



COMUNE DI CASTIGLIONE DELLA PESCAIA



**MARINA DI PUNTA ALA S.P.A.**  
 LOCALITA' IL PORTO SNC  
 PUNTA ALA - CASTIGLIONE DELLA PESCAIA (GR)  
 42°48',48 N - 10°44',22 E

# AMPLIAMENTO DEL PORTO TURISTICO DI PUNTA ALA STRALCIO FUNZIONALE OPERE CIVILI MARITTIME

# B.12

## PROGETTO DEFINITIVO

### RILIEVI, INDAGINI E STUDI SPECIALISTICI

### DINAMICA DEI SEDIMENTI

20 012 DR B 012 0

Committente

Marina di Punta Ala S.p.a.  
 sede legale:  
 Castiglione della Pescaia (GR)  
 Loc. Il Porto - Punta Ala

Progettazione opere marittime:

  
 MODIMAR s.r.l. Via Monte Zebio 40 - 00195 ROMA  
 06.3269461 - www.modimar.it

  
 Modimar Project S.r.l.  
 Via Asmara 72 - 00199 Roma

Progettazione:

Ing. Marco TARTAGLINI  
 Ing. Marco DEL BIANCO  
 Ing. Andrea SANZONE

**ELABORATO REDATTO DA:  
 prof. Enzo PRANZINI**

Gruppo di lavoro:

Ing. Alessio CAMUSI  
 Ing. Valerio TRULLI  
 Dott.ssa Sara SCRIMIERI

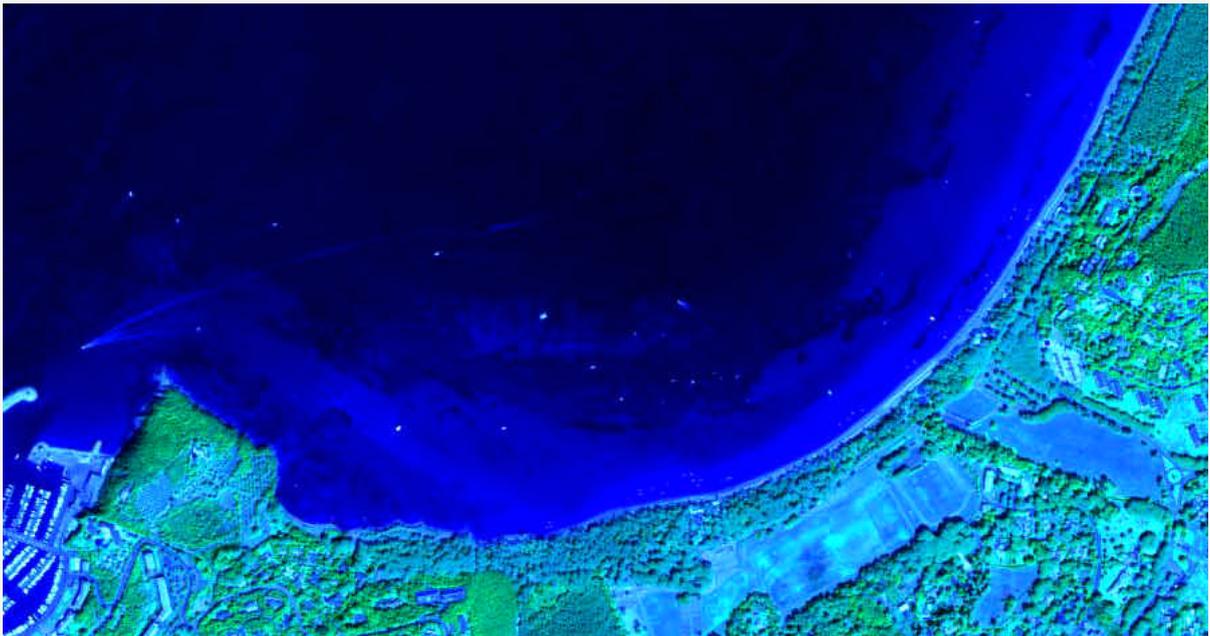
Consulenza geotecnica:

AGiS Ingegneria s.r.l.  
 Ing. Giuseppe IORIO

05.04.2024	0	EMISSIONE			M.T.
Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:
<p>La MODIMAR s.r.l. si riserva la proprietà di questo documento con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta.          This document is property of MODIMAR s.r.l. Reproduction and divulgation forbidden without written permission</p>					

MARINA DI PUNTA ALA S.p.A.

## Dinamica dei sedimenti nell'intorno del porto di Punta Ala (Grosseto)



Enzo Pranzini

24 Giugno 2010

## 1 - Premessa

Il Porto di Punta Ala ( $42^{\circ} 48,48' N$ ;  $10^{\circ} 44,22' E$ ) si colloca al confine fra due unità fisiografiche, quella del Golfo di Follonica, a nord, e quella del litorale Grossetano, a sud (Aiello et al., 1976; Bartolini et al., 1976), che hanno come linea di confine l'allineamento Punta Ala – Scoglio dello Sparviero, lungo il quale affiorano anche gli Scogli dei Porchetti (Figura 1).

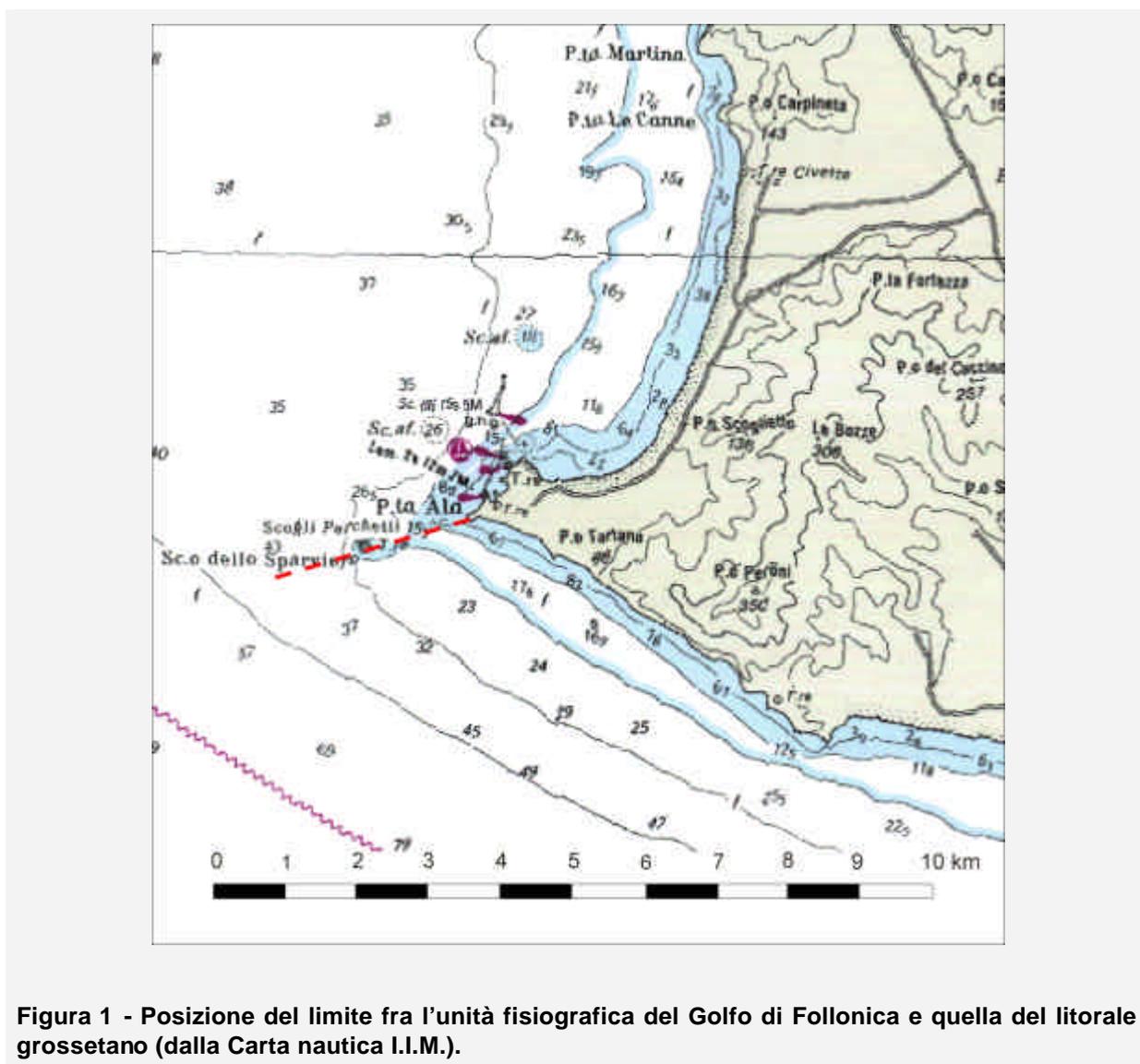


Figura 1 - Posizione del limite fra l'unità fisiografica del Golfo di Follonica e quella del litorale grossetano (dalla Carta nautica I.I.M.).

Una tale asserzione, seppur facilmente comprensibile e condivisibile dai più, ha delle implicazioni tutt'altro che banali e che, anzi, formano proprio l'oggetto della presente relazione.

Dato che una unità fisiografica è un tratto di costa che non ha scambi sedimentari con i tratti adiacenti, il collocare il porto sul tale limite comporta che il flusso sedimentario attorno ad esso sia pari a zero, non solo come risultante, ma anche in ciascuna direzione.

Vedremo che le cose sono assai più complesse, anche se in prima approssimazione quanto sopra scritto deve essere considerato vicino alla realtà.

Infatti, la presenza di una costa alta e rocciosa a sud, con scogliera di tipo "plunging", nonché il margine meridionale dell'allineamento di scogli con elevata pendenza sembrerebbe escludere la possibilità di un transito dei sedimenti da sud verso nord, nonostante l'intensità dei mari meridionali; un flusso inverso, con origine dalla spiaggia di Punta Ala, e in un paraggio nel quale i fondali hanno minore pendenza, sarebbe possibile, ma il limitato fetch associato alle provenienze settentrionali rende le ondate del I° e IV° quadranti inefficienti affinché i sedimenti possano superare il promontorio.

## 2 - Le province petrografiche

Nel caso di un flusso diretto da nord verso sud, i sedimenti dovrebbero provenire dal Fiume Alma che, lungo 14 km e con un bacino idrografico di circa 55 km<sup>2</sup>, sembra l'unica fonte di alimentazione del litorale. Le caratteristiche petrografiche delle sabbie di spiaggia, però, fanno considerare irrilevante il suo contributo all'alimentazione delle spiagge prossime al porto (Gandolfi e Paganelli, 1975).

Sempre sulla base delle caratteristiche petrografiche gli stessi Autori indicano, sul Foglio 127 "Piombino" dell'Atlante delle Coste Italiane del CNR, tre distinte province petrografiche, la T6 del Golfo di Follonica, la T7 del litorale di Punta Ala, e la T8 del litorale di Castiglione della Pescaia (Figura 2); un'approfondimento sulle province petrografiche della costa toscana si trova poi in un lavoro degli stessi Autori (Gandolfi e Paganelli, 1977).

Gandolfi e Paganelli (1975) escludono così ogni apporto sedimentario da sud, dalla provincia petrografica dell'Ombrone, e da nord, dalla sotto-unità di Follonica, mentre ipotizzano la presenza di *secondarie fonti di alimentazione, compatibili con litorali a regime scarsamente dinamico, come questi*.

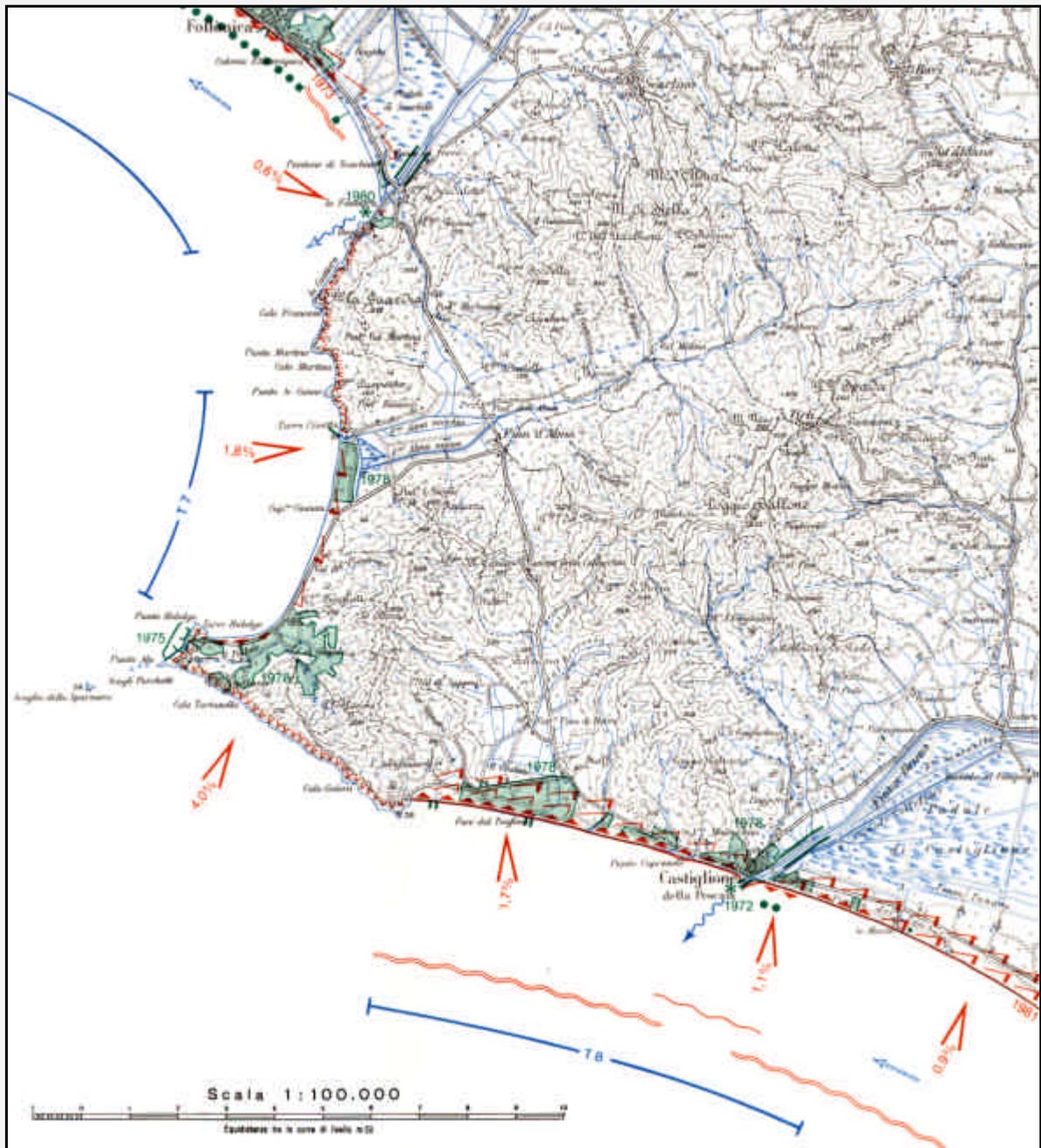


Figura 2 - Particolare del Foglio 127 "Piombino" dell'Atlante delle Coste Italiane del CNR (1982).

Di fatto la situazione è assai complessa e il ritrovamento nel Golfo di Follonica di alcuni *sea-bed drifters* lanciati lungo la costa grossetana fa pensare che i limiti fra le due unità fisiografiche non siano così netti (La Monica, 1976; Bartolini e Pranzini, 1977).

Certamente un contributo sedimentario alla spiaggia di Punta Ala deriva dall'erosione sia del promontorio stesso (Macigno), data la notevole frequenza di ciottoli arenacei sulla spiaggia del settore meridionale, sia di *un livello alluvionale quaternario la cui provenienza non è ancora chiarita* (Gandolfi e Paganelli, 1977) in affioramento al livello del mare all'estremità meridionale dell'unità fisiografica e coperto dal materiale versato negli anni '70.

Sulla base delle caratteristiche petrografiche di più campioni raccolti lungo costa, gli stessi Autori hanno identificato i flussi sedimentari che vengono riportati in Figura 3.

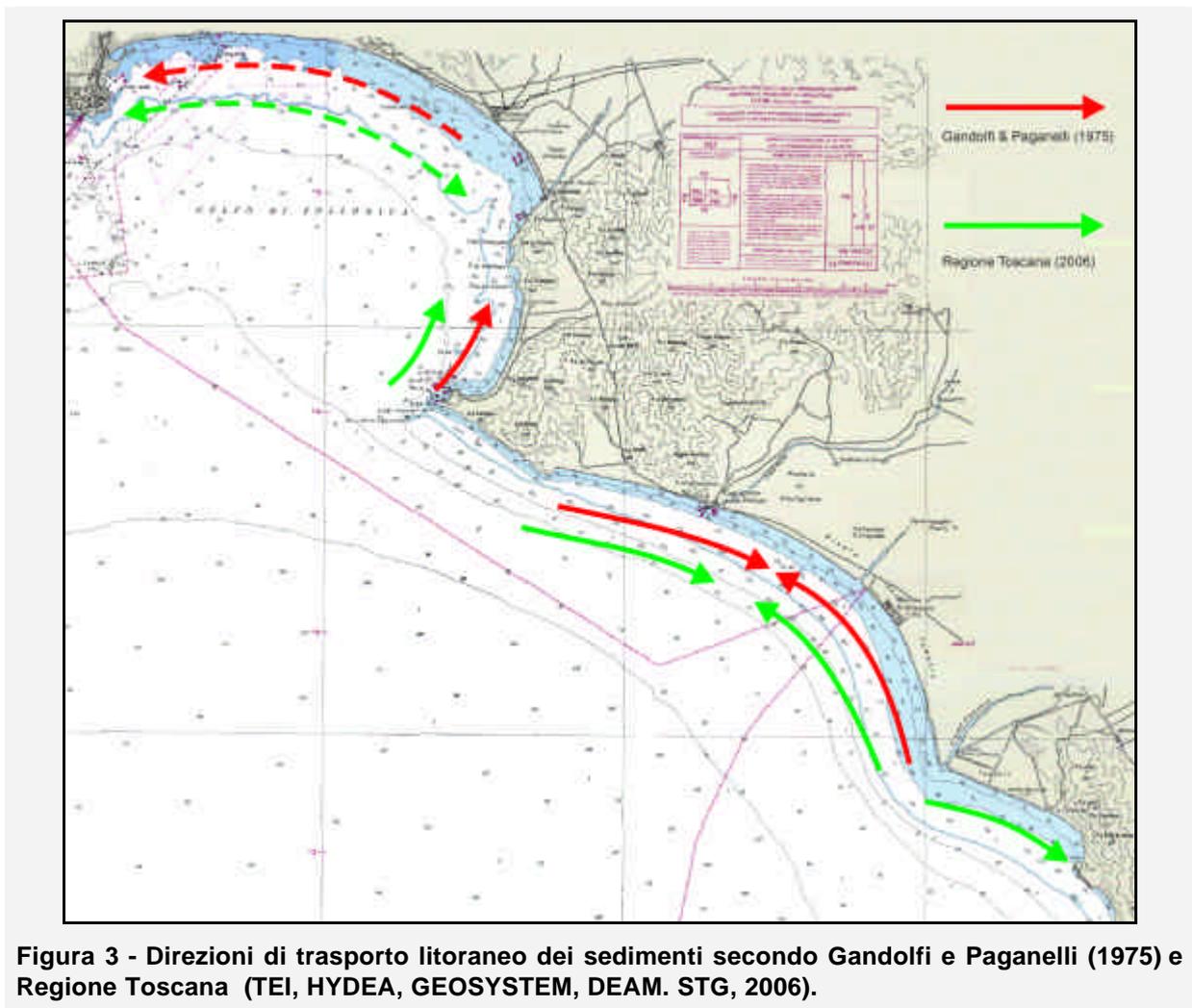


Figura 3 - Direzioni di trasporto litoraneo dei sedimenti secondo Gandolfi e Paganelli (1975) e Regione Toscana (TEI, HYDEA, GEOSYSTEM, DEAM. STG, 2006).

Per il tratto di nostro interesse una conferma a questi flussi è venuta recentemente da uno studio promosso dalla Regione Toscana, e nel quale il campionamento dei sedimenti era assai più fitto di quello effettuato da Gandolfi e Paganelli (1975).

In esso si afferma che l'*Unità Fisiografica 3* (che per le indagini della Regione Toscana andava da Ponte d'Oro a Santa Liberata, e che quindi non ha il significato fisico che normalmente viene attribuito al termine "Unità fisiografica") è *ulteriormente separabile in zone fisiografiche che rappresentano sistemi circoscritti dai quali non è possibile lo scambio sedimentario e sono stati individuati in: Golfo di Follonica, spiaggia di Punta Ala, tratto costiero tra Le Rocchette e Castiglione della Pescaia, foce dell'Ombrone, Golfo di Talamone – Argentario* (Regione Toscana, 2006).

Anche i risultati di questo studio indicano, perciò, che il tratto compreso fra Punta Ala e Punta delle Rocchette è da considerare come una zona di divergenza dei flussi e, quindi, che nell'intorno del Porto il trasporto sedimentario è prossimo a zero.

La determinazione dei flussi sedimentari su base petrografica è comunque resa difficile dai versamenti di materiale vario avvenuti lungo costa negli ultimi decenni.

Nella seconda metà degli anni '70, subito dopo la fine della costruzione del porto, fu effettuato un ripascimento fra Punta Hidalgo e la spiaggia del Tartana con circa 80.000 m<sup>3</sup> di materiale di varia origine e dimensioni, anche materiali di discarica, come testimoniano i ritrovamenti di mattoni e pezzi di cemento (Pranzini e Rossi, 2000).

Successivamente furono effettuati dei dragaggi nella spiaggia meridionale del porto:

- nel 1998 circa 6.000 m<sup>3</sup> di sedimenti, che furono versati in mare davanti al Tartana,
- nel 1995 altri 10/13.000 m<sup>3</sup> furono portati via terra sulla spiaggia di Punta Ala,
- e un'analogha operazione fu ripetuta nel 2004 con 5.400 m<sup>3</sup> di sabbia.

Indicazioni morfologiche del flusso sedimentario sono presenti solo all'estremità settentrionale della spiaggia a di Punta Ala, dove la posizione della foce dell'Alma al limite dell'unità fisiografica e la direzione verso nord dell'asta terminale hanno consentito di identificare un drift prevalente diretto in questo senso (Bartolini et al., 1976; Aiello et al., 1976).

### 3 – Inquadramento meteomarinario

#### **Esposizione al moto ondoso**

Il porto di Punta Ala risulta esposto a due settori principali di traversia, uno compreso fra  $225^\circ \div 245^\circ$  N, e l'altro compreso fra  $285^\circ$  e  $305^\circ$  e che corrisponde all'apertura del Canale di Piombino. Una certa influenza l'hanno anche i mari provenienti dal I° settore, generati da venti di terra che, però, producono onde corte e ripide capaci di muovere i sedimenti verso sud nella spiaggia di Punta Ala; questo settore di traversia non è però considerato nei dati disponibili proprio perché costituito da terra emersa. E' comunque possibile una stima del moto ondoso generato dei venti del I° quadrante utilizzando il metodo SBM (Sverdrup-Munk-Bretschneider).

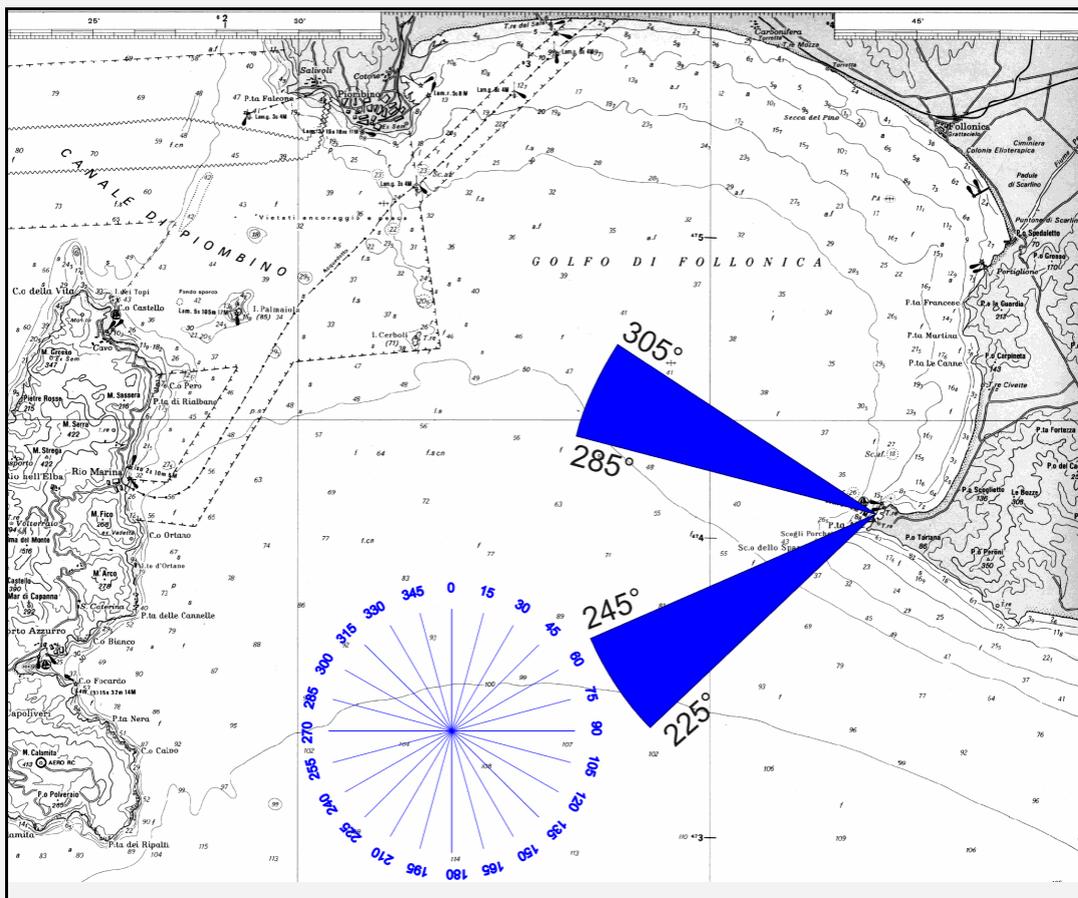


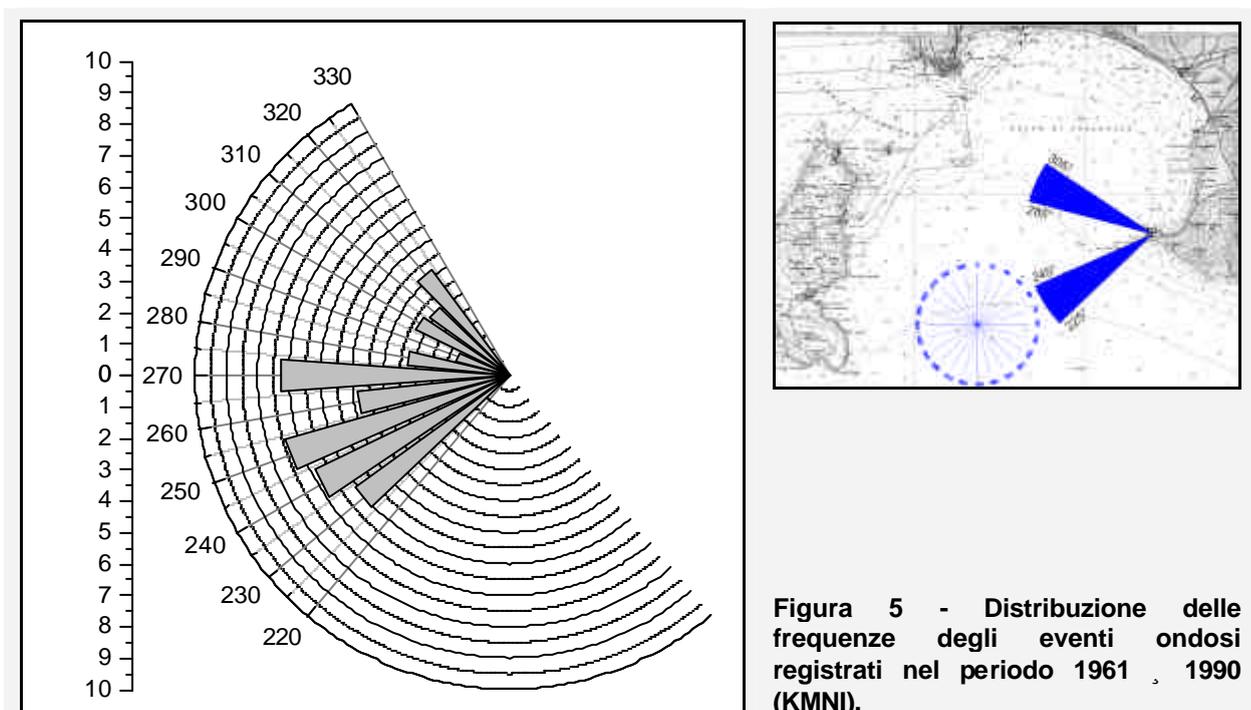
Figura 4 - Esposizione del paraggio per le ondatazioni maggiori.

Lo studio effettuato dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze per la Provincia di Livorno si è basato, per quanto riguarda il clima meteomarinario, sia sull'elaborazione dei dati KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut – Reale Istituto Meteorologico Olandese) sia su quelli del WWA (Wind and Wave Atlas). I primi coprono l'intervallo temporale compreso fra il 1961 e 1990, mentre i secondi partono dal 1992 ed arrivano al 2004.

### Analisi dei dati KMNI

Per i dati KMNI si è fatto riferimento alle osservazioni raccolte in un tratto di mare delimitato dai paralleli 42°.0 e 44°.4 N e dai meridiani 9°.0 e 11°.9 E e con direzioni di provenienza comprese fra 230° ÷ 320° N.

Dall'esame dei dati risulta che la frequenza relativa più elevata compete al settore di provenienza compreso fra 230° e 270°N, con valori compresi fra il 4,85% e il 7,39%, mentre le frequenze osservate nel rimanente settore sono comprese fra l'1,73% ed il 3,25%. Il libeccio risulta essere quindi il mare regnante al largo del Promontorio di Punta Ala. Ciò ben si accorda con la direzione di trasporto dei sedimenti lungo riva sulla spiaggia di Punta Ala ipotizzata nei due studi precedentemente citati sulla base dell'analisi petrografica delle sabbie,



L'analisi dei dati raggruppati per alcuni intervalli di tempo 1961 ÷ 1973, 1974 ÷ 1978, 1979 ÷ 1985 e 1986 ÷ 1990 mostra un aumento nella frequenza delle mareggiate. Dal periodo 1961 ÷ 1973 al periodo 1974 ÷ 1978 le mareggiate presentano un leggero incremento di frequenza, pur provenendo sempre dalle stesse direzioni, incremento che diventa più significativo nel periodo successivo (1979 ÷ 1985), ed ancora più rilevante nell'ultimo periodo per il quale abbiamo questi dati (1986 ÷ 1990). Nel settore 280° ÷ 320° si è passati da valori medi di circa il 2,5% fino al 1978, a valori di circa il 4% dopo il 1986; nel settore 230° ÷ 270°, durante lo stesso periodo, si è passati dal 5% a valori pari a circa l'8%.

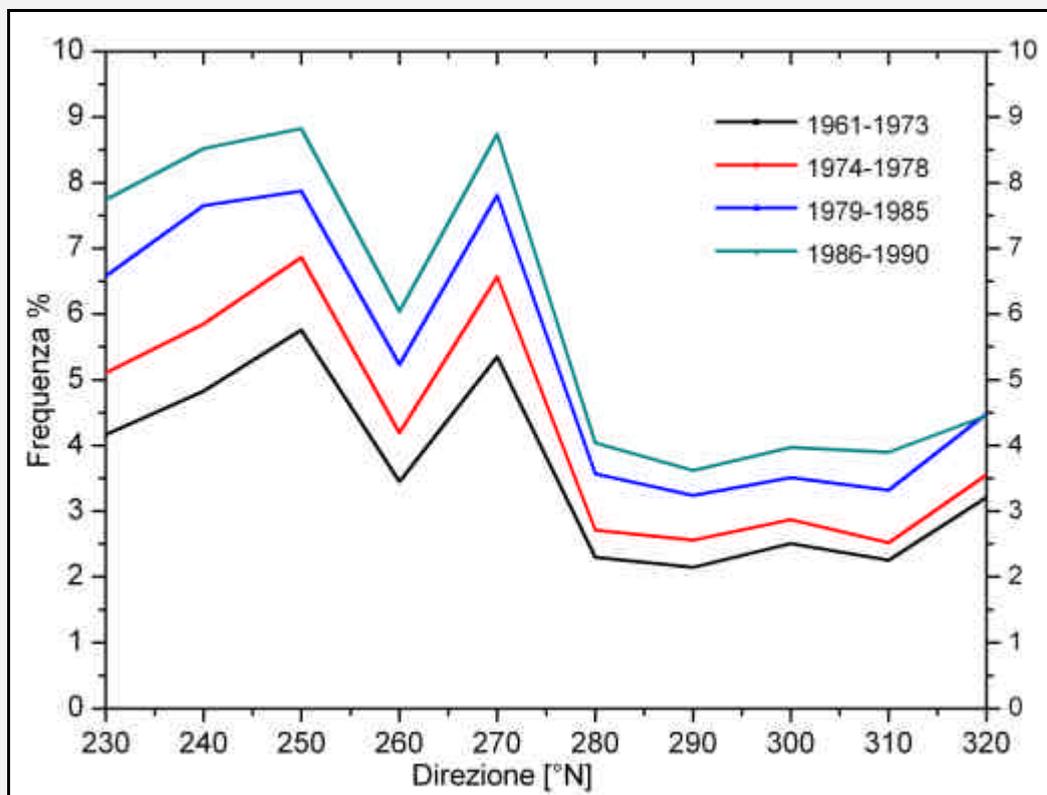
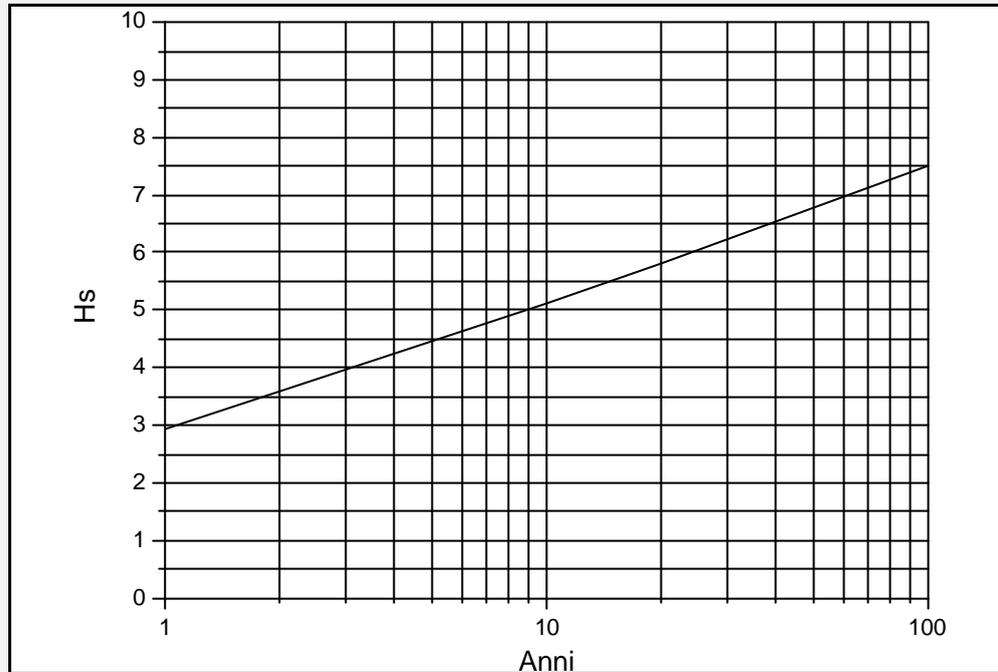


Figura 6 - Andamento delle frequenze degli eventi ondosi nei 4 periodi della serie temporale KNMI.

Questi dati mostrano un incremento maggiore delle agitazioni ondose responsabili del trasporto sedimentario da sud verso nord e se esso fosse reale, e non solo, potenziale, dovrebbe aver determinato un sempre più consistente insabbiamento della spiaggia meridionale del porto. La previsione degli eventi estremi per la direzione 280° - 320° N è stata effettuata sui dati K.N.M.I. ipotizzando una distribuzione di Weibull ed ottenendo i tempi di ritorno mostrati nella Tabella 1.

**Tabella 1 - Altezza d'onda (Hs) in metri prevista al largo della spiaggia di Punta Ala per diversi tempi di ritorno (Tr).**

1 anno	5 anni	10 anni	20 anni	50 anni	100 anni
2.93	4.45	5.12	5.82	6.76	7.49



**Figura 7 - Altezza d'onda prevista per i diversi tempi di ritorno sul settore 280°- 320°N.**

Da questi valori di altezza d'onda significativa è stata determinata la profondità di chiusura con la formula di Hallemaier (1978) considerando la correlazione altezza/periodo proposta da Franco e Contini (1996). Per un valore di Hs pari a 2.93 m e Ts 8.6 s, corrispondente ad un tempo di ritorno di un anno, la profondità di chiusura risulta essere  $d_c = 5.8$ , mentre per l'onda cinquantennale di 4.45 m e Ts pari a 11.0 s, la profondità di chiusura diviene 9.0 m

#### **Analisi dei dati WWA**

I dati WWA del periodo 1992 ÷ 2004 sono centrati sul punto di coordinate 43°,0 Nord e 10°,0 Est e mostrano un notevole picco delle mareggiate provenienti dalle direzioni 260° e 270°N (Figura 8). In questo caso il trasporto sedimentario in corrispondenza del Porto dovrebbe essere assai meno intenso dato che le onde associate a queste mareggiate dovrebbero innescare flussi potenziali divergenti.

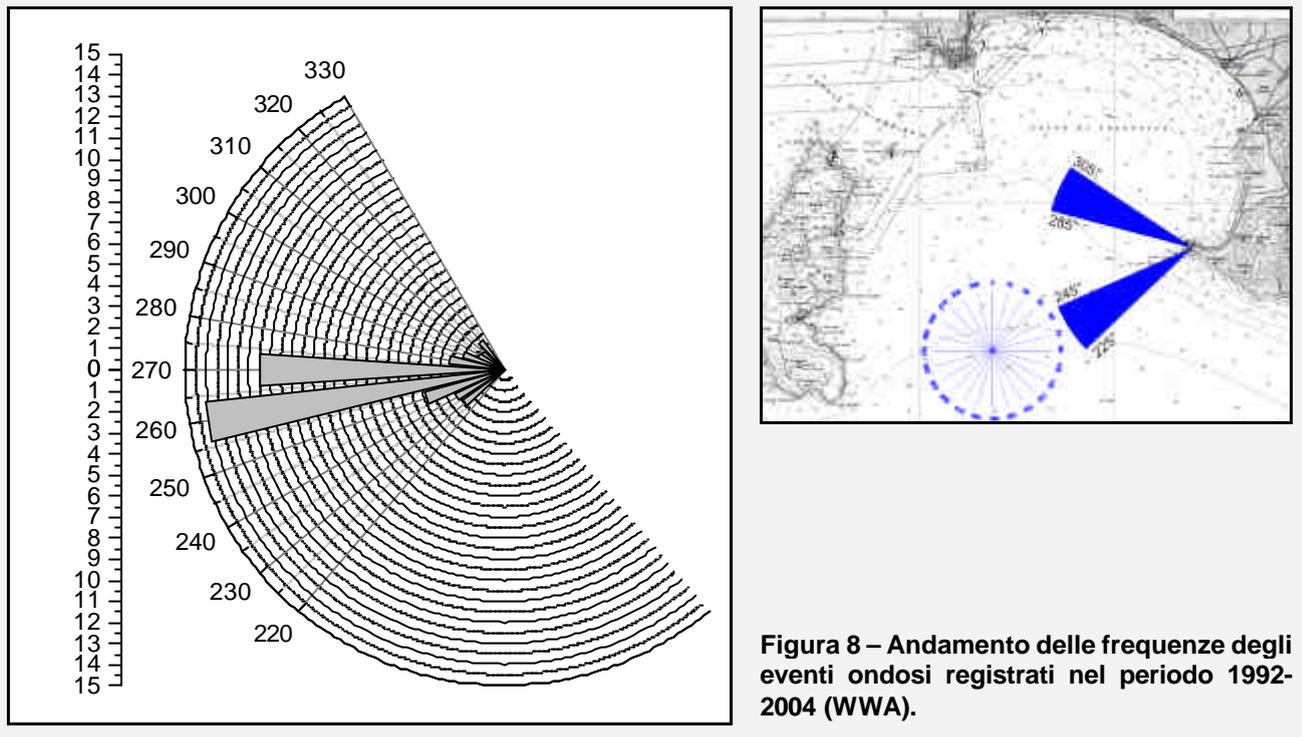


Figura 8 – Andamento delle frequenze degli eventi ondosi registrati nel periodo 1992-2004 (WWA).

Dall'analisi dei dati WWA effettuata su intervalli di tempo biennali risulta che negli ultimi anni vi è stato un notevole incremento degli eventi provenienti dai settori  $260^{\circ} \div 280^{\circ}$  N, quasi a conferma della tendenza già mostrata (seppure su di un periodo di tempo solo in minima parte sovrapposto) dai dati KNMI.

### Moto ondoso dal 1° quadrante

Il moto ondoso proveniente dal 1° quadrante è stato stimato, come detto in precedenza, con il metodo SBM (Sverdrup-Munk-Bretschneider) che considera la velocità del vento, la sua durata e la lunghezza del fetch.

Per i dati relativi a velocità, durata e direzione del vento si è fatto ricorso a quelli rilevati dalla stazione meteorologica installata nel porto. I venti più forti e con una persistenza tale da sviluppare un mare completamente formato su di un fetch di 36.000 piedi (11 km dal porto alla spiaggia di Scarlino) secondo la direzione da NNE hanno una velocità di circa 35 nodi. Considerando generazione e propagazione in acqua intermedie (30 piedi nel nostro caso), ne deriva un'onda alta ( $H_0$ ) 3.5 piedi (1.0 m) e con periodo ( $T_0$ ) di 3.5 sec.

Tale onda, all'imboccatura del porto, può generare la risospensione e il trasporto dei sedimenti fini qui presenti.

Un'analisi più accurata del trasporto generato da queste onde è possibile con indagini più approfondite di quelle richieste in questa fase.

### Trasporto potenziale lungo costa

Il trasporto potenziale lungo costa è stato calcolato dalla DEAM s.r.l. su incarico del DST dell'Università di Firenze nell'ambito del Progetto BEACHMED-e. facendo riferimento ai dati ECMWF (European Centre for Medium-range Weather Forecast, 2008) e al modello WAM (WAMDIG, 1988).

Il punto di riferimento è sulla spiaggia di Punta Ala, poco più a nord del porto.

**Tabella 2 – Trasporto potenziale lungo costa e flusso di energia.**

Settore di esposizione (n°)	Perpendicolare a costa (N°)	Trasporto verso N m <sup>3</sup> /anno	Trasporto verso S m <sup>3</sup> /anno	Trasp Netto [N] m <sup>3</sup> /anno	Flusso energ (kw/m) dir°(N)
285 - 331	340	21.000	0	21.000 nord	0.13 332.6

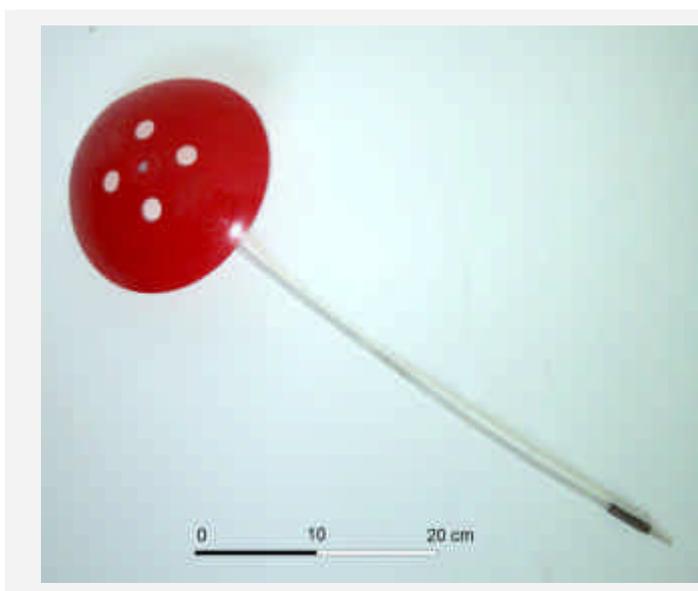
Anche dai dati elaborati dalla DEAM s.r.l. si vede che il trasporto potenziale nel tratto meridionale della spiaggia di Punta Ala è diretto verso nord, seppure la sua intensità sia decisamente modesta.

Tutte le considerazioni sopra esposte non tengono però conto della complessità morfologica della zona, cosa che, vedremo, rende possibili flussi sedimentari non calcolabili con i modelli classici.

## 4 - Studio dei flussi sedimentari tramite l'impiego di sea-bed drifters

I sea-bed drifters sono stati sviluppati da Woodhead-Lee (1960) ed adottati da Phillips (1970) per lo studio delle correnti di fondo al fine di tracciare i flussi sedimentari ad esse associati. Sono stati utilizzati per lo studio della dinamica dei sedimenti lungo la costa toscana fin dalla metà degli anni '70 (Bartolini e Pranzini, 1977) e recentemente hanno trovato applicazione proprio per identificare correnti di flusso dirette da nord verso sud in prossimità del porto nell'ambito degli studi promossi dalla Provincia di Grosseto (Pranzini, 2008).

Il tracciante consiste in un disco di polietilene (rosso) del diametro di 19 cm sul quale sono presenti 4 fori di 2 cm di diametro posti ad una distanza di 3 cm dal centro. Il disco è attaccato ad un gambo di polivinile del diametro di 0.65 cm e lungo 54 cm, all'altra estremità del quale viene applicata una zavorra costituita da un segmento di tubo di rame del peso di 7 gr (Figura 9).



**Figura 9 - Woodhead-Lee sea-bed drifter.**

Il 31 maggio 2006, in previsione di una mareggiata dal settore settentrionale, sono stati depositati sul fondale 140 traccianti, in 7 gruppi di 20 drifters ciascuno, dotati di targhette che, oltre al numero della serie, riportavano anche le istruzioni per segnalare il ritrovamento al Dipartimento di Scienza della Terra dell'Università di Firenze.

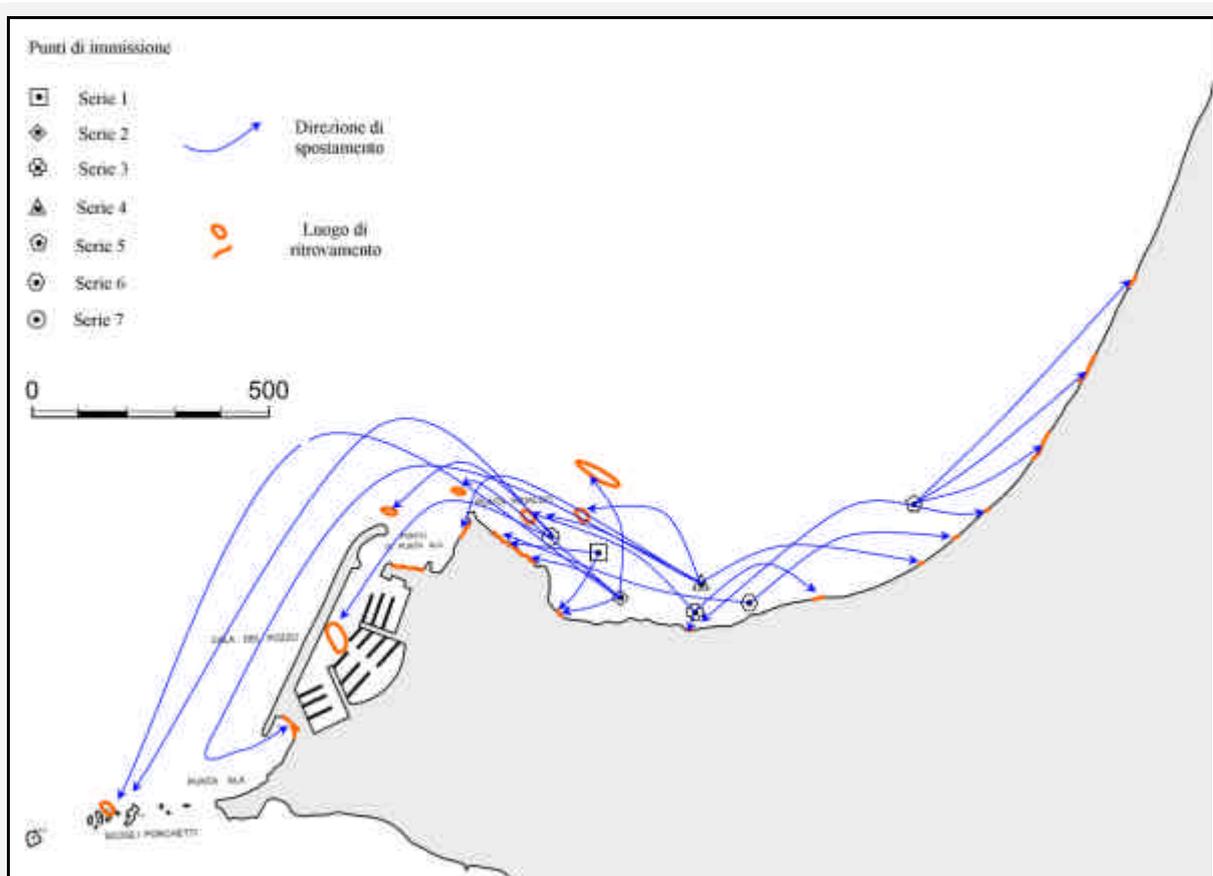
Il 39% dei ritrovamenti (22 su 56) è avvenuto fra il momento del lancio e i due giorni successivi, mentre gli altri ritrovamenti si sono diluiti nel tempo e dopo due mesi ne sono stati trovati complessivamente 56 (40% dei drifters lanciati). Nel totale dei ritrovamenti vi sono anche 15 drifters che si sa essere stati ritrovati ai piedi del molo settentrionale del porto Marina di Punta Ala ma non consegnatici.

Il periodo di tempo successivo al lancio risulta caratterizzato da eventi meteomarinari non particolarmente intensi, con una prevalenza da NE e con un altezza d'onda significativa ( $H_s$ ) media compresa fra 0.5 e 0.9 m, come indicano i dati di sintesi diffusi da Eurometeo per le boe ondometriche di La Spezia e di Ponza (Tabella 2)

Dalla posizione dei punti di ritrovamento è possibile ricavare le risultanti degli spostamenti avvenuti per ciascun drifter nel periodo compreso fra il momento del rilascio e quello del ritrovamento. E' evidente che il percorso, se compiuto in tempi lunghi, può essere stato assai diverso da quello che si può tracciare collegando il punto di rilascio con quello di ritrovamento, come riportato in Figura 10.

**Tabella 2 – Valori, calcolati per decadi, della Direzione media di provenienza (N°), Altezza d'onda significativa (Hs) media e Periodo (T) medio rilevati dalle boe di La Spezia e di Ponza nei 50 giorni successivi al lancio dei drifters.**

	La Spezia			Ponza		
	Direzione	Hs (m)	T (s)	Direzione	Hs (m)	T (s)
1 <sup>a</sup> decade giugno	NE	0,5	5,4	NE	0,5	4,8
2 <sup>a</sup> decade giugno	NE	0,6	5,6	ENE	0,6	4,7
3 <sup>a</sup> decade giugno	NE	0,5	5,2	E	0,5	4,1
1 <sup>a</sup> decade luglio	NE	0,9	5,4	ENE	0,7	4,7
2 <sup>a</sup> decade luglio	NE	0,6	5,7	ENE	0,8	4,3



**Figura 10 - Percorso risultante dei drifters ritrovati.**

E' comunque evidente che i drifters rilasciati nelle posizioni più orientali, che non ricadono all'interno del canale compreso fra la riva e la beach-rock, si sono spiaggiati nei pressi degli stabilimenti balneari posti in quel settore del golfo o poco più ad Est, mentre gli altri si sono spostati prevalentemente nella direzione opposta, tendendo ad uscire dall'unità fisiografica. Alcuni di questi sono stati recuperati all'estremità occidentale del golfo, appena ad Est di Punta Hidalgo, mentre altri hanno superato la Punta stessa finendo a ridosso del molo settentrionale del porto di Marina di Punta Ala o all'interno dello stesso. Alcuni ritrovamenti sono avvenuti addirittura agli Scogli Porchetti.

Tutto ciò conferma il flusso sedimentario diretto verso nord presente sulla spiaggia di Punta Ala, già identificato dagli studi precedenti, ma evidenzia anche un flusso opposto rivolto verso sud e che fa perdere sabbia all'unità fisiografica settentrionale. L'insabbiamento del porto, dell'avamposto e del tratto di mare antistante potrebbe essere in parte dovuto proprio a questo flusso.

## **5 - Stima del flusso sedimentario tramite l'analisi delle variazioni del bilancio sedimentario**

L'entità dei flussi sedimentari in prossimità del porto è stata valutata anche attraverso il confronto fra due rilievi batimetrici e l'analisi dei volumi dragati nel paraggio.

Purtroppo i dati non sono omogenei come copertura areale e come accuratezza, ma una stima semi-quantitativa sembra possibile, seppur per la sola zona di sovrapposizione dei rilievi.

Il primo rilievo, fatto poco dopo la realizzazione della diga foranea, è del 1975 mentre il secondo è stato realizzato nel 2008 realizzato per il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze nell'ambito degli studi promossi dalla Provincia di Grosseto.

Quello del 1975 interessa una zona che si estende più a sud che a nord del porto, mentre quello del 2008 copre dall'imboccatura a tutta la spiaggia di Punta Ala.

Il confronto è stato effettuato, previa digitalizzazione dei dati del 1975 (forniti su supporto cartaceo), creando un DTM per ciascun rilievo e calcolando le differenze di quota per ogni maglia.

L'accuratezza dei dati del 1975 non è nota, mentre quella del rilievo del 2008 dovrebbe aggirarsi intorno ai 10 cm. Tutto ciò rende assai aleatorio il confronto, che comunque mostra un bilancio sedimentario sostanzialmente paritario per l'area di sovrapposizione dei rilievi. Questo è però il risultato della compensazione fra tendenze opposte: deposizione all'imboccatura del porto e in una fascia esterna ed erosione lontano dal porto in vicinanza della costa (Figura 11).

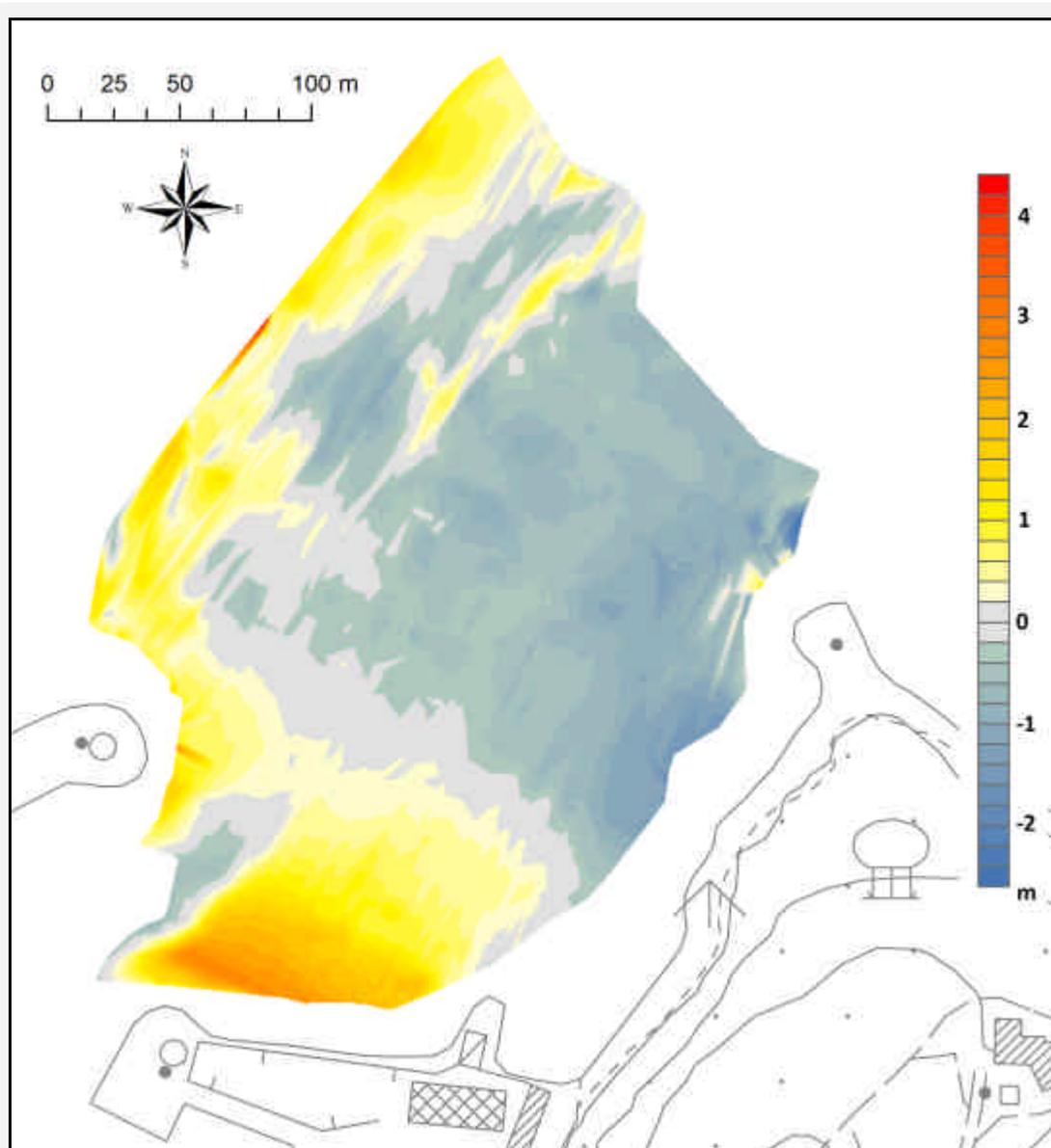


Figura 11 - Variazioni di quota nei fondali antistanti l'imboccatura del porto quali risultano dal confronto fra i rilievi del 1975 e quelli del 2008.

La diffrazione delle onde sull'estremità settentrionale della diga foranea del porto indurrebbe quindi un flusso in grado di prelevare la sabbia dai fondali di Nord-Est e depositarla in prossimità dell'imboccatura. A questo fenomeno si associerebbe anche un flusso verso i fondali maggiori, che probabilmente è quello che alimenta il fiume di sabbia che scorre ai piedi della diga foranea per depositarsi poi nella spiaggia meridionale.

Qui sono stati dragati, dal 1988 al 2004, circa 21.400 m<sup>3</sup> di sabbia, refluita tutta sulla spiaggia di Punta Ala. Parte di questi materiali potrebbe provenire anche dai fondali meridionali, con un debole flusso da sud verso nord, come suggerito dai dati meteomarini.

Dato che la spiaggia meridionale non ha ancora raggiunto la morfologia che aveva prima dell'ultimo dragaggio, si può ipotizzare che una deposizione di 21.400 m<sup>3</sup> di sabbia richieda circa venti anni e che quindi il flusso sia di circa 1.000 m<sup>3</sup>/anno.

Seppur ritenendo che buona parte di esso provenga da nord, non siamo lontani da quanto detto all'inizio, ossia che il porto di Punta Ala si pone in una zona di divergenza dei flussi sedimentari. Il movimento delle sabbie nell'intorno del porto sembra più dovuto a fenomeni di diffrazione locali e all'influenza della morfologia sui livelli indici che non a flussi regionali.

## 6 - Influenza della morfologia sui flussi sedimentari

Il ritrovamento nel porto e sugli Scogli dei Porchetti dei drifters che erano stati lanciati a nord di Punta Hidalgo dimostra l'esistenza di flusso sedimentario potenziale in uscita dalla spiaggia di Punta Ala.

Nell'ambito dello studio effettuato dal DST dell'Università di Firenze per conto della Provincia DI Grosseto è stato ipotizzato che questo flusso sia dovuto alla morfologia dei fondali (Figura 12).

In particolare si pensa che il piling-up generato dalle onde a tergo della barriera costituita dalla beach rock induca dei flussi idrici sia diretti verso nord e contenuti fra la riva e la barriera naturale, sia in uscita attraverso i varchi presenti nella beach rock (Figura 13).

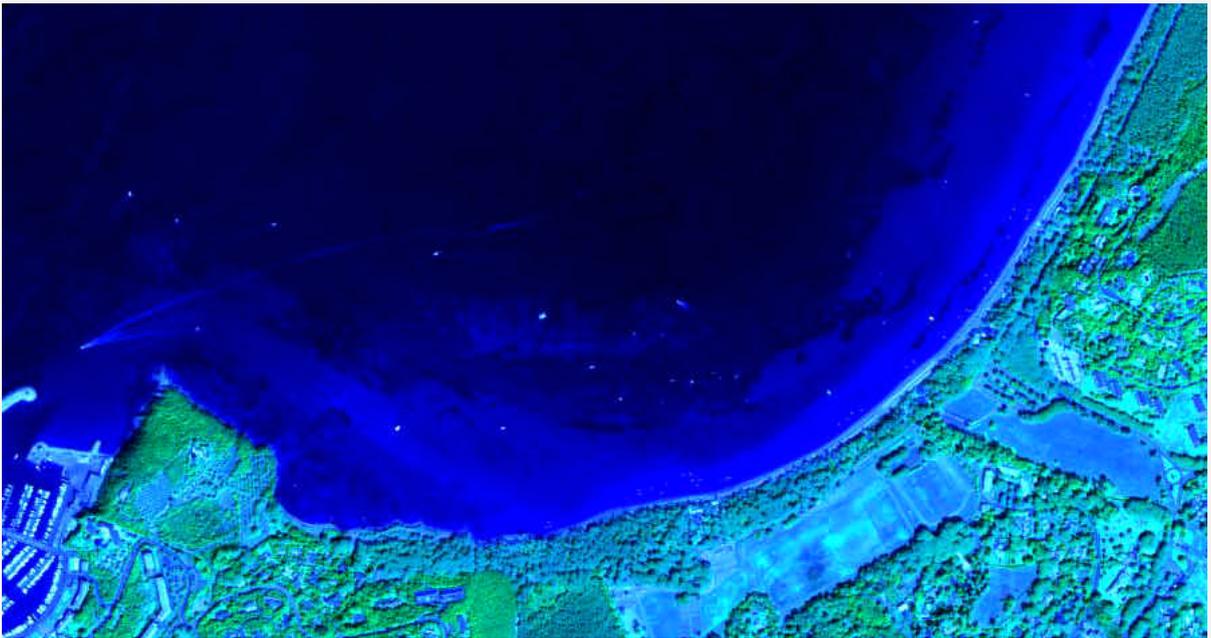


Figura 12 – Immagine Ikonos elaborata in modo da ottenere un maggiore contrasto fra i fondali sabbiosi e la beach rock.

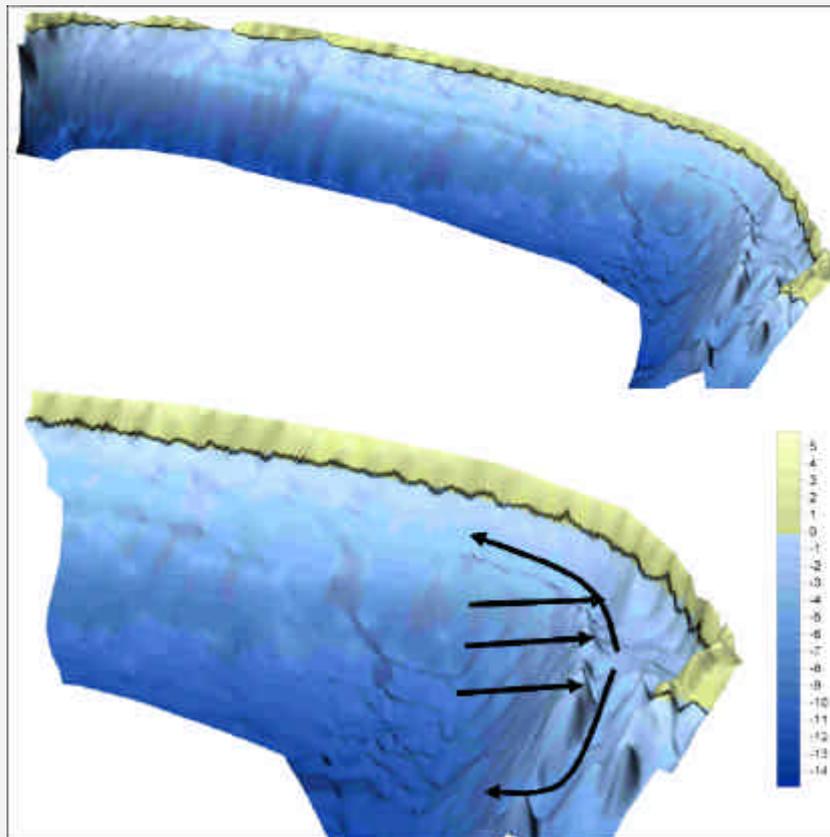


Figura 13 – Morfologia della spiaggia di Punta Ala (in alto) e flussi idrici indotti dal piling up a tergo nella barriera naturale all'estremità meridionale del litorale.

Da quest'ultima via di fuga i sedimenti si porterebbero al largo verso nord-ovest, da dove poi le ondazioni di nord-est li porterebbero in prossimità dell'imboccatura del porto e davanti alla diga forenea.

## **7 - Conclusioni**

I risultati degli studi effettuati per determinare il flusso sedimentario nell'intorno del porto di Punta Ala concordano nell'identificare in questo punto il confine fra due unità fisiografiche distinte e quindi un flusso di sedimenti nullo.

In realtà sia a nord che a sud del porto si assiste ad uno spostamento di sabbia fine che va ad insabbiare sia la spiaggia meridionale, sia l'imboccatura del porto stesso.

Si ritiene che ciò sia da associare, non tanto ad un trasporto sedimentario a scala regionale, quanto a flussi indotti da fenomeni locali.

La morfologia dei fondali del limite meridionale della spiaggia di Punta Ala può giustificare flussi di sedimenti in uscita da un varco nella beach rock e diretti verso nord-ovest; sedimenti che possono poi venire richiamati nella zona protetta all'imboccatura del porto. In alternativa possono scorrere lungo la diga foranea e finire, per fenomeni di diffrazione delle onde sull'estremità della struttura, nella spiaggetta meridionale.

## 8 - Bibliografia

- Aiello E., Bartolini C., Caputo C., D'Alessandro L., Fanucci F., Fierro G., Gnaccolini M., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Piccazzo M. e Pranzini E. (1976) - Il trasporto litoraneo lungo la costa toscana tra la foce del Fiume Magra ed i Monti dell'Uccellina. Boll. Soc. Geol. It., 94, 1519-1571.
- Bartolini C., Caputo C., Cavazza S., Ceffa L., Celestre P., Cortemiglia G.C., Fanucci F., Fierro G., Gandolfi G., Gnaccolini M., Imperiale G., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Marone V., Mordenti A., Montano F., Nardi M., Paganelli L., Paoletti A., Piacentino G.B., Piccazzo M., Pranzini E. e Versino L. (1976) - Area campione Alto Tirreno. Ricerche sul regime e la conservazione dei litorali. Rapporto 1974. La Ricerca scientifica, 92, 61-126.
- C.N.R. (1982) - Atlante delle Coste Italiane, Foglio 127 "Piombini", Selca, Firenze.
- DEAM (2007) - Stima della profondità di chiusura lungo le coste toscane. Rel. Inedita Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze. Pp. 138.
- Gandolfi G. e Paganelli L. (1975) - Il litorale toscano fra Piombino e la foce dell'Ombro (Area campione Alto Tirreno). Composizione provenienza e dispersione delle sabbie. Boll. Soc. Geol. It., 94: 1811-1832.
- Gandolfi G. e Paganelli L. (1977) - Le province petrografiche del litorale toscano. Boll. Soc. Geol. It., 96: 653-663.
- Hallermeier R.J. (1978) - Uses for calculated limit depth to beach erosion. 16th Coastal Eng. Conf. Pp. 1493-1512.
- La Monica G.B. (1976) - La costa grossetana. In: Area campione Alto Tirreno. Ricerche sul regime e la conservazione dei litorali. Rapporto 1974. La Ricerca scientifica, 92: 61-126.
- Pranzini E. (2008) - Studio morfologico e sedimentologico del litorale di Punta Ala finalizzato all'impostazione di un Progetto di riequilibrio. Dipartimento di Scienze della Terra UNIFI - Provincia di Grosseto. Rel. Inedita.

Pranzini E. e Rossi S. (2000) - L'erosione del litorale di Punta Ala: un caso di naturale riequilibrio morfologico. Studi costieri, 3: 2-27.

Regione Toscana (1989) - Coste Toscane - studi sulla erosione, sui venti e sul moto ondoso. Giunta Regionale Toscana, pp. 62.

Regione Toscana (2006) - Studio e ricerca per l'implementazione del quadro conoscitivo della costa toscana nell'ambito del Piano Regionale di Gestione integrata della Costa . TEI, HYDEA, GEOSYSTEM, DEAM. STG, Rel. Inedita.

Firenze, 5 novembre 2009

Prof. Enzo Pranzini



---

I dati inediti utilizzati in questo studio sono stati messi a disposizione dalla Regione Toscana, dalla Provincia di Grosseto e dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze.

