchi sintetici è molto vantaggioso dal punto di vista dell'economia e della rapidità di esecuzione e non comporta rischi per la balneazione e per la nautica.

Per quanto riguarda la *riqualificazione del sistema dunare*, va rimarcato che gli interventi proposti rappresentano già una efficace difesa dall'erosione della duna e della pineta litoranea sia nel breve termine attraverso la sostanziale riduzione dei contenuti energetici complessivi delle onde e la ricostituzione della spiaggia, sia in prospettiva futura attraverso la stabilizzazione della linea di riva. Eventuali interventi di completamento potrebbero essere rappresentati dal restauro del cordone a fronte mare attraverso opere di risagomatura artificiale al fine di favorirne l'inverdimento ed il consolidamento con specie vegetali indigene (Barrère, 1992; Herchinger, 1992). Infine potrebbe essere attentamente valutata l'ipotesi di lasciare a "naturale evoluzione controllata" il tratto di fascia dunare ormai irrimediabilmente compromessa tra la recinzione ed il limite interno della pineta, consentendo ai materiali sabbiosi asportati dalle onde di contribuire al ripascimento della spiaggia secondo processi dinamici naturali.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia l'Amministrazione Provinciale di Salerno, Assessorato Agricoltura e Foreste, per aver acconsentito alla utilizzazione dei dati rilevati nel corso della

convenzione di studio cui hanno partecipato in qualità di consulenti e collaboratori scientifici l'ing. M. Serpico ed i geologi F. Boscaino, C. Minopoli e F. Tarallo. Si ringraziano altresì gli anonimi revisori che hanno consentito con le loro osservazioni di apportare opportuni miglioramenti al testo iniziale.

Lavoro pubblicato con fondi di ricerca individuale.

LAVORI CITATI

- Barrère P. 1992. *Dynamics and management of the coastal dunes of the Landes, Gascony, France*. In: Coastal dunes, Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington (Eds): 25-32.
- Berriolo G. 1993. *Interventi di riequilibrio delle spiagge della provincia di Latina*. In: La difesa dei litorali in Italia (Aminti P.L. & Pranzini E. eds.):153-173. Ed. delle Autonomie.
- Brambati A. & De Muro S. 1992. *Dynamics of the bar and trough zone between Capo Testa and Punta di li Francesi (northern Sardinia, Italy)*. Bollettino di Oceanologia teorica ed applicata, Vol X, **2-3-4**: 165-179.
- Carter R.W.G. 1988. *Coastal environments*. Academic Press, 617 pp.
- Cencini C. 1980. *L'evoluzione delle dune del litorale romagnolo nell'ultimo secolo*. "Rassegna Economica" nn. 6-7, 43 pp.
- Cencini C. 1995. *Degrado e conservazione lungo le coste italiane: il problema delle dune*. Memorie Geografiche, n. s. 1, (1995): 63-95.
- C.e.r.c. (Coastal Engineering Research Center) 1984. *Shore Protection Manual*. U.S. Army, Corps. and Engineers, Washington D.C., 3 Vol.
- Cocco E. 1976. *Forme costiere ritmiche "sand waves" lungo il litorale Alto Ionico (Golfo di Taranto)*. Boll. Soc. Geol. It., **94** (1975): 861-869.
- Cocco E. & de Magistris M. A. 1988. *Evoluzione storica e recente del litorale di Paestum*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 697-702.
- Cocco E., de Magistris M.A., Efaicchio M.T. & Boscaino F. 1992. *Geoenvironmental features on the Sele river plain littoral (Gulf of Salerno, southern Italy)*. Bollettino di Oceanologia teorica ed applicata, Vol X, **2-3-4**: 235-246.
- Cortemiglia G.C. 1986. *Dinamica dei sedimenti alla foce del Coriglianeto (Golfo di Taranto)*. In: Evoluzione dei litorali, Atti Convegno ENEA del 16-17/10/1986, Policoro (Matera): 117-160.
- Dolan R. 1971. *Coastal landform crescentic and rhythmic*. Bull. Geol. Soc. Am., **82**, 177-180.
- Herchinger H.F. 1992. *Conservation of barrier dunes as a smooth, natural method of coastal protection on the East Friesian Islands, Germany*. In: Coastal dunes, Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington (Eds): 389-396.
- Komar P.D. 1971. *Nearshore cell circulation and the formation of giant cusp*. Geological Society of America Bulletin, **82**: 2643-2650.
- Mc Cammon R.B. 1962. *Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting of sedimentary particles*. Journ. Geol., **70** (4): 453-465.

- Preti M. 1993. *La difesa del territorio costiero in Emilia - Romagna: esperienze e considerazioni*. In: *La difesa dei litorali in Italia* (Aminti P.L. & Pranzini E. eds.): 283-296. Ed. delle Autonomie.
- Rizzi Zannoni G.A. 1808. *Atlante geografico del Regno di Napoli*.
- Sonu C.J. 1972. *Field observation of nearshore circulation and meandering currents*. *Journ. Geophys. Res.*, **77**: 3232-3247.
- Stapor F.W. Jr. 1971. *Sediment budgets on a compartmented low-to-moderate energy coast in northwest Florida*. *Marine Geology*, **10**: M1-M7.
- Wright L.D. & Short A.D. 1983. *Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia*. In *Handbook of Coastal processes and erosion* (P.D. Komar Ed.): 35-64. CRC Press, Boca Raton.

Ms. ricevuto il 26 luglio 1999
Testo definitivo ricevuto il 1° dicembre 1999

Ms. received: July 26, 1999
Final text received: December 1, 1999