

Risposta di una spiaggia all'applicazione di un drenaggio artificiale: il BMS di Alassio

Dan Bowman ¹, Deborah Bresci ², Chiara Danese ², Serena Ferri ², Enzo Pranzini ² e Lorenzo Rossi ²

¹ Dept. of Geography, Ben-Gurion University of the Negev, P.O. Box 653, Beer Sheva - 84105, Israele.

² Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, Borgo Albizi, 28 - 50132 Firenze. E-mail: epranzini@unifi.it

Riassunto

Un sistema di drenaggio artificiale (BMS) è stato in funzione, dal Marzo 2004 al Marzo 2005, su di un tratto di spiaggia lungo circa 200 m del litorale di Alassio. In questo periodo il settore drenato ed un tratto adiacente di controllo sono stati oggetto di un monitoraggio effettuato con rilievi topografici e con videocamera. I rilievi topografici della spiaggia emersa e sommersa sono stati eseguiti nel Febbraio e nel Novembre 2004 e nel Marzo 2005; mentre due telecamere acquisivano 3 immagini al giorno per ciascun tratto.

Per il periodo di monitoraggio sono stati acquisiti i dati ondametrici della boa Cote d'Azur di Meteo-France, posta al largo di Mentone su di un fondale di 2300 m e ad una distanza di 73 km da Alassio in direzione SW.

Dai dati topografici sono stati generati 3 modelli digitali del terreno il cui confronto ha consentito la valutazione dell'evoluzione volumetrica della spiaggia. Le immagini acquisite dalle telecamere sono state ortorettificate e, tramite fotointerpretazione a video, sono state tracciate le linee di riva di 5 giorni consecutivi di mare calmo per ogni mese e confrontate le loro posizioni medie fra i due settori.

Il confronto fra i rilievi topografici diretti indica che alla fine del periodo di studio (fine Marzo 2005) la linea di riva del tratto sperimentale era avanzata di 1.2 m rispetto al momento iniziale (Febbraio 2004), mentre quella del tratto di controllo era arretrata di 1.3 m. Il tratto sperimentale ha subito un innalzamento medio del profilo di 28 cm, mentre quello di controllo è rimasto praticamente stabile (-3 cm).

L'analisi delle variazioni mensili della linea di riva produce risultati assai più contrastanti e tali da ridurre la significatività dei confronti effettuati fra l'inizio e la fine del monitoraggio.

Le variazioni mensili della linea di riva sono risultate assai maggiori, sia in senso positivo che negativo, di quelle verificatesi fra l'inizio e la fine dell'esperimento. Comunque, in quasi tutti i casi la spiaggia sperimentale avanzava di più di quella di controllo nelle fasi accretive e arretrava di meno in quelle erosive, fatta eccezione per il periodo Novembre - Dicembre, caratterizzato da intense mareggiate, quando la spiaggia sperimentale arretrò di 4.1 m, mentre quella di controllo avanzò di 3.9 m.

La minore ampiezza della spiaggia sperimentale può essere stata responsabile della forte perdita di sabbia avvenuta durante questi eventi meteomarini, quando le onde arrivavano a lambire il muro della passeggiata.

Questo divario venne immediatamente recuperato nel Gennaio 2005, relativamente calmo, ed anche gli eventi erosivi successivi videro la spiaggia sperimentale arretrare meno di quella di controllo.

I risultati, nel loro complesso, indicano che il BMS ha esercitato una sensibile funzione di stabilizzazione del litorale, dato che la posizione media della linea di riva sulle 14 misure effettuate risulta avanzata, nel tratto sperimentale, di 0.9 m, mentre nel tratto di controllo si colloca 3.4 m più indietro della posizione di partenza. Comunque, la variabilità intrinseca della risposta ai vari eventi meteomarini non consente di formulare una valutazione definitiva dell'efficacia di questo sistema.

Parole chiave: spiagge drenate, Beach Management System, Alassio.

Abstract

A BMS/Beach Management System (artificial beach draining system) has been operative on a 200 m long beach section in the coast of Alassio, from March 2004 to March 2005. During this period, both the drained sector and an adjacent control beach have been monitored by means of topographic surveys and videocamera stations.

Topographic surveys were performed on the emerged and submerged beach in February 2004, November 2004 and March 2005, and two videocameras took 3 images daily at each sector. Hourly wave and tidal data were obtained during the monitoring period from the buoy of Côte d'Azur/Meteo-France, placed at a 2300 m deep sea, offshore Mentone, 73 km SW from the shore of Alassio.

Beach and nearshore topographical data were elaborated into three Digital Terrain Models, and the volumetric evolution of the beach was evaluated. Images acquired from the videocameras were orthorectified; the shoreline position on 4 consecutive calm days was identified each month by means of video photointerpretation, and the average monthly position of the shoreline was compared between the drained and the control sectors.

The comparison between the topographical surveys indicates that at the end of the study (end of March 2005) the shoreline in the experimental sector advanced 1.2 m from its initial position (February 2004), whereas the shoreline of the control sector remained practically stable (-3 cm).

The analysis of monthly variations of the shoreline position shows rather contrasting results, reducing the significance of comparisons between the beginning and the end of the monitoring period.

Monthly variations of the shoreline position were larger, both negative and positive, than those observed between the beginning and the end of the experiment. However, in almost all the cases, the experimental beach accreted more than the control sector in the accreting phases, and retreated less in the erosive phases, except for the period November-December 2004 (characterized by extreme storm events) when the drained beach retreated 4.1 m whereas the control sector accreted 3.9 m. This gap was immediately recovered in January 2005, when relative calm weather was recorded. In the successive erosive events the experimental beach retreated less than the control sector.

The narrow experimental sector could have been responsible for the large loss of sand during storms, when waves reached at the sidewalk walls.

The results indicate that the BMS performed the role of stabilizing the beach: within the 14 measurements taken, the mean shoreline position advanced 0.9 m on the experimental sector whereas it retreated 3.4 m on the control sector. However, the variability of the responses to storm events does not allow to evaluate the efficacy of the draining system.

Keywords: *drained beaches, Beach Management System, Alassio.*

Introduzione

Il progredire dell'erosione dei litorali in aree di rilevante valore paesaggistico e lo scarso consenso che ricevono oggi i sistemi di difesa basati su opere rigide hanno spinto i ricercatori a sperimentare interventi "morbidi" di protezione del litorali (Goudas et al., 2003). Fra questi rientrano i sistemi di drenaggio artificiale della spiaggia, che, dopo numerosi test effettuati sia in natura che in canale, hanno visto numerose applicazioni in Nord Europa, Nord America ed in Australia.

L'esistenza di una correlazione fra livello della falda ed erosione della spiaggia era già stata messa in evidenza da Bagnold nel 1940, ma è solo negli anni '90 che inizia una sperimentazione per valutare le potenzialità di questi concetti nello sviluppo di sistemi di difesa dei litorali.

L'infiltrazione dell'acqua di *run-up* sulla battigia riduce il flusso di ritorno e quindi le possibilità di trasporto dei singoli granuli verso mare (Waddell, 1976). L'incremento di questa infiltrazione può essere ottenuto con sistemi di drenaggio posti in profondità in corrispondenza della battigia, come sperimentato a Hirtshal, Danimarca, (Vesterby, 1994), a Sailfish Point, Florida, (Terchunian, 1990) e a Sidney, Australia (Davis et al., 1992).

Anche se in molti casi una risposta della spiaggia all'installazione del drenaggio è stata sensibile, con un incremento di volume della spiaggia emersa, una progradazione della linea di riva ed un aumento della pendenza della battigia, Turner e Leatherman (1997), analizzando i diversi impianti realizzati nel mondo, concludono che *the early promise of the beach dewatering concept is yet to be adequately demonstrated at the prototype scale.*

Nei sistemi commerciali oggi in funzione il tubo drenante viene posto in corrispondenza della battigia ad una profondità compresa fra 1.5 e 2.5 m sotto al livello del medio mare e il suo svuotamento effettuato grazie ad una pompa posta nel pozzetto di raccolta. Si ha notizia anche di un test effettuato in Giappone con tubi drenanti ortogonali a riva che si svuotano grazie al gradiente idraulico che si sviluppa fra la *nearshore*, dove si ha il *set-up* e la zona *offshore*, soggetta a *set-down* (Katoh et al., 2001).

Il drenaggio dello strato superficiale lo si può ottenere anche favorendo la circolazione idrica fra i vari livelli che costituiscono la spiaggia, con tubi drenanti verticali infissi nel corpo sedimentario (Pressure Equalization Module), sistema impiegato in alcune spiagge della Danimarca (Burcharth, 2003), Svezia e Malesia.

In Italia, negli ultimi anni, sono stati realizzati alcuni impianti con tubi drenanti del tipo tradizionale e commercializzati con il nome di Beach Managing System (BMS): Ostia, Procida, Fiumi Uniti e Alassio. Al momento, nessun monitoraggio indipendente è stato pubblicato su questi interventi, anche se esso è in corso da parte di numerose università.

In questo lavoro si presentano i risultati di un anno di osservazioni effettuate sulle spiagge di Alassio a seguito dell'installazione del BMS, che è stato operativo dal Marzo 2004 al Marzo 2005; in particolare viene analizzata la risposta morfologica della spiaggia in termini di spostamento della linea di riva e di variazioni di volume della spiaggia emersa. Un'altro approccio alla valutazione dell'efficacia del BMS si basa sullo studio della morfodinamica del tratto sperimentale in confronto con quella che caratterizza il tratto di controllo, argomento questo oggetto di una pubblicazione in corso di stampa (Bowman et al., in prep.).

L'area di studio

Il litorale di Alassio si estende per circa 3 km a sud di Capo Santa Croce e presenta un'orientazione NE – SW (Fig. 1). Il profilo batimetrico è caratterizzato da pendenze modeste fino agli 8 - 10 m di profondità, dove inizia una scarpata che porta rapidamente il fondale oltre i 20 m (Fig. 2).

La costa è esposta direttamente ai mari di Libeccio, che però, sulla base dei dati del KMNI, risultano essere poco frequenti (Fig. 1). Le mareggiate più frequenti ed intense provengono da NE e da SW, direzioni per le quali la spiaggia di Alassio è protetta dal delta del Centa e dall'Isola Gallinara, da un lato, e da Capo Mele, dall'altro. Le onde subiscono quindi una intensa diffrazione e giungono a riva assai attenuate, come mostra la scarsa quota della berma, che solo raramente supera 1.7 m. Questa modesta elevazione della berma è anche il risultato del fatto che la spiaggia è estremamente stretta e bordata per tutta la sua estensione da edifici o dalla passeggiata a mare, tanto che durante gli eventi estremi le onde raggiungono le pareti riflettenti determinando così il troncamento del profilo. Le foto storiche mostrano un arenile più ampio, ma la ricostruzione della linea di riva, almeno per il dopoguerra, indica una sostanziale stabilità ed è probabile che parte della spiaggia sia stata occupata dalle costruzioni. Indagini sedimentologiche condotte nel Febbraio e nel Novembre 2004 mostrano una notevole variabilità temporale dei sedimenti di questo litorale, in particolare di quelli presenti sui fondali. La spiaggia emersa è costituita in prevalenza da sabbia fine, con dimensioni medie (M_z) quasi ovunque comprese fra 2.0 e 2.5 phi ($0.25 \div 0.17$ mm), anche se localmente si ritrovano elementi ghiaiosi che fanno innalzare i valori di M_z fino a 0 phi (1 mm), mentre quelli del 1° percetile raggiungono anche i -4 phi (16 mm). La Classazione (σ_r), generalmente inferiore a 1, può superare in questi casi il valore di 2.5 phi.

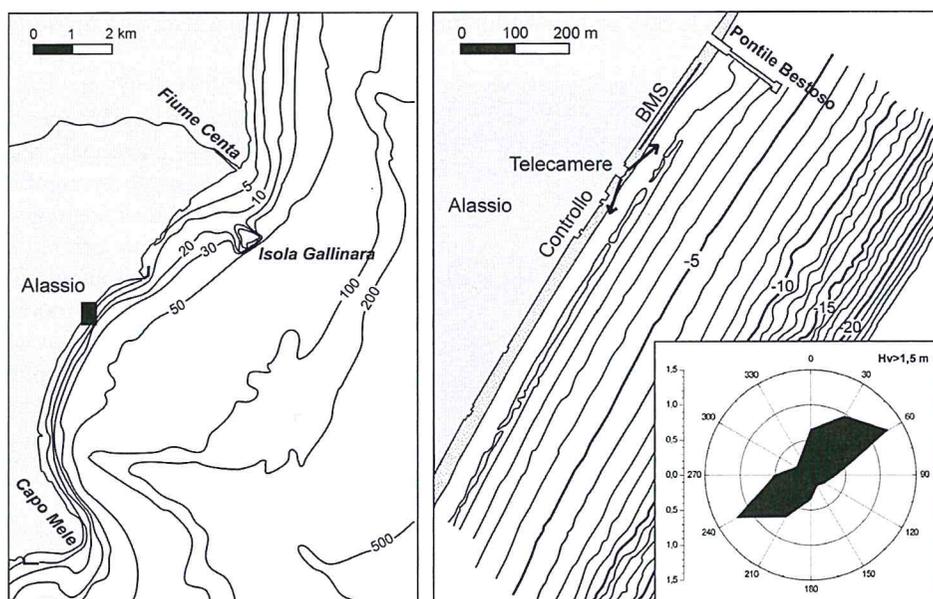


Figura 1 - Posizione dell'area di studio e, nel riquadro in basso a destra, distribuzione direzionale delle onde con $H_v > 1.5$ m ($H_s > 1.7$ m) al largo di Alassio dai dati KMNI del periodo 1961 ÷ 1980.

I sedimenti campionati nel Febbraio sui fondali antistanti mostrano una notevole eterogeneità, con una fascia di sabbia molto grossolana, con valori di Mz che raggiungono -0.5ϕ , e poco classata ($\sigma_1 > 2.5 \phi$) in corrispondenza di una barra, in realtà appena pronunciata; mentre nel Novembre successivo si ritrovavano solo sabbie molto fini ben classate.

L'arco sabbioso è interrotto dal Pontile Bestoso, con una radice impermeabile lunga una ventina di metri che sporge leggermente dalla linea di riva e che prosegue poi per circa 120 m su pali. A nord di questo, in anni recentissimi, è stata costruita una difesa parallela sommersa in tubi di geotessile riempiti di sabbia, ma non si hanno dati sulla risposta che ha avuto la spiaggia a questo intervento.

Per ampliare l'arenile, e dare così risposta ad una crescente necessità dell'industria turistica, l'Amministrazione Comunale ha recentemente intrapreso una sperimentazione con il Beach Management System (BMS) ed ha chiesto all'Università di Firenze di effettuare il monitoraggio su di un primo breve tratto sperimentale per valutarne l'efficacia.

Il BMS è stato installato a sud Pontile Bestoso (Fig. 2) per una lunghezza di 197 m e posto ad una profondità di circa 1.5 m (Fig. 3). I tubi drenanti, del diametro di 160 mm, sono immersi in un livello di ghiaietto e si raccordano con un pozzetto posto all'estremità interna della spiaggia; da qui l'acqua, superato un certo livello, viene pompata in una condotta preesistente e scaricata in mare in corrispondenza del pontile. Il pozzetto è posto nella parte centrale del tratto e due coppie di tubi, distanziati circa 1 m l'uno dall'altro, lo raggiungono drenando ciascuna metà del settore interessato.

Le mareggiate che si sono susseguite nell'autunno 2003 - inverno 2004 hanno ritardato l'installazione del BMS, prevista per l'Ottobre 2003, e, alla fine, hanno costretto ad una ubicazione non ottimale, con una spiaggia estremamente ridotta e non lontano dal muro di retta della passeggiata, che, in occasione di eventi estremi, è stato lambito dalle onde. Ciò, come vedremo, può aver influenzato l'efficacia dell'opera.

Materiali e metodi

Lo studio della risposta della spiaggia di Alassio all'installazione del BMS è avvenuta effettuando rilievi sul settore interessato (sperimentale) e su di un settore adiacente (di controllo) esposto in ugual modo al moto ondoso. I due settori sono separati da una zona di *buffer* lunga 220 m, in modo che gli effetti laterali del BMS, siano essi positivi che negativi, non arrivino ad influenzare il comportamento del settore di controllo. L'unica differenza fra i due settori è legata all'ampiezza dell'arenile: al momento dell'installazione (Febbraio 2004) il settore sperimentale era ampio in media 18.5 m contro i 25.7 m del settore di controllo.

Tutto il tratto di litorale è stato oggetto di tre rilievi batimetrici (Febbraio 2004, Novembre 2004 e Marzo 2005) effettuati con GPS in modalità RTK fino ad una profondità di 2.5 m ed estesi a terra con Stazione Totale Wild TC2000.

Nel Gennaio 2004 sono state installate due telecamere del sistema DigiMapper 500 sulla terrazza di un albergo posto nella zona di *buffer* in modo da poter osservare entrambi i settori (Fig. 4). Le immagini acquisite ogni giorno alle 8.00, 12.00 e 17.00 sono state ortorettificate ed inserite nel sistema di coordinate WGS84 Roma 40. La fotointerpretazione a monitor delle varie immagini ortorettificate ha consentito l'estrazione della linea di riva che, tramite un confronto effettuato con 9 linee di riva acquisite in contemporanea con DGPS, ha mostrato un'accuratezza di circa 0.6 m (Beachmed, 2004).

Figura 2 - Schema del BMS installato sulla spiaggia di Alassio. La posizione effettiva del pozzetto è al centro del tratto drenato ed è stata qui modificata per una più semplice rappresentazione dei particolari costruttivi.





Figura 3 - Posizionamento dei tubi drenanti. Sulla destra si vedono i *well points* che consentono di tenere basso il livello della falda durante l'installazione.

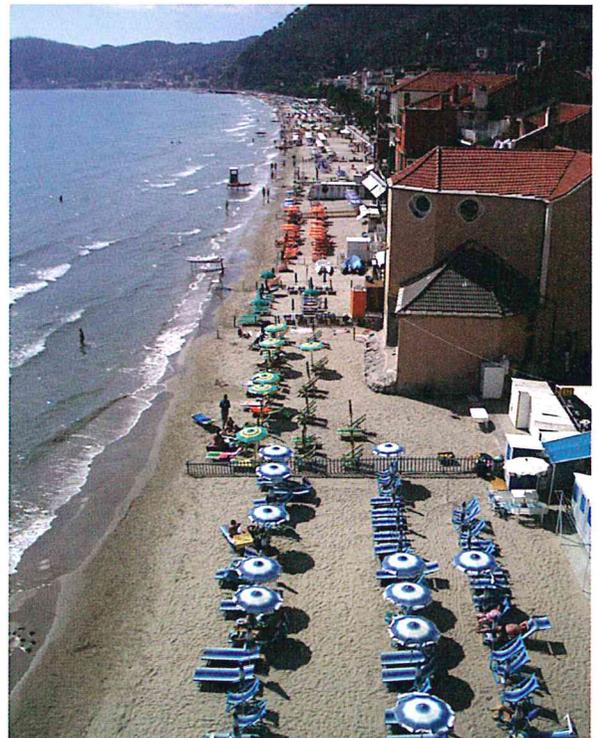


Figura 4 - Il tratto sperimentale (a sinistra) e il tratto di controllo (a destra) visti dalla posizione delle due telecamere (Luglio 2004).

Per lo studio dell'evoluzione planimetrica della spiaggia emersa nell'anno di sperimentazione si sono estratte le linee di riva di cinque giorni di calma consecutivi per ciascun mese e, tramite un software appositamente sviluppato, ottenuta una linea di riva media che è stata considerata rappresentativa di quel periodo. La costanza dell'ora di acquisizione delle immagini e la deriva temporale delle maree dovuta alla maggiore durata del giorno lunare (24 h 50 m), unite all'esiguità dell'escursione della marea astronomica in questo settore del Mediterraneo (max. 30 cm) fanno sì che la linea di riva media ottenuta su 5 giorni possa essere riferita al livello medio del mare. Diverso è il discorso per la componente meteorologica, che sommandosi

a quella astronomica ha portato la variazione totale del livello marino nel periodo studiato nel range +/- 40 cm (mareografo di Imperia). Episodi di *run-up* eccezionale sono da correlare con eventi meteomarinari estremi avvenuti in condizioni di bassa pressione, ma non certamente nei giorni da noi considerati per il tracciamento della linea di riva.

L'analisi dell'evoluzione morfologica della spiaggia emersa e sommersa fino a 2 m di profondità è stata effettuata sulla base dei rilievi batimetrici effettuati nel Febbraio 2004, Novembre 2004 e Marzo 2005. Dalle coordinate x, y, z sono stati prodotti dei Modelli Digitali del Terreno (DTM) tramite la costruzione di un grid a risoluzione di un metro con il programma Surfer Rel. 6. Si è quindi proceduto al confronto fra coppie successive di griglie per mezzo del calcolo delle differenze di quota su ciascuna maglia. L'insieme dei punti così generati ha portato alla costruzione di una carta delle isovariazioni con equidistanza di 10 cm. Si fa notare che i punti utilizzati sono stati acquisiti tutti con metodo topografico diretto ed hanno quindi una accuratezza più che idonea alla produzione di elaborati con equidistanza di 10 cm.

Per tutto il periodo di osservazione sono stati acquisiti i dati orari di Hs dell'ondametro Cote d'Azur di Meteo-France posizionato al largo di Mentone (43°22.89'N/ 07° 49.68' E) su di un fondale di 2300 m e posto a 73 km a SW di Alassio (Fig. 5).

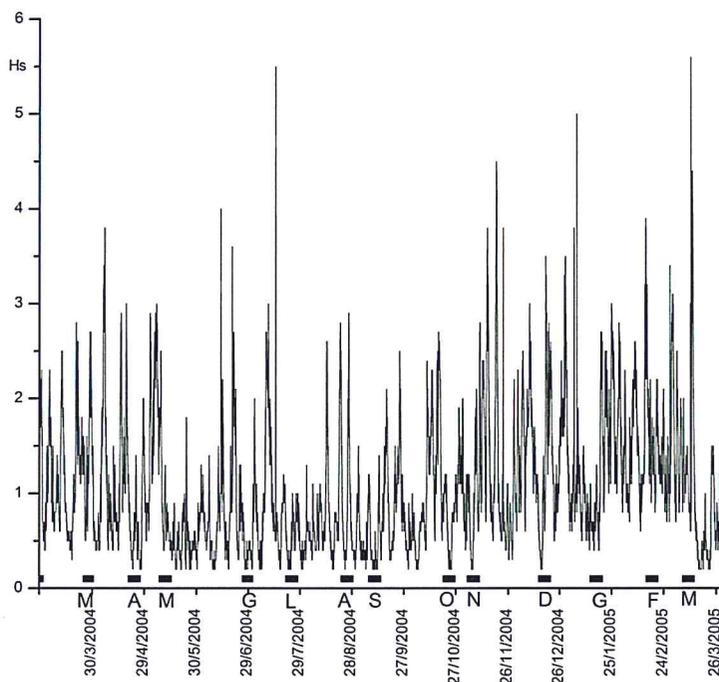


Figura 5 - Altezza d'onda significativa (Hs) misurata dall'ondametro Cote d'Azur nel periodo di monitoraggio (dati orari).

Evoluzione mensile della linea di riva

L'evoluzione mensile della linea di riva media nel settore BMS (sperimentale) ed in quello di controllo è riportata in Figura 6 (pag. prec.), dove tutti i dati sono normalizzati alla posizione della linea di riva di Febbraio 2004, ossia di quella precedente l'installazione del sistema.

Come si può osservare, da Marzo 2004 a Novembre 2004 i due tratti mostrano un andamento quasi parallelo, con la spiaggia BMS più avanzata di quella di controllo in tutte le fasi accretive e meno arretrata in quelle erosive, analogamente a quanto osservato da Kawata e Tsuchiya (1986) su modello fisico con onde di diversa ripidità. La distanza massima fra le due posizioni si registra nel momento di maggiore erosione, che avviene in Giugno dopo un periodo di forti mareggiate, quanto la spiaggia BMS si trovò arretrata di 3.4 m rispetto alla posizione di partenza e la spiaggia di controllo di ben 12.1 m.

Questo divario si ridusse solo leggermente nei mesi successivi caratterizzati da una crescita di entrambe le spiagge dovuta al lungo periodo di mare piuttosto calmo. Alla fine di Ottobre riprende il processo erosi-

vo, con un primo arretramento parallelo di entrambi i settori, ma le continue mareggiate che avvengono fra il rilievo di Novembre e quello di Dicembre portano ad una inversione della situazione: la spiaggia sperimentale si trova arretrata di 4.1 m, mentre quella di controllo avanzata di 3.9 m rispetto alla posizione di Novembre.

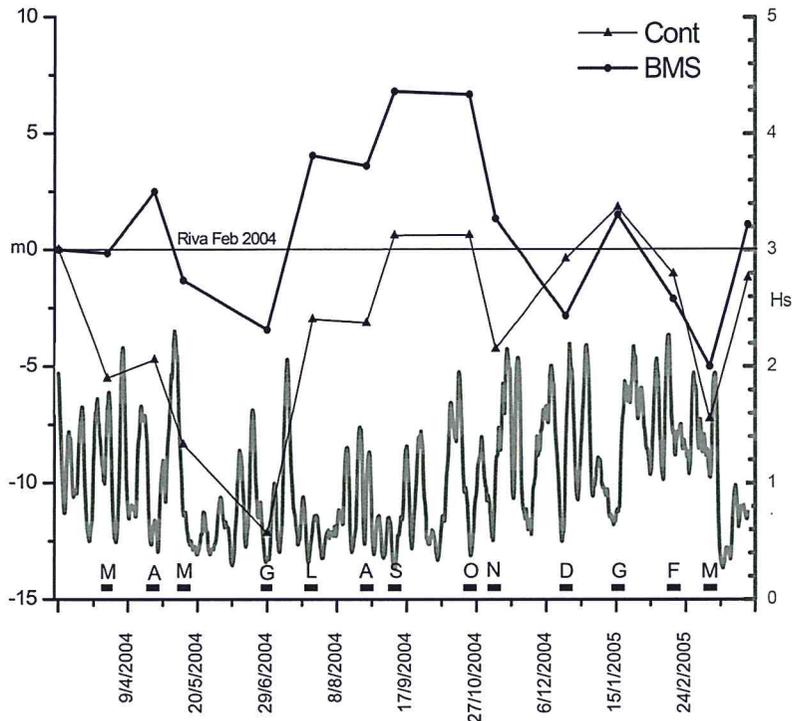


Figura 6 - Posizione media della linea di riva rispetto a quella del Febbraio 2004 nei due settori considerati nei vari momenti del monitoraggio. In grigio il valore di Hs all'ondametro Côte d'Azur (media mobile su 72 ore).

Questo comportamento anomalo può essere imputato alla minore ampiezza della spiaggia BMS, dove le immagini acquisite giornalmente mostrano che si è verificato il raggiungimento del muro di retta della passeggiata da parte delle onde con un conseguente forte abbassamento del profilo. Sulla coda della mareggiata, la spiaggia di controllo ha potuto ricostituirsi quasi completamente, mentre quella sperimentale è rimasta in posizione assai arretrata.

Questo divario venne quasi completamente recuperato già nel Gennaio 2005, relativamente calmo, ed anche gli eventi erosivi successivi videro la spiaggia sperimentale arretrare meno di quella di controllo. Alla fine del periodo di monitoraggio la spiaggia in cui aveva operato il BMS registrava un'ampiezza di 1.2 m maggiore che nel Febbraio 2004, mentre quella di controllo era arretrata di 1.3 m.

I risultati, nel loro complesso, indicano che il BMS ha esercitato una sensibile funzione di stabilizzazione del litorale, dato che la posizione media della linea di riva sulle 14 misure effettuate risulta avanzata, nel tratto sperimentale, di 0.9 m, mentre nel tratto di controllo si colloca 3.4 m più indietro della posizione di partenza. Comunque, il confronto fra gli spostamenti assoluti registrati nei vari periodi non mostra una correlazione significativa, cosa in gran parte dovuta al dato di Dicembre (Fig. 7).

E' comunque opportuno segnalare che la continuità morfologica del litorale impedisce l'accumulo delle performance positive, che porterebbero ad una rotazione del fronte della spiaggia e quindi ad un flusso di sedimenti dalla spiaggia più avanzata verso quella più arretrata. Inoltre, un forte avanzamento della linea di riva porta ad una perdita di efficacia del BMS che si verrebbe a trovare arretrato rispetto alla fascia di *run-up*; analogamente un forte arretramento, quale quello avvenuto fra Novembre e Dicembre, colloca il tubo drenante sotto al profilo costantemente sommerso impedendo ogni sua funzione di drenaggio della battigia.

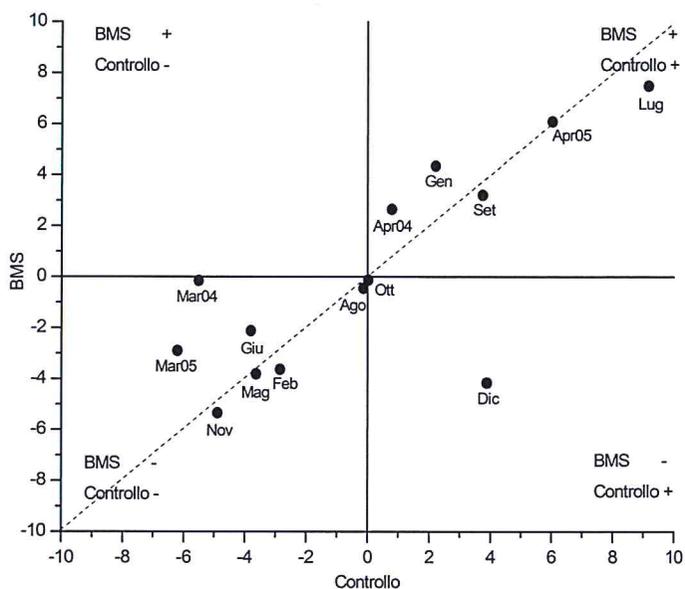


Figura 7 - Confronto fra lo spostamento medio della linea di riva nei vari periodi nel settore BMS e nel settore di Controllo. I punti sopra la diagonale indicano una performance migliore della spiaggia BMS rispetto a quella di controllo.

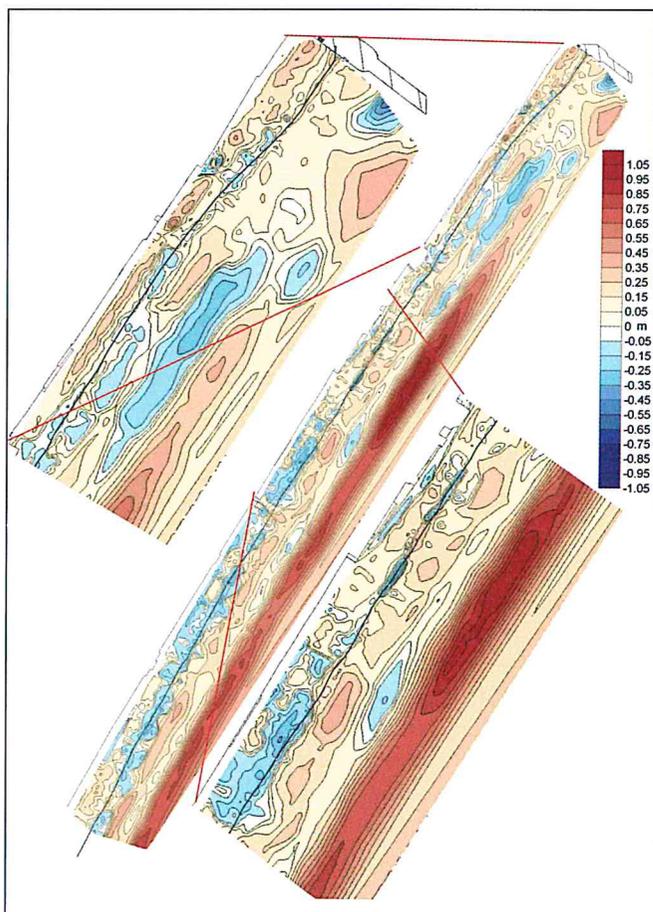


Figura 8 - Evoluzione della spiaggia emersa e sommersa fino ai 2 m di profondità fra il Febbraio 2004 e il Novembre 2004.

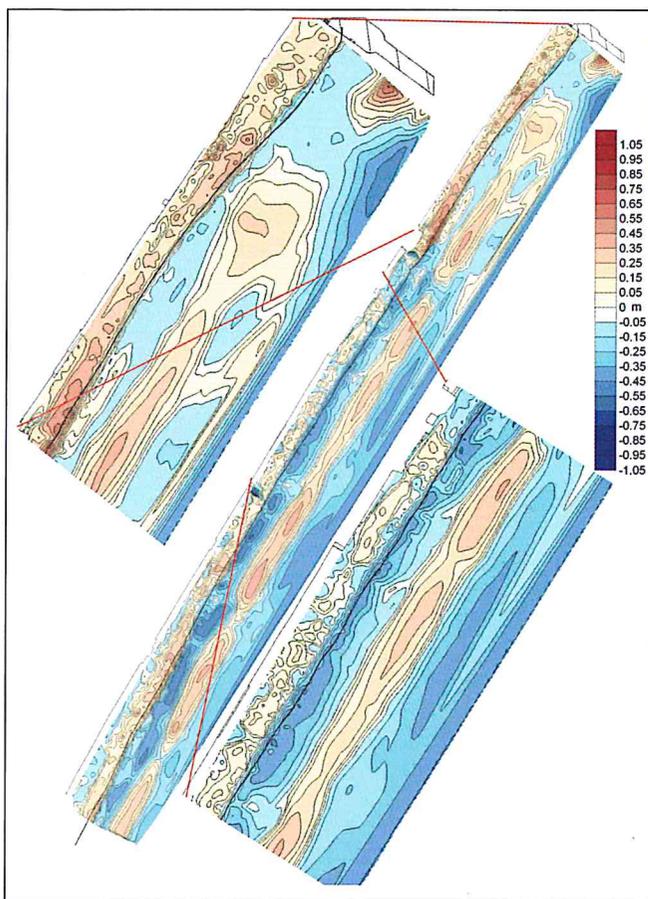


Figura 9 - Evoluzione della spiaggia emersa e sommersa fino ai 2 m di profondità fra il Novembre 2004 e il Marzo 2005.

Evoluzione della spiaggia emersa e dei fondali immediatamente antistanti

L'evoluzione della spiaggia emersa e dei fondali immediatamente antistanti è rappresentata nelle Figure 8, 9 e 10 dopo l'applicazione di una filtratura "passa basso" 3 x 3 per rendere più leggibile il risultato.

Il confronto fra i rilievi topografici (Tab. 1) permette di calcolare, per il primo periodo considerato (Febbraio 2004 - Novembre 2004), un leggero incremento di volume sulla spiaggia emersa (+222 m³) nel tratto centrale di 140 m del settore in cui è stato installato il BMS, con un innalzamento medio (dh) del profilo di 0.09 m, mentre il tratto di controllo mostra variazioni positive e negative che tendono a compensarsi (dV = -79 m³; dh = -0.02).

Nel secondo periodo (Novembre 2004 - Marzo 2005) la spiaggia del BMS si innalza di quota per altri 0.35 m (dV = 826 m³) e quella di controllo subisce modeste variazioni (dV = +301 m³; dh = +0.09 m).

Nell'intero periodo considerato (Febbraio 2004 - Marzo 2005) la spiaggia del BMS ha un innalzamento medio del profilo di 0.44 m /dV = +1048), mentre quella di controllo rimane praticamente stabile (dV = +221; dh = +0.07 m).

Ciò si riflette anche in una maggiore pendenza della battigia, fatto osservato in quasi tutti i test effettuati anche in altri paesi (Turner e Leatherman, 1997).

Nei fondali antistanti, circa fino all'isobata dei 2 m, la spiaggia del BMS guadagna prima 0.03 m, poi 0.02 e chiudere il periodo di osservazione con un innalzamento medio di 0.05 m.

La spiaggia di controllo chiude il periodo con un incremento di 0.24 m, dovuto essenzialmente ad un innalzamento del fondale di 0.35 del primo periodo a cui fa seguito una erosione di 0.11 m.

L'analisi delle immagini rilevate dalle telecamere ha messo in evidenza un diverso comportamento

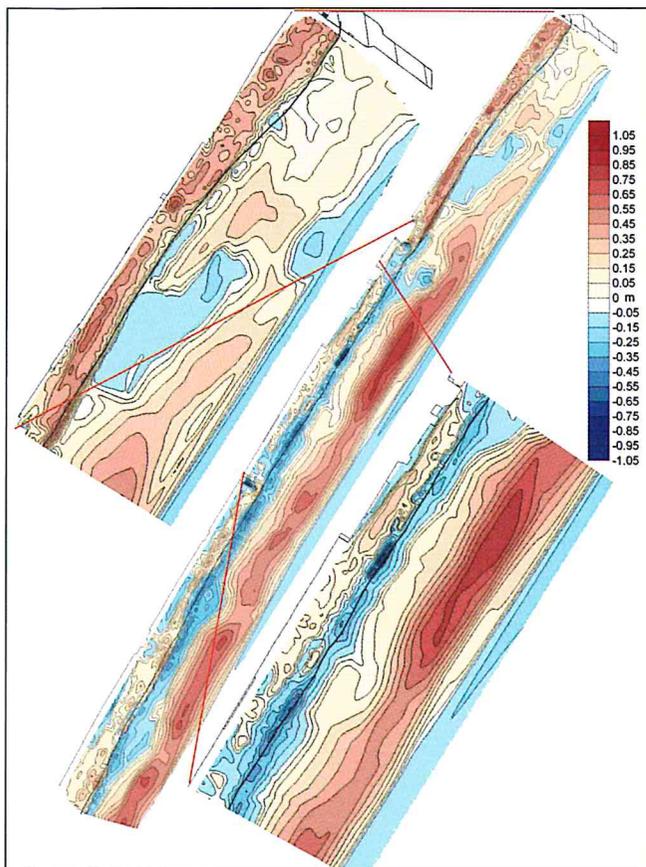


Figura 10 - Evoluzione della spiaggia emersa e sommersa fino ai 2 m di profondità fra il Febbraio 2004 e il Marzo 2005.

morfo-dinamico dei due tratti di litorale che è stato studiato in dettaglio da Bowman et al. (2006). I risultati di questo studio indicano che nel tratto drenato si formava sistematicamente una cresta di berma ben marcata e lineare ed una battigia stretta e ripida, mentre le cuspidi caratterizzavano quasi esclusivamente il settore di controllo nelle fasi di arretramento, confermando fra l'altro la genesi erosiva di queste morfologie (Miller et al., 1989; Inman e Guza, 1982).

Altra risposta della spiaggia all'attività del BMS sono i densissimi fori che si formano sulla battigia nei momenti di massima infiltrazione e dai quali esce aria con formazione di bolle alla superficie (Fig. 11), fenomeno questo descritto anche da Chappell et al. (1979; in Turner e Leatherman, 1997).



Figura 11 - Battigia forellata dall'uscita dell'aria durante le fasi di massima efficacia del BMS.

Tabella 1 - Variazione di volume (colonna 5) e variazione media di quota (colonna 6) registrata nei vari intervalli di tempo sulla spiaggia con BMS e su quella di controllo nella parte emersa e fino ai 2 m di fondale.

		Periodo	m ²	m ³	dh
BMS	Emersa	Feb 04 - Nov 04	3457	377	0.11
		Nov 04 - Mar 05	3485	834	0.24
		Feb 04 - Mar 05	3494	1221	0.35
	Sommersa	Feb 04 - Nov 04	11562	841	0.07
		Nov 04 - Mar 05	11650	-97	-0.01
		Feb 04 - Mar 05	11431	712	0.06
Controllo	Emersa	Feb 04 - Nov 04	4618	-10	0.00
		Nov 04 - Mar 05	4764	-88	-0.02
		Feb 04 - Mar 05	4578	-66	-0.01
	Sommersa	Feb 04 - Nov 04	13561	4506	0.33
		Nov 04 - Mar 05	15043	-1801	-0.12
		Feb 04 - Mar 05	13383	3105	0.23

Modeste discrepanze fra il dato relativo al periodo Feb '04 – Mar '05 e la somma delle variazioni riferite ai due sottoperiodi separati (Feb '04 – Nov '04 e Nov '04 – Mar '05) sono dovute a piccoli cambiamenti della superficie entro la quale vengono calcolate le differenze di quota, come risulta dalla terza colonna.

Conclusioni

Il monitoraggio della spiaggia di Alassio, nel tratto in cui è stato operativo il BMS e in un tratto adiacente di controllo, consente di trarre solo alcune considerazioni preliminari sull'efficacia di questo sistema nella stabilizzazione dei litorali.

Il confronto fra la morfologia della spiaggia prima e dopo un anno di funzionamento indica che nel tratto sperimentale vi è stata una modesta espansione dell'arenile (+1.1 m) con un altrettanto modesto incremento della quota media (+0.35 m), mentre la spiaggia di controllo è arretrata leggermente (-1.2 m) senza significative variazioni di quota (-0.01 m).

L'evoluzione mensile derivata dalle immagini riprese dalla telecamera indica che in 11 casi su 12 la spiaggia sperimentale è avanzata di più di quella di controllo nelle fasi accretive o arretrata di meno in quelle erosive. Questo risultato decisamente positivo contrasta quanto avvenuto fra Novembre e Dicembre, un periodo caratterizzato da intense mareggiate, quando la spiaggia sperimentale arretrò di 4.1 m, mentre quella di controllo avanzò di 3.9 m. Essendo il confronto basato sulle linee di riva di un periodo di 5 giorni calmi consecutivi, si può pensare che la spiaggia sperimentale abbia avuto un recupero post-mareggiata più lento e più limitato rispetto a quello che ha interessato la spiaggia di controllo. Ciò può essere imputato alla minore ampiezza della spiaggia BMS, dove si è verificato il raggiungimento del muro di retta della passeggiata da parte delle onde con un conseguente forte abbassamento del profilo.

Ringraziamenti

La ricerca è stata effettuata nell'ambito di una convenzione fra l'Università di Firenze e il Comune di Alassio. Le telecamere sono state installate nell'ambito del Progetto INTERREG IIIB BEACHMED. I rilievi batimetrici sono stati effettuati da GAIT s.r.l. - Geofisica Applicata all'Ingegneria del Territorio.

Bibliografia

- Beachmed (2004) - *Tecniche di monitoraggio dell'evoluzione delle spiagge*. Quaderno tecnico 3: 21-82.
 Bowman D., Ferri S. e Pranzini E. (2006) - *Morphodynamics and efficiency of beach draining. Alassio, Italy*. In prep.
 Burcharth H.F. (2003) - *Report on test with vertical drainage modules as a coastal stabilizing method*. Aalborg University unpublished report, 23 pp.

- Chappell J., Eliot I.G., Bradshaw M. P. e Lonsdale E. (1979) - *Experimental control of beach face dynamics by water table pumping*. Eng. Geol., 14: 29 - 41.
- Davis G.A., Hanslow D.J., Hibbert, K e Nielsen P. (1992) - *Gravity drainage: a new method of beach stabilization through drainage of the watertable*. Proc. Int. Conf. Coastal Engineering. Venice.
- Goudas C., Katsiaris G., May V. e Karambas T. (eds.) (2003) - *Soft Shore Protection, An Environmental Innovation in Coastal Engineering*. Coastal Systems and Continental Margins Volume 7, Kluwer Academic Publishers, pp. 398.
- Inman D.L. e Guza R.T. (1982) - *The origin of swash cusps on beaches*. Marine Geology, 49: 133-148.
- Katoh K., Yanagishima S., Hasegawa I. e Katano A. (2001) - *Field experiment in relation to a gravity-drained system as a soft shore protection measure*. In *Soft Shore Protection*, a cura di C. Goudas, G. Katsiaris, V. May e T. Karambas. Kluwer Academic Pub., Dordrecht, Olanda, pp. 157-170.
- Kawata Y. e Tsuchiya Y. (1986) - *Applicability of sub-sand filter system to beach erosion control*. Proc. 20th Int. Conf. Coastal Eng., pp. 189-190.
- Miller J.R., Miller S.M.O., Torzynski C.A. e Kochel R.C. (1989) - *Beach cusp destruction, formation and evolution during and subsequent to an extratropical storm, Duck, North Carolina*. Journ. of Geology, 97: 749-760.
- Terchunian A.V (1990) - *Performance of beachface dewatering: the Stabeach System ai Sailfish Point (Stuart), Florida*. Proc. Nat. Conf. On Beach Preservation Technology. Florida Shore and Beach Preservation Ass., pp.185-201.
- Turner I. L. e Leatherman S.P. (1997) - *Beach dewatering as a "soft" engineering solution to coastal erosion- a history and critical review*. J. Coast. Research, 13: 1050-1063.
- Vesterby H. (1994) - *Beach face dewatering - the European experience. Alternative technologies in beach preservation*. Proceedings of the 1994 National Conference on Beach Preservation Technology, St. Petersburg, FL, pp. 53 - 68.
- Waddell E. (1976) - *Swash - groundwater - beach profile interaction*. In: Davis, R.A., Etherington, L.(Eds.), *Beach and nearshore sedimentation*. SEPM Spec. Pub. 24: 115-125.

Manoscritto ricevuto il 5/4/2006; accettato il 26/5/2006.