

## Analisi sperimentale sull'erosione delle barene lagunari

Michele Bendoni

Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria. E-mail: michelebendoni@gmail.com

Gli ambienti lagunari ecosistemi dotati di un'elevata biodiversità e complessità per la rete di fenomeni fisici, chimici e biologici che ne regolano l'evoluzione. Fattori naturali ed antropici possono interferire col delicato equilibrio dinamico di tali ambienti fino a provocarne la scomparsa. Risulta quindi di fondamentale importanza studiare i meccanismi ed i processi agenti nelle lagune al fine di intervenire in modo adeguato per la loro salvaguardia.

Un tipico esempio di ambiente lagunare è rappresentato dalla Laguna di Venezia, a cui è stata specificatamente rivolta l'attività sperimentale. Diversi studi hanno mostrato che, senza interventi mirati, la tendenza evolutiva della Laguna di Venezia continuerà a presentare un'erosione diffusa (Day et al., 1999), promossa principalmente ad opera del moto ondoso da vento e da barca a danno delle barene lagunari (Schwimmer, 2001).

Per analizzare l'effetto dell'azione del moto ondoso associata all'escursione di marea sulle sponde lagunari sono state svolte una serie di prove sperimentali nel Laboratorio di Idraulica della Facoltà di Ingegneria di Firenze, dove è situato un canale marittimo per la simulazione del moto ondoso lungo circa 50 m e largo 0.8 m, dotato di un generatore di onde a pistone. All'estremo opposto del generatore sono state ricostruite in scala 1:1, con materiale reperito in Laguna di Venezia, due porzioni di sponde lagunari con dimensioni: altezza 0.6 m, larghezza 0.5 m, lunghezza 1.0 m. Inizialmente il profilo del fronte è risultato essere verticale. I due modelli di sponda si sono differenziati per la presenza o meno della vegetazione sulla parte sommitale; tale scelta è stata finalizzata a studiarne le differenze comportamentali sotto l'azione delle stesse forzanti (moto ondoso ed escursione di marea). All'interno delle sponde sono stati posti diversi sensori per la misura delle pressioni interstiziali e del contenuto d'acqua volumetrico. Il fenomeno della marea è stato riprodotto nel canale marittimo variando il livello idrico a step temporali di due ore ciascuno, approssimando una sinusoide con periodo di 12 ore ed escursione massima di 0.3 m. Poiché la riproduzione di un intero ciclo di marea per ogni esperimento è risultata proibitiva, le diverse prove hanno avuto una durata pari ad un semiciclo (6 ore) e hanno simulato un'alta (AM) o una bassa marea (BM). Il moto ondoso riprodotto in canale è stato derivato da uno spettro JONSWAP i cui parametri caratteristici sono stati determinati attraverso un'analisi statistica dei dati raccolti da un ondometro posto in Laguna Sud in Località Fondo dei Sette Morti. Sono stati individuati un'altezza significativa HS pari a 10 cm ed un periodo significativo TS pari a 1.4 secondi; il fattore di picco è stato scelto pari a 2.

Sono stati quindi svolti gli esperimenti prima sulla sponda non vegetata e successivamente sulla sponda vegetata. Le prove hanno riprodotto 3 cicli di sola escursione di marea ed in seguito un ciclo di escursione di marea associato all'azione del moto ondoso. Alla stessa tipologia di sollecitazioni è stata poi soggetta la sponda vegetata. Le prove caratterizzate dalla sola azione della marea hanno provocato, sulla sponda non vegetata, la formazione e l'ampliamento di fessure sulla parte sommitale. La profondità di tali fratture al termine delle prove ha raggiunto una lunghezza dell'ordine dei 20-30 cm ed una larghezza di 3-4 cm. Insieme a questo fenomeno è stata osservata la caduta di piccole porzioni di terreno dal fronte della sponda. La prima prova con l'azione del moto ondoso (AM) ha causato diversi crolli di massa favoriti anche dall'instabilità iniziale della configurazione della sponda. Le onde hanno indotto un meccanismo oscillatorio nelle porzioni di terreno individuate dalle fessure fino a provocarne il crollo per ribaltamento con successiva deposizione al piede. E' importante sottolineare che

tali crolli di massa si sono concentrati nei primi 20 minuti dall'inizio dell'esperimento, mentre la restante parte della prova di alta marea e la successiva di bassa marea sono state caratterizzate da un'erosione del tipo particella per particella. L'evoluzione del profilo medio, misurato a seguito di ogni prova, ha indicato una tendenza all'avanzamento del piede ed all'arretramento della parte superiore.

Le prove di sola escursione di marea sulla sponda vegetata hanno mostrato la formazione e l'ampliamento di fessure che sono tuttavia risultate di dimensioni più contenute. Tale fenomeno ha indotto un avanzamento della parte superiore della sponda associato, anche in questo caso, alla perdita di materiale dal fronte. L'azione del moto ondoso è intervenuta sulle porzioni di terreno individuate dalle fratture provocando un meccanismo oscillatorio sui blocchi di terreno vegetato fino a causarne il crollo. A differenza della prova sulla sponda non vegetata, le zolle di terreno interessate dall'apparato radicale hanno manifestato un ritardo nell'evento di crollo. In parallelo è stato osservato che le zolle sono risultate soggette ad una sorta di scuotimento con ingente perdita di sedimenti (Feagin et al., 2009). L'andamento temporale dei crolli è stato caratterizzato da una distribuzione uniforme su tutta la prima ora dell'esperimento (AM). Nelle ore successive e nell'esperimento di bassa marea sono stati osservati un'erosione regolare ed una tendenza evolutiva del profilo medio della sponda vegetata analoga a quella riscontrata per la sponda senza presenza di vegetazione. L'ordine di grandezza delle potenze medie incidenti associate agli eventi di moto ondoso è risultato variare da un minimo di 7 W/m ad un massimo di circa 15 W/m.

In conclusione è possibile affermare che i principali processi che concorrono all'erosione delle barene sono caratterizzati da crolli di massa favoriti dalla formazione di fessure tensionali in condizioni di instabilità, mentre l'erosione particella per particella avviene per tutta la durata del moto ondoso. È stato inoltre osservato che il ruolo della vegetazione tende a ritardare il fenomeno di crollo, incidendo in modo lieve sul quantitativo complessivo di materiale asportato. Per entrambe le sponde l'evoluzione temporale del profilo medio ha indicato un arretramento della parte superiore con la formazione di un pendio a maggiore pendenza ed un avanzamento del piede caratterizzato da una inclinazione moderata.

Colgo l'occasione per ringraziare il Dott. Ing. Luca Solari che mi ha dato la possibilità di svolgere un tirocinio formativo e un elaborato di tesi specialistica su una tematica di notevole interesse scientifico il cui studio è finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca attraverso il PRIN 2008 "Eco-morfodinamica degli ambienti lagunari e cambiamenti climatici" di cui Solari è il referente per l'Università di Firenze. Vorrei altresì ringraziare il Dott. Ing. Lorenzo Cappiotti, la Dott. Ing. Simona Francalanci ed il Prof. Geol. Massimo Rinaldi per il sostegno da loro ricevuto durante l'attività di ricerca.

## Bibliografia

- Day J. W. Jr., Rybczyk J., Scarton F., Rismondo A., Are D. e Cecconi G. (1999) - *Soil Accretion Dynamics, Sea-Level Rise and the Survival of Wetlands in Venice Lagoon: A Field and Modeling Approach*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 49: 607-628.
- Feagin R. A., Lozada-Bernard S. M., Ravens T. M., Möller I., Yeager K. M. e Baird A. H. (2009) - *Does vegetation prevent wave erosion of salt marsh edges?* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Volume 106, Issue 25, 10109-13.
- Schwimmer R. A. (2001) - *Rates and Processes of Marsh Shoreline Erosion in Rehobot Bay, Delaware, U.S.A.* Journal of Coastal Research, 17(3): 672-683.

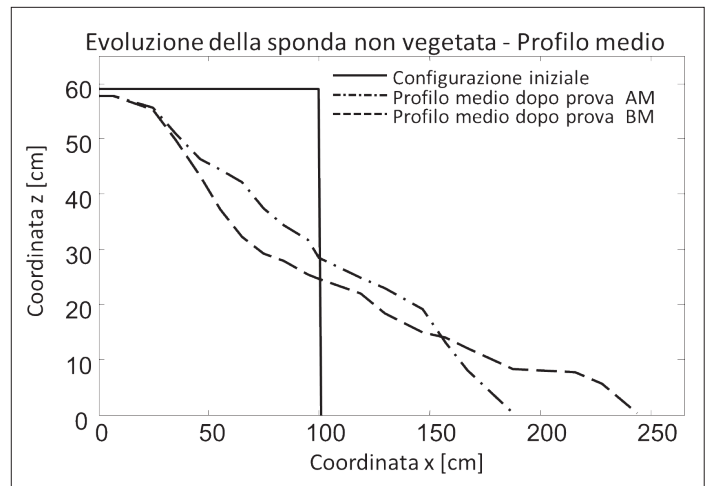


Figura 1 - Evoluzione del profilo medio della sponda non vegetata in risposta all'azione congiunta del moto ondoso e dell'escursione di marea.