

ACQUISIZIONE DI PARAMETRI MORFODINAMICI DI UNA SPIAGGIA

Maurizio DEMARTE, Piero DI VASTA, Roberta IVALDI,
Manuela MILLI, Luciano SURACE

Istituto Idrografico della Marina, Passo Osservatorio 4, 16100 Genova, tel +39 - 0102443363,
fax +39 - 0102443364, e-mail roberta.ivaldi@alice.it

Riassunto

Vengono presentati i risultati di una caratterizzazione morfodinamica di spiaggia secondo l'identificazione di alcuni parametri (ampiezza e pendenza di spiaggia, andamento della linea di costa, dimensione, composizione e consistenza del sedimento) ottenuti da un rilievo morfologico e sedimentologico per lo sviluppo di un processo REA (Rapid Environmental Assessment). Il settore individuato, situato tra Castiglione della Pescaia e Marina di Grosseto, è stato preliminarmente analizzato nel suo contesto geologico generale e poi in dettaglio secondo i parametri di interesse. Particolare attenzione si è rivolta alla determinazione della variabilità morfologica tridimensionale del settore emerso con l'impiego e il confronto di due approcci speditivi quali il metodo di Emery e quello eseguito con GPS-RTK (Global Positioning System - Real Time Kinematics) secondo quattro transetti trasversali alla costa e la linea di riva. Il settore studiato è una porzione di costa bassa, omogenea, con limitate pressioni antropiche, costituita prevalentemente da sabbia medio-fine, caratterizzata da pendenza moderata, presenza di barre sottomarine, limitata ampiezza della porzione emersa e delimitata da uno o più cordoni dunari vegetati.

Abstract

This study introduces some beach morphodynamic parameters (beach slope and width, shoreline, grain size, composition and consistency of sediment) obtained from morphological and sedimentological surveys with aim developing a REA (Rapid Environmental Assessment) process. The study area is a littoral sector located between *Castiglione della Pescaia* and *Marina di Grosseto* (Tuscany - Italy). Particular attention was given to the three-dimensional morphological variability of the sub-aerial beach as determined by the field work, which involved the use of rapid techniques such as Emery's method and GPS-RTK (Global Positioning System - Real Time Kinematics). The data were collected along four beach cross sections and the shoreline. This site is characterized by a homogeneous coastline, moderate human pressure, a medium-fine sandy beach, gentle slope, narrow beach face, bars, a shore bounded by vegetated dune ridges.

Introduzione

La spiaggia microtidale rappresenta la porzione di costa più reattiva ai cambiamenti per il continuo movimento dei sedimenti per azione delle onde. Questo sistema risulta sensibile e vulnerabile non solo alle variazioni dei processi naturali ma anche alle crescenti pressioni antropiche (espansione del turismo e industrializzazione, occupazione e cambio di uso del suolo, riduzione delle risorse e destabilizzazione degli ecosistemi).

Diverse sono le tecniche presenti in letteratura per caratterizzare e monitorare la sua evoluzione. Questo vede la necessità di sviluppare strumenti conoscitivi di rapida valutazione ambientale (REA - Rapid Environmental Assessment) in particolari condizioni (Bush et al., 1999; Kairu, Nyandwi, 2000; Szlyk, Ciminello, 2002; Ozolcer, 2008). Il REA viene realizzato secondo una semplice analisi

di informazioni su un processo di valutazione semiquantitativa per identificare caratteri e problematiche ambientali a supporto di successive azioni di intervento. E' infatti stato concepito come strumento di valutazione e gestione di problematiche ambientali allo stadio iniziale: poco prima, durante e subito dopo eventi eccezionali. Il processo e la struttura del REA tengono conto del fatto che chi risponde alla calamità ha poco tempo per ricerche approfondite e non necessariamente è specialista (Asian Development Bank, 2003; Kelly, 2005).

Questo lavoro analizza una spiaggia nell'ambito di una più ampia ricerca in corso che riguarda la caratterizzazione ambientale del settore marino-costiero antistante questa porzione di litorale secondo il processo REA. Lo studio si propone di analizzare alcune caratteristiche ambientali della spiaggia emersa (parametri sedimentologici e morfodinamici) con l'obiettivo di risultare utili in una applicazione di modello REA all'ambiente "mare" nei termini più ampi. Nel particolare questo esperimento si inserisce in un progetto pluriennale, denominato M-REA (Maritime-REA), che l'Istituto Idrografico della Marina sta sviluppando in concorso con i maggiori centri di ricerca marina italiani (INGV e CNR) e NATO (NURC) per la caratterizzazione oceanografica rapida di un tratto di mare interessato da eventi calamitosi.

Per analizzare questi aspetti e le modalità di evoluzione di una spiaggia e dei relativi depositi sedimentari è stata scelta una porzione del settore di litorale compreso tra Castiglione della Pescaia e Marina di Grosseto (Fig. 1), che si inquadra nell'unità fisiografica compresa tra Punta Ala fino alle propaggini sud-orientali dei Monti dell'Uccellina (Aiello et al., 1975).

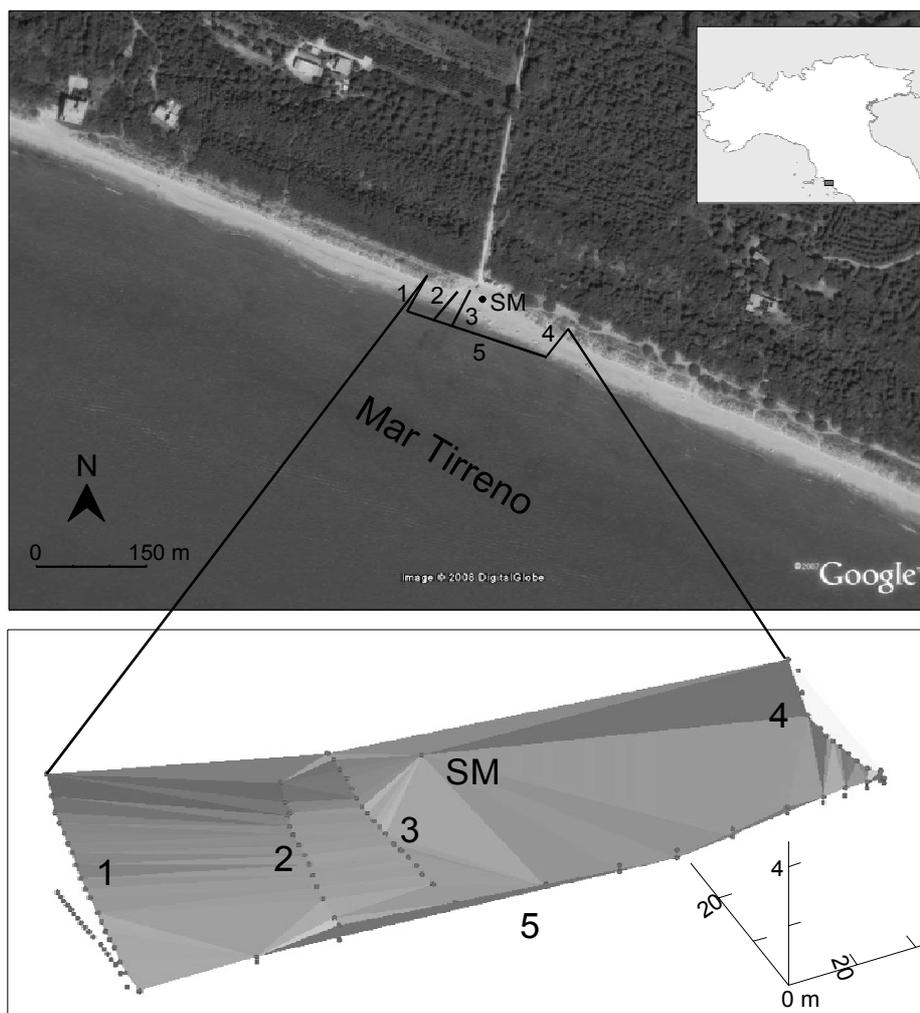


Figura 1 – Localizzazione dei profili di spiaggia analizzati (in alto) e modello tridimensionale dal rilievo GPS-RTK con indicati i punti di acquisizione (in basso). SM = stazione master.

Questo litorale si presenta caratterizzato da costa bassa e sabbiosa, con fondali a debole pendenza e conseguente scarsa profondità anche a notevole distanza dalla costa. I lineamenti morfologici e sedimentologici mettono in evidenza come il sistema deltizio del Fiume Ombrone rappresenti la principale fonte di sedimento ai litorali limitrofi e si inquadri in un modello ben sviluppato sul margine tirrenico. Composizionalmente le sabbie fini sono costituite prevalentemente da feldspati che spesso superano il 50% del totale seguiti da frammenti di rocce carbonatiche (fino a 30%), quarzo in cristalli raramente superiore al 10% e frazione biogenica mai superiore a 10% (Bellotti et al., 1999).

La linea di riva nel settore studiato ha assunto nel tempo un andamento parallelo ai treni d'onda dei mari prevalenti e i settori 200-242° sono quelli da cui provengono i mari con maggior efficacia ai fini della dinamica evolutiva di questo tratto di litorale che risulta essere stabile (Bartolini, 1982, GNRAC, 2006). Questo settore costiero presenta cordoni dunari paralleli alla costa che tendono a convergere verso Castiglione della Pescaia dove raggiungono la massima altezza. La presenza e la posizione di barre sottomarine è estremamente variabile nel tempo a seconda delle condizioni meteo-marine e della direzione di flusso lungo costa con situazioni di punti neutri proprio in corrispondenza del settore indagato.

I processi che originano il flusso di materiale lungo riva e le forme caratterizzanti questa spiaggia sono strettamente collegati alla dinamica del moto ondoso ed alle condizioni eoliche non particolarmente importanti in questo settore, raggiungendo i venti più intensi il 4° grado della scala di Beaufort (Bellotti et al., 1999).

Tecniche di acquisizione e risultati

E' stato eseguito un rilievo morfologico e sedimentologico della spiaggia emersa lungo 4 sezioni trasversali (profili 1-4) e una longitudinale (linea di riva – profilo 5) con inizio del profilo dal limite della vegetazione o, nel caso dei profili 1 e 4 dal culmine della duna fino al livello del mare. Le condizioni presenti al momento del rilievo erano di mare calmo per cui non è stato particolarmente difficile rilevare il livello del mare presente per restituire la linea di riva (Fig. 1).

I profili di spiaggia sono stati acquisiti con il sistema GPS-RTK (Global Positioning System - Real Time Kinematics), ad elevata precisione e doppia frequenza (GPS 5700 Trimble), e quello semplice e speditivo di Emery (1961). Il rilievo dei profili di spiaggia eseguito con le due tecniche ha visto acquisizione di informazioni lungo la stessa linea con stessa orientazione e inizio sezione rispetto a un rilievo eseguito l'anno precedente (M-REA07).

I profili realizzati con il GPS-RTK, sono stati eseguiti acquisendo la posizione plano-altimetrica con un passo di 2 m e un raffittimento sui punti di particolare interesse per la definizione della morfologia della spiaggia a partire dal limite della vegetazione sino a quello della battigia. Il tempo massimo di stazionamento del ricevitore GPS *rover* su ciascun punto è stato di 35". Lungo la linea di riva i punti sono stati acquisiti a intervalli variabili da 2 a 5 m. Il rilievo è stato riferito alla stazione *master* posizionata in un punto baricentrico dell'area studiata (Fig. 1).

I dati ottenuti con i due metodi prima di essere confrontati sono stati opportunamente corretti, portando tutte le misure alla stessa superficie di riferimento (livello medio mare) (IIM, 2007). Il vantaggio della procedura seguita con il GPS-RTK include l'uso di tutti i punti raccolti e fornisce un insieme di dati con caratteristiche tali da poter essere utilizzati come descrizione matematica del profilo e il calcolo dei volumi di spiaggia lungo il profilo (Huang et al., 2002).

Contestualmente al rilievo morfologico è stato eseguito quello sedimentologico sulla base del prelievo di 2 campioni per ogni profilo trasversale in corrispondenza della battigia e del limite superiore di spiaggia. Questi sono stati caratterizzati con un'analisi speditiva in campo per dimensione media tramite comparatori, composizione e consistenza dei soli sedimenti di battigia (penetrometro tascabile). Successivamente in laboratorio è stata eseguita un'analisi granulometrica di confronto con setacciatura a secco. Il processo descritto rientra nei parametri REA, con l'impegno di due operatori contenuto entro le 48 ore per tutte le diverse fasi, dall'acquisizione alla valorizzazione dei dati.

Il tipo di approccio allo studio morfodinamico di una spiaggia ha visto innanzitutto la verifica e l'applicabilità di diversi metodi per ottenere in modo rapido, secondo standard per poter aggiornare e confrontare i dati, alcuni indicatori quali il profilo di spiaggia e il sedimento costituente il deposito stesso.

In Figura 2 è riportata la differenza del dislivello acquisito con il metodo di Emery e GPS-RTK lungo le sezioni 1, 3 e 4. I profili 2 e 5 sono stati trascurati in quanto il primo non risultava rappresentativo per un rilievo speditivo e il secondo perché riferito alla linea di riva. I risultati evidenziano come vi sia una differenza limitata a poche decine di centimetri con valori più elevati nella parte superiore della spiaggia al limite della duna/vegetazione ed un massimo in corrispondenza della duna verso mare (36 cm), dato questo solo di raccordo al profilo di spiaggia, ma che non rientra in quelli considerati per la caratterizzazione morfologica. Risulta inoltre una sottostima del metodo speditivo rispetto al GPS-RTK. Questa differenza, seppure al di sopra della precisione degli strumenti utilizzati, risulta trascurabile per il tipo di processo in corso di acquisizione (REA), e pertanto i risultati dei due metodi sono da ritenersi confrontabili.

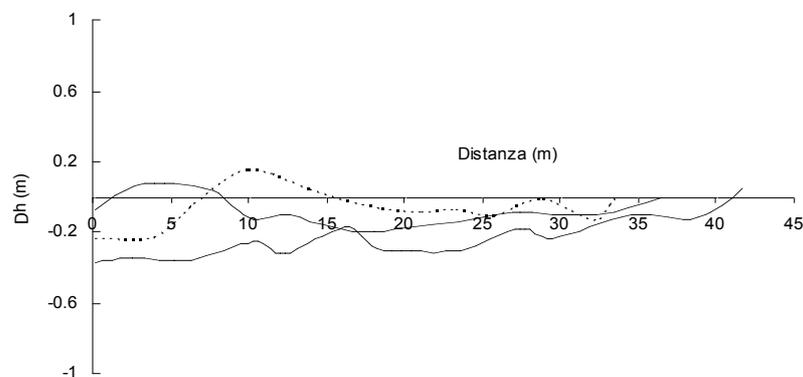


Figura 2 – Differenza tra i dislivelli misurati (Δh) con il metodo di Emery e il GPS-RTK lungo le sezioni di spiaggia di Figura 1. Curva sottile = profilo 1; curva spessa = profilo 3; curva tratteggiata = profilo 4.

In Tabella 1 sono riassunti i principali dati morfologici e sedimentologici rilevati nel settore di studio. La porzione di spiaggia emersa è caratterizzata da una pendenza moderata compresa tra 5 e 7 % e un'ampiezza media pari a circa 30 m. Da un punto di vista sedimentologico le misure di laboratorio eseguite sugli 8 campioni, a conferma di quanto riscontrato in campo, hanno fornito dei valori del diametro del granulo medio (D_{50}) e della media (M_z) pari a una sabbia fine/media, di media consistenza ($0.5-1 \text{ kg cm}^{-2}$) per il settore di battigia, mentre una certa variabilità risulta per i dati relativi ai campioni prelevati nel limite di spiaggia superiore (sabbia media/grossolana).

Tabella 1 – Dati morfologici e sedimentologici lungo i profili di Fig. 1. P = pendenza della spiaggia, A = ampiezza della spiaggia emersa, D_{50} = diametro mediano, M_z = dimensione media, Ba = battigia, Bt = berma di tempesta o limite superiore di spiaggia.

Profilo	P (%)	A (m)	$D_{50} Ba$ (mm)	$M_z Ba$ (mm)	$D_{50} Bt$ (mm)	$M_z Bt$ (mm)
1	6.5	33.5	0.23	0.25	1.44	1.60
2	7.2	31.9	0.25	0.26	0.35	0.42
3	5.0	31.4	0.22	0.23	0.30	0.31
4	6.7	30.0	0.26	0.29	0.30	0.31

Questa variabilità, con diminuzione delle dimensioni dei sedimenti da ponente verso levante, può dare indicazione di quanto generalmente avviene lungo la direzione di trasporto (decremento dimensioni e incremento della classazione) seppure possa anche verificarsi la presenza di un deposito grossolano sotto corrente per la perdita di sedimento fine (Gao e Collins, 1992). Questo aspetto deve pertanto essere supportato anche da parametri sedimentologici e morfodinamici della spiaggia sottomarina.

La correlazione tra la pendenza della battigia e il granulo medio mostra che il settore di spiaggia in studio ricade nei tipi morfodinamici a bassa energia (Fig. 3).

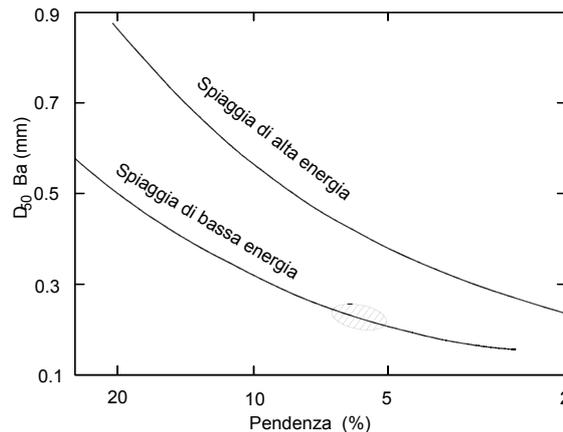


Figura 3 – Pendenza della battigia in funzione del granulo medio del sedimento (D_{50} Ba) del settore in studio (area tratteggiata). Le curve della spiaggia di alta e bassa energia da Komar (1998).

Integrando questi risultati con altri elementi rilevati quali, ad esempio, la presenza di dune costiere, barre nel settore sottomarino, la spiaggia rientra nel tipo morfodinamico intermedio (Short, 1999). Il fatto che vi siano dune e che queste non presentino particolari segni di erosione al piede o vegetazione con apparati radicali scoperti è un indicatore di stabilità della spiaggia.

Considerazioni conclusive

Per quanto le ricerche M-REA siano ancora in corso, i risultati esposti in questo lavoro possono fornire un contributo alle conoscenze in questo ambito e introdurre elementi di applicazione di uno strumento sviluppato soprattutto in emergenza o, in particolari casi, in siti remoti laddove le conoscenze sono limitate e di difficile acquisizione. Questo studio risulta pertanto di interesse non solo per la comunità scientifica, ma soprattutto in azioni di protezione civile e ambientale.

Le indagini svolte con metodi tradizionali e con osservazioni di terreno hanno risposto positivamente allo sviluppo di un processo REA. Il processo descritto nella presente relazione, dall'acquisizione dei dati alla valorizzazione, ha comportato una durata complessiva contenuta entro le 48 ore dall'intervento e un impegno di due operatori. In particolare l'applicazione del sistema GPS-RTK e della tecnica speditiva di Emery ha confermato la possibilità di impiego di entrambi i metodi con risultati confrontabili. Sicuramente la maggiore quantità di dati acquisiti con il GPS-RTK permette l'elaborazione di un modello tridimensionale più dettagliato. Nel programma di un monitoraggio di spiaggia la prestazione di alta risoluzione ed elevata ripetibilità del GPS-RTK permette la misura accurata sia di cambiamenti morfologici di ridotta entità che di conseguenti variazioni volumetriche dei sedimenti, nonché di georeferenziare i risultati in un sistema di riferimento unificato.

L'interpretazione dei dati raccolti ha evidenziato che il settore studiato è un litorale sabbioso (sabbia fine/media a media consistenza) omogeneo, a bassa pendenza e limitata ampiezza, con uno o più

cordoni dunari vegetati e limitate pressioni antropiche. Questi parametri sono indicatori di una spiaggia stabile, di bassa energia con tipiche caratteristiche morfodinamiche intermedie.

Al fine di ottenere un quadro esaustivo dell'evoluzione recente del litorale e giungere ad una più incisiva interpretazione degli effetti dell'intervento umano il presente studio potrebbe avere successive applicazioni oltre che su rilievi annuali anche come dati di campo a calibrazione di modelli idrodinamici, fotogrammetria e immagini satellitari per la valutazione, ad esempio, delle variazioni della linea di riva. Questo tipo di analisi ed elaborazione non vuole risolvere alcun problema specifico, ma essere un'utile indicazione per chi deve caratterizzare velocemente un settore di spiaggia emersa a supporto di un altrettanto rapido intervento.

Riferimenti bibliografici

- Aiello E., Bartolini C., Caputo C., D'alessandro L., Fanucci F., Fierro G., Gnaccolini M., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Piccazzo M., Pranzini E. (1975), "Il trasporto solido litoraneo lungo la costa toscana tra la foce del Fiume Magra ed i Monti dell'Uccellina", *Boll. Soc. Geol. It.*, 94: 1519-1571.
- Asian Development Bank (2003), *Environmental Assessment Guidelines*, 165 pp.
- Bartolini C. (1982), "Studi di geomorfologia costiera: VIII – Dinamica evolutiva del litorale di Castiglione della Pescaia", *Boll. Soc. Geol. It.*, 101: 173-210.
- Bellotti P., Caputo C., Davoli L., Evangelista S., Valeri P. (1999), "Lineamenti morfologici e sedimentologici della piana deltizia del Fiume Ombrone (Toscana meridionale)", *Boll. Soc. Geol. It.*, 118: 141-147.
- Bush D.M., Neal W.J., Young R.S., Pilkey O.H. (1999), "Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard and mitigation", *Ocean & Coastal Management*, 42: 647-670.
- Emery K.O. (1961), "A simple method of measuring beach profiles", *Limnology and Oceanography*, 6(1): 90-93.
- Gao S., Collins M. (1992), "Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of transport vectors", *Sedimentary Geology*, 80: 47-60.
- GNRAC – Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (2006), "Le spiagge della Toscana", *Studi Costieri*, 10: 15-20.
- Huang J.D., Jackson D.W.T., Cooper J.A. (2002), "Morphological monitoring of high energy beach system using GPS and total station techniques, Runkerry, Co. Antrim, Northern Ireland", *J. of Coastal Research*, 36: 390-398.
- IIM - Istituto Idrografico della Marina (2007), *Tavole di Marea e delle Correnti di Marea 2008*, Istituto Idrografico della Marina, Genova, 130 pp.
- Kairu K., Nyandwi N. (2000), *Guidelines for the study of shoreline change in the Western Indian Ocean region*, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides, 40, UNESCO, 56 pp.
- Kelly C. (2005), *Guidelines for rapid environmental impact assessment in disaster*, CARE International Benfield Hazard Research Centre, University College London e Cooperative for Assistance and Relief Everywhere, Inc. (CARE), v4.4, 99 pp.
- Komar P.D. (1998), *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice Hall, New Jersey, 545 pp.
- Ozolcer I.H. (2008), "An experimental study on geometric characteristics of beach erosion profiles", *Ocean Engineering*, 35: 17-27.
- Short A.D. (1999), *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*, Wiley & Sons LTD, New York, 379 pp.
- Szlyk T.K., Ciminello M.D. (2002), "Rapid Environmental Assessment Methodology (REAM) of coral reef ecosystems at the Atlantic Undersea Test and Evaluation Center (AUTEK) on Andros Island, Bahamas", *Naval Undersea Warfare Center Division Newport, Rhode Island (NUWC-NPT) Technical Document*, 11 378: 1-14.