

L'influenza delle opere antropiche sulla dinamica dei litorali: il caso di Loano (Liguria Occidentale)

Carlo Cavallo, Ivana Delbono, Giuliano Fierro e Alessandro Maifredi

DIP.TE.RIS - Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse
Università degli Studi di Genova, C.so Europa 26, 16132 Genova, Italia

Riassunto

Vengono presentati i risultati di uno studio sulla dinamica costiera di un tratto di litorale della Riviera Ligure di Ponente, identificabile come unità fisiografica delimitata a SW da Capo Santo Spirito e a NE da Capo Caprazoppa. L'area di studio è stata sottoposta a monitoraggio negli anni 1997-98-99-2000 tramite indagini sedimentologiche e morfologiche sulla spiaggia emersa. L'analisi dei dati sperimentali, unitamente allo studio del regime meteomarinico ed all'indagine storica delle linee di riva, ha permesso di definire le caratteristiche evolutive dei litorali e di valutare l'influenza esercitata nel tempo dalle diverse tipologie di opere antropiche che si sono susseguite nell'ultimo secolo.

In base ai dati rilevati, è stato possibile individuare tre distinti settori costieri, evidenziando come la costruzione ed il successivo ampliamento del porto turistico di Loano abbia di fatto suddiviso l'unità fisiografica in settori indipendenti dal punto di vista dell'idrodinamica costiera, provocando una notevole modificazione del regime delle spiagge. L'estremo settore orientale del tratto di costa in esame ha inoltre risentito sensibilmente di una discarica a mare, conseguente all'attività di cava presso il Capo Caprazoppa, con notevoli ripercussioni sia sul regime della spiaggia sia sull'ecosistema marino. L'accumulo sedimentario sul fondale, conseguente a tale discarica, è stato sottoposto ad indagini geofisiche e sedimentologiche ai fini di un suo possibile utilizzo per il ripascimento artificiale degli arenili.

Abstract

A detailed monitoring has been carried out, in the 4-year period 1997-2000, on the coast stretching from Capo Santo Spirito and Capo Caprazoppa (Western Ligurian Riviera). The coastal dynamics have been well defined through morphological beach profiles, sediment samples, historic shoreline and bathymetric maps, wind/waves climate data and sediment transport outputs deriving from mathematical models' simulations. In particular, the beach evolution for the last century and the relevant impact of hard coastal defence structures on the nearby coast have been analysed.

Results gained from the beach monitoring studies have highlighted three different coastal sectors inside the whole studied area. The key point affecting the shoreline evolution is the relevant enlargement of Loano's marina. Its construction has definitely modified the natural coastal dynamics and has caused serious coastal erosion problems, stopping nearly 90% of sediment transport due to long-shore currents and influencing the delicate balance of the coastal marine ecosystem. The Eastern sector (Capo Caprazoppa) has been extremely modified by the activity of a quarry, which has been active for more than a century now. The discharged material on the sea floor, deriving from that activity, has been studied with a seismic survey and sediment samples, in order to evaluate the possible sources for artificial beach nourishment. The importance of coastal monitoring, its application in design of hard coastal defence structures or softer solutions of artificial nourishment is becoming increasingly evident for a good integrated coastal management.

Inquadramento geografico e morfologico dell'area

Il tratto di litorale in esame si sviluppa da Capo Santo Spirito a Capo Caprazoppa con un andamento arcuato ed un'orientazione prevalente Sud Ovest-Nord Est, per un'estensione complessiva di circa 11 chilometri. L'area di studio si inserisce all'interno di una più ampia unità fisiografica limitata a SW dal Capo S. Croce (Albenga) ed a NE dal Capo Caprazoppa (Fig.1). Tuttavia, un attento esame in sito e un'accurata analisi dei dati bibliografici a disposizione hanno messo in luce come tale unità fisiografica sia stata interrotta dal molo costruito già all'inizio del secolo (1906) in Comune di Ceriale, circa 500 metri a Ponente del Capo S. Spirito, attualmente aggettante in mare un centinaio di metri. Le sabbie del fiume Centa che, attraverso la naturale deriva litoranea, potevano un tempo interessare l'intero arco di costa fino al Capo Caprazoppa, raggiungono oggi la spiaggia di Ceriale con la sola frazione di sabbia fine ed in quantità modesta. Tale fenomeno, imputabile sia al diminuito apporto solido, sia alla presenza degli innumerevoli ostacoli artificiali, suggerisce di considerare trascurabile il contributo sedimentario del fiume Centa alle spiagge situate a Levante del molo di Ceriale.

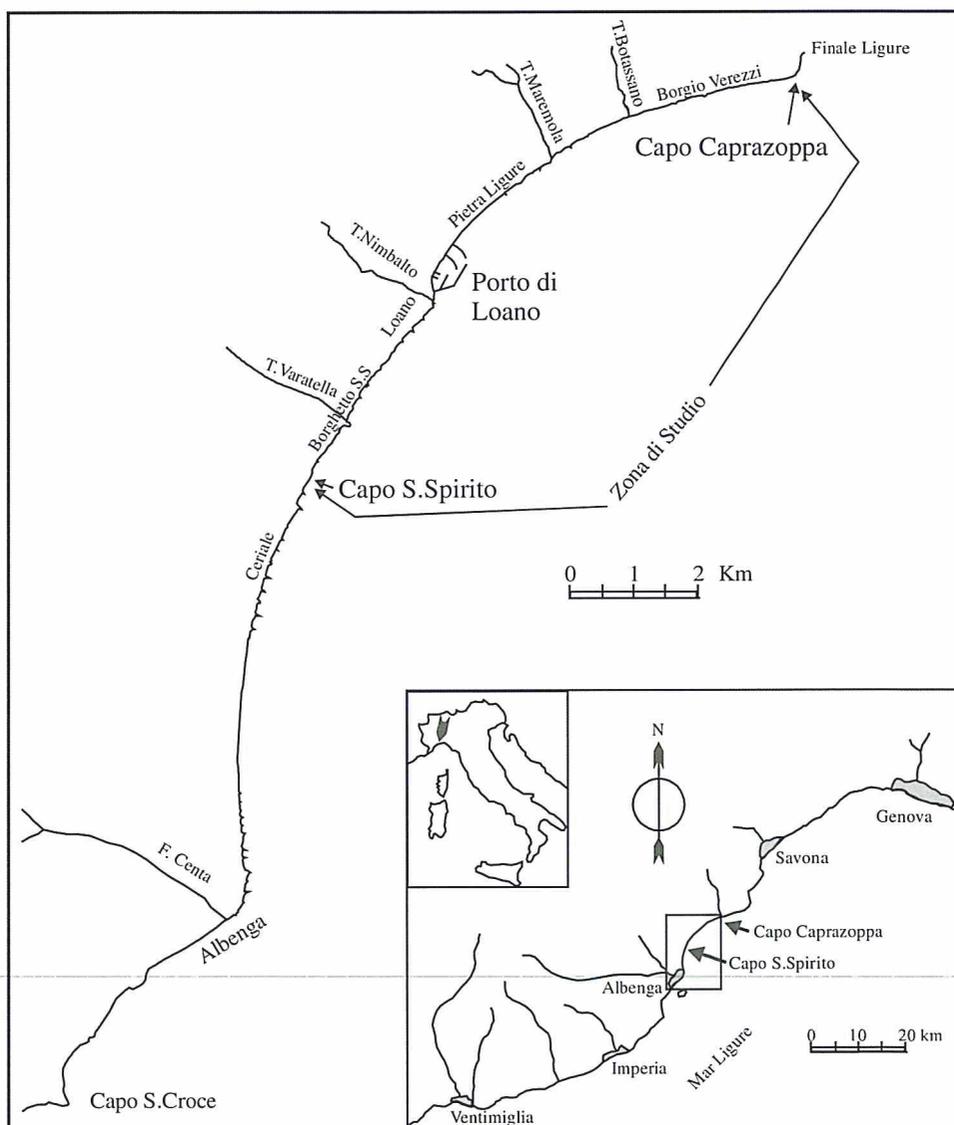


Figura 1 - Area di studio.

L'area di studio risulta pertanto essere interessata esclusivamente dagli apporti solidi dei torrenti locali (Varatella, Nimbato, Maremola e Botassano), per un bacino idrografico complessivo di circa 120 km².

La morfologia della fascia costiera è caratterizzata da costa alta rocciosa alle estremità e da costa bassa all'interno. Il porto di Loano suddivide l'area in due settori principali: il settore a ponente della struttura portuale è alimentato dai sedimenti provenienti dai bacini dei torrenti Varatella e Nimbato, la spiaggia presenta una tessitura piuttosto eterogenea ed è interessata da opere di difesa trasversali, longitudinali e distaccate; il settore a levante del porto è interessato da una successione pressoché continua di opere trasversali fino a Borgio Verezzi e la sottile spiaggia delle "Arene Candide", caratterizzata da un'estesa formazione di *beach rock*, chiude l'area al Capo Caprazoppa.

Evoluzione dei litorali ed interventi antropici

L'evoluzione storica delle linee di riva è stata ricavata su base cartografica e bibliografica (Ascari et al., 1937), mentre l'evoluzione recente deriva dall'elaborazione aerofotogrammetrica dei voli bassi costieri, effettuati nel periodo estivo degli anni '44, '73, '83 e '93. Il trend evolutivo comune nell'area in esame è un marcato processo erosivo che si è andato accentuando progressivamente nella seconda metà del secolo scorso.

Sono significativi i seguenti interventi antropici: a Borghetto Santo Spirito fu autorizzata, negli anni '60, la prima discarica per ripascimenti artificiali presso il Capo S.Spirito ed i pennelli esistenti furono prolungati al fine di trattenere il nuovo materiale di discarica. Questi interventi portarono localmente grandi benefici al litorale, con un avanzamento generalizzato dell'arenile di circa 20 metri.

A Loano, l'evoluzione delle linee di riva è stata la diretta conseguenza di un susseguirsi a catena di interventi antropici da ponente a Levante, in direzione della deriva litoranea netta, dettata dalle condizioni di mare dominante di Libeccio. Le principali opere realizzate a difesa degli arenili risalgono al 1936 quando, al fine di proteggere la stazione ferroviaria dall'ingressione marina, si costruì un pennello che, arrestando le alluvioni del T. Varatella, causò erosione a Levante e mise in pericolo la strada a mare. Nel 1938 si costruì la scogliera distaccata parallela alla spiaggia: presto l'arenile a Levante della stazione e per tutto il fronte del centro urbano fu più che dimezzato in profondità. Nel 1955 si iniziò la costruzione del porticciolo turistico, posizionato immediatamente sottoflutto alla foce armata del Nimbato. Poiché l'ostacolo del porto determina la dispersione verso il largo delle alluvioni dei torrenti Varatella e Nimbato, quest'opera scatenò una nuova ondata di erosione verso Pietra Ligure, obbligando alla costruzione di opere di difesa aderenti della via litoranea e della sede ferroviaria.

Sulle spiagge del centro di Pietra Ligure, la linea di riva subì una forte erosione (circa 15-20 metri) dal 1944 al 1973. Al fine di arrestare tale processo erosivo, negli anni seguenti si costruirono pennelli che contrastarono localmente il processo erosivo. Negli anni '90, si effettuarono ripascimenti con materiale non selezionato ed eterogeneo, tale da rendere il litorale estremamente vulnerabile all'erosione.

Infine particolare fu l'evoluzione delle linee di riva a Borgio Verezzi e Finale Ligure, dove le dune delle Arene Candide coprivano "*di niveo lenzuolo*" il fianco sud-occidentale del Capo Caprazoppa (Isel, 1882 e 1911) fino all'altezza massima di 90 metri. Nei primi anni del Novecento, tali dune di sabbie silicee furono completamente distrutte per la produzione della calce ed impiegate nell'edilizia. Nella seconda metà del secolo scorso fino agli anni '70, si registrò un graduale avanzamento dell'arenile: questa evoluzione in controtendenza rispetto all'arco centro-occidentale dell'area di studio si spiega facilmente con l'attività di cava in località Caprazoppa, dove si smaltiva il materiale di discarica della cava direttamente a mare. Così si costituì un'alimentazione aggiuntiva al litorale che, in occasione delle mareggiate di Scirocco, era sospinta verso SW oltre la foce del torrente Botassano. La situazione si aggravò rapidamente negli ultimi decenni con la chiusura della discarica al Capo Caprazoppa e con l'ampliamento della via Aurelia (metà degli anni '80), determinando la scomparsa quasi totale della spiaggia delle Arene Candide.

Il porto di Loano

Inserendosi in un ambiente costiero già estremamente alterato nella sua dinamica litoranea naturale, la costruzione del primo porto a Loano, nel 1955, costituì un elemento catalizzatore dei fenomeni erosivi sviluppatasi all'interno dell'unità fisiografica. Nel 1990 è stato approvato il progetto di ampliamento del porto, con un aumento dello specchio acqueo interno da 45.000 a 190.000 m², per l'acquisizione di circa mille nuovi posti barca (Brizzolara et al., 1989). I lavori, in corso di ultimazione, si sono articolati in due direzioni: verso Levante, fino al confine amministrativo con il Comune di Pietra Ligure, e verso mare, con la costruzione di un nuovo molo sopraflutto, in massima parte sulla batimetrica dei 6 metri. Con la costruzione di tale molo si prevede che l'azione erosiva, dovuta al processo di diffrazione del moto ondoso sulla testata della diga sopraflutto, si concentri a Levante, nel Comune di Pietra Ligure.

Svariate sono state le indagini idraulico-marittime condotte sul porto e sull'area sottoflutto limitrofa: tra queste spiccano gli studi tramite modellazione numerica dell'Istituto di Idraulica Danese D.H.I. nel 1990 (Danish Hydraulic Institute, 1990) e nel '94 di H.R.Wallingford Ltd (HR Wallingford, 1994). Significativi sono i rispettivi risultati in termini di trasporto solido litoraneo, essendo questo uno degli agenti fondamentali nell'evoluzione della costa, direttamente correlato alla componente longitudinale del flusso di energia associata al moto ondoso in fase di frangimento.

I risultati mettono in luce come l'ampliamento portuale sia in grado di bloccare la quasi totalità del trasporto solido litoraneo entro la batimetrica dei 6.0 metri. Il volume dei sedimenti transitanti verso levante oltre la diga foranea del nuovo porto si riduce di circa il 90%, con un incremento annuo del deficit sedimentario superiore a 8000 m³ /anno.

L'evoluzione della spiaggia compresa tra il molo sottoflutto del porto ed i Cantieri Navali di Pietra Ligure conferma sostanzialmente le previsioni dei modelli numerici di trasporto solido: nel 1999 tale spiaggia risultava quasi scomparsa nella zona centrale con gravi danni alle strutture degli stabilimenti balneari (Fig. 2).



Figura 2 - Panoramica del porto di Loano da levante.

La diga soffolta

Di recentissima realizzazione e in parte ancora in corso di ultimazione è una barriera soffolta a Loano. E' questa un'opera marittima sommersa progettata al fine di predisporre un profilo di spiaggia atto a trattenere i versamenti di materiali per il ripascimento delle spiagge (Idra s.s., 1997). Obiettivo del progetto è quello di far frangere le onde incidenti sulla berma della struttura, per dissipare l'energia del moto ondoso e creare le condizioni per una spiaggia artificiale. Il progetto prevede, nei suoi caratteri generali, una diga soffolta composita in scogliera, impostata su fondali di circa 4 metri di profondità, con sommità a quota di circa 1.50 m sotto il l.m.m., parallela alla costa e da essa distante mediamente 150 m. Quindi una piattaforma di *tout-venant* di cava, posteriore alla soffolta, che si estende verso costa sino ad intercettare la batimetrica dei 2.0 m, al fine di contenere i versamenti artificiali. Infine una nuova spiaggia, ottenuta con opportuno materiale di riporto, con la linea di battigia a distanza di circa 70 m dal muro della passeggiata a mare. Recentemente sono stati effettuati ingenti ripascimenti della spiaggia con ghiaia di cava di dimensione media di 4-5 mm, per un volume di circa 45 m³ per metro lineare di spiaggia emersa. Seppure in tempi brevi si riesca ad incrementare l'ampiezza delle spiagge emerse, grazie a ripascimenti da effettuarsi con materiali di opportuna granulometria, ci si chiede quale sarà la risposta della spiaggia sommersa a tale intervento e quali saranno le ripercussioni sulla fascia costiera a lungo termine. Poiché il profilo morfologico di spiaggia, emersa e sommersa, evolve continuamente nel tempo in funzione delle caratteristiche meteomarine e idrodinamiche, una difesa rigida e solo parzialmente permeabile come la barriera soffolta progettata, non può che determinare al suo piede una maggiore turbolenza ed in definitiva erosione.

Evoluzione dei fondali

La sovrapposizione diretta delle configurazioni batimetriche storica del 1884 e più recente del 1979 (Delbono, 1998) ha restituito una mappa rappresentativa dell'evoluzione dei fondali e un bilancio sedimentario dell'ultimo secolo.

Lo studio morfologico delle suddette carte batimetriche ha messo in luce un progressivo aumento della pendenza dei fondali da W verso E nonché interessanti morfologie assimilabili ad incisioni dei fondali o testate di *canyons*, situate a ponente dell'attuale porto di Loano ed in prossimità dei 25 - 30 metri di profondità.

Nell'elaborato di Figura 3, sono state differenziate cinque classi di variazione, al fine di individuare aree stabili, aree in erosione e forte erosione, aree in accumulo ed in forte accumulo.

Si evidenziano così vaste aree in erosione dall'estremità occidentale considerata fino circa alla foce del torrente Maremola, entro una fascia batimetrica dei 15 - 20 metri. Tale marcato trend evolutivo di erosione è da mettere in relazione al diminuito apporto solido naturale ed all'intensificarsi degli interventi antropici sul litorale e sui bacini afferenti.

La vasta area di erosione che si estende con continuità a levante del porto di Loano fino ai fondali antistanti il comune di Borgio Verezzi, è dovuta senza dubbio al mancato apporto sedimentario, bloccato nel suo trasporto verso levante (secondo la direzione prevalente del drift litoraneo) dalla diga foranea del porto, per il quale si conferma un notevole impatto.

Per quanto riguarda le aree di accumulo, queste sono molto ridotte in numero ed estensione: a ponente del porto di Loano, sono localizzate soprattutto entro una ristretta fascia dei - 10/-20 metri, allungate perpendicolarmente alla linea di costa, probabilmente a riempimento di canali erosivi. Piccoli accumuli a profondità minori, di circa 5 metri, sono costituiti da materiali portati dal torrente Varatella.

Sui fondali antistanti il porto di Loano, tra i 4 ed i 10 metri di profondità, si trova un'area di accumulo allungata parallelamente alla linea di costa. Questa è la zona dove si deposita il materiale più grossolano proveniente da SW, per opera delle *longshore currents*. A causa della presenza del porto, tale materiale viene portato a profondità tali da non riuscire più ad essere rimobilizzato, venendo quindi sottratto alla dinamica lungo costa ed alla alimentazione della spiaggia sottoflutto.

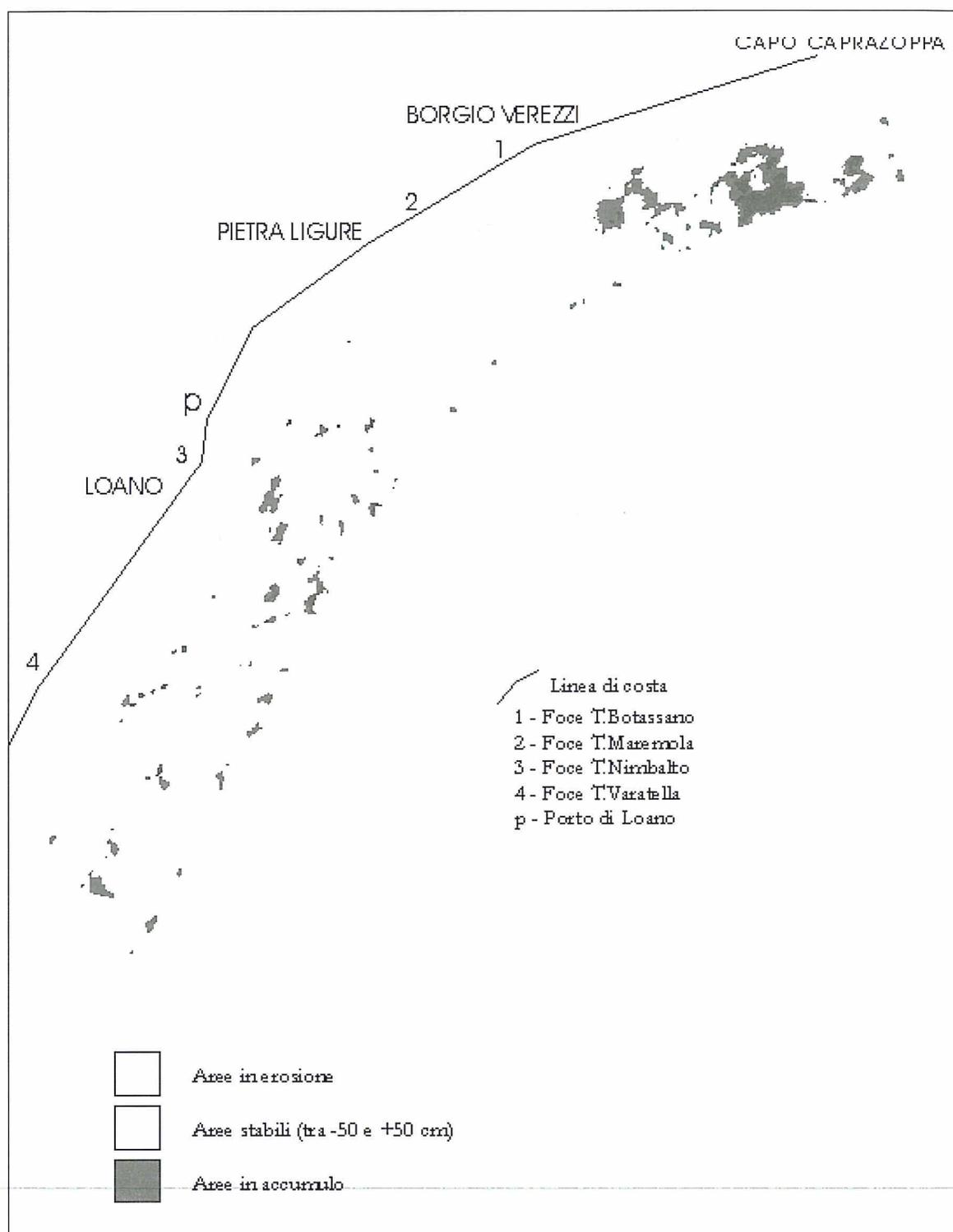


Figura 3 - Confronto fra le batimetrie del 1884 e del 1979.

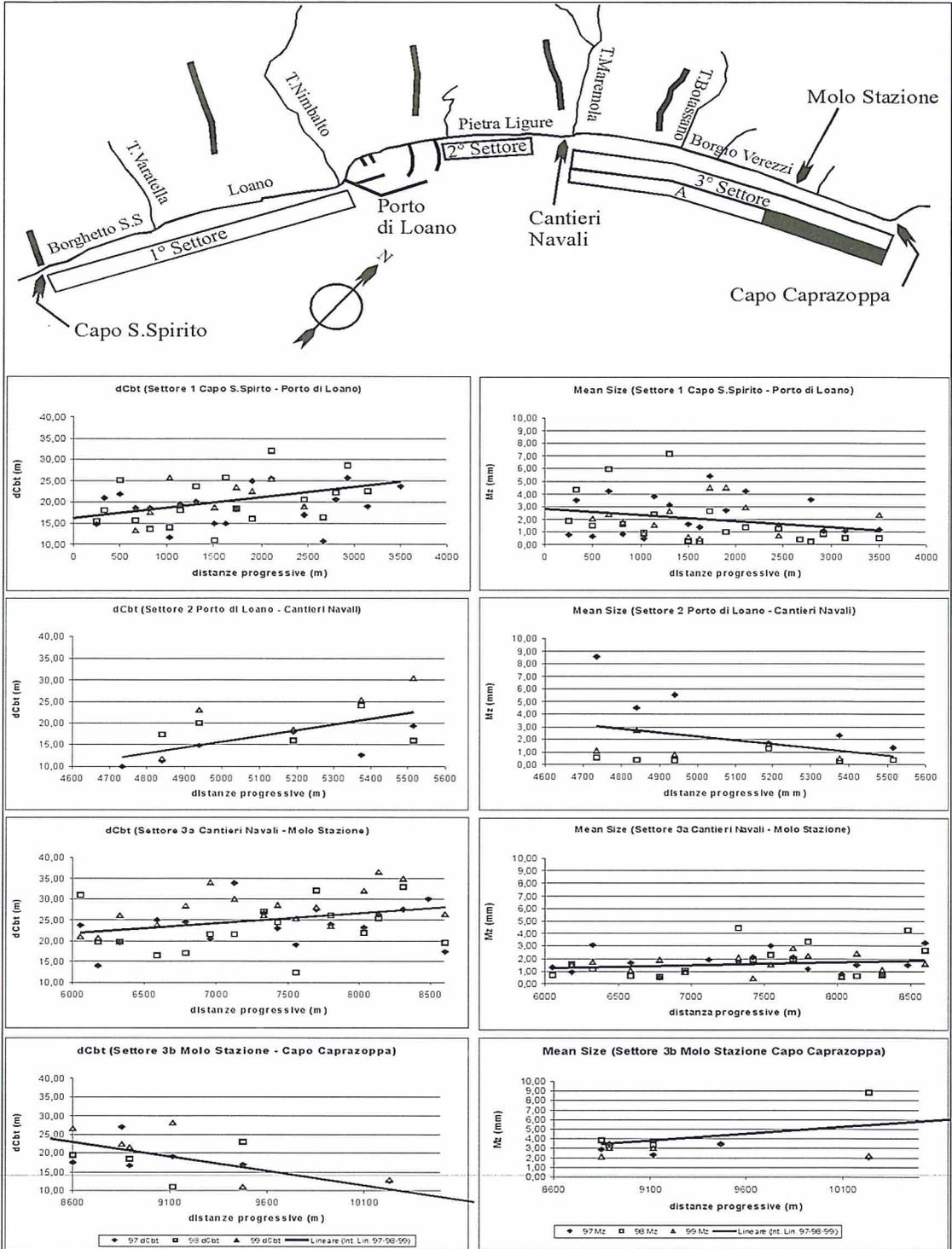


Figura 4 - Grafico a dispersione dell'andamento della Mean Size e dCbT per i settori di costa individuati.

Infine, all'estremità di levante dell'area di studio, dalla foce del torrente Botassano al Capo Caprazoppa, l'elaborato evidenzia un'ampia zona in forte accumulo, dai 5 ai 30 m di profondità. Questa suggerisce una zona di convergenza dei drift prossimali di scirocco e di libeccio, poiché si tratta di un settore costiero, orientato sulla direttrice E-W, molto esposto sia alla traversia di Libeccio che di Scirocco. Su tale accumulo sedimentario, per il quale ha senza dubbio contribuito l'attività di discarica artificiale dei materiali derivanti dalla cava Ghigliazza, che insiste sul promontorio della Caprazoppa, è stata effettuata un'indagine sismica-sedimentologica (Fig. 6).

Studio morfo-sedimentologico della spiaggia emersa

A partire dal 1997 sono state realizzate in totale sei campagne di monitoraggio costiero della spiaggia emersa: quattro invernali, durante le quali sono stati effettuati i profili morfologici (tranne per la campagna 2000) secondo il metodo delle coltellazioni, e due estive di misurazione dell'ampiezza delle spiagge, dal retrospiaggia alla battigia.

È stata realizzata una rete di 48 capisaldi con distanza media di 150 - 200 metri l'uno dall'altro: a causa della grande frequenza di opere di difesa costiera trasversali, i capisaldi sono stati posizionati in modo da effettuare profili morfologici perpendicolari al tratto mediano delle falcate di spiaggia compresa tra due pennelli consecutivi. Al fine della caratterizzazione granulometrica della spiaggia emersa, sono stati prelevati campioni di sedimento superficiale di battigia, in condizioni di moto ondoso trascurabile. Realizzate le analisi tessiturali dei campioni, dall'elaborazione statistica dei dati granulometrici si sono ricavati per ogni campione gli istogrammi costruiti con gli intervalli (proposti da Wentworth) delle classi granulometriche del trattenuto espresso in percentuale, le curve di frequenza cumulative e i principali parametri statistici delle distribuzioni granulometriche, parametri tutti fondamentali per una corretta interpretazione delle caratteristiche tessiturali dei campioni (Mc Cammon, 1962). Per caratterizzare inoltre la frazione più grossolana dei sedimenti di spiaggia emersa (Carobene e Brambati, 1975), sono stati misurati i centili di berma ordinaria e di berma di tempesta, secondo il metodo del centile o del quadrato multiplo (Cailleux, 1945).

Le analisi tessiturali dei campioni di sedimenti di spiaggia emersa e l'analisi morfologica quantitativa hanno consentito l'individuazione di tre settori di costa ben differenziati dal punto di vista dell'idrodinamica costiera. I dati sperimentali raccolti nel corso degli anni 1997-2000 sono stati messi a confronto su grafici riassuntivi: a titolo di esempio si riportano in Figura 5 i grafici a dispersione di dCbt (distanza della cresta di berma di massima tempesta dalla linea di battigia) e *Mean Size* (granulo medio), suddivisi per settori costieri. Dall'analisi comparata dei diversi parametri, si conclude quanto segue:

- 1) Il settore più occidentale, tra Capo S. Spirito e il porto di Loano, è il più riparato dalle traversie di Libeccio. È il settore più frazionato da numerosi pennelli tali da delimitare tante piccole unità a se stanti, poco comunicanti tra loro, alimentate prevalentemente da materiali di discarica e mantenute stabili o in incremento dai soli interventi antropici che si ripetono ad alta frequenza nel corso dell'anno. Le spiagge emerse sono a scarsa dinamica trasversale, hanno un marcato assetto riflettivo in regime estivo e non raggiungono pienamente un assetto dissipativo in inverno;
- 2) Il settore posto sottoflutto al porto di Loano, fino ai Cantieri Navali di Pietra Ligure, si trova in una configurazione fortemente alterata dalla presenza del porto: esso non riceve più alcuna alimentazione da SW, essendo la diga foranea del porto un ostacolo invalicabile per la maggior parte (circa il 90%) del trasporto solido litoraneo che si sviluppa entro i 6 metri di profondità e risulta pertanto in grave crisi erosiva, pur essendo riparato dalle ondatazioni di Libeccio. L'evoluzione della spiaggia compresa tra il molo sottoflutto del porto ed i Cantieri Navali di Pietra Ligure conferma sostanzialmente le previsioni dei modelli numerici di trasporto solido: nel 1999 tale spiaggia risultava quasi scomparsa nella zona centrale con gravi danni alle strutture degli stabilimenti balneari. Nel complesso è questo il settore in maggiore crisi, dove si è osservata (Maifredi, 2000) una costante diminuzione della ampiezza delle spiagge fino ad un 23% in meno rispetto al 1997 (Fig. 5). È da tenere pre-

sente che durante gli anni di monitoraggio in questo settore, contrariamente agli altri, non sono stati realizzati versamenti significativi di sedimento;

3) Complessivamente le spiagge emerse del terzo settore, a levante del porto, mantengono un assetto dissipativo, in quanto più esposte alle traversie dei mari sia del II sia del III quadrante e soggette ad una maggiore dinamica trasversale, pur essendo protette a mare da un'estesa *beach rock*. La tendenza generale di questo settore è stata di un leggero ampliamento negli anni '98 e '99 rispetto al '97, grazie ad alcuni versamenti nei pressi del T. Maremola e del molo della Stazione di Borgio V. L'ultima campagna di monitoraggio costiero del 2000 indica tuttavia una diminuzione di ampiezza di circa il 9%. Se ne deduce che la tendenza naturale sia erosiva, contenuta annualmente tramite interventi morbidi di ripascimento artificiale. Dallo studio dei parametri morfometrici ed in particolare dalle distanze delle berme di tempesta, si rileva un'importante influenza del muraglione di sostegno della Via Aurelia nel tratto precedente il Capo Caprazoppa, costruito direttamente sulla *beach rock*, contro il quale si riflette il moto ondoso.

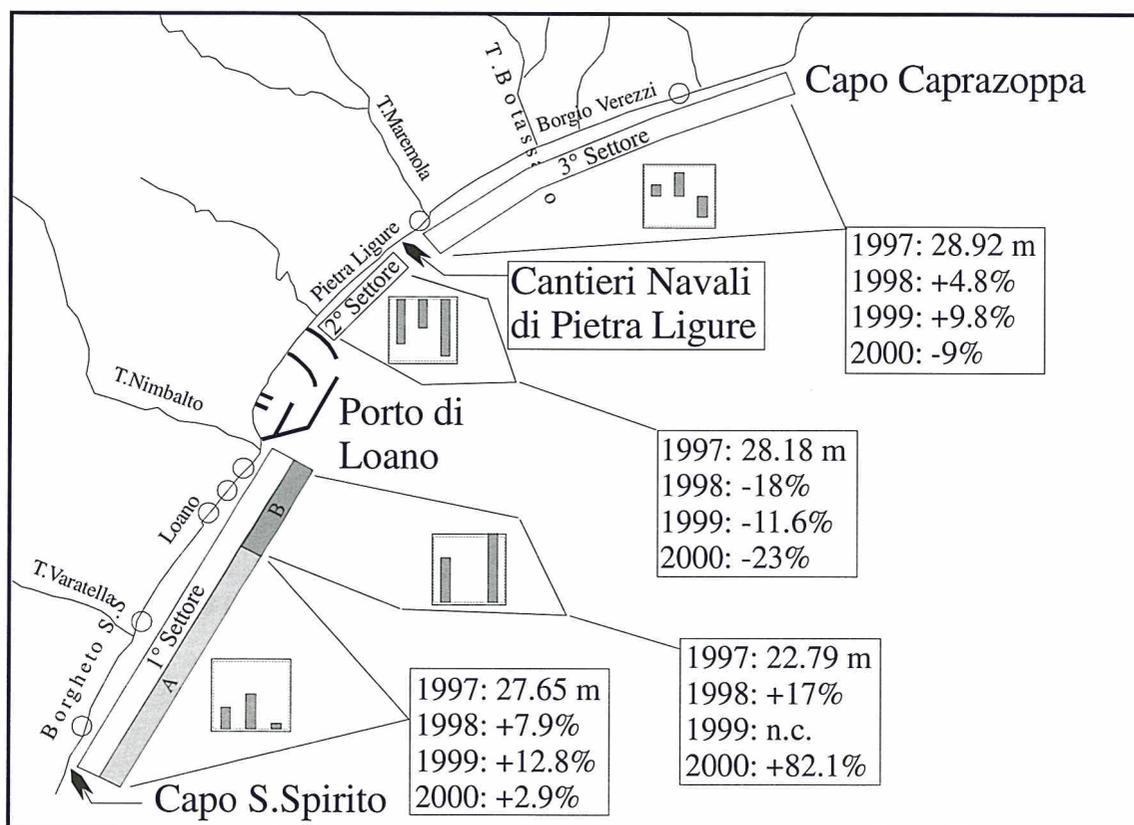


Figura 5 - Riassunto avanzamento-arretramento spiagge emerse dal 1997 al 2000.

L'accumulo sottomarino di Capo Caprazoppa

Nella principale zona di accumulo individuata dai confronti batimetrici sono stati eseguiti 13 profili sismici paralleli alla costa con interasse medio di 50 m e 5 profili perpendicolari, di verifica, con interasse di 200 m, per la caratterizzazione del sedimento costituente l'accumulo ai fini di un suo possibile prelievo per il ripascimento delle spiagge emerse in erosione.

L'analisi interpretativa condotta sui profili sismici, sia in analogico sia in digitale, ha permesso di evidenziare il prisma sedimentario superficiale e le sue caratteristiche morfologiche e sismostratigrafiche. Il corpo sedimentario è definito geometricamente dalla interfaccia acqua-sedimento al top e

da un orizzonte (definito orizzonte A) alla base. Le caratteristiche acustiche sia riferite al fondo marino sia all'orizzonte A presentano una notevole continuità spaziale del segnale anche al variare della batimetria. Ciò implica una uguale risposta di tipo acustico, che nel caso dell'interfaccia acqua-sedimento definisce una grande omogeneità tessiturale dei sedimenti. Il tipo di segnale a forte riflettività è coerente con le caratteristiche dei campioni prelevati in corrispondenza di f_x delle linee sismiche, in quanto la presenza di sedimento fortemente classato e la mancanza di materiale coesivo permette la maggiore compattazione e quindi il maggior contrasto di impedenza acustica. La facies acustica del corpo sedimentario, caratterizzata da una forte trasparenza e dalla mancanza di orizzonti interni continui, denota l'assenza di alternanze di corpi con caratteristiche differenti. Queste caratteristiche sono riassunte nel profilo-tipo di Figura 6.

L'interpretazione dei profili sismici ha permesso di definire:

- una carta delle isobate dell'orizzonte A, substrato d'appoggio del prisma sedimentario;
- una carta delle isopache (linee di uguale spessore) dei sedimenti.

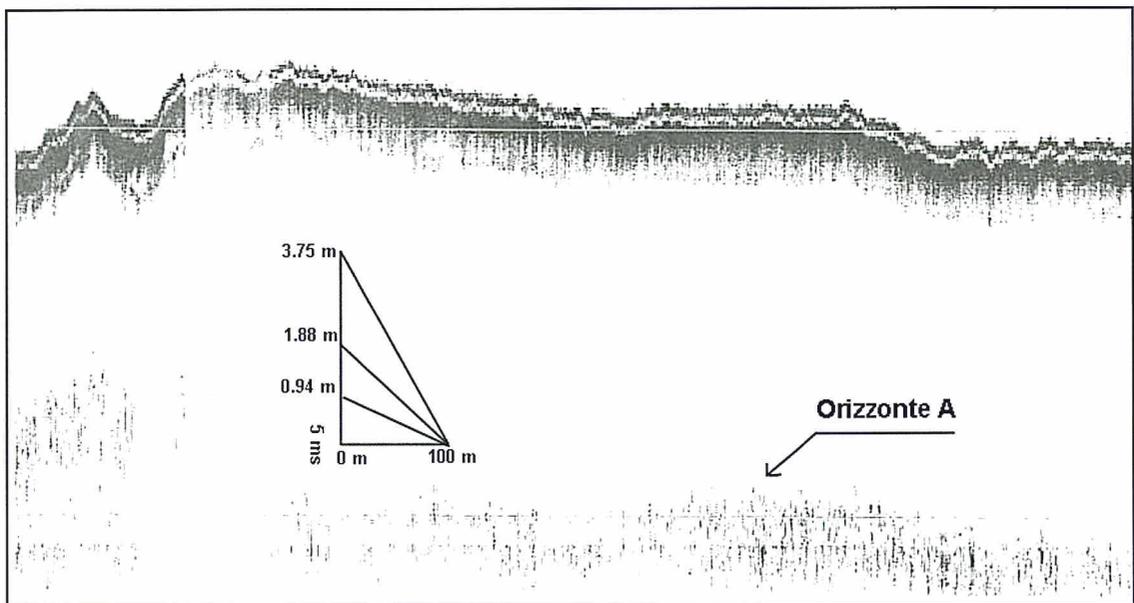


Figura 6 - Profilo sismico dell'accumulo antistante il Capo Caprazoppa (conc. Regione Liguria). Si può notare l'omogeneità del sedimento fino all'orizzonte A, riflettente.

Carta delle isopache dei sedimenti

Questa risulta essere particolarmente significativa, in quanto rappresentativa dello spessore del corpo sedimentario delimitato dall'orizzonte A. Il maggior spessore di sedimenti è situato lungo una fascia parallela alla linea di costa su batimetrie comprese tra -10 m e -15 m.

La morfologia dell'accumulo risente delle modalità di trasporto dei sedimenti e della posizione dei punti di apporto sedimentario. Si possono individuare tre zone di accumulo maggiore:

- la prima in corrispondenza della foce del Torrente Botassano;
- la seconda, di maggiore estensione, poco a levante della stazione di Borgio Verezzi;
- la terza di fronte al cimitero di Finale Ligure.

Lo spessore del corpo sedimentario individuato raggiunge un massimo di quasi 9 m. Questo dato non è da intendersi come spessore del materiale utilizzabile, ma indica soltanto la presenza di un sedimento con caratteristiche omogenee dal punto di vista fisico. Dall'andamento delle batimetrie si evince che tale sedimento va a riempire delle depressioni presenti nell'orizzonte A, rendendo il fondale morfologicamente omogeneo.

In base alle risultanze delle indagini sismica e batimetrica, si è proceduto al prelievo di 11 campioni di sedimento per poter definire le caratteristiche tessiturali dell'accumulo principale individuato. Un prelievo è stato effettuato anche nella zona di accumulo di fronte alla foce del T. Botassano per confronto con gli altri campioni. A causa della natura del sedimento, non è stato possibile utilizzare un carotiere a gravità; infatti diverse prove effettuate con questo non hanno dato esiti positivi, restituendo il carotiere vuoto. Per questo motivo il campionamento è stato effettuato tramite benna "Shipeck", prelevando solo la porzione superficiale dell'accumulo.

Analisi granulometriche

Le analisi tessiturali hanno messo in evidenza come i campioni prelevati entro la batimetrica dei 20 m siano molto omogenei e siano costituiti da sabbia finissima molto ben classata compresa tra 0,063 e 0,250 mm. Le frazioni granulometriche > 250 micron e quelle < 63 micron sono praticamente trascurabili. Particolarmente interessante il fatto che, pur rimanendo nel campo delle sabbie finissime, i sedimenti prelevati a profondità intorno ai 20 metri sono leggermente più grossolani rispetto a quelli più prossimali, compresi tra 10-12 metri. Questo fatto è riscontrabile maggiormente nel settore di levante.

Nei campioni prelevati a profondità maggiori (25-30 m) la frazione fine diventa quantitativamente importante al punto da rendere i sedimenti non utilizzabili per operazioni di prelievo ai fini di ripascimento.

Tabella 1 - Caratterizzazione sedimentologica dei campioni dell'accumulo sommerso.

Segla Campione	Profondità [m]	% frazione fine	Mean Size [mm]
C1	-10	2,8	0,123
C2	-20	2,9	0,155
C3	-30	25,6	0,081
C4	-10	4,0	0,132
C5	-13	2,9	0,142
C6	-17	25,7	0,070
C7	-25	42,4	0,065
C8	-30	47,4	0,043
C9	-10	2,6	0,140
C10	-20	4,6	0,131
C11	-30	58,1	0,053
C12	-12	4,8	0,113

Conclusioni

Lo studio della fascia costiera compresa tra Capo S. Spirito e Capo Caprazoppa fornisce un quadro ben definito sull'evoluzione recente del litorale, in base al quale si può concludere una generale tendenza erosiva ed un'importante influenza delle opere antropiche sull'equilibrio del litorale.

In tale fascia costiera si inseriscono numerose opere antropiche di difesa costiera che hanno frazionato ed irrigidito il litorale, alterando la dinamica costiera delle *longshore currents*, spesso accentuando la tendenza erosiva comune a tutta la costa ligure. Gli interventi antropici sugli arenili, concentrati temporalmente nell'ultimo secolo, quali la costruzione della linea ferroviaria e della statale Aurelia, le opere rigide di difesa, il porto turistico di Loano ed il suo attuale ampliamento, la diga soffolta, non hanno risparmiato alcun tratto di litorale. A Ponente, più gravosi sono i danni procurati da un'intensa urbanizzazione che ha sottratto ampi spazi alla fascia dinamica del moto ondoso, mentre a Levante sono più preoccupanti le problematiche di degrado ambientale connesse ad una attività di cava ormai secolare. E' soprattutto il porto di Loano, con il suo attuale ampliamento, che influenza sensibilmente l'assetto e la dinamica costieri, poiché costituisce un grave ostacolo alla deriva litoranea, con gravi conseguenze erosive per i litorali sottoflutto.

All'alternarsi dei processi di avanzamento e arretramento della spiaggia emersa connessi ad interventi antropici, comprensivi di strutture rigide di difesa costiera e interventi morbidi di ripascimento artificiale, corrisponde un costante trend erosivo delle spiagge sommerse particolarmente marcato entro l'isobata dei 20 metri.

Bibliografia

- Aquater S.p.A. (1987) - *Quadro organico di orientamento per la formulazione di interventi per il riassetto della fascia costiera*. Regione Liguria, Servizio Pianificazione Territoriale.
- Ascari M., Baccino L., Sanguineti G. (1937) - *Variazioni storiche della linea di battigia della Riviera Ligure di Ponente*. Estr. da "Le spiagge della Riviera Ligure". CNR, Roma. 312 pp.
- Bianchi C.N., Peirano A. (1995) - *Atlante delle fanerogame marine in Liguria: Posidonia Oceanica e Cymodocea Nodosa*. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia.
- Brizzolara E., Gentilomo M., Stura S., Viola P. (1989) - *Progetto del porto turistico di Loano: relazione tecnica generale*. Portobello S.p.A. Milano.
- Cailleux A. (1945) - *Distinction des galets marins et fluviaux*. Bull. Soc. Geol. France, 15: 375-404.
- Carobene L., Brambati A. (1975) - *Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge*. Boll.Soc.Geol.It.94: 479-493.
- Danish Hydraulic Institute (1990) - *Hydraulic studies for development and extension of Loano harbour. Final report, June 1990*. Report prepared for Portobello S.p.A., DHI-6334.
- Delbono I. (1998) - *Evoluzione recente del litorale tra Capo Santo Spirito e Capo Caprazoppa (Liguria Occidentale): l'influenza del porto di Loano*. Tesi di Laurea in Scienze Ambientali ad indirizzo Marino, Università degli Studi di Genova.
- HR Wallingford (1994) - *Pietra Ligure Coastal Study*. Report prepared for Cooperativa Pietrese Concessionari del Demanio Marittimo s.r.l. Final Report EX 3091, November 1994.
- Issel A. (1882) - *Antiche linee litorali della Liguria*. Boll. Soc. Geol. It., 1: 222-232.
- Issel A. (1911) - *L'evoluzione delle rive marine in Liguria*. Boll. Soc. Geogr. It., Roma. Fasc. IX - X - XI - XII.
- Idra s.s. (1997) - *Comune di Loano (SV): opere a mare di supporto e contenimento di ripascimenti artificiali*. - Istruttoria ai sensi del D.M. 24.01.1996 All. B/1 e B/2. Relazione tecnica, Idra s.s., Ricerche e Consulenze Ambientali, Genova.
- Maifredi A. (2000) - *Evoluzione recente del litorale nella Liguria di ponente: l'impatto delle opere antropiche - Litorale tra Capo S.Spirito e Capo Caprazoppa*. - Tesi di dottorato in Scienze Ambientali (Scienza del Mare) XII Ciclo, Università degli Studi di Trieste, Consorzio Trieste, Genova, Urbino.
- Mc Cammon (1962) - *Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting of sedimentary particles*. Journal of Geology 70: 453-465.

Manoscritto ricevuto il 29/6/2000, accettato il 13/9/2000.