

Studi costieri

Dinamica e difesa dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

N. 29
2021



Studi costieri

Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

Collana diretta da:

Enzo Pranzini

Dipartimento di Scienze della Terra

Via Micheli, 6 - 50121 Firenze

Tel. 055 2756547

Redazione: **Irene Cinelli**

E-mail: irene.cinelli@unifi.it

Comitato scientifico

Segreteria: **Pierluigi Aminti**

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Via S. Marta, 3 - 50139 Firenze

Tel. 055 2758840

E-mail: aminti@dicea.unifi.it

Carl Leonetto Amos - Southampton (UK)

Giorgio Anfuso - Cadice (Spagna)

Edoardo Benassai - Napoli

Mario Calabrese - Napoli

Lorenzo Cappietti - Firenze

Nicola Corradi - Genova

Leandro D'Alessandro - Chieti

Giuliano Fierro - Genova

Leopoldo Franco - Roma

Giovan Battista La Monica - Roma

Alberto Lamberti - Bologna

Elvidio Lupia Palmieri - Roma

Alessandro Mancinelli, Ancona

Alberto Noli - Roma

André Ozer - Liegi (Belgio)

Piero Ruol - Padova

Umberto Simeoni - Ferrara

Adrian Stanica - Bucarest (Romania)

Giuseppe Roberto Tomasicchio - Bari

Lilian Wetzel - Rio Grande (Brasile)

Finito di stampare nel mese di Dicembre 2021

Edizioni Tassinari

Studi costieri N. 29



**Numero stampato con il contributo
del DISTAV dell'Università di Genova**

Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero

Opere di protezione costiera a basso impatto ambientale: i ripascimenti protetti

Alessandra Saponieri, Leonardo Damiani

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica,
Politecnico di Bari, via Amendola, 126, 70125

Riassunto

Nel presente lavoro si riportano i principali risultati ottenuti durante una campagna sperimentale condotta presso il Laboratorio di Ingegneria Costiera del Politecnico di Bari. Le attività sperimentali mirano ad analizzare gli effetti del sistema di drenaggio spiagge accoppiato ad una barriera sommersa ad elevata sommergezza sull'evoluzione trasversale a breve termine di un ripascimento artificiale, in condizioni ondose erosive. Le prove su modello fisico 2D sono state condotte in condizioni di spiaggia non protetta e protetta, a partire dallo stesso profilo iniziale sino al raggiungimento dell'equilibrio. L'influenza dei due sistemi sui processi sottocosta è stata analizzata osservando il comportamento del sistema di drenaggio spiagge e della barriera sommersa prima separatamente e poi congiuntamente, al fine di poter scindere gli effetti di ciascun intervento sul trasporto dei sedimenti. I risultati mostrano che in presenza del sistema di drenaggio e della barriera sommersa si verifica una riduzione dell'arretramento della linea di riva con deposizione dei sedimenti nei bassi fondali, intercettati dalla presenza della struttura e quindi, potenzialmente utili per il rimodellamento della spiaggia, senza ulteriore aggravio nei costi di gestione di un ripascimento. Le misure acquisite sul modello fisico hanno consentito l'analisi delle capacità predittive del modello numerico XBeach per lo studio dell'evoluzione del profilo trasversale del ripascimento non protetto, nelle condizioni testate in laboratorio. La sensitività del modello è stata dapprima valutata in relazione alla discretizzazione spaziale della griglia e alla condizione ondosa al contorno, consentendo la definizione di un modello di base per la successiva fase di calibrazione. La calibrazione del modello è stata condotta confrontando l'evoluzione temporale del profilo trasversale del ripascimento, al variare dei principali parametri coinvolti nella modellazione analitica dei processi di idrodinamica e morfodinamica.

Parole chiave: barriere sommerse, drenaggio delle spiagge, ripascimenti artificiali, trasporto solido, XBeach.

Abstract

In the present work an alternative approach for protecting sandy beach nourishment is proposed. The short-term morphological evolution of a beach nourishment profile under erosive wave conditions is investigated in presence of a mixed defence system. Such a system is composed by a drain pipe placed inside the beach in the swash zone, parallel to the shoreline, and a submerged rubble mound breakwater characterized by a high freeboard below the mean water level, namely equal to 90% of the offshore significant wave height.

A new experimental campaign has been performed at the Coastal Engineering Laboratory of the Technical University of Bari (Bari, Italy). Tests on 2-D small scale physical model (according to Froude analogy, 1:10) have been conducted on both unprotected and protected sandy beach nourishment starting from the same initial profile up to equilibrium conditions (16-19 hours in model scale). The drainage system and the submerged barrier have been tested firstly separately and then deployed together, in order to be able to separate the effects of each defence system on the cross-shore sediment transport. Both the defense systems induce a landward main sediment transport, in

correspondence of the submerged breakwater and the sand bar. Moreover, both systems induce a slower shoreline withdraw and, specifically, the drainage system a reduction of the beach face slope. The experimental measurements have allowed a preliminary calibration of the XBeach numerical model (Roelvink et al., 2009), in order to investigate the model accuracy in reproducing the evolution of the unprotected nourishment profile. The model sensitivity was preliminary evaluated as a function of spatial computational grid discretization and wave boundary conditions, thus allowing the definition of a base-model for the further calibration of the numerical model. The calibration of the XBeach model was carried out by comparing the measured and modelled temporal evolution of the cross-shore nourishment profile, by varying the main parameter involved in both hydrodynamic and morphodynamic analytical models. The results show that the calibrated model is able to reproduce the bottom evolution and the hydrodynamics along the flume, namely in terms of significant wave height, even if some uncertainties can be observed on the formation of submerged sandbar, which is not properly recognized by the model.

Keywords: *beach drainage, nourishments, sediment transport, submerged breakwaters, XBeach.*

Introduzione

Negli ultimi anni la riqualificazione dei waterfront rappresenta un tema di grande attualità che coinvolge grandi e piccole realtà urbane affacciate sul mare, al fine di sfruttare le potenzialità che le zone costiere offrono. Le strategie di pianificazione e gestione della fascia costiera mirano al recupero della qualità ambientale la quale ha visto un graduale depauperamento in seguito all'eccessivo carico antropico. Nasce, dunque, l'esigenza di tutelare gli ambienti costieri, particolarmente fragili poiché soggetti a fenomeni di erosione e inondazione che ne alterano la stabilità, nonché la qualità ambientale e, dunque, il valore economico. Risulta di particolare importanza la ricerca di soluzioni alternative e innovative in grado di valorizzare i waterfront, attraverso idonei piani di monitoraggio (e.g., Valentini et al., 2017a) e l'adozione di interventi di recupero sostenibili sia dal punto di vista ambientale che finanziario.

In quest'ottica, il risanamento delle aree costiere si traduce spesso nella realizzazione di ripascimenti artificiali (e.g., Di Risio et al., 2010), che permettono di ripristinare o conservare una adeguata estensione della spiaggia emersa e del sistema dunale, senza compromettere il paesaggio e pregiudicare l'attività di balneazione. Tali interventi necessitano di un accurato piano di gestione al fine di definire la sostenibilità finanziaria dell'opera, principalmente legata al tempo di vita.

Precedenti studi (e.g., Bowman et al., 2007; Damiani et al., 2009; Aristodemo et al., 2011; Saponieri et al., 2015) hanno dimostrato come la stabilità dei sedimenti nella zona di riva possa essere incrementata aumentando la capacità di filtrazione della spiaggia, attraverso l'installazione di un sistema di drenaggio delle spiagge (Saponieri, 2018a). Le esperienze di campo condotte sul territorio costiero italiano (e.g. Fontana et al., 2009) hanno permesso di comprendere l'influenza delle tubazioni drenanti sui processi di idrodinamica della zona di riva, mentre sono ancora incerti gli effetti sul trasporto dei sedimenti. I risultati delle sperimentazioni in campo hanno mostrato effetti positivi sulla stabilizzazione della spiaggia emersa, con la formazione di una berma tipica delle spiagge in ghiaia. D'altronde, la mancanza di un monitoraggio continuo e la dismissione di alcuni impianti per scarsa manutenzione non hanno consentito di verificarne gli effetti nel lungo periodo. Le prove di laboratorio (Contestabile et al., 2012) hanno mostrato un accumulo di sedimenti nella zona di riva in condizioni di bassa e media energia del moto ondoso. In presenza di onde energeticamente più alte, gli effetti del dreno sulla direzione prevalente di trasporto sembrano essere trascurabili.

Una nuova campagna sperimentale è stata condotta presso il Laboratorio di Ingegneria Costiera del Politecnico di Bari, con l'obiettivo di analizzare gli effetti del sistema di drenaggio accoppiato ad una barriera sommersa ad elevata sommergezza (c.a. - 1.80 m) sull'evoluzione trasversale a breve termine di un ripascimento, in condizioni ondose erosive. Le prove su modello fisico 2-D in scala geometrica indistorta di Froude 1:10 sono state condotte in condizioni non protette e protette a partire dallo stesso profilo iniziale sino al raggiungimento del profilo di equilibrio (16-19 ore in scala modello).

Nel presente lavoro si riportano i principali risultati ottenuti dalla campagna sperimentale e i risultati derivanti dall'applicazione del modello numerico XBeach (Roelvink et al., 2009) a valle delle analisi di sensitività e calibrazione rispetto le misure acquisite in laboratorio durante la campagna sperimentale. Attualmente, XBeach è utilizzato per lo studio dell'evoluzione dei litorali a seguito della azione delle mareggiate in differenti condizioni ondose, in presenza o in assenza di strutture di difesa della costa (e.g. Berard et al., 2017;

Muller et al., 2018; Saponieri et al., 2018b), considerando, a differenza di altri modelli di risoluzione dell'idrodinamica in acque basse in condizioni non idrostatiche (e.g. SWASH, Zijlema et al., 2011; Celli et al., 2018; Damiani et al., 2018), l'influenza sull'evoluzione del fondale.

Set-up sperimentale

Il modello fisico

Il Laboratorio di Ingegneria delle Coste del Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica (DICATECh) afferente al Politecnico di Bari occupa una superficie coperta di circa 12500 mq e possiede due vasche e due canali per modelli fisici costieri ed un canale per la generazione di getti di superficie (Damiani et al., 2002). Il canale utilizzato per i test sperimentali è lungo 50 m, largo 2.5 m e profondo 1.2 m. E' dotato di un generatore di moto ondoso 2-D dell'HR Wallingford costituito da 1 modulo con 4 pale, ciascuna di larghezza 0.6 m. Le pale si muovono con moto di pura traslazione, in modo indipendente in grado di generare un fronte d'onda lungo 2.4 m ed una altezza d'onda massima di 0.3 m, con un tirante idrico di 0.8 m.

Di seguito si riporta una breve descrizione del modello, dei test e degli strumenti adottati per la misura delle grandezze idrodinamiche e dell'evoluzione del fondale. Maggiori dettagli sono riportati in Saponieri et al. (2018c).

Il profilo di spiaggia (Fig. 1), a partire dal generatore ondoso, è costituito da un tratto orizzontale a fondo fisso lungo circa 20 m, coincidente con il fondo del canale, seguito da un tratto di 9 m a pendenza 1:30. Successivamente, il profilo assume, per 5.20 m, la pendenza di progetto tipica per un ripascimento artificiale pari a 1:8, raggiungendo la berma emersa, orizzontale, che si estende per 2.5 m, posta a +0.15 m al di sopra del livello medio di acqua nel canale (0.8 m).

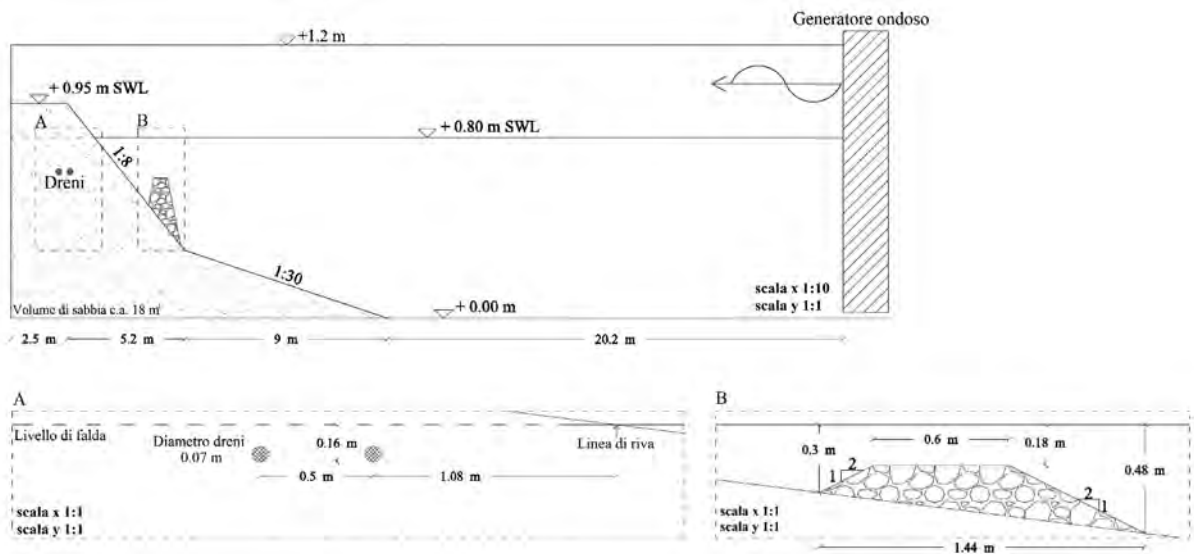


Figura 1. Geometria del modello fisico.

La sabbia utilizzata per realizzare il profilo di spiaggia è a granulometria uniforme classificata, secondo la scala Udden-Wentworth, come sabbia medio-fine con diametro medio (d_{50}) pari a 0.227 mm, permeabilità (k) di $4.08 \cdot 10^{-5}$ m/s e velocità di caduta (ω_s) pari a 0.028 m/s. Il sistema di drenaggio (Fig. 2a) è costituito da due dreni installati parallelamente alla linea di riva (l.d.r.) all'interno della spiaggia, a circa 0.165 m al di sotto del livello statico di falda (1.65 m in scala prototipo), di lunghezza pari alla larghezza del canale (c.a. 2.5 m) e diametro pari a 0.07 m (0.70 m in scala prototipo). Le distanze dei tubi rispetto alla l.d.r. sono, rispettivamente, pari ad 1 m (10 m in scala prototipo) e 1.50 m (15 m in scala prototipo).

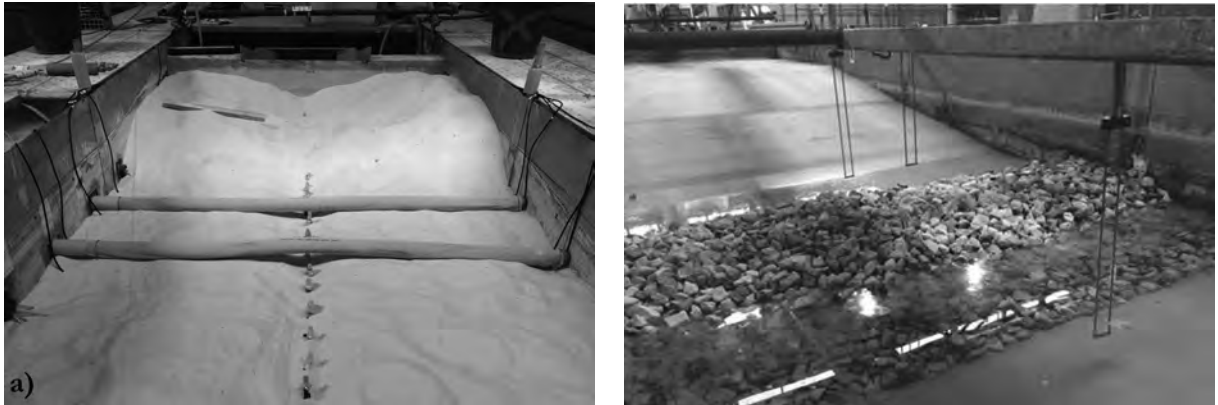


Figura 2. (a) Sistema di drenaggio posizionato all'interno della spiaggia, (b) Barriera sommersa.

La realizzazione di una barriera sommersa (Fig. 2b) ad elevata sommergenza ha il duplice obiettivo di trattenerne i sedimenti trasportati verso il largo e ridurre l'energia delle onde più alte, in presenza delle quali precedenti sperimentazioni sul BDS hanno dimostrato poca influenza dello stesso. In scala modello la barriera è stata realizzata ad una distanza di 2.4 m dalla l.d.r., con una cresta larga 0.6 m e una sommergenza di -0.18 m, ossia pari al 90% dell'altezza significativa nominale generata.

La strumentazione utilizzata è stata scelta al fine di poter misurare le grandezze idrodinamiche e morfodinamiche inerenti l'obiettivo della ricerca: 1 stazione totale per la misura del fondale con passo pari a 0.05 m e intervalli temporali ad elevata risoluzione sino alla condizione di equilibrio; 7 sonde resistive per la misura delle elevazioni della superficie libera dell'acqua; 6 trasduttori di pressione e 9 piezometri per la misura dei livelli di pressione interstiziali all'interno della spiaggia; 4 trasduttori di pressione per la misura della pressione all'interno e all'esterno delle tubazioni drenanti; 1 trasduttore di pressione all'interno del pozzetto di raccolta dell'acqua drenata; 1 Vectrino e 1 Vectrino profiler per la misura 3D delle velocità; 1 camera ad alta risoluzione per l'acquisizione dei video durante le prove sperimentali, al fine di estrarre la variazione della l.d.r. ed il flusso di risalita sulla spiaggia; 4 sensori ultrasonici nella configurazione con la barriera sommersa, al fine di comprendere le potenzialità degli strumenti per la misura del flusso di risalita sulla spiaggia.

Caratteristiche delle prove sperimentali

Le prove sono state effettuate su 5 configurazioni differenti di ripascimento, in condizioni di spiaggia protetta e non protetta. La configurazione con il dreno posizionato più vicino rispetto alla posizione iniziale della l.d.r. (1 m) ha mostrato una ridotta efficacia nella stabilizzazione dei sedimenti, confermando quanto già evidenziato nelle precedenti sperimentazioni (Damiani et al., 2011). Per questo motivo gli effetti della barriera sommersa sono stati successivamente investigati solo in accoppiamento con il dreno posto a 1.5 m dalla posizione iniziale della l.d.r., ossia all'interno della zona di filtrazione attiva della spiaggia, delimitata dal limite di run-up massimo, che in tutte le prove ha assunto valore pari a +0.15 m sul l.m.m., interessando il tratto di spiaggia orizzontale (emerso).

In Tabella 1 si riportano le principali caratteristiche delle prove sperimentali condotte, in termini di altezza significativa (H_s , H_{m0}) e periodo di picco (T_p) delle onde al largo. L'evoluzione morfodinamica del profilo di ripascimento sino alla condizione di equilibrio e gli effetti dei sistemi di protezione sui processi di idrodinamica sottocosta sono stati analizzati in condizioni ondose di carattere erosivo di tipo irregolare con spettro JONSWAP.

Tabella 1. Caratteristiche dei tests.

Test	Test ID	H_s (m)	H_{m0} (m)	T_p (s)
Non protetto	UNP	0.187	0.206	1.47
Dreno 1	BDS	0.183	0.206	1.47
Dreno 1 + Barriera sommersa	BDS-BW	0.19	0.212	1.47
Barriera sommersa	BW	0.188	0.208	1.47

Risultati sperimentali

Nella Figura 3 sono riportati i profili finali misurati in condizioni non protette e protette. Come previsto, l'evoluzione morfologica del profilo della spiaggia è più rapida nelle prime ore, per poi rallentare sino alla condizione di equilibrio, in corrispondenza della quale non si è osservata alcuna variazione sostanziale nel trasporto dei sedimenti. Tale condizione si raggiunge dopo circa 13 ore di test in condizioni di spiaggia protetta e 16 ore in condizioni di spiaggia non protetta.

In condizioni di spiaggia naturale (non protetta) e difesa dal sistema di drenaggio, nella zona dei frangenti, il trasporto dei sedimenti è prevalentemente diretto verso il largo, contenuto all'interno della zona attiva con la formazione di due barre sommerse che si sono evolute durante le prove fino a raggiungere la posizione e la forma di equilibrio. La presenza della barriera (in condizioni drenate e non, SBW e BDS-SBW) ha indotto la formazione di una barra sommersa nel primo stadio dell'evoluzione del profilo. Successivamente, la migrazione della barra in direzione offshore è stata intercettata dalla struttura sommersa. La tipica forma di barra sommersa è scomparsa e il profilo ha assunto una conformazione ad S (Fig. 3).

L'elevata risoluzione spaziale e temporale dei rilievi del fondale ha permesso di analizzare la portata di trasporto del sedimento per unità di area ($m^3/s \cdot m$) mediante l'equazione di Exner (e.g., Baldock et al., 2017). La variazione spaziale della portata netta di trasporto dei sedimenti $q_s(x_i)$ in corrispondenza della coordinata x_i è quindi espressa in funzione dell'evoluzione temporale del fondo e della porosità del materiale, assunta costante (Eq. 1):

$$q_s(x_i) = q_s(x_{i-1}) - (\Delta z / \Delta t) \Delta x \quad (1)$$

dove Δx e Δt rappresentano, rispettivamente, la discretizzazione spaziale e temporale dei rilievi.

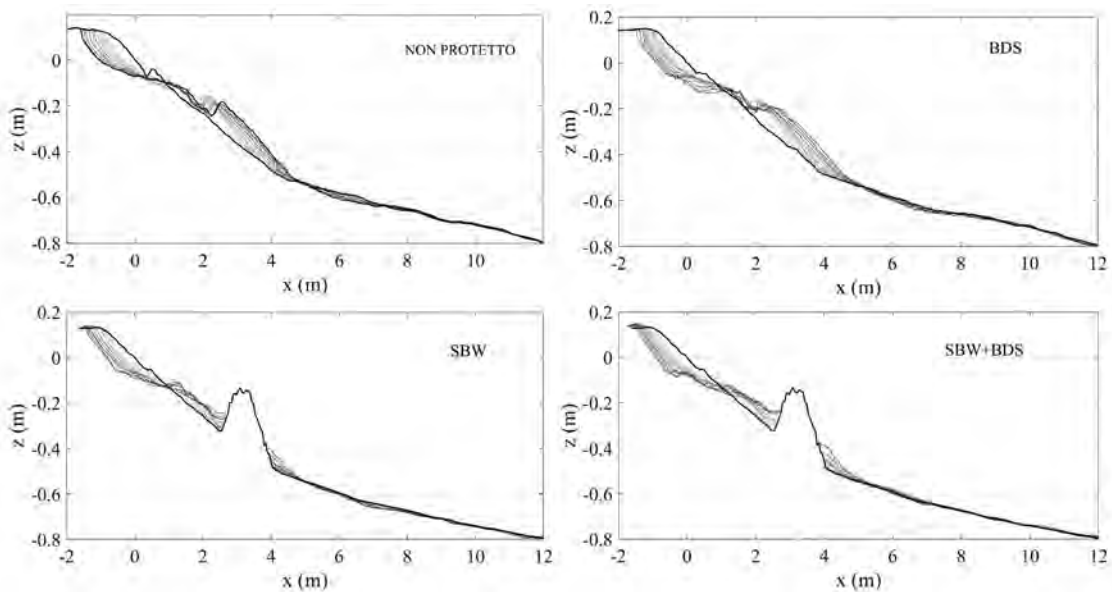


Figura 3. Evoluzione temporale del profilo di spiaggia nelle configurazioni UNP, BDS, SBW, and BDS-SBW.

Nelle Figura 4 le portate nette di trasporto solido per unità di lunghezza $q_s(x_i)$ ($m^3/s \cdot m$) sono riportate per tutte le configurazioni a passi temporali selezionati. Secondo l'equazione di Exner, il sistema di coordinate locale è assunto con l'asse x positivo verso il largo. I valori negativi si riferiscono al trasporto di sedimenti verso riva, mentre i valori positivi rappresentano il trasporto prevalente verso il largo (Fig. 4). Le informazioni sui flussi netti di trasporto dei sedimenti in ciascuna sezione possono essere recuperate considerando la derivata spaziale di $q_s(x)$, la quale misura la variazione nello spazio della velocità di trasporto. Pertanto, un aumento di $q_s(x)$ in entrambi i quadranti (positivo o negativo) indica l'erosione del fondo, concentrata principalmente nelle zone di swash e surf. Valori negativi delle suddette derivate si osservano in corrispondenza

della barra sommersa nelle condizioni non protette e drenate, dove si è osservato un accumulo dei sedimenti. La Figura 4 mostra che in condizioni non protette il trasporto di sedimenti è principalmente diretto verso il largo. Nelle configurazioni BDS, BDS-SBW e SBW, entrambi i sistemi influenzano tale tendenza, invertendo la direzione del trasporto di sedimenti netti verso riva, rispettivamente nell'area vicino alla barra sommersa e alla barriera. Tale effetto è più pronunciato quando la barriera è accoppiata con il sistema di drenaggio. Dopo 60 minuti di esposizione alle onde, la portata solida si riduce in tutte le configurazioni e i sedimenti tendono a stabilizzarsi. La forma del profilo rimane pressoché invariata. Le modifiche sono dovute principalmente alla graduale redistribuzione dei sedimenti dalla spiaggia emersa alle acque poco profonde (zone di swash e surf) e in corrispondenza della barra sommersa offshore.

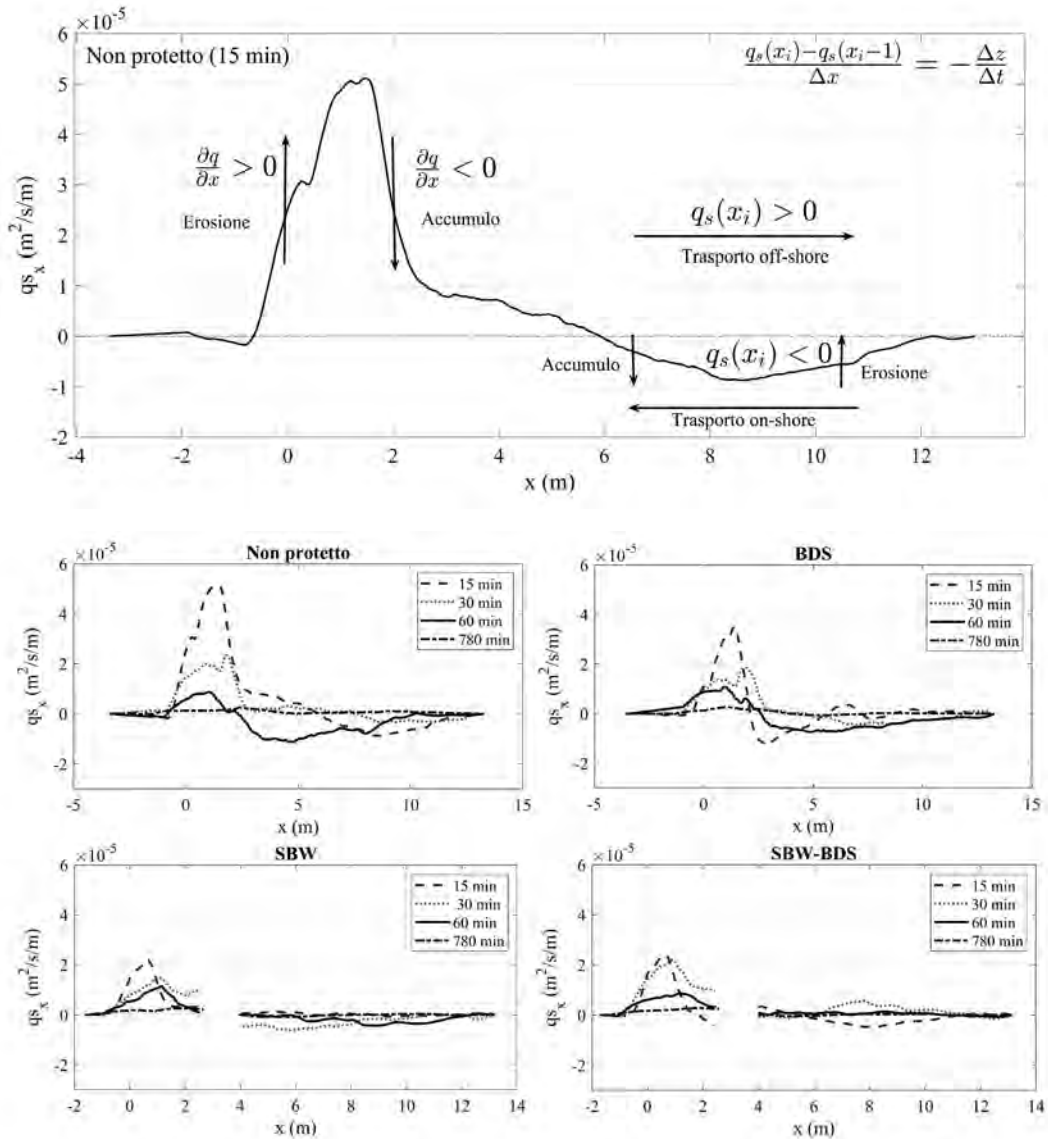


Figura 4. Variazione temporale delle portate solide nette per unità di area al variare della configurazione.

In Figura 5 si riporta la variazione temporale della posizione della linea di riva. Rispetto le condizioni non protette, entrambi gli interventi di protezione inducono un minore arretramento della l.d.r., più evidente in presenza della barriera sia in condizioni drenate che non drenate. Come evidenziato per l'evoluzione dei profili, l'arretramento della l.d.r. e l'aumento di pendenza sottocosta sono entrambi più rapidi durante l'ini-

zio dell'attacco ondoso per tutte le configurazioni. Dopo 180 minuti, la l.d.r. arretra del 50% circa, rispetto alla posizione finale. In condizioni di ripascimento non protetto si è osservato il massimo arretramento della l.d.r., dimostrando che la posizione del dreno posizionato più vicino alla l.d.r. non è utile e che il comportamento ricalca quanto osservato in condizioni naturali. In corrispondenza della diminuzione della portata solida netta, le velocità di arretramento della l.d.r. e l'aumento della pendenza della spiaggia diminuiscono, anche se entrambi i processi persistono. Rispetto la configurazione non protetta, in presenza del sistema di drenaggio nella configurazione BDS, si è osservato un arretramento della l.d.r. inferiore in presenza e assenza della barriera sommersa, e in presenza della sola barriera.

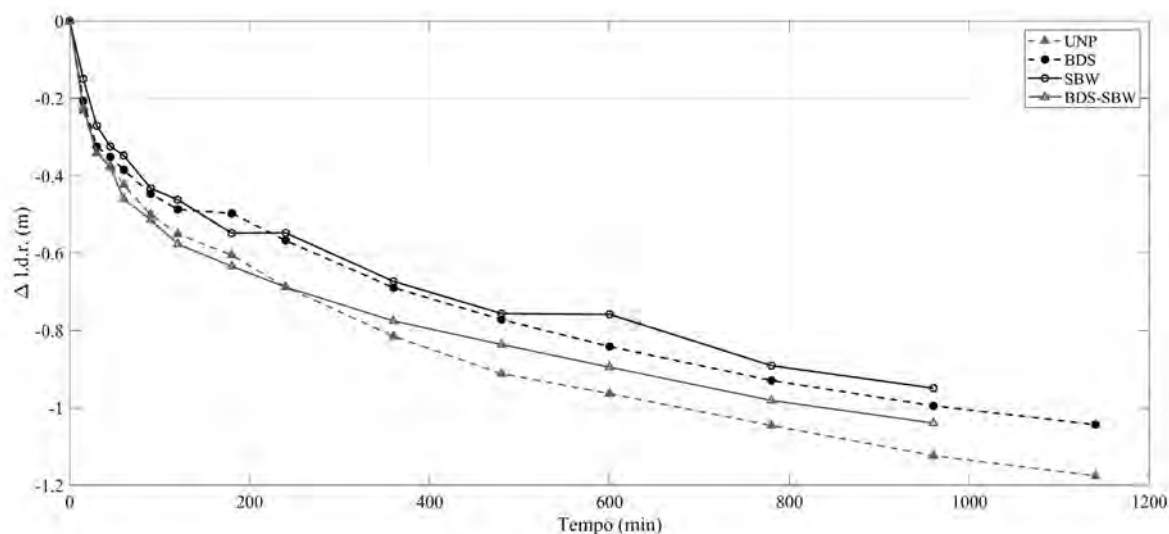


Figura 5. Variazione temporale della linea di riva.

Il modello numerico XBeach

Le misure acquisite durante i test sperimentali in condizioni di ripascimento non protetto hanno permesso la calibrazione del modello numerico XBeach 1-D (Roelvink et al., 2009). Di seguito si riportano i risultati numerici delle variazioni del fondo e il confronto con le misure sperimentali.

Il modello numerico è stato applicato in modalità idrostatica non stazionaria (surf-beat), la quale consente la risoluzione delle onde corte e quindi considera gli effetti delle onde infragravitazionali e dei gruppi d'onda, imponendo al largo uno spettro di tipo JONSWAP. La durata è stata impostata pari a quella per la quale nel modello fisico non si sono registrate variazioni significative del fondo (13 h), con uno spin-up time di 60 s. La fase di validazione del modello è stata preceduta da una analisi di sensitività rispetto ai seguenti parametri: i) discretizzazione spaziale della griglia computazionale (dx), ii) discretizzazione spaziale dello spettro di energia ondosa ($d\theta$) e iii) tipologia delle condizioni al contorno in corrispondenza della zona di generazione del moto ondoso (*front*). La condizione al contorno in corrispondenza della spiaggia è stata imposta di assorbimento in tutti i casi. Sono state implementate tre griglie uniformi con passo dx costante, pari a 0.05 m, 0.1 m e 0.2 m e una griglia non uniforme, con passo minimo (0.025 m) in corrispondenza della zona sottocosta e passo massimo (0.1 m) sulla restante parte del profilo. Si è inoltre valutata la sensitività del modello rispetto alla discretizzazione spaziale dello spettro di energia nella sezione di generazione, imponendo un intervallo pari a 180°, 45°, 30° e 10°.

La sensitività del modello è stata valutata considerando, al variare dei parametri scelti, le differenze dei risultati in termini di evoluzione del fondo ed evoluzione spaziale dell'altezza d'onda significativa, rispetto una condizione di riferimento prefissata. Il confronto con i risultati sperimentali è stato oggetto di analisi nella successiva fase di validazione. L'influenza di ciascun parametro è stata dunque valutata fissando una configurazione di riferimento e facendo variare separatamente gli altri due parametri nel range prefissato, quantificando le differenze attraverso il calcolo dello Scarto Quadratico Medio (SQM) e del Brier Skill Score

(BSS). L'analisi di sensitività rispetto ai tre parametri (dx , $d\vartheta$, $front$) ha permesso di definire il modello di riferimento per le simulazioni successive di validazione.

In Figura 6 si riporta il confronto tra il profilo finale misurato e quello derivante dall'applicazione del modello definito a valle dell'analisi di sensitività e caratterizzato da una griglia computazionale a passo costante di 0.2 m, una discretizzazione spaziale dello spettro nella sezione di generazione pari a 30° e condizione al contorno di assorbimento. Nessuna modifica rispetto alle condizioni di default è stata apportata per gli altri parametri.

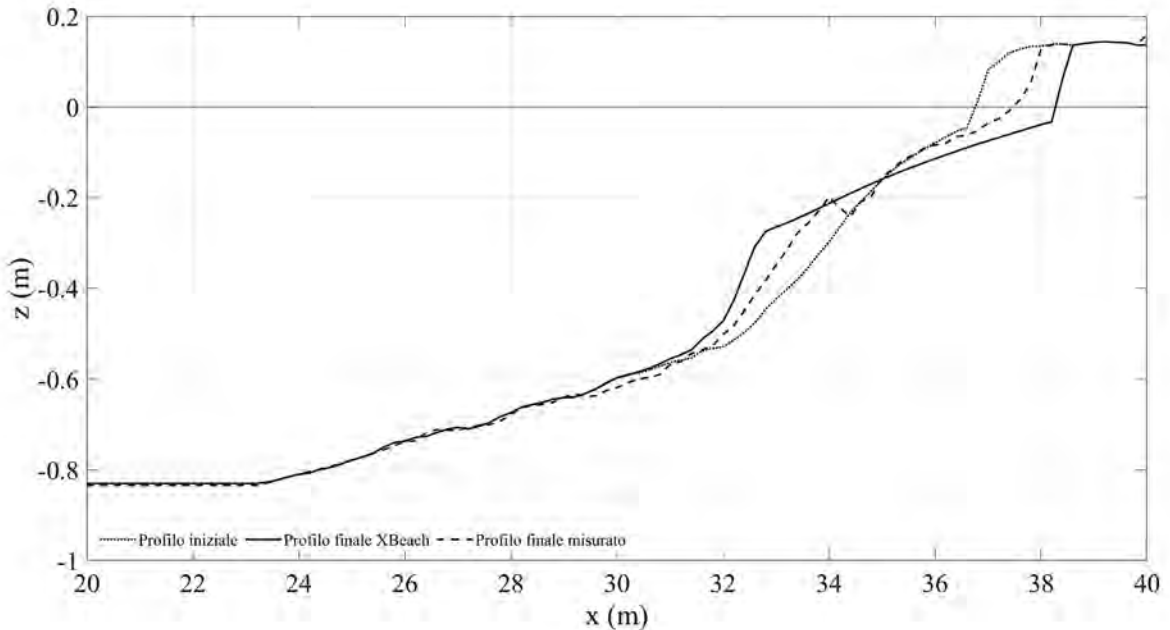


Figura 6. Confronto tra il profilo misurato e modellato in condizioni di default.

La calibrazione del modello è stata condotta rispetto ai parametri indicati in Tabella 2, secondo l'approccio *one at the time* (Simmons et al., 2017), confrontando il profilo modellato con quello misurato e quantificando le differenze mediante SQM e BSS. Dal parametro f_w dipende proporzionalmente il calcolo di aliquota di energia dissipata durante la propagazione delle onde. Si nota difatti come all'aumentare di f_w , corrisponda una riduzione del trasporto solido verso il largo (Fig. 7). Il valore massimo di BSS è stato osservato per $f_w=0.4$, superato il quale si riduce, indicando una sottostima del processo erosivo. A tale valore non corrisponde il valore minimo di SQM, confermando come tale parametro può risultare non significativo se considerato singolarmente per il confronto tra valori misurati e modellati del fondo. Il parametro $facua$ migliora la risposta del modello agli effetti della non linearità dell'onda (asimmetria e skewness), influenzando i fenomeni di trasporto dei sedimenti (e.g., Vousdouskas et al., 2013). La miglior riproduzione del profilo di spiaggia, invece, si ottiene per valori di $facua$ compresi fra 0.50 e 0.75, ove il BSS supera 0.8 (Fig. 8). Successivamente, fissato il valore di $f_w=0.4$, si è fatto variare il parametro $facua$ in un intorno di 0.55 ± 0.1 , consentendo di valutare la migliore combinazione dei due parametri f_w e $facua$ rispettivamente pari a 0.4 e 0.55, per i quali il BSS assume il valore massimo (0.83).

Tabella 2. Parametri di calibrazione.

Parametri	Descrizione	Default	Range
f_w	Attrito legato alle onde corte.	0	0-1
$facua$	Asimmetria e distorsione dell'onda.	0.1	0-1
$break$	Formulazione del frangimento.	<i>roelvink2</i>	<i>roelvink1, 2</i>
$gamma$	Parametro di frangimento.	0.55	0.40-0.90
$bedfriccoef$	Coefficiente di attrito al fondo.	55	20-100
$wetslp$	Pendenza critica sotto il livello del mare.	0.30	0.10-1.00
$dryslp$	Pendenza critica sopra il livello del mare.	1	0.10-1.00
<i>Reposeangle (deg)</i>	Angolo di riposo del materiale.	30	0-50

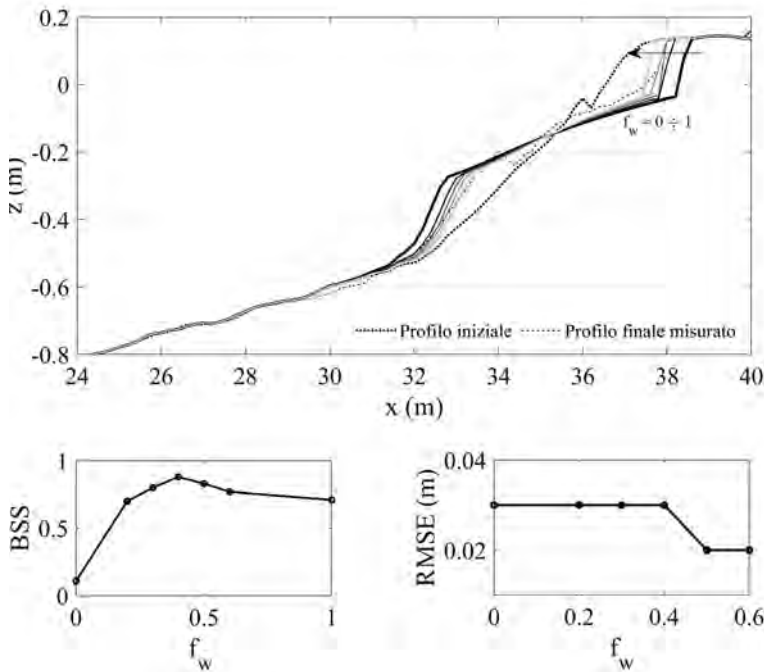


Figura 7. Confronto tra il profilo misurato e modellato al variare del parametro f_w .

Come evidenziato ad esempio da Roelvink et al. (2009), la formulazione per il frangimento utilizzata nella modellazione numerica può avere un effetto determinante sui risultati ottenuti, poiché le due formulazioni proposte (*roelvink1* e *roelvink2*) si differenziano nel calcolo dell'indice di frangimento. In Figura 9 si riportano il profilo misurato e quello modellato al termine delle 13 h, con valori di f_w e $facua$ di default (curve continue) e calibrati (curve tratteggiate) utilizzando la formulazione per il calcolo della dissipazione di energia al frangimento di *roelvink2* (in nero) e *roelvink1* (in grigio). Per entrambe le formulazioni di frangimento, si è confrontata la risposta del modello, considerando i valori di f_w e $facua$ di default e quelli calibrati. Il valore del BSS è sensibilmente maggiore nel secondo caso per entrambe le formulazioni adottate per il frangimento. Indipendente dai valori assunti di f_w e $facua$, l'uso della formulazione per il calcolo della dissipazione di energia al frangimento secondo *roelvink2* (default), causa un maggiore arretramento della l.d.r. poiché la dissipazione energetica D_w legata alle turbolenze dell'onda è minore rispetto la formulazione *roelvink1* (e.g., Simmons et al., 2017). Nello specifico caso, la formulazione *roelvink2* è stata scelta poiché mostra valori di BSS più vicini all'unità.

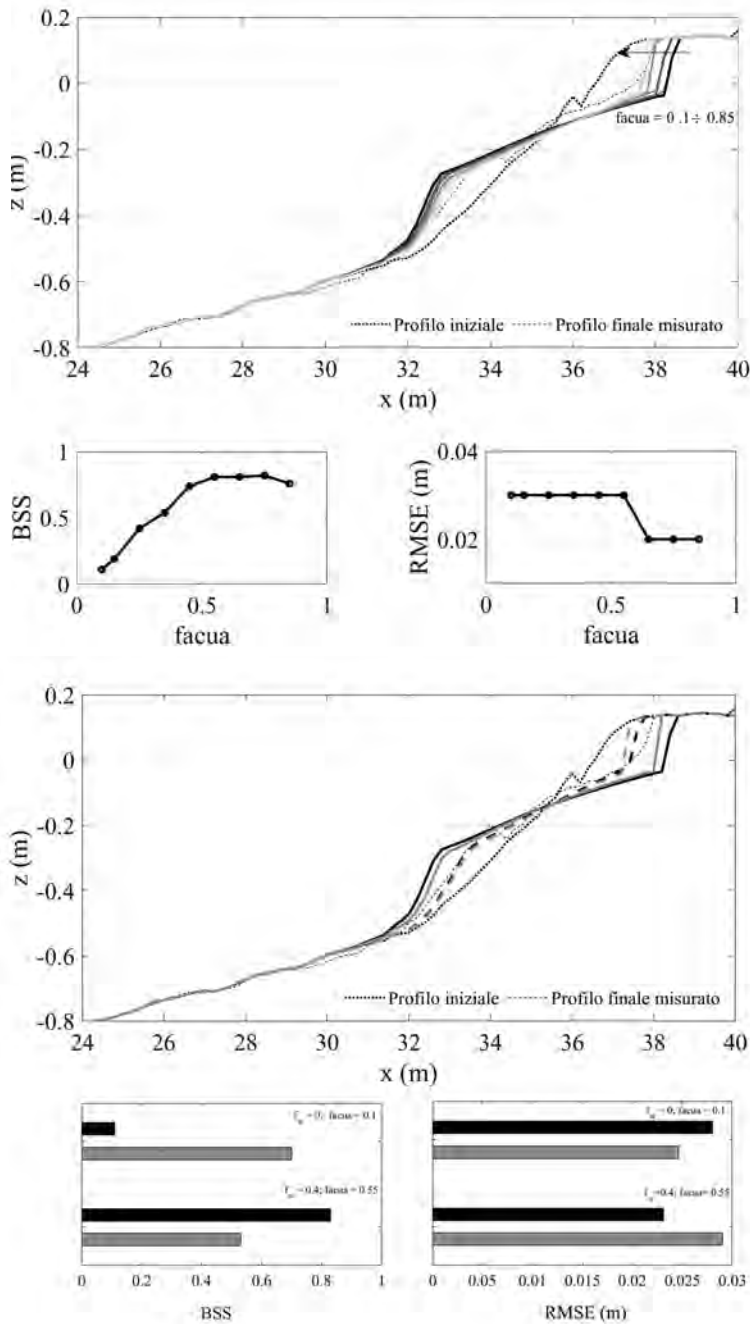


Figura 8. Confronto tra il profilo misurato e modellato al variare del parametro *facua*.

Figura 9. Confronto tra il profilo misurato e modellato al variare della formulazione di frangimento, f_w e *facua*.

I risultati del modello sono stati inoltre analizzati al variare dell'indice di frangimento γ che compare nella formulazione adottata *roelvink2*, ed assunto pari a 0.42, 0.55 (default), 0.6 e 0.7 (Fig. 10). Il valore minimo di γ pari a 0.42, scelto in quanto suggerito da Simmons et al. (2017), restituisce BSS minore. In questo caso di studio è lecito aspettarsi che al crescere di γ le simulazioni restituiscano profili più simili a quello misurato in laboratorio, data la generale sovrastima del fenomeno erosivo in condizioni di default ($\gamma = 0.55$). Si osserva, difatti, un aumento del BSS all'aumentare dell'indice di frangimento γ , che raggiunge il valore massimo (BSS = 0.83) in corrispondenza del valore di default. Per valori di gamma superiori, il BSS si riduce, restando comunque circa uguale a 0.8.

Nelle simulazioni analizzate precedentemente, si è notato come XBeach non riesca a modellare la formazione

della barra sommersa, con effetti sull'idrodinamica nella zona di frangimento. Durante gli esperimenti, si è osservato un innalzamento di H_s in corrispondenza della barra sommersa, indotto dalla riduzione di profondità, cui segue il frangimento dell'onda per raggiunto limite di profondità.

Il modello è stato calibrato in relazione ad alcuni parametri che rientrano nella formulazione dei processi di morfodinamica simulati da XBeach. Simmons et al. (2018) sottolineano l'esigenza di valutare la risposta del modello al variare del coefficiente di attrito al fondo (*bedfriccoef*), qualora si utilizzi la formula di Chezy, la cui calibrazione può sensibilmente migliorare i risultati.

In Hartley e Simmons (2016) si evidenzia come la morfodinamica del profilo di spiaggia possa essere influenzata dalla pendenza critica di movimentazione delle particelle solide che il modello considera *wet* (bagnate) o *dry* (asciutte), a seconda che si trovino al di sotto o al di sopra del livello del mare. Dunque, è possibile perfezionare le pendenze del profilo post-mareggiata ricercando valori ottimali dei valori di *wetslp* e *dryslp*. Ove non si conosca il valore dell'angolo di riposo del materiale, ossia l'inclinazione di naturale declivio di

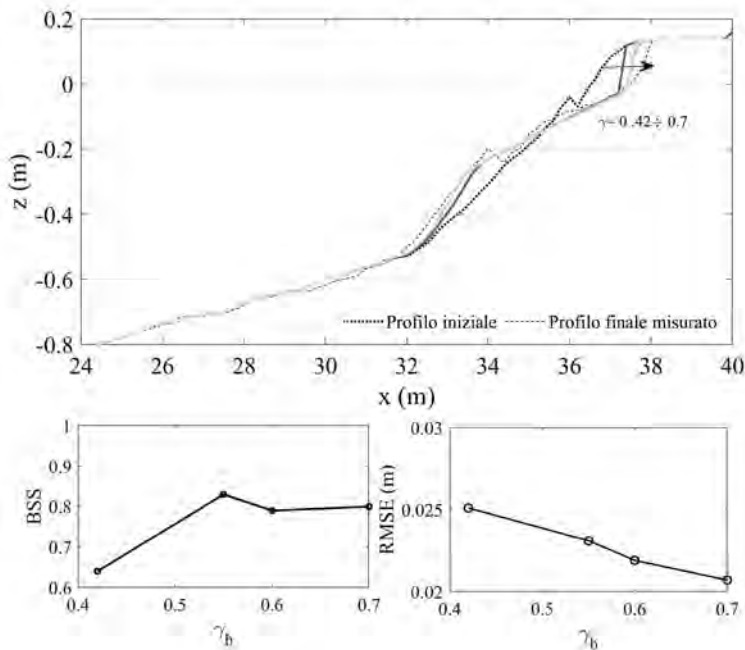


Figura 10. Influenza dell'indice di frangimento (γ) sull'evoluzione del profilo.

un materiale rispetto all'orizzontale, è possibile agire calibrando anche il parametro *reposeangle* per trovare un profilo finale che meglio approssimi la reale evoluzione del profilo di spiaggia. In Tabella 3 si riportano i valori dei suddetti parametri utilizzati, tra i quali in grassetto sono indicati i valori scelti a valle della calibrazione del modello. In Tabella 2 sono riportati i relativi valori di default.

Al variare del coefficiente di attrito non sono state osservate variazioni significative del profilo. Nessun miglioramento nella modellazione della barra sommersa, con valori di BSS lungo tutto il profilo medio-alti, variabili da un minimo di 0.7 ad un massimo di 0.83 in corrispondenza del valore di default. Non è stato possibile individuare un andamento univoco tra il coefficiente di attrito e le statistiche adottate per valutare l'accuratezza del modello.

L'angolo di riposo è stato fatto variare nel range 30° - 40° in quanto per terreni incoerenti l'angolo di riposo può variare fra 30° e 38°, fino ad un massimo di 40° qualora si parli di sabbia bagnata. I profili modellati conservano sostanzialmente lo stesso andamento al variare dell'angolo di riposo, che si dimostra un parametro non influente nel caso oggetto di studio. Il BSS presenta un leggero calo all'aumentare di ϕ ma l'andamento è comunque abbastanza regolare e non presenta evidenti picchi minimi o massimi.

Tabella 3. Parametri morfodinamici di calibrazione.

Parametro	Valori
<i>bedfriccoef</i>	20-45-55-65-75-100
<i>Reposeangle (deg)</i>	30-35-37-40
<i>wetslp</i>	0.10-0.25-0.30-0.50-0.75-1.00
<i>dryslp</i>	0.25-0.50-0.75-1.00

I valori di pendenza critica al di sopra e al di sotto del livello medio del mare sono stati variati secondo quanto indicato in letteratura (e.g. Voudouskas et al., 2013; Hartley e Simmons, 2016). Mentre non si è osservata alcuna variazione significativa del profilo al variare del parametro *wetslp* a parità di *dryslp* (default), si è osservato un miglioramento del modello sulla modellazione dell'evoluzione del tratto emerso di spiaggia modificando la pendenza critica della parte emersa. Riducendo il valore di *dryslp* a 0.25 rispetto al valore di default =1, si ottiene una pendenza del tratto di spiaggia emersa nell'intorno della l.d.r. minore, più simile a quanto osservato in laboratorio, al quale corrisponde il valore di BSS massimo (0.90).

In Figura 11 si riporta il confronto del profilo finale misurato e di quello ottenuto dal modello calibrato, per il quale sono stati calcolati un BSS pari a 0.91. XBeach, pur comprendendo i processi necessari a modellare il comportamento della barra, non simula correttamente la sua formazione, poiché carente nella simulazione degli effetti della miscelazione verticale da turbolenza (Trouw et al., 2012). Il profilo modellato restituisce un andamento medio della zona ove nel modello fisico si ha la formazione del sistema barra-truogolo. La profondità di chiusura viene modellata correttamente.

In Figura 11 è mostrata, inoltre, l'evoluzione del profilo nel tempo in corrispondenza degli step temporali di misura del modello fisico, con i relativi valori di BSS, mostrando come questo aumenti al tendere del profilo alla configurazione di equilibrio. Tale variazione nel tempo del BSS è principalmente motivata dalla formazione della barra sommersa che compare già dopo i primi 15 minuti di test, e che, soggetta all'azione del moto ondoso, migra verso il largo fino a raggiungere una configurazione di equilibrio (x_b , Fig. 11). In corrispondenza di tale configurazione, pur non essendo in grado di modellare la barra, la modellazione dei volumi può essere considerata soddisfacente.

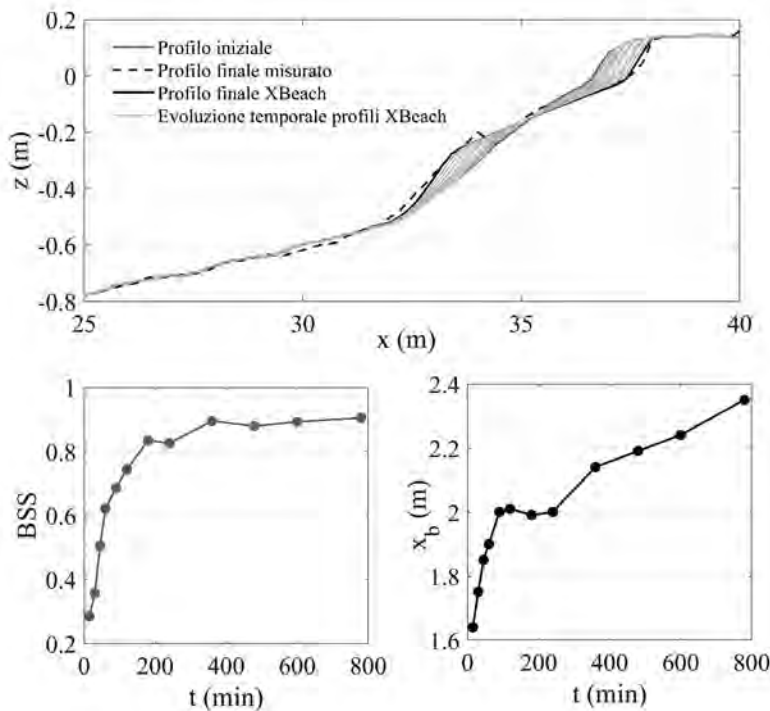


Figura 11. Evoluzione temporale dei profili modellati, BSS e posizione trasversale della barra misurata (x_b) rispetto la posizione iniziale della linea di riva.

Conclusioni

Nel presente lavoro si riportano i risultati principali ottenuti da una campagna sperimentale in corso presso il Laboratorio di Ingegneria delle Coste del Politecnico di Bari. La novità della ricerca consiste nel valutare l'affidabilità dell'approccio misto nella stabilizzazione della spiaggia. L'idea di base è di trasformare le onde ad alta energia che si propagano da largo in onde a media/bassa energia nella zona di surf, attraverso la barriera sommersa, per migliorare l'efficienza del BDS e le prestazioni del ripascimento, aumentando la durata dell'intervento, senza influenzarne il basso impatto ambientale. Diverse grandezze idrodinamiche (elevazioni d'onda, velocità nella surf-zone, livello di falda all'interno della spiaggia, ecc.) sono state misurate al fine di poter correlare la risposta morfodinamica della spiaggia alle variazioni indotte sui processi di idrodinamica nelle differenti configurazioni esaminate. I risultati mostrano che in presenza del BDS e della barriera sommersa si verifica una riduzione dell'arretramento della linea di riva con deposizione dei sedimenti nei bassi fondali, intercettati dalla presenza della struttura e quindi, potenzialmente utili per il rimodellamento della spiaggia, senza ulteriore aggravio nei costi di gestione di un ripascimento. In presenza della barriera tali effetti sono più marcati anche se il sistema misto necessita di ulteriori sperimentazioni. L'elevata discretizzazione spaziale e temporale delle misure acquisite durante le prove sperimentali ha consentito una preliminare validazione del modello numerico XBeach per lo studio dell'evoluzione del profilo di ripascimento in condizioni non protette. La sensitività del modello è stata dapprima valutata in funzione delle condizioni al contorno nella sezione di generazione e della discretizzazione spaziale della griglia computazionale. Successivamente, la fase di calibrazione del modello è stata condotta confrontando il profilo finale modellato con quello misurato al variare di alcuni parametri riguardanti sia la modellazione dei processi di idrodinamica (e.g., f_{acua} , f_w , $breaking$) che di morfodinamica ($dryslp$, $reposeangle$, $bedfriccoef$). I risultati confermano che il modello necessita di essere calibrato e che, nonostante la modellazione dei volumi possa essere considerata soddisfacente, il modello non è in grado di modellare la formazione della barra sommersa.

Ringraziamenti

Le prove di laboratorio sono state in parte finanziate dalla Fondazione Puglia nell'ambito del progetto di ricerca SITAC e dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del Mare nell'ambito del progetto STIMARE - CUP J56C18001240001.

Bibliografia

- Baldock T., Birrien F., Atkinson A., Shimamoto T., Wu S., Callaghan D., Nielsen P. (2017) - *Morphological hysteresis in the evolution of beach profiles under sequences of wave climates-Part 1: observations*. Coastal Engineering, 128, 92–105.
- Berard N. A., Mulligan, R. P. da Silva, A. M. F., Dibajnia M. (2017) - *Evaluation of XBeach performance for the erosion of a laboratory sand dune*. Coastal Engineering, 125, 70-80.
- Bolle A., Mercelis P., Roelvink D., Haerens P., Trouw K. (2011) - *Application and validation of XBeach for three different field sites*. Coastal Engineering Proceedings, 1(32), 40.
- Bowman D., Ferri S., Pranzini E. (2007). *Efficacy of beach dewatering Alassio, Italy*. Coastal Engineering 54(11):791–800.
- Celli D., Pasquali D., De Girolamo P., Di Risio M. (2018) - *Effects of submerged berms on the stability of conventional rubble mound breakwaters*. Coastal Engineering, 136, 16-25.
- Contestabile P., Aristodemo F., Vicinanza D., Ciavola P. (2012) - *Laboratory study on a beach drainage system*. Coastal Engineering, 66: 50–64.
- Damiani L., Petrillo A. F. e Ranieri, G. (2002) - *Il Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste del Politecnico di Bari*. Studi costieri, 5, 97-106.
- Damiani L., Petrillo A., Saponieri A. (2009) - *Beach dewatering systems: modelling coastal ground-water flow*. In: Proceedings of the 33th IAHR congress Vancouver, vol 12223, pp 1–8
- Damiani L., Aristodemo F., Saponieri A., Verbeni B., Veltri P., Vicinanza D. (2011) - *Full-scale experiments on a beach drainage system: hydrodynamic effects inside beach*. Journal of Hydraul Research 49(suppl 1): 44–54.
- Damiani L., Saponieri A., Valentini N. (2018) - *Validation of swash model for run-up prediction on a natural embayed beach*. Ital. J. Eng. Geol. Environ. 2018, SI 1, 27–37.

- Di Risio M., Lisi I., Beltrami G. M., De Girolamo, P. (2010) - *Physical modeling of the cross-shore short-term evolution of protected and unprotected beach nourishments*. Ocean Engineering, 37(8-9), 777-789.
- Fontana E., Ciavola P., & Vicinanza D. (2009) - *Stabilizzazione di arenili in erosione tramite sistemi di drenaggio della battigia: casi studio in Italia*. Studi Costieri, 16, 123-144.
- Muller J. R. M., Figlus J., de Vries S. (2018) - *XBeach simulation of hybrid coastal protection: a galves-ton seawall test case*. Coastal Engineering Proceedings 1.36 (2018): 100.
- Roelvink D., Reniers A., Van Dongeren A. P., de Vries S., McCall R., Lescinski J. (2009) - *Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands*. Coastal engineering, 56(11-12), 1133-1152.
- Saponieri A. e Damiani L. (2015) - *Numerical analysis of infiltration in a drained beach*. International Journal of Sustainable Development and Planning, 10(4), 467-486.
- Saponieri A. (2018a) - *Beach Drainage*. Encyclopedia of Coastal Science, 2nd ed.; Finkl, CW, Makow-ski, C., Eds, 1-4.
- Saponieri A., Di Risio M., Pasquali D., Valentini N., Aristodemo F., Tripepi G., Damiani L. (2018b) - *Beach profile evolution in front of storm seawalls: a physical and numerical study*. Coastal Engineering Proceedings, 1(36), 70.
- Saponieri A., Valentini N., Di Risio M., Pasquali D., Damiani L. (2018c) - *Laboratory Investigation on the Evolution of a Sandy Beach Nourishment Protected by a Mixed Soft-Hard System*. Water, 10(9), 1171.
- Simmons J. A., Harley M. D., Marshall L. A., Turner I. L., Splinter K. D., Cox, R. J. (2017) - *Calibrating and assessing uncertainty in coastal numerical models*. Coastal Engineering, 125, 28-41.
- Trouw K., Zimmermann N., Mathys M., Delgado R., Roelvink D. (2012) - *Numerical modelling of hydrodynamics and sediment transport in the surf zone: a sensitivity study with different types of numerical models*. International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2012), Santander, Spain, July 1-6 2012: pp. 1-12.
- Valentini N., Saponieri A., Damiani L. (2017) - *A new video monitoring system in support of Coastal Zone Management at Apulia Region, Italy*. Ocean & coastal management, 142, 122-135.
- Vousdoukas M. I., Ferreira Ó., Almeida L. P., Pacheco A. (2012) - *Toward reliable storm-hazard forecasts: XBeach calibration and its potential application in an operational early-warning system*. Ocean Dynamics, 62(7), 1001-1015.
- Zijlema M., Stelling G., Smit P. (2011) - *SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters*. Coastal Engineering, 58(10), 992-1012.

Ricevuto il 29/07/2019

Accettato il 21/10/2019

Romance on the beach

Allan T. Williams

University of Wales, Swansea, Wales, UK
allanwilliams512@outlook.com

Preface

There are those who, observing a work of art, reading a poem or watching a film that takes place on a beach, are completely taken by the story, and there those who instead keep a small part of their brain focused on the environment in which the story occurs.

Those who study - or just love - beaches, in some moments can be so distracted as to see only the waves that break, the dune behind or perhaps they simply evaluate the sand grain/pebble sizes that comprise the beach. There are endless opportunities, because beaches are the background of many narratives, in particular love stories, both idyllic and those with a tragic ending. The beach accompanies history almost emphasizing its innermost aspects.

Allan T. Williams, known to many readers of *Studi costieri* for his seminal scientific papers and for his euphoric presentations at conferences, follows with equal interest all forms of art, from literature to cinema, from music to painting.

His two souls, but they are many more, make him the perfect Virgil to accompany us on this journey through the love stories which, in various works of art, have a beach as a background. Romance does not refer only to Romanticism, as a cultural movement, but it is also Love, Passion, Sex, and all this merges in an indivisible way with the coastal landscape, so much so that it is not known whether the background assumes the feeling felt by the protagonists or whether they are not themselves overwhelmed by the sensations triggered by the environment.

The only reproach we can make to the Author is that in the end he does not hand us over to Beatrice, but this happens because even in tropical Paradise love often finds a Hell!

E.P

Prefazione

C'è chi, osservando un'opera d'arte, leggendo una poesia o guardando un film che si svolge su di una spiaggia è completamente preso dal racconto, e chi invece tiene una piccola parte del cervello concentrata sull'ambiente in cui ha luogo la storia.

Chi studia, o solo ama le spiagge, in alcuni momenti può essere talmente distratto da vedere solamente l'onda che frange, la duna retrostante o valutare le dimensioni dei granelli che formano l'arenile.

E di occasioni ve ne sono infinite, perché le spiagge costituiscono lo sfondo di moltissime narrazioni, ed in particolare delle storie d'amore, sia di quelle idilliache, sia di quelle con finale tragico. E la spiaggia accompagna la storia, quasi sottolineandone gli aspetti più interiori.

Allan T. Williams, noto ai molti lettori di *Studi costieri* per le sue fondamentali ricerche scientifiche e per le euforiche presentazioni ai congressi, segue con pari interesse tutte le forme di arte, dalla letteratura al cinema, dalla musica alla pittura.

Le sue due anime, ma sono molte di più, lo rendono il Virgilio perfetto per accompagnarci in questo viaggio

attraverso le storie d'amore che, nelle varie opere d'arte, hanno come sfondo le spiagge.. Romance non si riferisce solo al Romanticismo, come movimento culturale, ma è anche Amore, Passione, Sesso, e tutto questo si fonde in modo indivisibile con il paesaggio costiero, tanto che non si sa se sia lo sfondo ad assumere il sentimento provato dai protagonisti, o non siano loro stessi travolti dalle sensazioni innescate dall'ambiente. L'unico rimprovero che possiamo fare all'Autore, è che alla fine non ci consegna nelle mani di Beatrice, ma questo avviene perché anche nei Paradisi tropicali l'Amore trova spesso l'Inferno!

E.P

The coast is new as a foetus and old as a fossil (Campbell, 2015, 8).

La costa è nuova come un feto e vecchia come un fossile (Campbell, 2015, 8).

Romance. What does the mind conjure up when this word is read or spoken? Is it summed up, *The Kiss*' by Auguste Rodin based upon the amorous couplings of Paolo Malatesta and Francesca da Rimini, in Dante's *Divine Comedy*, written between 1304 and 1321? Here the lovers were skewered upon a single sword by Francesca's jealous husband Gianciotto, Paolo's elder brother (Dante, translation by James, 2015). The entwined couple were then condemned to travel for eternity through hell. It took Rodin 10 years to sculpture the marble that makes up *The Kiss*' (Fig. 1a; Musée Rodin). The Gustav Klimt's oil painting of the identical name (*Liebespaar*) shows the same lovers (Fig. 1b; Österreichische Gallery). Here, the superb golden cloak wraps an embraced couple that simply oozes love, lust, carnal desire, intimacy and sexuality. The painting could be thought of as the epitome of the European *Jugendstil* movement and interestingly the title was first called *Francesca da Rimini*. Books and films based on this theme are legion, e.g. Kathryn Harrison's book and Thomas Moores' poem, *The Kiss*, and the following is a discourse on some of them.

Or, is romance summed up in the 1819 poem of Shelley, *Love's Philosophy* (Hutchinson, 1909) that emphasised the connection between lovers?

*And the sunlight clasps the earth
And the moonbeams kiss the sea:
What is all this sweet work worth,
If thou kiss not me?*

In essence, most people think they know what romance is, but it is hard to define, as it has many connotations e.g. love, passion, ardour, sex, eroticism, desire, fling. It is a term that frequently conjures up an idealised, poetic world, which involves a highly charged positive attraction between two people that frequently, but not always, ends up in sex.

Romanticismo. Cosa viene in mente quando si legge o si ascolta questa parola? Tutto ciò è riassunto ne *Il bacio*, di Auguste Rodin e ispirato dagli amorosi incontri fra Paolo Malatesta e Francesca da Rimini, descritti da Dante nella *Divina Commedia*, scritta fra il 1304 e il 1321? Qui gli amanti furono trafitti con un sol colpo di spada dal marito geloso di Francesca, Gianciotto, fratello maggiore di Paolo. La coppia smascherata fu quindi condannata a viaggiare per l'eternità attraverso l'inferno. Rodin ha impiegato 10 anni per scolpire il marmo che raffigura "Il bacio" (Fig. 1a). Anche il dipinto ad olio di Gustav Klimt, che prende lo stesso nome (*Liebespaar*), mostra i medesimi amanti (Fig. 1b). Qui, il superbo mantello dorato avvolge una coppia abbracciata che trasuda nient'altro che amore, lussuria, desiderio carnale, intimità e sessualità. Il dipinto potrebbe essere considerato l'epitome del movimento europeo *Jugendstil* e, cosa interessante, il suo titolo originale era proprio *Francesca da Rimini*. Innumerevoli sono i libri ed i film su questo tema, come ad esempio, *The Kiss*, di Kathryn Harrison, e quanto segue parla proprio di alcuni di questi.

Oppure, che il romanticismo sia tutto racchiuso nel poema di Shelley del 1819, *Filosofia dell'amore* (Hutchinson, 1909) che enfatizza il legame tra amanti?

*E la luce del sole stringe la terra
E i raggi della luna baciano il mare:
Quanto vale tutto questo dolce lavoro,
Se tu non mi baci?*

Di fatto, molti pensano di sapere cosa sia il romanticismo, ma questo è difficile da definire, poiché ha molte connotazioni, come ad esempio amore, passione, ardore, sesso, erotismo, desiderio, avventura. È un termine che spesso evoca un mondo idealizzato e poetico, che implica una intensa attrazione tra due persone che spesso, ma non sempre, finisce con il sesso.



Figure 1a. Rodin's *The Kiss* (Musée Rodin, Paris).

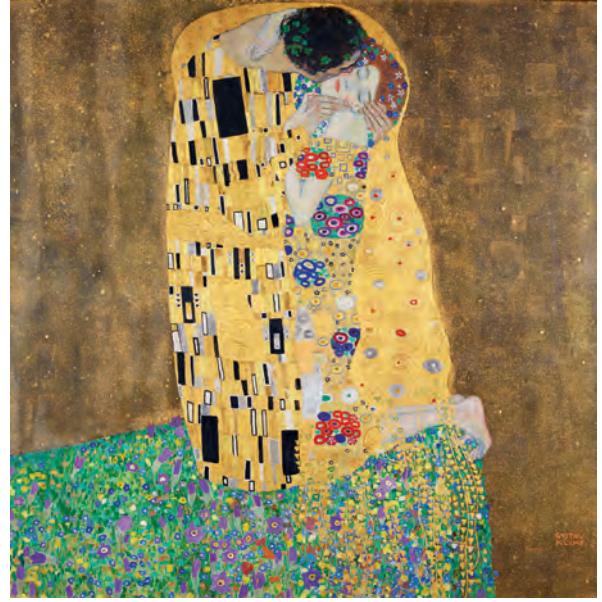


Figure 1b. Klimt's *The Kiss* (@Belvedere, Vienna).

Beaches. Now what does the mind conjure up when this word is read or spoken? Many people, when asked this question, come up with the word "sand". Can one:

*...see a World in a Grain of Sand
And a Heaven in a Wild Flower?*

Blake (1803)

or is it the rather more pertinent, staid geological description, in that a beach consist of unconsolidated sediment accumulated at the water/land edge? Many other popular images can be conjured up when people see/hear the word - crystal clear blue water, swimming, fishing, sun bathing, rows of sun-umbrella, jet skis, Club Med resorts and surfing - was Francisco's remark regarding Ferdinand in the *The Tempest* (Shakespeare, Act 2 scene 11) the first reference to surfing?

Sir, may live

*I saw him beat the surges under him
And rise upon their backs,*

Alas, Shakespeare spoiled this comment by adding,
He trod the water,

Whose enmity he flung aside, and breasted.

At the junction of earth and water frequently lies a beach and is this, *nothing less than an outpost of reflection and self-discovery, a place where nature, in her infinite dynamism and enigma, presents a subtle script through which the human spirit cryptically reveals itself* (Lencek and Bosker, 1998, 9).

Spagge. Cosa rievoca ora la mente quando viene letta o pronunciata questa parola? Molte persone a questa domanda rispondono "la sabbia". Può uno:

*... vedere un Mondo in un Granello di Sabbia
E un Paradiso in un Fiore Selvaggio?*

Blake (1803)

o è più corretta la cruda definizione geologica che la descrive come sedimenti non consolidati accumulati al confine fra l'acqua e la terra? Molte altre immagini comuni possono essere evocate quando le persone vedono o sentono questa parola: acqua blu cristallina, nuoto, pesca, bagni di sole, file di ombrelloni, moto d'acqua, resort Club Med, e surf - che sia l'osservazione di Francisco a proposito di Ferdinando ne *La Tempesta* (Shakespeare, Atto 2 scena 11) il primo riferimento al surf?

Signore, potrebbe essere ancora vivo

L'ho visto battere le onde

E cavalcare su di esse,

Purtroppo, Shakespeare ha demolito questo commento aggiungendo:

Ha calpestato l'acqua,

La cui ostilità si avventò su di lui, e lo abbracciò.

Dove la terra e l'acqua s'incontrano, vi è spesso una spiaggia e questo è, *non altro che un avamposto di riflessione e scoperta di sé stessi, un luogo in cui la natura, nel suo infinito dinamismo ed enigma, presenta un delicato copione attraverso il quale lo spirito umano misteriosamente si rivela* (Lencek e Bosker, 1998, 9).

Here the human spirit frequently reveals itself as romance, which covers the whole range of life's existence from a teenager's thirst for love (sex) to that of a more mature being. For example, in regard to the former it includes the perpetual teenager, Ben in *Sag Harbour* (Whitehead, 2009, 59), longing for his ideal dream, as when looking for love, he remarks:

Every summer we hiked off in search of that cloud-cloaked Shangri-la, the nude beach. Legends had circulated for many years. In hushed tones delivered to wide eyes...those French people lying with their tops off... long-limbed honeys sunbathing in packs.

There is a difference between a book and a film. Reading is a solitary act between a book/play/poem and the reader and can be thought of as "species" in the botanical/zoological sense, as it is left to a readers imagination to conjure up scenarios; whereas a film is more of the 'genus' in that a thought provoking, interesting film enters a person's life via auditory and sensory channels and imagination is less intense. Films in glorious technicolour eulogise romance in all its varied meanings and Keats' poem *When I have fears* (poetryfoundation) comes alive to the high romance during both night and day.

*When I behold, upon the night's starred face,
Huge cloudy symbols of a high romance*

.....
*Never have relish in the faery power
Of unreflecting love;-than on the shore
Of the wide world I stand alone, and think
Till love and fame to nothingness do sink.*

It can be taken as axiomatic that beaches can be some of the most romantic places in the world. For example, the coming of age of the 17-year-old narrator Elio commenting upon his tortured, lust-inflamed, same sex first love for a 24 year old US Post-graduate student Oliver, in Aciman's (2007) book. Oliver, however in the meantime had met up with Chiara and, *romance with Chiara started on the beach* Aciman (2007, 46.) This was followed by Elio's own beach assignment with Marzia:

Marzia and I had made love in a deserted spot on the beach, a place nicknamed The Aquarium, where the night's condoms would unavoidably gather and be seen floating among the rocks like returning salmon in trapped water. (Aciman, 2007, 118).

Qui lo spirito umano spesso si mostra con tutto il suo romanticismo, comprendendo l'intera gamma dell'esistenza della vita, dalla sete di amore (e sesso) di un adolescente a quella di un essere più maturo. Il primo, ad esempio, può essere rappresentato da Ben, l'adolescente perpetuo di *Sag Harbor* (Whitehead, 2009, 59), alla ricerca del suo sogno ideale, come quando cerca l'amore ed osserva:

Ogni estate abbiamo camminato alla ricerca di quella Shangri-la ammantata di nuvole, la spiaggia nudista. Le leggende circolavano da molti anni. Con toni sommessi che si aprono ad occhi spalancati...quelle francesi che stese a terra...bellezze longilinee che prendono il sole ammucciate.

C'è una differenza tra un libro e un film. La lettura è un atto solitario tra un libro/opera teatrale/poesia e il lettore, e può essere considerata una "specie" in senso botanico o zoologico, poiché viene lasciata all'immaginazione del lettore l'evocazione degli scenari; mentre un film si avvicina più al "genere", in quanto un film stimolante e interessante entra nella vita di una persona attraverso canali uditivi e sensoriali, e l'immaginazione è meno intensa. I film con magnifici colori elogiano il romanticismo in tutti i suoi vari aspetti, e la poesia di Keats *Quando ho paura* si anima di romanticismo, sia di giorno che di notte.

*Quando osservo, sul volto stellato della notte,
Enormi nubi simboli di una grande passione*

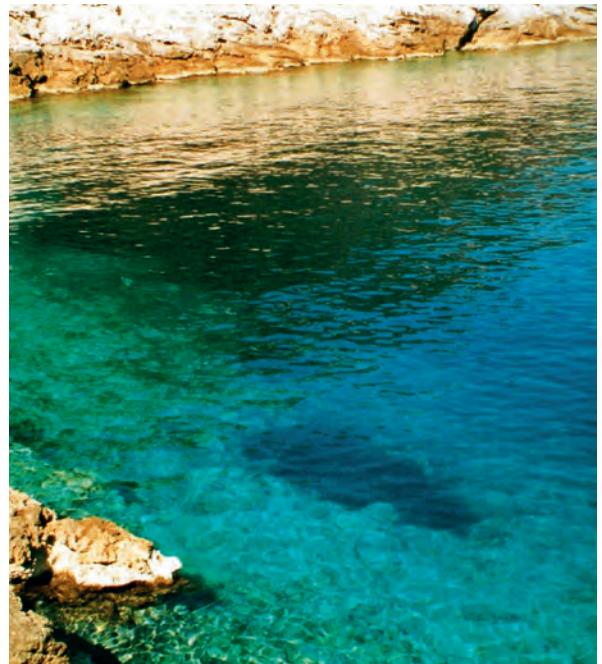
.....
*Mai godrò della forza incantata
Di un amore impulsivo, come sulla spiaggia
Di questo grande mondo, e penso
Fino a quando l'amore e la fama non sprofondano nel nulla.*

Può essere considerato assiomatico che le spiagge siano fra i luoghi più romantici del mondo. Ad esempio, il raggiungimento della maggiore età di Elio, il narratore diciassettenne che descrive il suo primo innamoramento omosessuale, amore torturato e lussuria infocata, per Oliver, uno studente americano ventiquattrenne appena laureato, nel libro di Aciman (2007). Tuttavia, Oliver, nel frattempo, si era incontrato con Chiara e, *l'amore con Chiara è iniziato sulla spiaggia* Aciman (2007, 46.). A questo ha fatto seguito l'incontro in spiaggia di Elio con Marzia:

Marzia e io avevamo fatto l'amore in un punto deserto sulla spiaggia, un luogo chiamato L'Acquario, dove i preservativi della notte si sarebbero inevitabilmente riuniti e sarebbero stati visti galleggiare tra le rocce come il salmone che si aggira nell'acqua sbarrata. (Aciman, 2007, 118).



Figure 2. Water colour and transparency at Viz, Croatia, the setting for the film *Mamma Mia! Here We Go Again* (2018).



Needless to say romance happened between Elio and Oliver, but not on a beach! The film was shot in Creda (Bordighera in the book) and on the

Inutile dire che l'amore sboccia tra Elio e Oliver, ma non su di una spiaggia! Il film è stato girato a Crema (Bordighera, nel libro) e sulla sponda bresciana

Brescian shore of Lake Garda, Italy. It won the Best Adapted Screenplay Oscar in 2017 and was directed by Luca Guadagnino with Armie Hammer (Oliver) and Timothée Chalamet (Elio) and screenplay by James Ivory.

A beach as a romantic place is especially true if, to reiterate, one thinks of pure white sand, blue, ginclear water (Fig. 2), a gently waving palm tree background and a setting sun that shards the sky into a melange of various red/purple shades that can be duplicated into a Mark Rothko painting. However, in almost all instances romance in both book and film are subservient to the main plot - and that is probably as it should be. For example:

Sean Connery (James Bond) had a steely glint on his eyes as he watches Ursula Andress (Honey Rider) in a white bikini with a knife dangling from her belt, step out of the sea onto a Caribbean island beach in the 1962 film of Ian Fleming's book (1958) *Dr. No*. This film was adapted by Richard Maibaum, Johanna Harwood, and Berkely Mather, directed by Terence Young. The scene was filmed at the Laughing Waters Beach, Ocho Rios, St. Ann, Jamaica. Honey was singing *Underneath the Mango Tree* a calypso tune, where she asks the question,

What are you doing here? Looking for shells?
and Bond delivers the famous reply,
No, I'm just looking.

Or, the locked eyes of Daniel Craig (James Bond), which zoom in on Caterina Murino (Solange Dimitrios) riding on the beach in the 2006 film *Casino Royale*, as his muscular frame exits the water in his iconic blue swimming shorts. Ian Fleming's (1953) book represented the commencement of the Bond film era. The screenplay by Neal Purvis, Robert Wade and Paul Hagg, and again directed by Terence Young, is another instance for one to realise the potential for romance at a beach.

Therefore, which of the many offerings in films/books can be described as the ultimate romance scene on a beach? A final answer can never be given as the topic is so subjective and rightly so.

A very sizeable number of people would rate The Kiss' scene by Burt Lancaster and Deborah Kerr in the film *From Here to Eternity* as one of the all-time best of this genre. It oozes romance and sex (www.youtube). The scene was shot at Halona Blowhole on the Hawaiian Oahu East Coast just up from Sandy beach (Fig. 3).

del Lago di Garda, in Italia. È stato diretto da Luca Guadagnino con la sceneggiatura di James Ivory, a cui nel 2017 è andato l'Oscar per la miglior sceneggiatura non originale. Oliver è interpretato da Armie Hammer, mentre Elio è Timothée Chalamet.

Una spiaggia è un luogo veramente romantico, in particolare se costituita da sabbia bianchissima che s'immerge in un'acqua blu e chiara come il gin (Fig. 2), uno sfondo di palme che ondeggiando dolcemente e un sole al tramonto che spezza il cielo in un mosaico di varie tonalità, dal rosso al viola, che potrebbero trovare posto in un quadro di Mark Rothko. Tuttavia, in quasi tutti i casi, sia nei libri che nei film, l'amore è subordinato alla trama principale - e probabilmente è giusto che sia così. Per esempio:

Sean Connery (James Bond) lanciò uno sguardo di acciaio quando vide Ursula Andress (Honey Rider), con un bikini bianco e un coltello appeso dalla cintura, che usciva dal mare su una spiaggia dell'isola caraibica nel film del 1962 tratto dal libro di Ian Fleming *Licenza di uccidere* (1958).

Questo film è stato adattato da Richard Maibaum, Johanna Harwood e Berkely Mather, e diretto da Terence Young. La scena è stata girata a Laughing Waters Beach, Ocho Rios, St. Ann, Giamaica. Honey stava cantando *Underneath the Mango Tree*, una melodia calypso, quando lei gli chiede,
Cosa stai facendo qui? Cerchi conchiglie?
e Bond gli dà la famosa risposta,
No, sto solo guardando.

Oppure, gli occhi socchiusi di Daniel Craig (ancora James Bond) inquadrano Caterina Murino (Solange Dimitrios) che cavalca sulla spiaggia nel film del 2006 *Casino Royale*, mentre la sua massa muscolare esce dall'acqua nel suo iconico costume da bagno blu. Il libro di Ian Fleming (1953) rappresentava l'inizio dell'era Bond. La sceneggiatura di Neal Purvis, Robert Wade e Paul Hagg, e di nuovo diretta da Terence Young, è un altro esempio di come realizzare il potenziale della passione su di una spiaggia.

Pertanto, quale scena, delle tante che ci vengono offerte dai libri e dai film, può essere assunta come iconica dell'amore su di una spiaggia?

Una risposta definitiva non potrà mai essere data, in quanto l'argomento è estremamente soggettivo, ed è giusto che sia così. Molti giudicherebbe la scena 'del bacio' di Burt Lancaster e Deborah Kerr nel film *Da qui all'eternità* come uno dei migliori di tutti i tempi per questo genere. Trasuda amore e sesso (www.youtube). La scena è stata girata a Halona Blowhole, sulla costa orientale hawaiana di Oahu, poco sopra a Sandy beach (Fig. 3).



Figure 3. The *From here to Eternity* beach (photos by Chip Fletcher III, University of Hawaii).

The beach, locally called Cockroach beach, lies to the side of the area's parking lot. A small pocket bay, with dimensions of 50 m by 20 m, is surrounded by a steep cliff exhibiting layers of volcanic ash with some basaltic lava flows. The roles have been re-created on film many times since, e.g. in *Something Borrowed* with Kate Hudson and Colin Egglesfield as the lovers.

James Jones wrote the book, *From here to Eternity* (Jones, 1951), and 163,000 were sold by May after 51 pages of "obscene language" had been edited out. The title was a line taken from Rudyard Kipling's (1892) poem *Gentlemen-Rankers*

*Gentlemen rankers out on a spree
 Damned from here to eternity,
 God ha' mercy on such as we,
 Ba! Yah! Bah!*

In 1953 the book was turned into a smash hit film directed by Fred Zimmerman with a script by Daniel Taradash and won eight Academy Awards out of 13 nominations, including awards for Best Picture, Director, Supporting Actor and Actress. Since then the scene has been replicated in many books, e.g. Lodge (1991).

In the film, Lancaster, an army sergeant (First Sergeant Milton Warden) and Kerr (Karen Holmes) the wife of his commanding officer, (Captain Dana "Dynamite" Holmes), frolic in the Pacific surf and swash splashes over the trembling bodies who kiss in a frenzy of arms and legs. Suddenly Kerr breaks away, runs a few paces up the beach before flinging herself onto a beach towel. Lancaster stands up, pauses, looks at her retreating figures and then sets off after her, springing like a hungry leopard towards its prey. One can imagine him staring at her and thinking of Napoleon's words to Josephine (Bonaparte, 1796),

I hope before long to crush you in my arms and cover you with a million kisses burning as though beneath the equator.

Dripping water from his black trunks, a chest shot emphasising his muscular frame; he looks down at her supine form and slowly sinks to his knees and the erotic tension is palpable; one can sense the inevitability of what is about to happen. Within seconds they share a passionate embrace, a million kisses and the words

I never knew I could be like this. Nobody ever kissed me the way you do

uttered by Kerr, brings to mind the epic lines of Yeats (1852),

La spiaggia, chiamata localmente Spiaggia degli scarafaggi, si trova di fianco al parcheggio. Una piccola baia, di circa 50 per 20 metri, è circondata da una ripida scogliera in cui affiorano strati di cenere vulcanica con alcuni livelli di lava basaltica. Da allora i ruoli sono stati ricreati molte volte nei film, come ad esempio in *Qualcosa in prestito*, con Kate Hudson e Colin Egglesfield in qualità di amanti.

Il libro di James Jones *Da qui all'eternità* fu pubblicato nel 1951, dopo che erano state tagliate 51 pagine di "linguaggio osceno"; nel maggio successivo ne erano già state vendute 163.000 copie. Il titolo deriva da una frase presa dalla poesia di Rudyard Kipling (1892) *Gentlemen-Rankers*

*Folli Gentlemen-Rankers
 Dannati da qui all'eternità,
 Dio abbia pietà di quelli come noi,
 Ba! Yah! Bah!*

Nel 1953 il libro fu trasformato in un film di grande successo, diretto da Fred Zimmerman con una sceneggiatura di Daniel Taradash e vinse otto premi Oscar su 13 nomination, tra cui quelle per il miglior film, regista, attore ed attrice non protagonisti. Da allora la scena è stata replicata in molti libri, come ad esempio in Lodge (1991).

Nel film, Lancaster, un sergente dell'esercito (il Primo sergente Milton Warden) e Kerr (Karen Holmes) moglie del suo Ufficiale comandante, (il capitano Dana "Dynamite" Holmes), sguazzano fra le onde del Pacifico e i frangenti avvolgono i loro corpi vibranti che si baciano in una frenesia di braccia e gambe. All'improvviso Kerr si allontana, fa pochi passi sulla spiaggia e si getta su di un telo da mare. Lancaster si alza, si ferma un attimo, guarda le sue forme che arretrano e poi si lancia verso di lei, saltando come un leopardo affamato sulla preda. Si può immaginare che mentre la osserva pensi alle parole di Napoleone a Giuseppina (Bonaparte, 1796): *Spero di stringerti presto tra le mie braccia e coprirti con un milione di baci che bruciano come se fossimo sotto l'equatore.*

Acqua che gocciola dal suo costume da bagno nero, un colpo al petto evidenzia la sua struttura muscolare; abbassa lo sguardo sul corpo supino e s'ingincocchia lentamente: la tensione erotica è palpabile e si può percepire l'inevitabilità di ciò che sta per accadere. In pochi secondi condividono un abbraccio appassionato, un milione di baci e le parole

Non ho mai pensato che avrei potuto sentirmi così. Nessuno mi ha mai baciato nel modo in cui lo fai tu

pronunciate da Kerr, portano alla mente le strofe epiche di Yeats (1852),

*Until, in some cliff-sheltered bay
Where wades the choir of love
Proffering its sacred laurel crowns,
They pitch their burdens off.*

.....
*Belly, shoulder, bum
Flash fishlike, nymphs and satyrs
Copulate in the foam.*

In the film, the last three words could be read as, *Copulate on the beach*. One cannot conceive Lancaster saying the line that Ishmael said to Hatsue in Guterson's (1995, 97) novel *Snow Falling on Cedars - I'm sorry I kissed you on the beach*.

Many similar beach scenes occur in the film *Mama Mia* (2008), and one in particular between the lovers Sky (Dominic Cooper) and Sophie (Amanda Seyfried) on the mythical island of Kalokairi, almost rivals Lancaster and Kerr's. However, further action by the lovers gets stopped by the arrival of their friends who swim in from the sea to the drum beat of the Abba song, *Lay all your love on me* whereupon the whole scene turns into a song and dance extravaganza ending up on the pier.

A completely different, much quieter love scene is that described by Suyan (1961, 80) on a beach, which in the book was located between Repulse and Big Wave Bays, Hong Kong, probably Shek O Bay (Fig. 4). In the film entitled, *Love is a many splendored thing*, the beach scene was shot in California. *I'll change on the beach, I replied...and I followed him down the stone steps to the beach. We sat on the blanket. I looked at him and I was not afraid. Dearest, he said to me, forgive me if I blunder, I am not experimenté. Neither am I...and so he took possession of me. Then we came apart silently and he did not burden me with word or emotion.*

The plot hinged around Jennifer Jones - a widowed Eurasian doctor and William Holden - a married but separated war correspondent as the star crossed lovers (Suyan and Mark Elliot) during the Chinese civil war of the late 1940s. It won Academy Awards for best song and costume design.

There are many further examples of romance involving much thriving, entwining limbs on beaches in both film and book *noire*. As another example, who can forget the writing on the opening page of Peter Benchley's superb (1974, 9) book, *Jaws*:

The front door of the house opened, and a man and a woman stepped out onto the wooded porch. They stood for a moment staring at the sea, embraced quickly, and scampered down the few steps onto the sand...

*Fino a quando, in una baia riparata dalle scogliere
Dove guada il coro dell'amore
Offrendo le sue sacre corone di alloro,
Si liberano dei loro pesi.*

.....
*Pancia, spalla, sedere
Brillano come pesci, ninfe e satiri
Si accoppiano nella schiuma.*

Nel film, le ultime tre parole potrebbero essere lette come *Accoppiarsi sulla spiaggia*. Non si può immaginare Lancaster dire la frase che Ishmael disse a Hatsue nel romanzo *La neve cade sui cedri* di Guterson (1995, 97), - *mi dispiace di averti baciato su la spiaggia*.

Molte scene simili si svolgono sulla spiaggia nel film *Mamma Mia* (2008), ed in una in particolare, gli amanti Sky (Dominic Cooper) e Sophie (Amanda Seyfried) sulla mitica isola di Kalokairi, quasi rivaleggiano con Lancaster e Kerr. Tuttavia, l'ulteriore azione degli innamorati viene interrotta dall'arrivo dei loro amici, che nuotano verso riva al ritmo della batteria della canzone degli Abba, *Lay all your love on me*; dopodiché l'intera scena si trasforma in una canzone e danza con un finale stravagante sul molo. Una scena d'amore completamente diversa, e molto più tranquilla, è quella descritta da Suyan (1961, 80) su di una spiaggia, che nel libro si trovava tra Repulse e Big Wave Bays, a Hong Kong, probabilmente Shek O Bay (Fig. 4). Nel film, intitolato *L'amore è una cosa meravigliosa*, la scena della spiaggia è stata girata in California.

Mi cambierò sulla spiaggia, ho risposto...e l'ho seguito giù per i gradini di pietra fino alla spiaggia. Ci siamo seduti sulla coperta. L'ho guardato e non avevo paura. Carissima, mi disse, perdonami se sbaglio, non ho esperienza, Neanch'io...e così mi ha posseduto. Poi ci siamo separati in silenzio e lui non mi ha caricato di parole o emozioni.

La storia è incentrata sull'eurasiatica Jennifer Jones, medico e vedova, e William Holden, corrispondente di guerra sposato ma separato, come amanti sfortunati (Suyan e Mark Elliot) durante la guerra civile cinese della fine degli anni '40. Ha vinto gli Oscar per la migliore canzone e per i migliori costumi.

Ci sono molti altri esempi di romanticismo che vedono membra fiorenti intrecciate sulle spiagge, sia nei film che nei libri *noire*. Come altro esempio, chi può dimenticare le parole della prima pagina del superbo libro di Peter Benchley (1974, 9), *Lo squalo*: *La porta di casa si aprì e un uomo e una donna uscirono sulla veranda di legno. Rimasero per un attimo a fissare il mare, si abbracciarono rapidamente e scesero i pochi scalini che portano alla sabbia...*



Figure 4. Sheko Bay, A remote bay on Hong Kong Island when the book was written.

*First a swim, said the woman, to clear your head.
Forget my head, said the man. Giggling, he fell backward onto the sand, pulling the woman down with him. They fumbled with each other's clothing, twined limbs around limbs and thrashed with urgent ardour on the cold sand.*

The woman looked at him and smiled.

Now how about that swim? she said.

Everyone knows what happened next.

...The fish smelled her now, and the vibrations - erratic and sharp - signalled distress. The fish, turned suddenly to the left...and with two quick thrusts of its tail, was upon her. (Benchley, 1974, 11).

The 1975 film, shot at Martha's Vineyard, Massachusetts USA, directed by Stephen Spielberg and written by Spielberg and Carl Gottlieb, opened in June 1975 and its receipts broke box office records. The swimmer this time became a young girl partying with friends in an overwash fan (Fig. 5), but the outcome was the same. Drink and caresses on this beach lead to the same end as in the book.

Prima una nuotata, disse la donna, per schiarirti le idee.

Scordatelo disse l'uomo. Ridacchiando, cadde all'indietro sulla sabbia tirando con sé la donna. Si frugarono l'un l'altro sotto gli abiti, gli arti attorcigliati fra loro e si agitarono con furente ardore sulla sabbia fredda.

La donna lo guardò e sorrise.

Ora che ne dici di quella nuotata? disse.

Tutti sanno come andò a finire.

...Ora il pesce l'annusò, e il tremore - irregolare ed acuto - era segno di angoscia...Il pesce...girò improvvisamente a sinistra...e con due rapidi colpi di coda, era su di lei. (Benchley, 1974, 11).

Il film del 1975, girato a Martha's Vineyard, nel Massachusetts, Stati Uniti, diretto da Stephen Spielberg e scritto da Spielberg e Carl Gottlieb, è uscito nel giugno del 1975 e ha battuto tutti i record d'incasso. Questa volta chi nuota è impersonato da una giovane ragazza che festeggia con gli amici su di un *overwash fan* (Fig. 5), ma il risultato alla fine è lo stesso. Le bevute e le carezze su questa spiaggia portano la storia alla stessa conclusione.



Figure 5. Assateague Island, USA: overwash fan (top); view of several overwash fans from the sea (left); survey truck stuck in fan centre (right). Photos by S.P. Leatherman.

People stranded on coral islands, invariably with an abundance of food and water, are quite common in the literature and are usually surprised by the small size of the island, especially when there occurs an abundance of food provided by nature. For example, *The big ship came up to the entrance of Tarawa lagoon*

Le persone che arrivano sulle spiagge sulle isole coralline, sempre con abbondanza di cibo e acqua, sono abbastanza frequenti nella letteratura, e di solito rimangono sorprese dalle piccole dimensioni dell'isola, specialmente quando questa offre un'abbondanza di alimenti prodotti dalla natura.

a little before sunset. So this is a coral island, said Olivia. Where is the lagoon? And is that all the land there is? (Grimble, 1960, 52.)

One only has to read/watch *Treasure Island* by Robert Louis Stephenson, *Robinson Crusoe* by Daniel Defoe, *Lord of the Flies* by William Golding, or R.M. Ballantyne's *Coral Island*, to see the myriad attractions of such a location. But there is little romance in these books - they are more adventure books/films - as were the several film remakes.

An exception to this is perhaps the romance in the all alluring South Seas tropical island milieu, viz. two of the *Blue Lagoon* films, based on the set of books comprising the Blue Lagoon trilogy by Henry De Vere Stacpoole (1908, 1923). Again, lush vegetation, sparkling sand, crystal clear blue water and stunning scenery provide a vivid backdrop to romantic idylls, in this case in both beach and jungle environments (Fig. 6).

The comment below by Yeats (1894) written by him after his father's death (J. B Yates, an artist who lived in the USA), had a profound influence on his son's poetry particularly the viewpoint of encompassing defiance in the face of ageing, certainly holds true as the film versions explodes upon the screen in a vast iridescent array of dazzling colours:

*Faeries, come take me out of this dull world,
For I would ride with you upon the wind
Run on the top of the disbevelled tide,
And dance upon the mountains like a flame.*

The film, *Blue Lagoon* (1980) was based on the best-selling novel, *The Blue Lagoon* (1908) and directed by Randal Kleiser; written by Henry De Vere Stacpoole and Douglas Day Stewarton. On a journey to San Francisco, a ship explodes and two children, Christopher Atkins (Richard) and Brooke Shields (Emmeline) plus an adult Leo McKern (Paddy Button) are shipwrecked on the typical idyllic island (Turtle Island, Fiji). Paddy teaches them hunting, fishing, building shelters and then conveniently dies leaving the two to fend for themselves. Needless to say, the two bodies beautiful grow up, swim naked amid soft breezes/coral sand. Blue water, "darky, deeply, beautifully blue" (Byron, 1819) and tropical moonlight set the scene for hormones to make themselves known and they fall in love and many a happy time seen was had on the beach and in the warm Pacific waters. Eventually they have a baby, which lead to the sequel based on the book, *The Garden of God* (Stackpoole, 1923) adapted for the film *Return to the Blue Lagoon* (1991), directed

Per esempio, *La grande nave giunse all'ingresso della laguna di Tarawa poco prima del tramonto. Ebbene, questa è un'isola corallina, disse Olivia. Dov'è la laguna? Ed è tutta lì la terra che c'è?* (Grimble, 1960, 52). Basta leggere o guardare *L'Isola del Tesoro*, di Robert Louis Stephenson, *Robinson Crusoe* di Daniel Defoe, *Il signore delle mosche* di William Golding, o *L'isola di corallo* di Robert Michael Ballantyne, per vedere le infinite bellezze di questi luoghi. Ma c'è poco di romantico in questi libri: sono prevalentemente storie di avventura, così come i numerosi film che ad essi si rifanno.

Un'eccezione è data forse dalla storia che si svolge nell'affascinante ambiente tropicale di un'isola dei Mari del Sud, nei dei due film *Laguna blu*, basati sulla serie di libri che comprende la trilogia di *Laguna blu*, di Henry De Vere Stacpoole (1908, 1923). Ancora una volta una vegetazione lussureggiante, sabbia scintillante, acqua blu cristallina e paesaggi mozzafiato offrono uno sfondo vivido agli idilli romantici, in questo caso ambientati sia sulla spiaggia che nella giungla (Fig. 6).

Il commento di Yeats (1894), riportato qui sotto e scritto dopo la morte del padre (J. B Yates, un artista che visse negli Stati Uniti e che ebbe una profonda influenza sulla poesia del figlio, in particolare dal punto di vista della sfida globale di fronte all'invecchiamento), è certamente vero quando le versioni del film esplodono sullo schermo in una vasta gamma iridescente di colori abbaglianti:

*Fate, venite a portami via da questo mondo noioso,
Perché cavalcherei con voi sul vento
Correrei sulla cresta della marea spettinata,
E danzerei sulle montagne come una fiamma.*

Il film *Laguna blu* (1980) era basato sul best seller *The Blue Lagoon* (1908) e diretto da Randal Kleiser; scritto da Henry De Vere Stacpoole e Douglas Day Stewarton. Durante una traversata verso San Francisco, una nave s'incendia e due bambini, Richard (Christopher Atkins) ed Emmeline (Brooke Shields), più un adulto, Paddy Button (Leo McKern), naufragano su di una tipica isola idilliaca (Turtle Island, Fiji). Paddy insegna loro a cacciare, pescare, costruire rifugi e poi convenientemente muore, lasciando i due ragazzi a badare a sé stessi. Inutile dire che i due corpi crescono belli, nuotano nudi fra brezze leggere e sabbia corallina. L'acqua blu, "oscura, profondamente, magnificamente blu" (Byron, 1819) e la luce della luna tropicale fanno da cornice agli ormoni che si fanno sentire: i due giovani s'innamorano e si assiste a molti momenti felici sulla spiaggia e nelle calde acque del Pacifico. Alla fine, hanno un bambino, che porta al sequel basato sul libro *The Garden of God* (1923)



Figure 6. An iconic tropical island.

by William A. Graham; written by Henry De Vere Stacpoole, Dean Riesner, Douglas Day Stewart and Leslie Stevens. The film was panned and nominated for Worst Picture and Worst Director. From the original *Blue Lagoon* film, the baby of Brooke Shields and Christopher Atkins is saved from a drowning death - a lot of this happens in the two films and book - by a widow (who again conveniently dies after the two reach puberty) and daughter,

adattato per il film *Ritorno alla Laguna blu* (1991), diretto da William A. Graham e scritto da Henry De Vere Stacpoole, Dean Riesner, Douglas Day Stewart e Leslie Stevens. Il film è stato candidato e premiato come Peggior fotografia e Peggior regia. Dal film originale *Laguna Blu*, il bambino di Brooke Shields e Christopher Atkins viene salvato da un annegamento - fatto frequente nei due film e nel libro - da una vedova figlia e da sua figlia, ed anche la donna con-

who end up on the original island and mature this time into the stunning bodies of Milla Jovovich and Brian Krause. The beach scenes were mainly filmed at Nanuya Levu Island and Taveuni Island, Fiji, Comino Island, Malta, Champagne Bay, Vanuatu and Jamaica.

The Beach, a book first published by Alex Garland in 1996, filmed in 2000, directed by Danny Boyle and written by John Hodge is another example where a beach romance plays only a small part in the story.

It was filmed at Maya Bay, on the small island of Ko Phi Phi Leh, Thailand in the Malacca straits (Fig. 7). The pocket beach is some 250 metres long and some 15 metres wide surrounded by limestone cliffs and has now become so famous that authorities have closed it from June-September, as some 4-5000 tourists per day are seriously affecting the ecosystem. The story is about a drifting backpacker Leonardo Di Caprio (Richard) in Thailand who ends up on an idyllic island paradise along with several companions, especially two French friends Guillaume Canet (Etienne) and Virginie Ledoyen (Francoise) who he lusts after.

venientemente muore dopo che il ragazzo e sua figlia hanno raggiunto la pubertà. I due finiscono di nuovo sull'isola e questa volta si trasformano negli splendidi corpi di Milla Jovovich e Brian Krause. Le scene sulla spiaggia sono state girate principalmente a Nanuya Levu Island e Taveuni Island, Fiji, Comino Island, Malta, Champagne Bay, Vanuatu e Jamaica.

L'ultima spiaggia (Alex Garland, 1996), girato nel 2000, scritto da John Hodge e diretto da Danny Boyle è un altro esempio in cui un innamoramento sulla spiaggia gioca solo una piccola parte nella storia.

È stato girato a Maya Bay, sulla piccola isola di Ko Phi Phi Leh, in Thailandia, nello stretto di Malacca (Fig. 7). La piccola baia è lunga circa 250 metri e larga circa 15, è circondata da scogliere calcaree ed è diventata così famosa che le autorità l'hanno chiusa da giugno a settembre, poiché circa 4-5000 turisti al giorno ne stanno gravemente distruggendo l'ecosistema. La storia parla di Richard (Leonardo Di Caprio), un viaggiatore con zaino e sacco a pelo alla deriva in Thailandia, che finisce nel paradiso di un'isola idilliaca insieme a diversi compagni, in particolare due amiche francesi Guillaume Canet (Etienne) e Virginie Ledoyen (Francoise) di cui lui s'invaghisce.



Figure 7. The beach at Ko Phi Phi Leh, Thailand (photo by S.P. Leatherman).

Think about a lagoon, hidden from the sea and passing boats by a high, curving rock wall. Then imagine white sand and coral gardens never damaged by dynamite fishing or trawling nets. Fresh waterfalls scatter the island, surrounded by jungle. Canopies three levels deep, plants untouched for a thousand years, strangely coloured birds and monkeys in the trees.

It's paradise, Sammy murmured. It's Eden. Eden, Zeph agreed, is how it sounds.
(Garland, 1996, 58).

It is obvious that the writer did not understand the physical geography of this limestone area as Garland (1996, 102) writes about the granite cliffs that surround the beach. The hippie commune has a leader Tilda Swinton (Sal) and exists in a haze of weed, fishing, talking but eventually its inhabitants run foul of marijuana growers, who have a plantation on the same island. Richard beds both girls but the beach love scene, involved Sal and Bugs - another commune dweller on the beach by a waterfall, *kissing naked in the penumbra of the spray* (Garland, 1996, 212). It also reflects on another kiss (Garland, 1996, 392):

*Etienne, what the hell are you talking about?
...the Kiss.*

The kiss. I glanced up at the sky.

If music was set to the above, it surely would be Leonard Cohen's (2018, 275) *Antique Song*

*But oh the kisses that we kissed,
That swept me to the shore
Of seas where hardly I exist,
Except to kiss you more.*

But the acts and words bear little resemblance to the romance conjured up by Lancaster and Kerr's kiss, or the line in Marlowe's (www.books.google) poem about sex in the afternoon which reads like a scene from cosy 50s 60s, Fellini films, *Judge you the rest: being tired she bade me kiss*. By no means was Deborah Kerr tired on that Hawaiian beach.

The complete antithesis of the above desert island tales is the book *Castaway* by Lucy Irvine (1983), filmed in 1986 (directed by Nicholas Roeg, script by Alan Scott). Here, a bored 25 year old female tax officer in London answered a 1981 Time Out advert (*Writer seeks "wife" for a year on a tropical island*, the writer being Gerald Kingsland almost twice her age) that advertised for a "Girl Friday" companion to stay for 13-months on Tuin island, in the Torres Strait, between Papua New Guinea and Australia.

The story recounts the life led on the island by the two "castaways", which was anything but idyllic. In real-

Pensa ad una laguna, nascosta dal mare e dalle barche che passano accanto ad un'alta parete rocciosa ricurva. Immagina poi della sabbia bianca e dei giardini di coralli mai danneggiati dalla pesca con la dinamite o dalle reti a strascico. Cascate fresche sparse sull'isola, circondate dalla giungla...Chieme degli alberi che si sviluppano su tre livelli, piante intatte da un migliaio di anni, e sugli alberi scimmie ed uccelli dai colori più incredibili.

È il paradiso, mormorò Sammy. È l'Eden. Eden, concordò Zeph, è come suona.
(Garland, 1996, 58).

È chiaro che l'autore non ha capito la geologia di questa zona calcarea, dato che la descrive come scogliere di granito che circondano la spiaggia (Garland, 1996, 102). La comunità hippie ha un leader, Sal (Tilda Swinton), e vive in una nebbia di marijuana, pescando e conversando, ma alla fine si scontrano con i coltivatori di marijuana, che hanno una piantagione sulla stessa isola. Richard va a letto con entrambe le ragazze, ma la scena dell'amore sulla spiaggia coinvolge Sal e Bugs - un membro di un'altra comune che vive sulla spiaggia vicino ad una cascata, *baciarsi nudi nella penombra degli schizzi* (Garland, 1996, 212). Questo si riflette anche su di un altro bacio (Ghirland, 1996, 392):

*Etienne, di che diavolo stai parlando?
...il Bacio.*

Il Bacio. Alzai gli occhi al cielo.

Cercando questa passione nelle strofe di una canzone, la troveremmo certamente, in *Antique Song* di Leonard Cohen (2018, 275).

*Ma oh i baci che abbiamo baciato,
Questo mi ha portato sulla riva
Di mari dove a fatica vivo,
Se non per baciarti ancora.*

Ma le azioni e le parole hanno poca somiglianza con la storia d'amore evocata dal bacio di Lancaster e Kerr, o con la frase del poema di Marlowe (www.books.google) sul sesso nel pomeriggio che sembra una scena di un film di Fellini dei confortevoli anni '50 e '60, *Giudica tu il resto: essendo stanca mi dette un bacio*. Deborah Kerr non era affatto stanca su quella spiaggia hawaiana.

L'antitesi completa di queste storie sulle isole deserte è *Via dal Mondo*, il libro di Lucy Irvine (1983) da cui nel 1986 è stato tratto il film *Castaway, la ragazza Venerdì* (diretto da Nicholas Roeg, sceneggiatura di Alan Scott). Qui, un'annoia agente fiscale di 25 anni di Londra risponde, nel 1981, a questo annuncio su Time Out *Scrittore cerca "moglie" per un anno su di un'isola tropicale*. Lo scrittore è Gerald Kingsland, che ha quasi il doppio della sua età, e cerca una "Ragazza Venerdì" come compagna di soggiorno per 13 mesi sull'isola di Tuin, nello stretto di Torres, tra Papua Nuova Guinea e Australia.

ity she found the opposite. Frequent quarrels, a lack of food and especially water together with complete incompatibility, all brought them to almost certain death if people from a nearby island had not helped them.

One can almost hear Kingsland quoting the words of Marlowe's poem (www.poetryfoundation)

The Passionate Shepherd' to his Love.

Come live with me and be my love

And we will all the pleasures prove

.....

And I will make thee beds of Roses

And a thousand fragrant posies

although no roses could be found on Tuin - in fact little at all could be found! The film version starred Oliver Reed as Kingsley and Amanda Donahue as Irvine. For months Irving resisted amorous advances by Kingsland no doubt hoping that Francesca's lines from the Divine Comedy *i.e. Amor ch'a null' amato amar perdona*, (verse 103. canto V) would ring true but eventually succumbed. The desert island here may well be viewed as a 'desert' and one could almost again imagine Kingsland saying,

In short, my deary, kiss me and be quiet. (Lady Montague, www.mypoeticside.com)

The thread that links these desert islands, to reiterate is again the geography of the environment: cobalt blue transparent water, sun, lush vegetation, phosphorescence, caves waterfalls, lagoons, coral reefs and sand, as well as muscular males and nubile females! All scenes make use of the prevailing environment that gives the gorgeous background scenery to the film's plot. Waves moving through translucent blue water, breaking on a coral reef and spilling on a white coral beach faced by green coconut palms swaying in a breeze is an extremely evocative mix.

Romance inevitably involves a kiss (usually many of them!) and there is much of this in the above scenes. Ben in *Sag Harbour* says *Just kiss her. I kissed her...I watched her eyes rove under their shadowy lids. Her tongue was soft*, (Whitehead, 2009, 251). But in *Hot Milk* by Deborah Levy (2016), and shortlisted for the Goldsmiths prize in 2016, the story narrator, Sophia Papastergiadis (occupation waitress), after returning from a visit to a clinic at Carboneras some 70 km away, has a very long lesbian kiss with Ingrid Bauer, which takes place on a hot Spanish beach, Las Marinicas in Almeria Province, eastern Andalusia. The beach is not particularly attractive as it has a cement factory on one end, utility lines galore and beach

La storia racconta la vita condotta dai due "naufraghi" sull'isola, che era tutt'altro che idilliaca. In realtà lei trovò il contrario. I frequenti litigi, la mancanza di cibo e soprattutto di acqua e la completa incompatibilità, li avrebbero portati a morte quasi certa se le persone di un'isola vicina non li avessero aiutati.

Si può quasi sentire Kingsland che cita le parole della poesia di Marlowe (www.poetryfoundation)

The Passionate Shepherd' to his Love.

Vieni a vivere con me e sii il mio amore

E proveremo tutti i piaceri

.....

E ti farò letti di Rose

E mille mazzi di fiori profumati

ma su Tuin non si trovavano rose, ed in effetti si poteva trovare ben poco! La versione cinematografica era interpretata da Oliver Reed, nel ruolo di Kingsley, e Amanda Donahue, nei panni di Irvine. Per mesi Irving ha resistito alle proposte amorose di Kingsland, senza dubbio sperando che la frase di Francesca nella Divina Commedia, ovvero *Amor ch'a null'amato amar perdona*, (verso 103. canto V) fosse vera, ma alla fine avrebbero ceduto. L'isola deserta qui potrebbe essere vista come un vero "deserto" e si potrebbe quasi di nuovo immaginare Kingsland che dice:

Insomma, mia cara, baciami e taci. (Lady Montague, www.mypoeticside.com)

Il filo che collega queste isole deserte è di nuovo la geografia dell'ambiente: acqua blu cobalto trasparente, sole, vegetazione lussureggiante, fosforescenza, grotte, cascate, lagune, barriere coralline e sabbia, nonché uomini muscolosi e femmine nubile! Tutte le scene sfruttano l'ambiente prorompente, che fornisce alla trama del film uno splendido scenario. Le onde che si muovono nell'acqua blu lucente, che si infrangono sulla barriera corallina e si riversano su una spiaggia di corallo bianco di fronte a verdi palme da cocco che ondeggiano nella brezza è un mix molto suggestivo. L'amore implica inevitabilmente un bacio (di solito molti!), e di romanticismo ce n'è molto in quelle scene. Ben in *Sag Harbor* dice, *Baciala e basta. L'ho baciata...Ho visto i suoi occhi muoversi sotto le sue palpebre ombrose. La sua lingua era morbida* (Whitehead, 2009, 251). Ma in *Come l'acqua spezza la polvere* (2016) di Deborah Levy, selezionato per il premio Goldsmiths nel 2016, la narratrice della storia, Sophia Papastergiadis (una cameriera), dopo essere tornata da una visita in una clinica a Carboneras a circa 70 km di distanza, ha un lunghissimo bacio lesbico con Ingrid Bauer, che si svolge su una calda spiaggia spagnola, Las Marinicas nella provincia di Almeria, nell'Andalusia orientale. La spiaggia non è particolarmente

diving school yet is a Blue Flag beach (Fig. 8).
She asked me if I wanted a walk on the beach... We lay on our backs, side by side... A phone was ringing in the back pocket of Ingrid's shorts. She rolled on to her stomach to reach for it and I rolled too, and then



attraente, in quanto su di un lato ha una fabbrica di cemento, un'infinità di infrastrutture, ed una scuola di immersioni subacquee, ma è una spiaggia Bandiera Blu (Fig. 8).
Mi ha chiesto se volessi fare una passeggiata sulla spiag-



Figure 8. Left: the diving school at Las Marinacas; right: Las Marinacas, utilities (photos by Pico Asensio Montesinos).

we moved closer. My cracked lips were on her full soft lips and we were kissing. The tide was coming in... we kept on kissing...and then she broke away from me to answer the phone. (Levy, 2016, 38).

Further, she daydreams, *I am lying naked on the Beach of the Dead Playa de los Muertos (Levy, 2016, 84).* The beach is some 1 km in length and with a width of 80m and is located at the border of Cabo de Gata-Nijar Natural Park. It is composed of white/light tan granules (close to the water), and fine pebbles at the rear in high contrast to the high black volcanic cliffs (composed of andesite's and conglomerates). The pocket beach here is termed called Cala del Peñon Cortado. Very clear water occurs but swimming is dangerous especially when the Levante (easterly) wind blows. Access is via a steeply inclined path and 20mn walk. Few utilities exist and the dunes are protected by a fence line. In past years, an industrial port was built at Carboneras 1500 m distance from the Park boundary, producing a high visual impact and creating a conflict between pre-existing natural environment and the associated ecotourism and other kind of activities, in this case industrial shipping. The beach is very attractive and is frequently a quiet oasis in this harsh landscape (Fig. 9).

gia...Ci siamo stese sulla schiena, fianco a fianco...Un telefono ha squillato nella tasca posteriore dei pantaloncini di Ingrid. È rotolata a pancia in giù per prenderlo e anch'io sono rotolata, e poi ci siamo avvicinate. Le mie labbra screpolate erano sulle sue labbra morbide e gonfie e ci stavamo baciando. La marea stava arrivando... continuammo a baciarci...e poi lei si staccò da me per rispondere al telefono. (Levy, 2016, 38).

Inoltre, sogna ad occhi aperti, *Sono distesa nuda sulla Playa de los Muertos (Levy, 2016, 84).* La spiaggia è lunga circa 1 km e larga 80 m, ed è posta al confine del Parco Naturale Cabo de Gata-Nijar. È composta da granuli di colore bianco/marrone chiaro (vicino all'acqua) e piccoli ciottoli nella parte posteriore, con un forte contrasto con le alte scogliere vulcaniche nere (il colore scuro è quello dell'andesite e dei conglomerati). La spiaggia a tasca qui è chiamata Cala del Peñon Cortado. L'acqua è molto limpida, ma nuotare è pericoloso, soprattutto quando soffia il vento di Levante (est). L'accesso avviene con 20 minuti di cammino lungo un sentiero molto ripido. Vi sono poche strutture e le dune sono protette da un recinto. Negli anni passati, è stato costruito un porto industriale a Carboneras, a 1500 m di distanza dal confine del Parco, producendo un forte impatto visivo e creando un conflitto tra l'ambiente naturale preesistente e l'ecoturismo associato, e altri tipi di attività, come la navigazione industriale. La spiaggia è molto attraente ed è spesso un'oasi di tranquillità in questo aspro paesaggio (Fig. 9).



Figure 9. Los Muertos. Port in the far distance. (Photo by Paco Asensio-Montesinos).

The scenes described here are those embodied in the hot desert that exists in this part of Spain. Searing summer heat, a parched landscape, stunted vegetation, desert fauna and flora, dried up river beds, a desolate lonely, frequently cruel and sometimes unfriendly environment, all symbolizing the narrator's angst and incidentally forming a spectacular backdrop to the Sergio Leone/Clint Eastwood spaghetti westerns.

On a different level and away from the tropical island theme, the stunning background of Chesil Beach (Fig. 10) provided an excellent milieu for Ian Rankin's novella *On Chesil Beach* (2007) and film (2017) of the same name, starring Billy Howle (Edward) and Saoirse Ronan (Florence), as the young, educated (both with first class degrees) virginal, sexually innocent couple. The book was adapted for the film by the author and directed by Dominic Cooke. The couple bump into each other at a Campaign for Nuclear Disarmament (CND) meet and marry in the early 1960s pre the "sexual revolution". What starts off as a romance soon deteriorates. It would have been far better if Edward had said, *Come let us kiss and part*, (Drayton, www.poetry-foundation.com).

Even though the story revolves around an awful rundown seaside hotel, the loneliness of the recently married couple after a bruising, disastrous and pointless wedding night is epitomised by the bleak, wild, windswept landscape of the pebble beach.

L'ambiente che viene qui descritto è quello tipico del deserto caldo di questa parte della Spagna. Il torrido caldo estivo, un paesaggio arido, vegetazione rissicata, fauna e flora del deserto, alvei fluviali secchi, un mondo solitario e desolato, spesso crudele e talvolta ostile, sono tutti elementi che simboleggiano l'angoscia del narratore, e fra l'altro formano uno scenario straordinario per gli spaghetti western di Sergio Leone e Clint Eastwood.

Su di un altro piano, e lontano dal tema dell'isola tropicale, lo splendido sfondo di Chesil Beach (Fig. 10) ha fornito un ambiente eccellente per il romanzo di Ian Rankin *Chesil Beach* (2007) e all'omonimo film (2017), interpretato da Billy Howle (Edward) e Saoirse Ronan (Florence), una giovane coppia colta (entrambi laureati) vergine e sessualmente innocente. Il libro è stato adattato per il film dall'autore e diretto da Dominic Cooke. I due s'incontrano ad una riunione della Campagna per il Disarmo Nucleare (CND) e si sposano nei primi anni '60, prima della "rivoluzione sessuale". Ciò che inizia come una storia d'amore rapidamente si deteriora. Sarebbe stato molto meglio se Edward avesse detto:

Vieni, baciamoci e lasciamoci (Drayton, [poetry-foundation.com](http://www.poetry-foundation.com)).

Anche se la storia ruota attorno ad un orribile e fatiscente hotel sul mare, la solitudine della coppia di sposi, dopo una notte di scontri, disastrosi ed inutili, è incarnata dal paesaggio desolato, selvaggio e spazzato dal vento della spiaggia di ciottoli.



Figure 10. Chesil beach from Easton.

Many of McEwan's novels have been turned into films, e.g. *Atonement*, *The Children Act*, *The Cement Garden*, *The Innocent*. His strength as a story teller is absolute self-consciousness at which he is supreme and his plot impact to any reader is astounding.

The book/film title relates to an internationally geomorphological renowned feature of a classic UK gravel coastal feature. It has been described as a, *prodigious accumulation of gravel,...probably the most extensive and extraordinary accumulation of shingle in the world, an heroic piece of natural engineering and unique* (Carr, 1983, 55).

The pebbles are from the local area and/or existing cliff sites to the west and represent a landward migrating barrier beach in response to rising sea levels, which moved the material landwards and

Molti dei romanzi di McEwan sono stati trasformati in film, come ad esempio *Espiazione*, *Il Verdetto*, *Il giardino di cemento*, *The Innocent*. Il suo forte, come scrittore, è l'assoluta autocoscienza per la quale è eccezionale e l'impatto delle sue trame su qualsiasi lettore è straordinario.

Il titolo del libro/film si riferisce ad una lingua ghiaiosa tipica del Regno Unito, una morfologia costiera nota a livello internazionale. È stata descritta come un *prodigioso accumulo di ghiaia,...probabilmente l'accumulo di ghiaia più esteso e straordinario al mondo, un eroico pezzo di ingegneria naturale e unico* (Carr, 1983, 55).

I ciottoli hanno un'origine sia locale che dalle falesie che si estendono ad ovest e formano un'isola barriera che è migrata verso terra in risposta all'innalzamento

when viewed the beach reacts, as Guterson, (1995, 4) writing of Washington, USA pebble beaches, as if it, *glistens with smooth stones and sea foam*. James Stephens' poem (www. poemhunter) sums up this type of beach beautifully:

And in the hush of waters was the sound of pebbles rolling round.

For ever with a hollow sound

The stark nature of the beach epitomizes the stark reality of the lover's relationship. Larkin's poem (Larkin, poetryfoundation) argued that the sexual revolution began in 1963, and the poem in three verses reflects upon the influence that parents had on their children in the pre 1960s.

*They fill you with the faults they had
And add some extra, just for you.*

.....

Man hands on misery to man.

It deepens like a coastal shelf.

In Larkin's view, love/marriage was a sham and a romantic illusion and his poems frequently tell of wasted lives and spoiled desires, that seemingly are imposed upon ordinary people and this is typified in the novel, even though the wild beach setting is very exciting.

Loneliness/isolation in a sterile marriage is again exemplified in Yeats' poem (Yeats 1894),

*The wind blows over the lonely heart
And the lonely heart withers away*

This is the theme of the film *Ryan's Daughter*, (www. imdb.com) set in the Dingle peninsula area of SW Ireland, a film directed by David Lean in 1970 from a Robert Bolt script.

It starred a laconic Robert Mitchum (Charles) as a stoic older schoolteacher and his younger wife Sara Miles (Rosy) who are married but have a very uncomfortable relationship and she falls for a young British Army officer Christopher Jones (Randolph). It won two Oscars: Best Supporting Actor (John Mills) and Best Cinematography (Freddie Young). The fabulous beach scenes were shot at Inch Strand, Dingle and Coumeeboole Strand, Dunquin, County Kerry, Ireland. The long, sand beaches are reminiscent of the words of Lewis Carroll (1872).

*The walrus and the carpenter
Were walking hand in hand.
They wept like anything to see
Such quantities of sand.*

*If only this were cleared away,
They said, it would be grand.*

Charles and Rosy, like the walrus and carpenter

del livello del mare. Guardando la spiaggia si reagisce come ha fatto Guterson, (1995, 4) che, scrivendo di una spiaggia di ciottoli di Washington, USA, dice che *brilla di pietre lisce e schiuma di mare*. La poesia di James Stephens (www. poemhunter.com/poem) riassume magnificamente questo tipo di spiaggia:

E nel silenzio delle acque c'era il suono dei ciottoli che rotolavano.

Per sempre con un suono vuoto.

La natura aspra della spiaggia incarna la dura realtà della relazione fra gli amanti. Il poema di Larkin (Larkin, poetryfoundation), che sosteneva che la rivoluzione sessuale fosse iniziata nel 1963, è una poesia in tre versi che analizza l'influenza che i genitori avevano sui propri figli nei primi anni '60.

*Ti riempiono dei difetti che hanno avuto
E aggiungono qualcosa in più, solo per te.*

.....

L'uomo passa la miseria all'uomo.

Si approfondisce come una piattaforma costiera.

Dal punto di vista di Larkin, l'amore e il matrimonio erano una finzione e un'illusione romantica, e le sue poesie raccontano spesso di vite sprecate e desideri svaniti, che apparentemente sono imposti alla gente comune, e questo viene espresso nel romanzo, anche se l'ambiente selvaggio della spiaggia è molto eccitante.

La solitudine/isolamento in un matrimonio sterile è di nuovo presente nella poesia di Yeats (Yeats 1894),

*Il vento soffia sul cuore solitario
E il cuore solitario se ne va via*

Questo è il tema de *La figlia di Ryan*, ambientato nella penisola di Dingle, nel sud-ovest dell'Irlanda: un film diretto da David Lean nel 1970, con sceneggiatura di Robert Bolt.

È interpretato da un laconico Robert Mitchum (Charles) nei panni di uno stoico insegnante di scuola elementare, e dalla moglie più giovane Sara Miles (Rosy). Hanno una relazione molto difficile e lei s'innamora di un giovane ufficiale dell'esercito britannico, Christopher Jones (Randolph). Il film ha vinto due Oscar: per il miglior attore non protagonista (John Mills) e per la migliore fotografia (Freddie Young). Le favolose scene della spiaggia sono state girate a Inch Strand, Dingle e Coumeeboole Strand, Dunquin, Contea di Kerry, Irlanda. Le lunghe spiagge di sabbia ricordano le parole di Lewis Carroll (1872).

*Il Tricheco ed il Falegname
Passeggiavano mano nella mano;
Piangevano amaramente
Guardando tutta quella sabbia:
Se potessimo spazzarla via,
Dissero, sarebbe grandioso.*

walked these beaches but not hand in hand, as did Rosy and Randolph. Rock cliffs bound the funnel shaped coastline of Dingle Bay (Fig. 11) and two large sand spits are found at Inch, which is a vast 6 km expanse of sand, bringing to mind Shelley's (1818) sonnet

...boundless and bare / The lone and level sands stretch far away.

Charles e Rosy, come il tricheco e il falegname, camminavano su queste spiagge ma non tenendosi per mano, come fecero Rosy e Randolph. La costa è delimitata da ripide scogliere a forma di imbuto della Dingle Bay (Fig. 11) e due grandi lingue di sabbia si trovano a Inch, che è una vasta distesa sabbiosa lunga 6 km, che ricorda il sonetto di Shelley (1818), *...sconfinata e spoglia / Le sabbie solitarie e pianeggianti si estendono in lontananza.*



Figure 11. Inch beach (photo by Derek Jackson).

The Piano (directed and written by Jane Campion in 1993) is set in New Zealand and is another film which refers to troubled marriages and adulterous relationships, as in *Ryan's Daughter*. It won three Oscars: Best actress (Holly Hunter), Best supporting actress (Anna Paquin) and Best original screenplay (Jane Campion). The main characters were Holly Hunter (Ada McGrath), who is brought to New Zealand to marry a wealthy landowner Sam Neill (Alistair Stewart) and Harvey Keitel (George Baines) a local plantation worker. She is a deaf mute who brings her piano along with her from Scotland, which becomes deposited on a beach (Kare Kare, Fig. 12). Baines becomes

Lezioni di piano (diretto e scritto da Jane Campion nel 1993) è ambientato in Nuova Zelanda ed è un altro film che fa riferimento a matrimoni travagliati e relazioni adultere, come ne *La figlia di Ryan*. Ha vinto tre Oscar: per la migliore attrice (Holly Hunter), la migliore attrice non protagonista (Anna Paquin) e la migliore sceneggiatura originale (Jane Campion). Gli attori protagonisti sono Holly Hunter (nel ruolo di Ada McGrath), Alistair Stewart (Sam Neill) e Harvey Keitel (George Baines). Ada, una sordomuta che viene mandata con la figlia dalla Scozia in Nuova Zelanda per sposare Alistair, un ricco proprietario terriero, porta con sé il proprio pianoforte, che viene scaricato su di una spiaggia (Kare Kare, Fig. 12). A questo

intrigued by her and their love affair begins. Wild long windswept beach, implies sexually exemplified by Browning's lines,

*As I gain the cove with pushing prow.
And quench its speed i' the slushy sand.
Then a mile of warm sea-scented beach*
(www.gradesaver.com/robert-browning).

punto entra in gioco il rozzo George, che ne rimane affascinato e così inizia la loro relazione amorosa. La lunga spiaggia selvaggia spazzata dal vento richiama alla mente la sensualità dalle strofe di Browning,
*Mentre guadagnavo la baia spingendo la prua.
E smorzai la sua velocità nella sabbia fangosa.
Poi un miglio di calda spiaggia dal profumo di mare*
(www.gradesaver.com/robert-browning).



Figure 12. Kare Kare beach.

The beach (Fig. 12) is the backdrop for the film as her lone piano lies there, a solo piano, an anthropogenic instrument being buffeted by wind, sea spray and water, all symptomatic of the life she had so far lived...and then Baines transports it to the house and it all changes. It is a haunting film and because of Hunter's muteness, evocative of Hood's (1827) poem, Silence:

*There is a silence where hath been no sound,
There is a silence where no sound may be,
In the cold grave - under the deep deep sea,
Or in wide desert where no life is found,*

La spiaggia (Fig. 12) fa da sfondo al film, mentre il piano abbandonato, un piano solitario, uno strumento umano, viene sballottato dal vento, dagli spruzzi del mare e dall'acqua; tutto emblematico della vita che aveva vissuto fino ad ora...e poi George lo trasporta a casa sua e tutto cambia. È un film inquietante e, a causa del mutismo di Hunter, evoca la poesia di Hood (1827), Silenzio:
*C'è un silenzio in cui non c'è stato nessun suono,
C'è un silenzio in cui non può esservi nessun suono,
Nella fredda tomba - sotto il mare più profondo,
O nel vasto deserto dove non si trova vita,*

Which hath been mute, and still must sleep profound;

.....
There the true Silence is, self-conscious and alone.

Ardiente paciencia, a novel by Antonio Skarmeta (2017) originally published in 2005 in Spanish; 2014 in Italian and is still in print, but is known more famously as, *Il Postino* (The Postman) filmed in 1983 and also in 1994 and was turned into an opera of the same name by Daniel Catán. The 1983 version filmed in Portugal, was directed by Skarmeta himself, starring Roberto Parada, Oscar Castro and Marcela Osorio, as respectively, Pablo Neruda, Mario Ruoppolo - the postman and Maria Grazia Cucinotta, his paramour Beatrice. In the 1994 version, Philippe Noiret, Massimo Troisi and Maria Grazia Cucinotta played these parts. Pablo Neruda was the famous Chilean Nobel Laureate poet and a political exile from Chile. At the completion of the 1994 film Troisi suffered a heart attack and tragically died. Filming took place at Procida island, near Naples, and at Pollara a small village on the steeply sloping, verdant rich vegetated island of Salina in the Aeolian Isles (Fig. 13 a, b). The film score won an Academy award.

The storyline is simple. On Isla Negra, Italy, Neruda opened the eyes of Mario, son of a local fisherman who was working as a temporary local postman (Neruda was his only customer) to the beauty of poetry with which he hoped to win the love of Beatrice. The main town and port of Santa Marina Salina even has posters of Mario's bike on show (Fig. 13 c) Neruda agrees to help him write sensual poetry, so much so that the postman eventually comments, *Poetry doesn't belong to those who write it, but those who need it*, and making good use of Neruda's (1975) own poems, Beatrice falls for him. Who would not be moved by Neruda's poem

Every day you play

I want

To do with you what spring does with cherry trees.

(Neruda, 1975, 28)

But it is not only a love story between the postman and his beau but shown also is the quieter aspect of love between Neruda and his wife with scenes of the pair lying on a narrow pebble beach, walking to a secluded beach, or dancing a sedate tango in a café, being particularly relevant in the film.

The Aeolian Isles area is well known for book/film romances, as well as adventure - Jules Verne's famous book, *Journey to the centre of the Earth* was

Che è stato muto, e deve ancora dormire profondamente;

.....
Lì c'è il vero Silenzio, cosciente di sé e solo.

El cartero de Neruda. Ardiente paciencia, (1985) tradotto in italiano come *Il postino*, è un romanzo di Antonio Skarmeta (2005, versione italiana del 2014), ma più noto grazie al film *Il Postino*, girato nel 1983 e successivamente nel 1994; trasformato poi in un'opera con lo stesso nome da Daniel Catán. La versione del 1983, girata in Portogallo, è stata diretta dallo stesso Skarmeta, con Roberto Parada, Oscar Castro e Marcela Osorio, rispettivamente Pablo Neruda, Mario Ruoppolo - il postino - e Maria Grazia Cucinotta, la sua amata Beatrice. Nella versione del 1994, Philippe Noiret, Massimo Troisi e Maria Grazia Cucinotta hanno recitato le stesse parti. Pablo Neruda è il famoso poeta cileno e premio Nobel, in esilio politico dal Cile. Il giorno successivo alla conclusione del film, del 1994, Troisi subì un infarto e morì tragicamente. Le riprese si sono svolte nell'isola di Procida, vicino a Napoli e a Pollara in piccolo villaggio sulla isola di Salina, ripida e ricca di vegetazione lussureggiante, nelle Isole Eolie (Fig. 13 a, b). La colonna sonora del film ha vinto un premio Oscar.

La trama è semplice. A Isla Negra, in Italia, Neruda aprì gli occhi a Mario, figlio di un pescatore locale che lavorava come postino part-time (Neruda era il suo unico cliente) alla bellezza della poesia, con la quale questi sperava di conquistare l'amore di Beatrice. Il paese principale, che è il porto di Santa Maria Salina, ha anche in mostra i poster della bicicletta di Mario (Fig. 13 c). Neruda accetta di aiutarlo a scrivere poesie sensuali, tanto che il postino alla fine commenta: *La poesia non appartiene a coloro che la scrivono, ma a coloro che ne hanno bisogno* e, grazie al buon uso delle poesie di Neruda (1975), Beatrice se ne innamora.

Chi non sarebbe commosso dalla poesia di Neruda

Tu giochi ogni giorno

Voglio

fare con te quello che fa la primavera con i ciliegi.

(Neruda, 1975, 28)

Ma non è solo la storia d'amore tra il postino e la sua amata che è particolarmente rilevante nel film: è anche l'aspetto più tranquillo dell'amore tra Neruda e sua moglie, con scene della coppia sdraiata su una stretta spiaggia di ciottoli, che cammina su di una spiaggia appartata o che balla un calmo tango in un caffè.

Le Isole Eolie sono ben note per i libri ed i film romantici, oltre che di avventura: anche il famoso libro di Jules Verne, *Viaggio al centro della Terra*, è stato



Figure 13 a. Pollara on Salina, a site for Neruda's romance.



Figure 13 b. Salina, hill slopes at Rinella.



Figure 13 c. The postman's bike as a collage poster near the Salina marina.

in 2008 partly filmed here, with the film's heroes exiting from their journey on a raft at Stromboli. *You behold a range of exhausted volcanoes*, (Disraeli, 1872), is certainly not applicable here, as Stromboli and Vulcano are still active.

girato nel 2008 in parte qui, con gli eroi del film che escono dal loro viaggio su una zattera a Stromboli. *Vedi una serie di vulcani estinti*, (Disraeli, 1872), non può certamente essere detto di questo posto, poiché Stromboli e Vulcano sono ancora attivi.

However, the 'romantic' film *Stromboli*, named after the island, was directed by Roberto Rossellini (script by Rossellini with collaboration by Sergio Amedei) in 1950. The film is a bleak and barren pastiche, as is the island. Karen (Bergman) meets up with Antonio a fisherman (Mario Vitale) in a 1948 Italian refugee camp and marries him. It is an unhappy marriage, as she is an exotic person, who does not speak the local dialect and suffers much abuse from Antonio, so much so that in the end she leaves him. The most alluring and erotic comment that can be said about the film was that it had good posters especially the utilisation of the Hitler colours of red, white and black. The stars were certainly not as the Compté de Salvandy's (1830) famous comment put it, *dancing on a volcano*, or as sung by the group Genesis:

*Through a crack in Mother Earth,
Blazing hot, the molten rock
Spills out over the land.
And the lava's the lover who licks your boots away.
Hey! Hey! Hey!
If you don't want to boil as well.
Be-be-better start the dance
D-D-Do you want to dance with me.*

The "star" of the film was in reality the volcano, as the location is spectacular, including the main smouldering and continuously erupting volcano of Stromboli (Fig. 14) as well as the smaller remnant Strombolicci (Fig. 15). The latter is a stack but is unusual in that it represents the old magma plugged neck of a smaller volcano, the two being volcanic vents of a much more massive extensive volcano. Mass movement, erosion especially by the sea and weathering have eroded all the land between the two.

Interestingly the film script was made up during shooting, and it looked it.

Tuttavia, il film "romantico" *Stromboli*, che prende il nome dall'isola, è stato diretto da Roberto Rossellini (copione di Rossellini con la collaborazione di Sergio Amedei) nel 1950. Il film è un *pastiche* brullo e sterile, così come l'isola. Karen (Bergman) incontra Antonio, un pescatore (Mario Vitale), in un campo profughi italiano del 1948 e lo sposa. È un matrimonio infelice, poiché è una estranea, che non parla il dialetto locale e subisce molti abusi da parte di Antonio, al punto che alla fine lo lascia. Il commento più seducente ed erotico che si può fare al film è che ha avuto buoni poster, in particolare per l'utilizzo dei colori di Hitler rosso, bianco e nero. Le star non stavano certo *ballando su di un vulcano*, come disse Compté de Salvandy, o come cantavano i Genesis:

*Attraverso una crepa nella Madre Terra,
Caldo ardente, la roccia fusa
Si riversa sulla terra.
E la lava è l'amante che ti lecca gli stivali.
Hey! Hey! Hey!
Se non vuoi bollire anche tu.
E' meglio che inizi la danza
V-V-Vuoi ballare con me?*

La "stella" del film era in realtà il vulcano, in quanto la location è spettacolare, con il vulcano principale di Stromboli fumante e in continua eruzione (Fig. 14), e il più piccolo e residuale Strombolicchio (Fig. 15). Quest'ultimo è uno faraglione, ma è insolito in quanto rappresenta il vecchio tappo di lava di un vulcano più piccolo, i due infatti formano un sistema di un vulcano molto più esteso. I movimenti gravitativi, l'erosione soprattutto del mare e gli agenti atmosferici hanno eroso tutta la terra tra le due strutture.

È interessante notare che la sceneggiatura del film è stata improvvisata durante le riprese, cosa che appare molto evidente.



Figure 14. Left: Stromboli island; right: Stromboli in an eruption phase (photo by Tom Pfeiffer).



Figura 15. The old volcanic plugged neck that now represents the stack of Strombolicchi.

During filming, the "star" of the film, Ingrid Bergman one of the most beautiful and alluring woman in the world, fell hopelessly in love with the director. This was a move that was in direct contrast to the part she was playing, but the personal erotic tension that sizzled between them was not captured in the dour film. Their romance was not played out on the volcanic beaches, the film set, or over the entire island, but erotic feelings and "raging passion" abounded in the house overlooking the beach (Fig. 16) that they rented for the filming period. As a result of massive media coverage relating to the morals of that era, the relationship was deemed to be scandalous, and their affair exploded with volcanic force across the globe. She had made a special ring with PIA engraved on it symbolised the Christian name initials of her husband Dr. Peter Lindstron and herself, with the A standing for Always, incidentally the name given to their daughter (Pia).

Durante le riprese, la "star" del film, Ingrid Bergman, una delle donne più belle e seducenti del mondo, si innamorò irrimediabilmente del regista. Questo è in netto contrasto con la parte che stava recitando, ma la tensione erotica che ardeva tra loro non venne catturata nel cupo film. La loro storia d'amore non è stata rappresentata sulle spiagge vulcaniche, sul set del film o sull'intera isola, ma i sentimenti erotici e la "passione furente" riempivano la casa che si affacciava sulla spiaggia (Fig. 16) che avevano affittato per il periodo delle riprese. Come risultato della massiccia copertura mediatica conseguente alla morale di quell'epoca, la relazione fu considerata scandalosa e la loro storia esplose con la forza di un vulcano in tutto il mondo. Ingrid si era fatta fare un anello speciale, con inciso PIA, a simboleggiare le iniziali del nome di battesimo di suo marito Dr. Peter Lindstron (P), il proprio (I) e con la A che stava per Sempre (Always), tra l'altro il nome dato alla loro figlia Pia.

Sadly this marriage did not last for ever. She had a son, Roberto Ingmar, with Rossellini and married him soon after the birth and later had twin daughters, Isotta and Isabella. Alas this marriage also did not last and her third one to Lars Schmidt followed a similar pattern.

Sfortunatamente questo matrimonio non durò in eterno. Ingrid ebbe un figlio con Rossellini, Roberto Ingmar, e si sposarono subito dopo la sua nascita; in seguito ebbe due figlie gemelle, Isotta e Isabella. Purtroppo, anche questo matrimonio non durò; ed anche il terzo con Lars Schmidt, finì nello stesso modo.



Figure 16. The Bergman/Rossellini house on Stromboli.

Romance at the beach unsurprisingly covers a catholic spectrum and, as has been shown, it is something that inevitably involves an embrace/kiss between two people. In fact the word embrace could easily be taken as a synonym for romance. This essay commenced by referring to two internationally famous works of art by Klimt and Rodin (Fig.1), both entitled, *The Kiss*, so perhaps it is fitting to end with another pair.

In the Pushkin Museum, Moscow, there is a Picasso painting (Fig 17 a) labelled, *The Meeting (Embrace)*, which epitomises all the yearning, anguish and love that can exist between two people in ANY environment.

Il romanticismo in spiaggia copre in modo sorprendente uno spettro infinito e, come è stato dimostrato, è qualcosa che comporta inevitabilmente un abbraccio/bacio tra due persone. In effetti, la parola abbraccio potrebbe essere facilmente considerata un sinonimo di romanticismo. Questo saggio è iniziato facendo riferimento a due opere d'arte famose a livello internazionale di Klimt e Rodin (Fig.1), entrambe intitolate *Il bacio*, quindi forse è giusto finire con un'altra coppia. Nel Museo Pushkin, a Mosca, c'è un dipinto di Picasso (Fig 17 a) etichettato, *The Meeting (Embrace)*, che incarna tutto il desiderio, l'ansia e l'amore che possono esistere tra due persone in qualsiasi ambiente.

Maugham, (1963, 54), summed this up this feeling quite brilliantly when he wrote, *They walked hand in hand up the pathway...He put his arms around her and she yielded with ecstasy to his embrace...His mouth sought hers. In that kiss was all the agony of their separation and all the bliss of their reunion.*



Figure 17 a. Picasso, *The Embrace (meeting)*.
(@Succession Picasso 2010).

In the same museum, there is another Rodin version of *The Kiss* (as shown in Figure 1a) and one can feel that this is just another pose of the same two lovers as depicted in Figure 1a, as their arms, legs, heads, etc. have shifted positions very slightly, but the female again has given herself completely to her muscular lover. However, the Rodin sculpture (Fig 17 b) named, *Eternal Spring*, again symbolises two lovers entangled in another version of the passionate kiss/embrace scenario, but here, in the powerful, seductive, erotic curve of the female body, one feels that not only her body but her soul has yielded her all to her more athletic male lover. The sheen on the bronze, the male hanging on to a tree/rock, emphasises the passion and ardour that is reflected in the kiss/embrace. One seamlessly leads to the other; the two are seemingly inseparable.

Maugham (1963, 54), riassunse questo sentimento assai brillantemente quando scrisse: *Camminarono mano nella mano lungo il sentiero...Lui le mise le braccia intorno e lei cedette con estasi al suo abbraccio... La sua bocca cercava la sua. In quel bacio c'era tutta l'agonia della loro separazione e tutta la felicità della loro riunione.*



Figure 17 b. Rodin, *Eternal spring*.

Nello stesso museo, c'è un'altra versione di *The Kiss* di Rodin (Fig. 1a) e si può pensare che questa sia solo un'altra posa degli stessi due amanti ritratti nella Figura 1a, con braccia, gambe e teste che hanno cambiato leggermente posizione, ma la donna si è nuovamente donata completamente al suo robusto amante. Tuttavia, la scultura di Rodin (Fig. 17 b), chiamata *Primavera eterna*, simboleggia nuovamente due innamorati avvinghiati in un'altra versione dello scenario bacio-abbraccio passionale, ma qui, nella potente e seducente curva erotica del corpo femminile, si sente che non solo il suo corpo, ma la sua stessa anima viene offerta al suo atletico amante. La lucentezza sul bronzo, il maschio che si regge ad un un albero/roccia, enfatizza la passione e l'ardore che si riflettono nel bacio/abbraccio. Uno porta necessariamente all'altro; i due sono apparentemente inseparabili.

What is written here is simply a potted guide to some of the myriad exceedingly complex strands of romance that can be found in literature and films. It is a subjective account, as there is no underlying theory or mathematical model that can underpin the very essence of romance. Can one ever evaluate the tingling of the skin, the quickening of the pulse when two eyes lock across a room or on a beach - and romance commences? I doubt we will ever find the answer to that question, so will end by some lines penned by Ella Wheeler Wilcox (poetryfoundation) in her poem, *I love you*.

*I love your arms when the warm white flesh
Touches mine in a fond embrace;
I love your hair when the strands enmesh
Your kisses against my face.*

Acknowledgments

We wish to thank the Belvedere Museum, Vienna, for permission to use the Klimt picture, The Kiss (Der Kuss). Also, the marble sculpture entitled The Kiss (e Baiser) by Auguste Rodin from the Paris musée Rodin, photo by Hervé Lewandowski, the Pushkin Museum, Moscow for Rodin's, Eternal Spring and the Picasso Administration, Paris for, The Embrace (Meeting). Furthermore, Tom Pfeiffer allowed us access to his extensive collection of volcanology photos (www.volcsnodiscovery.com).

We thank the following academics for permission to use their photographs: Derek Jackson (University of Ulster), Paco Asensio-Montesinos, (University of Cadiz), S.P. Leatherman, (Florida International University) and Chip Fletcher III, (University of Hawaii).

The printing of this article was sponsored by DISTAV, University of Genova.

On a personal note, I want to thank my friend and colleague Enzo Pranzini for a truly magnificent job that he undertook in translating my text and sorting out the many photos. I cannot thank him enough.

Quanto qui scritto è semplicemente una piccola guida ad una miriade di filoni di romanticismo estremamente complessi, che si possono ritrovare nella letteratura e nei film. È un resoconto soggettivo, in quanto non esiste una teoria o un modello matematico di base che possa sostenere l'essenza stessa del romanticismo. Si può mai valutare il formicolio della pelle, l'accelerazione del polso quando due occhi si fissano attraverso una stanza o su una spiaggia - e sboccia l'amore? Dubito che troveremo mai la risposta a questa domanda, quindi finiremo con alcune righe scritte da Ella Wheeler Wilcox (poetryfoundation) nella sua poesia, *Ti amo*.

*Adoro le tue braccia quando il calore della tua bianca
carne si stringe al mio in un tenero abbraccio;
Adoro le ciocche dei tuoi capelli che si intrecciano
con i tuoi baci sulla mia faccia.*

Ringraziamenti

Si ringrazia il Museo del Belvedere, di Vienna, per aver concesso la riproduzione del quadro di Klimt Il bacio (Der Kuss) e il Museo Rodin, di Parigi, per l'immagine della scultura in marmo intitolata The Kiss (e Baiser) di Auguste Rodin (foto di Hervé Lewandowski), il Museo Pushkin di Mosca per l'Eterna primavera di Rodin a la Picasso Administration di Parigi per l'Abbraccio di Picasso. Inoltre, Tom Pfeiffer per averci dato la disponibilità della sua immensa collezione di foto di vulcani (www.volcsnodiscovery.com).

Si ringrazia inoltre i seguenti colleghi che hanno concesso la pubblicazione delle loro fotografie: Derek Jackson (University of Ulster), Paco Asensio-Montesinos (Universidad de Cadiz), S.P. Leatherman (Florida International University), Chip Fletcher III (University of Hawaii).

La stampa di questo articolo è stata possibile grazie al DISTAV dell'Università di Genova.

Un ringraziamento particolare va al mio amico e collega Enzo Pranzini per l'eccellente lavoro fatto per la traduzione del mio testo e la scelta delle foto. Non potrò mai ringraziarlo abbastanza.

References

- Aciman A, 2007. Call me by your name, Picador 248 pp.
- Benchley P, 1974. Jaws, Andre Deutsch Ltd, 285 pp.
- Blake W, 1803. Auguries of Innocence, Encyclopædia Britannica Online. *The Pickering Manuscript*, but published in 1863, by Alexander Gilchrist see: *The Life of William Blake* by Alexander Gilchrist, (ed.), Ruthven Todd. London, Dent, 1942, CUP, 646 pp. Access. 1.10. 18.
- Bonaparte, N, 1796. Letter to Josephine, 13. Nov. 1796. (In), *Love, a Keepsake*, Unirose Ltd. 6 Rabbit Row, London.
- Browning R. www.gradesaver.com/robert-browning-poems/study-guide/summary-meeting-at-night.
- Byron G.C., 1819. Don Juan, IV cx, 555 pp.
- Campbell N, 2015. Disco Bay, Enitharmon, 65 pp.
- Carr, A.P., 1983. Chesil Beach: environmental, economic and sociological pressures. *Geographical Journal*, 149, 53-62.
- Carroll L, 1872. Alice through the Looking glass, plus 50 illustrations by John Tenniel, London: Macmillan and Co.
- Cohen L, 2018. The Flame, Canongate, 287 pp.
- Compte de Salvandy, 1830. We are dancing on a Volcano, speech prior to the 1830 revolution. www.new-yorker.com/magazine/2012/04/30/opera-on-the-barricades?verso=true.
- De Vere Stacpoole H, 1908. The Blue lagoon trilogy. T Fisher-Unwin, 328 pp.
- De Vere Stacpoole H, 1923. The Garden of God, Hutchinson, 288 pp.
- Disraeli B., 1872. You behold a range of exhausted volcanoes, speech referring to a bench of Government ministers, Manchester, UK, 3.4 1872.
- Drayton M, Sonnets, Idea, lxi, (www.poetryfoundation.org/poets/michael-drayton).
- Hood T, 1827. Silence (www.poets.org/poetsorg/poem/silence-1).
- Fleming I, 1958. Dr No, Coronet, London, 266 pp.
- Fleming I, 1953. Casino Royale. The New American Library of World Literature, Inc., New York, New York, 144 pp.
- Garland A, 1996. The Beach, Penguin, 438 pp.
- Genesis. Dance on a Volcano, by Anthony Banks, Phil Collins, Michael Rutherford and Steve Hackett.
- Grimble A, 1960. A pattern of islands, Murray, 241 pp.
- Guterson D, 1995. Snow falling on cedars, Bloomsbury, 404 pp.
- Hood T, 1827. www.poetryfoundation.org/poems/52339/silence-56d230b89fd5e.
- Hutchinson T, 1909. The complete works of Percy Bysshe Shelley, OUP, London 578 pp.
- Irving L., 1983. Castaway, Random House, 273 pp.
- James C, 1915. Dante: The Divine Comedy, Picador, 560 pp.
- Jones J, 1951. From Here to Eternity, Charles Scriber's Sons, 868 pp.
- Keats J. When I have fears. (www.poetryfoundation.org/poems/44488/when-i-have-fears-that-i-may-cease-to-be).
- Kipling R, 1892. Barrack-room ballads and other verses. Methuen and Co. London, 208 pp.
- Klimt, The Kiss. Österreichische Galerie Belvedere museum, Belvedere palace, Vienna.
- Lencek L and Bosker G., 1998. The Beach. Secker and Warburg, 304 pp.
- Levy D, 2016. Hot Milk, Penguin, 218 pp.
- Larkin P. www.poetryfoundation.org/poems/48419/this-be-the-verse.
- Lodge D, 1991. Paradise News, Penguin, 369 pp.
- Marlowe, C, (www.poetryfoundation.org/poems/44675/the-passionate-shepherd-to-his-love).
- Maugham S.W., 1963. Flotsam and Jetsam, (In), *Collected short stories*, Vol. 2, Penguin books, 424 pp.
- McEwan I, 2007. On Chesil beach, Vantage, 166 pp.
- Montague Lady Mary Wortley. Summary of Lord Lyttleton's Advice. www.mypoeticside.com/poets/lady-mary-wortley-montagu-poems.
- Moore T., The Kiss, (In) *Love, a keepsake*, Unirose Ltd. Campden Rd, London, W8.
- Neruda P., 1975. Selected poems, Penguin, 229 pp.
- Rankin I., 2007. On Chesil Beach, Jonathon Cape, 166 pp.

Rodin, The Kiss. Musée Rodin, Paris.

Skármeta A., 2017. Ardiente paciencia, Penguin Random House, 144 pp.

Shakespeare W. The Tempest, Act 2, scene 11.

Shelley P., 1818. (Glirastes penname), Original Poetry, (Ozymandias), The Examiner, London, p24.

Suyan, H, 1961. A many splendored thing, Jonathon Cape, 334 pp.

Stephens, J. The Shell. ([www. poemhunter.com/poem/the-shell-15/](http://www.poemhunter.com/poem/the-shell-15/)).

Whitehead C, 2009. Sag Harbour, Doubleday, 273 pp.

Wilcox E.M. www.poetryfoundation.org/poems/50334/i-love-you-56d22d5628559.

www.imdb.com/title/tt0066319/externalsites?ref_=ttrel_ql_3 (Ryan's Daughter).

Yeats, W.B 1852. eNews for the Delphic Oracle. Collected Poems. London: Macmillan, 1982, p. 376-7.

Yeats, W.B. 1894. The land of hearts desire.

(https://www.imdb.com/title/tt0066319/externalsites?ref_=ttrel_ql_3).

Evoluzione geomorfologica di una costa alta nel Cilento (Campania). Il caso di Ripe Rosse

Domenico Guida¹ e Alessio Valente²

¹Dipartimento di Ingegneria Civile, Università di Salerno, Campus Universitario, 84084 Fisciano (SA)

²Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università del Sannio, Via F. de Sanctis, 82100 Benevento

Riassunto

Il presente contributo illustra l'evoluzione geomorfologica a medio termine della falesia costiera denominata Ripe Rosse, localizzata lungo la costa del Cilento in Campania. Essa è inserita in un'area tutelata non solo a livello nazionale, ma anche internazionale, come patrimonio geologico riconosciuto dalla Rete dei Geoparchi dell'UNESCO. Questo sito mostra un tipico profilo costiero noto come "slope-over-wall", composto da un pendio superiore convesso a moderata pendenza costituito da colluvioni ed un tratto inferiore come falesia rocciosa subverticale. Lo studio geomorfologico di dettaglio attraverso l'analisi multitemporale di fotoaeree integrato dal LIDAR e dalle informazioni di rilievi subacquei ha consentito di riconoscere le forme sulla falesia e del suo immediato fondale. A tali forme è stata attribuita un'età di formazione che ha permesso la ricostruzione dell'evoluzione geomorfologica di questa particolare falesia a partire dal MIS 5. Alcuni dei processi che l'hanno determinata risultano ancora attivi e preoccupano le amministrazioni locali, poiché gli eventi franosi che si susseguono sul pendio superiore convesso mettono a rischio l'unica strada statale che collega tutti i villaggi turistici della Costiera Cilentana meridionale. Pertanto, al fine di comprendere quale sarà la futura evoluzione della falesia ed indirizzare strategie di mitigazione si è tentato di applicare una modellazione qualitativa, supportata da modellazione di ingegneria numerica orientata.

Parole chiave: Falesie; Profilo costiero composito; Geomorfologia costiera, Variazione livello del mare, Modello numerico, Geoparco UNESCO, Campania.

Abstract

This contribution illustrates the medium-term geomorphological evolution of the coastal cliff called Ripe Rosse, located along the Cilento coast in Campania. It is included in an area protected not only nationally, but also internationally, as a geological heritage recognized by the UNESCO Geoparks Network. This site shows a typical coastal profile known as "slope-over-wall", consisting of a convex upper slope with medium slopes consisting of colluviums and a lower section as a sub-vertical rocky cliff. A detailed geomorphological study through the multitemporal analysis of aerial photos integrated by LIDAR and information from underwater surveys made it possible to recognize the landforms on the cliff and its immediate sea-bottom. The age of formation has been attributed to these morphologies and this has made it possible to reconstruct the geomorphological evolution of this particular cliff. In particular, the genesis of this profile is attributable to three morphogenetic phases: the first phase, with a base level at approximately + 8-10 m a.s.l., presumably corresponding to MIS5 (last interglacial), with the formation of a residual cliff and related deposits of coarse beach, nowadays submerged; a second, developed over a long period in a stadial Mediterranean periglacial morphoclimatic regime, responsible for the upper profile characterized by solifluxion in the form of clinostratified colluvium and connected to a much lower base level than the current one and a final phase produced by the alternating but progressive ascent of the late Pleistocene sea, following the last glaciation, responsible for the retreat of the cliff. Some of the processes that determined such retreat are still active and worry local administrations, since the events landslides that follow one another on the

upper convex slope put at risk the only state road that connects all the tourist villages of the southern Cilento coast. Therefore, in order to better identify integrated strategies both to preserve the internationally protected coast and to prevent road damage, a qualitative geomorphic modeling, supported by numerical oriented engineering modeling, was carried out. The application of this modeling has given promising results on how the coast will recede in the next 500 years and therefore on how to mitigate the risk based on the exceptional value of the site.

Keywords: *Sea cliff, Slope-over-wall, Coastal geomorphology, Sea level changes, Numeric modelling, UNESCO Global Geopark, Campania.*

Introduzione

Il Cilento mostra uno dei litorali più affascinanti e apprezzati dei paesi del Mediterraneo (Valente et al, 2017). Le caratteristiche di questo litorale hanno favorito il suo inserimento nell'ambito del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni e in seguito il riconoscimento nell'ambito del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO come Global Geopark (Aloia et al., 2013a). Questo territorio è caratterizzato da un'ampia diversità fisica, floristica e faunistica e gode di un clima con inverni miti e piovosi ed estati calde, secche e prolungate. L'uomo frequenta quest'area costiera fin dall'epoca paleolitica, ma oggi gli insediamenti civili e le infrastrutture turistiche provocano una notevole pressione in grado di danneggiare questo paesaggio spettacolare. Comunque, negli ultimi decenni nel Cilento sono svolte azioni di protezione/conservazione del patrimonio naturale e di mitigazione/recupero verso le condizioni di degrado. In particolare, sono stati effettuati interventi sull'erosione delle spiagge, data la loro grande importanza economica nel turismo e nel tempo libero. Tuttavia, anche le coste alte, che peraltro hanno una maggiore estensione spaziale e rilevanza paesaggistica del litorale cilentano, dovrebbero ricevere maggiore attenzione da parte delle istituzioni pubbliche al fine di prevenire condizioni di pericolo (Aloia et al., 2013b; Budetta, 2008). Per questo diventano sempre più indispensabili studi specifici con metodologie di ricerca innovative. Questo studio intende dare un contributo specifico in questa direzione dedicandosi alle coste alte rocciose, che sono meno considerate nella letteratura. Probabilmente, questo potrebbe dipendere dall'utilizzo di questi spazi, in quanto i litorali bassi sono maggiormente preferiti per attività turistico-balneari o commerciali. Tuttavia, le coste alte e rocciose spesso sono caratterizzate da livelli di pericolosità significativi per gli insediamenti umani e per le molteplici attività sul territorio (Pranzini, 2004). Questi pericoli non sono sempre del tutto noti e quindi gli interventi di mitigazione si dimostrano talvolta errati. Inoltre, su questi litorali si conservano habitat naturali di pregio, che devono essere salvaguardati e non eliminati o alterati dalle azioni antropiche. In base a queste considerazioni gli studi dovrebbero avere un carattere interdisciplinare così da migliorare la conoscenza dello stato dei luoghi e la comprensione dei fenomeni che si verificano.

Le coste alte e rocciose, come quella del presente studio, richiedono analisi specifiche sulla loro porzione emersa e sulla porzione sommersa, rispettivamente soggette a processi subaerei e marini (Bird, 2000). Nel tempo queste porzioni possono subire dei cambiamenti nella tipologia e nell'intensità dei processi che vi agiscono. In particolare, le oscillazioni glacio-eustatiche del Quaternario hanno portato ad importanti effetti sulle coste alte e rocciose, le cui tracce sono ancora leggibili sulle falesie attuali (Griggs e Trenhaile, 1994). A queste oscillazioni possono comunque sovrapporsi variazioni di breve termine rappresentate da eventi meteorologici di particolare intensità che possono concentrarsi sulla porzione emersa o sommersa. Anche tali eventi, se le condizioni lo consentono, possono lasciare delle forme di erosione e/o di accumulo. Negli ultimi secoli, inoltre, è diventata rilevante l'azione dell'uomo, che riesce ad alterare il profilo della costa (es. realizzazione di strade, installazioni di resort a picco sul mare, moli per ormeggio addossati alla falesia, ecc.), dando enfasi ai processi che la modellano. Per questo è importante procedere ad un'analisi geomorfologica dettagliata al fine di distinguere le forme ereditate da processi non più attivi rispetto a quelle derivanti da processi in corso o potenzialmente innescabili. La conoscenza di tali processi scanditi nel tempo possono essere previsti a medio termine, addirittura attraverso modelli numerici, e quindi consentire di poter procedere ad interventi mirati alla conservazione dei beni naturali ed antropici di questo sito. Tale contributo è estratto da un lavoro comprendente altri siti costieri del Cilento (Guida e Valente, 2019), ma in questo caso si intende focalizzare solo l'evoluzione geomorfologica del tratto di costa alta delle Ripe Rosse.

Materiali e metodi

L'analisi geomorfologica non può prescindere da un rilievo di campo, che nello studio si è concentrato sulla porzione emersa. Anche questa porzione è stata analizzata attraverso l'analisi di fotografie scattate dal mare, che

ne consentissero una visione completa. Le informazioni ottenute, supportate da dati di letteratura, sono state essenzialmente di natura geologica e geomorfologica. Successivamente, l'analisi è proseguita con la lettura di carte topografiche, riguardanti l'area. La carta utilizzata più antica è stata realizzata dall'IGM nel 1956 e la carta più recente è stata realizzata dalla Regione Campania nel 2004. Tali carte sono state integrate dalle osservazioni di diverse fotografie aeree dal 1943 fino alle più recenti del 2012. Questa analisi multitemporale è stata completata sul web con le immagini disponibili su Google Earth acquisite nel 2015 sul Portale Cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente (2012). Da quest'ultimo sito è stato estratto il DEM ottenuto dal LIDAR rilevato nel 2012. Da mappe, foto aeree e immagini satellitari disponibili sul web, sono state ottenute informazioni spaziotemporali dell'area successivamente digitalizzate così da ottenere una carta geomorfologica. Per la realizzazione di questa carta si è utilizzata la procedura GmIS_UniSa, che consente di eseguire una mappatura orientata agli oggetti a copertura totale (Dramis et al., 2011). Tutte le caratteristiche geomorfologiche identificate dai rilievi sul campo e dall'analisi aerofotogrammetrica sono state automaticamente identificate, organizzate gerarchicamente e mappate. Particolare attenzione è stata data al riconoscimento oggettivo, alla classificazione e alla mappatura dei processi di formazione del terreno odierni (canali incisi, falesie rocciose, frane superficiali, ecc.) sovrapposte a morfologie pleistoceniche (conoidi alluvionali, terrazzi marini, talus detritici, ecc.) (Dramis et al., 2011) In questo processo di rilevamento sul terreno e di acquisizione della cartografia un contributo importante è stato svolto dalla struttura tecnica del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni.

Dopo aver ricostruito qualitativamente l'evoluzione geomorfologica a breve e medio termine di questa particolare costa alta ed aver ottenuto informazioni sul ruolo dei processi che hanno agito in passato, a partire dal Pleistocene superiore, si è cercato di testare un modello numerico dell'evoluzione, fisicamente basato. A tal fine è stato utilizzato il software SCAPE, che è stato in grado di modellare l'evoluzione della parte basale della costa, quella in cui agisce l'onda per le prossime centinaia di anni.

La forma costiera è stata rappresentata all'interno di questo software con una serie di profili di costa alta distanziati tra loro ed assemblati lungo la stessa linea di riferimento. Il modello prevedeva dati di input corrispondenti alle caratteristiche morfometriche del tratto di costa in esame e a quelle meteomarine incidenti su di esso. I dati meteomarine presi in considerazione sono stati quelli registrati nella stazione di Ponza (ISPRA, 2011). Nel complesso ne è scaturita una recessione orizzontale di ogni profilo rispetto ad una data elevazione della piattaforma sommersa (z_s), che SCAPE ha calcolato in base alla seguente equazione differenziale:

$$\frac{dy_s(z_s)}{dt} = \frac{F}{R} f_1(h(t) - z_s) \tan\left(\frac{dz_s}{dy_s}\right) f_2(z_{beach} - z_s) \quad (1)$$

dove y_s e z_s sono rispettivamente le dimensioni orizzontale e verticale delle piattaforme; t è il tempo considerato, mentre con

$$F = H_b^{13/4} T_p^{3/2} \quad (2)$$

si considera la forza erosiva delle onde casuali ad una data altezza dell'onda al frangimento (H_b) in metri e periodo di picco (T_p) in secondi, R è una costante di calibrazione, usata come parametro che varia con la resistenza del materiale ed una costante idrodinamica; f_1 è funzione di una forma descrittiva di come le forze erosive (F) variano con la profondità dell'acqua ($h(t) - z$); dz / dy_s è la pendenza locale riferita all'altezza della piattaforma z ; f_2 è una funzione discontinua che è uguale a 0 se lo spessore della spiaggia (la differenza tra l'elevazione della spiaggia e l'elevazione della piattaforma consolidata $z_{beach} - z_s$) è maggiore di $0.23H_b$ e aumenta linearmente fino a 1 se non c'è spiaggia sulla piattaforma più prossima alla falesia.

Per i blocchi sommersi (cioè blocchi la cui altezza superiore è inferiore al livello del mare), l'erosione orizzontale originaria di SCAPE è stata convertita nella sua componente verticale, dz/dt , applicando la seguente semplice conversione trigonometrica:

$$\frac{dz_s}{dt} = \frac{dy_s(z_s)}{dt} \tan\left(\frac{dz_s}{dy_s}\right)$$

Tutti i parametri dell'equazione (1) sono facilmente disponibili; la pendenza locale, ad esempio, può essere ricavata dai profili costieri. Per ogni profilo, la forza erosiva è calcolata in funzione dell'altezza delle onde

al frangimento memorizzata nella geometria della costa e il periodo del picco d'onda definito dall'utente. La stessa funzione della forma di erosione proposta per SCAPE è utilizzata per stimare l'erosione della piattaforma a terra in base al rapporto tra la profondità dell'acqua e l'altezza dell'onda al frangimento. La lunghezza nota del profilo è utilizzata per garantire che l'integrale numerico della funzione di forma sia uguale a 1. L'erosione verticale non vincolata è quindi calcolata per ciascuna cella lungo il profilo. Il livello attivo, l'equazione (2), è quindi applicata a ciascuna cella per stimare l'effettiva erosione verticale. L'applicazione del modello ha generato una serie di file di output con dati sui profili delle pareti rocciose e della spiaggia sottostante, sul trasporto solido e sul volume annuo accumulato sulla costa emersa. Queste informazioni, attraverso l'utilizzo di programmi quali Excel e Matlab, hanno permesso la rappresentazione grafica di quanto elaborato dal programma SCAPE.

La costa di Ripe Rosse

Nel Cilento settentrionale (Campania) uno dei tratti più rappresentativi con costa alta è denominato Ripe Rosse (Fig. 1). Tale costa si caratterizza per il suo versante composito, composto da una parte superiore convessa ed una parte inferiore pressoché verticale. Un'importante strada (SR exSS267) attraversa la parte più alta del pendio con una vista impressionante sul mare sin quasi alla base della falesia. Alle estremità di questo versante, si sviluppano delle spiagge sabbiose, che permettono di raggiungere la sua base e percorrerla interamente, sfruttando la gran quantità di detriti di ogni dimensione accumulatisi in una fascia piuttosto ristretta. Questo accumulo è indicativo dei numerosi crolli di rocce costituenti la falesia.

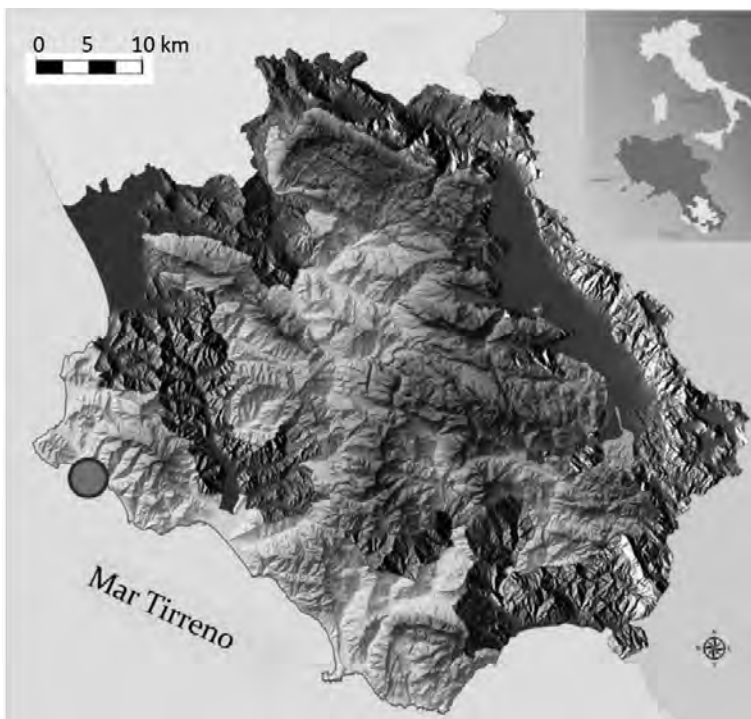


Figura 1. Localizzazione di Ripe Rosse nel Geoparco del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (Campania)

Le Ripe Rosse sono costituite da una successione torbiditica grossolana (Fig. 2) di spessore superiore ai 150 m, ascrivibile alle Arenarie di Pollica, la più antica formazione del Gruppo del Cilento (Langhiano - Tortoniano inferiore: Cammarosano et al., 2004). In particolare, questa successione è costituita da strati medi e spessi di arenarie medie e grossolane, generalmente con basi nette, che passano verso l'alto ad arenarie più fini con significative intercalazioni pelitiche. Sono presenti altresì banchi conglomeratici con basi erosive e concave, che lateralmente "tagliano" strati sottili di arenarie a grana più fine con porzioni pelitiche prevalenti. In questa successione si intercalano diversi livelli caotici quali slumping, colate sabbiose, ecc. (Cocco et al., 1986; Cavuoto et al., 2008).

Tale successione si è depositata in un bacino sottomarino profondo sulle successioni deformate precocemente dell'Appennino meridionale (es. Unità Tettonica Nord-calabrese: Eocene medio – Burdigaliano). Una serie di quest'ultima successione deformata, costituita da strati sottili di arenarie fini con intercalazioni siltitiche, affiora risalendo verso nord alla base della falesia al di sotto delle Arenarie di Pollica (ISPRA, 2015). Quest'ultima serie, come evidenziato da un rilievo geofisico (ISPRA, 2015), costituirebbe il substrato del fondale antistante il tratto costiero. In quest'ultimo la piattaforma costiera si mostra con un gradiente molto basso, ricoperta da sabbie e ghiaie organogene grossolane a profondità compresa tra i 10 e i 25 m. Questo deposito verosimilmente si sarebbe formato in coincidenza con l'ultimo abbassamento del livello del mare (Pennetta et al, 2013; ISPRA, 2013).



Figura 2. Vista da mare della costa di Ripe Rosse.

Per completare la descrizione geologica, come si osserva in particolare nella porzione emersa, faglie normali trasversali interrompono la continuità dell'affioramento. Invece, una faglia pressoché parallela alla linea di costa nel tratto di Ripe Rosse è stata rilevata dall'analisi dei profili sismici eseguiti in una campagna di rilievi (ISPRA, 2015). Rilievi sul campo, analisi di foto aeree multitemporali e immagini satellitari hanno permesso di realizzare una carta geomorfologica digitale dalla quale si può dedurre che il profilo costiero delle Ripe Rosse è costituito per buona parte da una scarpata con moderata pendenza (in media 40°) che nell'ultimo tratto scende con una falesia sub-verticale fino al livello del mare (Fig. 3) e quindi prosegue nell'area sommersa con una piattaforma costiera sub-orizzontale ampia fino a 200 m. Il tratto di costa in oggetto ha un'estensione di circa 2 km e



Figura 3. Ripe Rosse: il profilo costiero composto con la porzione superiore (slope) ricoperta da vegetazione radicata in detriti e quella inferiore (wall) in cui affiorano le torbiditi arenaceo pelitiche; alla base del profilo un accumulo costituito da blocchi e ciottoli.

un'altezza da poco più di 10 m fino a 100 m. Le pendenze del versante costiero sono comprese in media tra i 40°, nella parte superiore, e gli 80°, nella parte inferiore. Questi caratteri mutano decisamente verso le estremità, non rappresentate in figura 3, più marcatamente a nord, dove il versante ha una pendenza generalmente con un angolo inferiore a 30° che degrada fino ad un'ampia spiaggia sabbiosa.

La falesia composta tende generalmente a recedere per "slope decline", soprattutto dopo che la parte basale si è evoluta per arretramento. Ne consegue che essendo il versante superiore, principalmente soggetto a processi subaerei, evidenzia forme legate a movimenti gravitativi quali crolli, ribaltamenti e scorrimenti, mentre quello inferiore, che è soggetto all'azione erosiva delle onde, mostra tracce legate alla morfogenesi marina (Fig. 4). La conservazione di tali tracce può essere impedita dal materiale accumulato nel tempo al piede della falesia. Nella fattispecie la parte basale del pendio di Ripe Rosse è ricoperta da abbondanti detriti per una larghezza limitata da 2 a 4 m. Essi rappresentano i prodotti dell'alterazione del substrato precipitati dal versante sovrastante, che svolgono, finché non sono asportati, un'azione importante di protezione. Nello stralcio della carta non mancano altresì le forme legate alla morfogenesi del versante costiero rappresentate da crinali, lembi di antiche superfici di abrasione marina molto degradati, indicativi di un versante non ancora regolarizzato (Fig. 4).

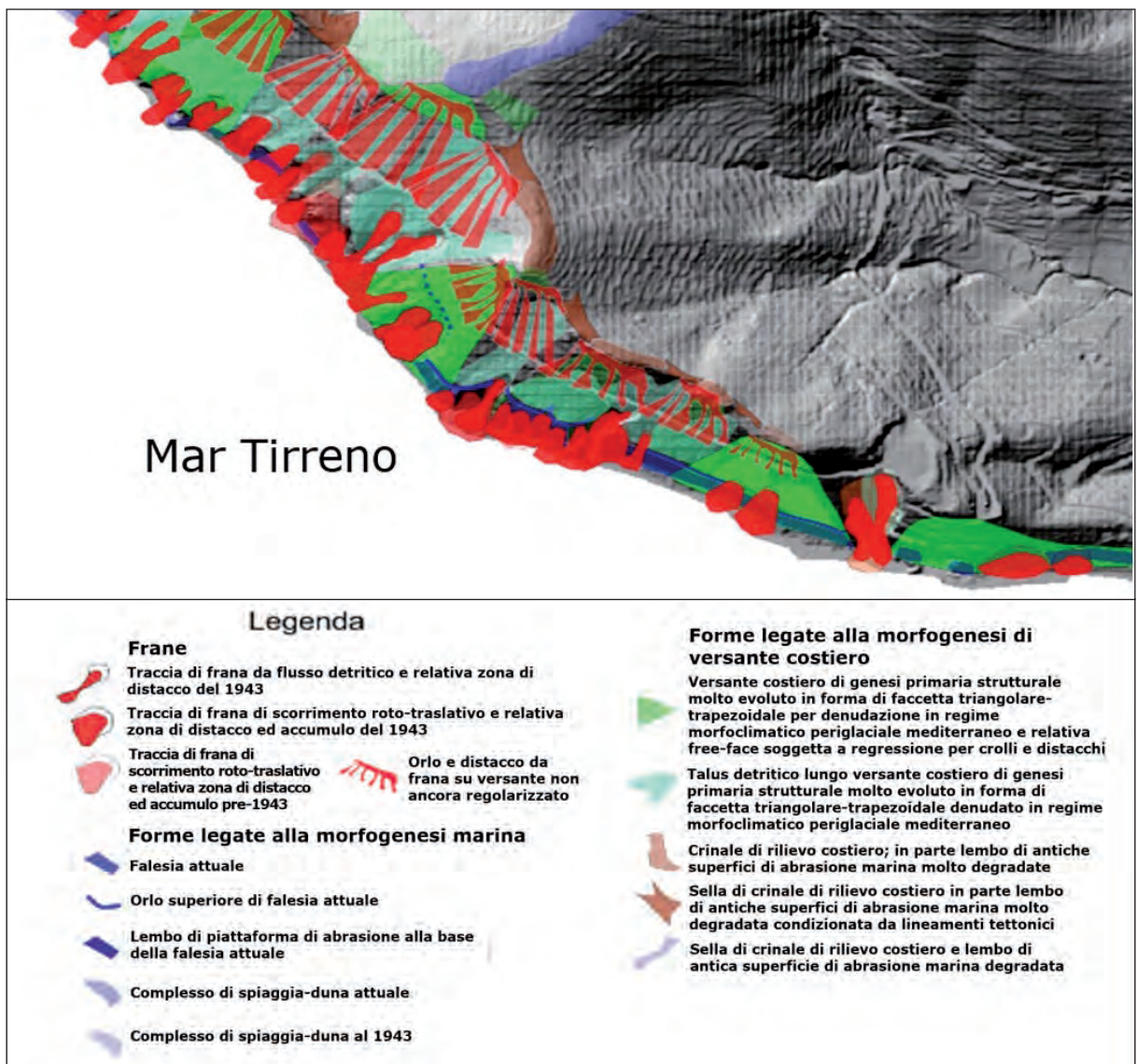


Figura 4. Ripe Rosse: Stralcio della Carta geomorfologica di "Ripe Rosse" (Guida et al., 2017) eseguita secondo la procedura GmIS_UniSa (Dramis et al., 2011) in scala 1:5.000.

Questo profilo composto, conosciuto nella letteratura come “slope-over-wall” (Bird, 2000; Trenhaile, 2010), potrebbe aver avuto origine da una faglia, già riconosciuta dalle indagini geofisiche, e quindi essere stato oggetto di una lunga modellazione. La natura strutturale è supportata anche da alcune faccette triangolari-trapezoidali sviluppate sul versante. Le fasi di modellazione del versante si sarebbero sviluppate a partire dell'epoca periglaciale, ed avrebbero formato anche l'accumulo detritico alla base dell'attuale falesia. Le diverse zone di distacco del materiale, soprattutto nella parte convessa del pendio, sono state riconosciute e cartografate (Fig. 4). Inoltre, dal confronto delle foto aeree del secolo scorso sono emersi importanti fenomeni di frana avvenuti nel 1943 lungo questo versante costiero, ben riconoscibili verso la parte settentrionale di questo tratto costiero. Secondo l'Autorità distrettuale di Bacino Sinistra Sele (2007) la condizione in cui si trova questo versante costiero è classificata con un rischio da alto a molto alto (Aloia et al., 2013b). Infatti, su di esso la diffusa instabilità presente metterebbe a rischio l'unica strada posta alla sommità del pendio che collega i villaggi turistici della costa meridionale del Cilento, così come comprometterebbe l'esistenza di questo sito geologico di valenza internazionale. Pertanto, sarebbe indispensabile considerare misure di prevenzione e mitigazione che non abbiano alcun impatto sui valori, l'autenticità e l'integrità di un bene culturale o naturale e neppure sulla sicurezza della mobilità (Aloia et al., 2013a).

Un ultimo aspetto da prendere in esame riguarda la vegetazione che ricopre questo versante costiero che appartengono alla macchia mediterranea. In questo caso l'associazione vegetale è arricchita dalla Ginestra del Cilento (*Genista cilentina*), specie endemica distribuita in Campania e Sicilia, dal Carrubo (*Ceratonia siliqua*), dal Ginepro fenicio (*Juniperus phoenicea*) e dal Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*) (Corbetta et al., 2004). Nelle aree sommerse adiacenti sono ampiamente diffuse le praterie di fanerogame (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*) (Aronne et al., 2014) (ISPRA, 2013). Questa significativa biodiversità costituisce un'importante funzione ecologica, considerata di pregio anche dal programma Man and Biosphere dell'UNESCO dal 1997.

Modello di evoluzione

Ai fini della comprensione dell'evoluzione della costa alta e rocciosa di Ripe Rosse è stato sviluppato uno studio geomorfologico dettagliato, anche con l'ausilio di modelli numerici. Come detto in precedenza, questo tratto costiero è costituito da alternanze di arenarie/conglomerati e peliti, che hanno nel complesso una bassa resistenza all'erosione (soft rock). Pertanto i processi subaerei, che agiscono lungo il pendio, ne risultano favoriti, così come le onde che agiscono soprattutto al piede della falesia. I risultati di questi processi hanno determinato una parte superiore del versante con un pendio convesso modellato in roccia alterata e ricoperta da detriti, ed una parte inferiore rappresentata da una falesia verticale in roccia relativamente meno degradata e più coerente. Come indicato in letteratura questa falesia verticale potrebbe corrispondere ad un piano di faglia o ad una sua evoluzione (Bird, 2000; Trenhaile, 2010), e quindi costituire la parte inferiore di un modello slope-over-wall (Fig. 5). La genesi di questo profilo è attribuibile a tre fasi morfogenetiche, di cui sono riconoscibili le tracce determinate dai processi che si sono succeduti. La prima fase si sarebbe esplicata con un livello di base a circa +8-10 m s.l.m. attuale, corrispondente presumibilmente al MIS5. In tale condizione climatica calda si sarebbe formata una falesia sub-verticale per arretramento (parallel retreat) e i relativi depositi di spiaggia grossolani presenti sui fondali antistanti, che sono stati attribuiti all'ultimo interglaciale (ISPRA, 2013). La seconda fase si sarebbe sviluppata in un lungo periodo in regime morfoclimatico stadiale di periglaciale mediterraneo, responsabile del profilo superiore caratterizzato da soliflussi in forma di colluvioni clinostratificate, raccordate ad un livello di base molto più basso di quello attuale. Tale livello potrebbe essere quello di -120 m sotto a quello attuale ovvero in coincidenza con l'ultima fase glaciale verificatasi intorno a 20.000 anni fa. La fase finale, infine, si sarebbe compiuta durante l'alternante ma progressiva risalita del mare tardo-pleistocenica, successiva all'acme dell'ultima fase glaciale, quando è avvenuta la graduale demolizione del profilo precedente soprattutto attraverso fenomeni gravitativi ed una diminuzione graduale del suo declivio (slope decline). Questa condizione verosimilmente perdurerà, finché si conserverà la falesia sub-verticale sottostante, a quel punto potrebbe avvenire un generale collasso gravitativo (Fig. 5).

In letteratura questi profili composti si formano essenzialmente quando le coste, intagliate in rocce relativamente resistenti si degradano per azione del gelo e disgelo in ambiente periglaciale. Ne consegue, quindi, il lento flusso di materiale lungo i pendii costieri (solifluzione) che poi si predisporrebbero

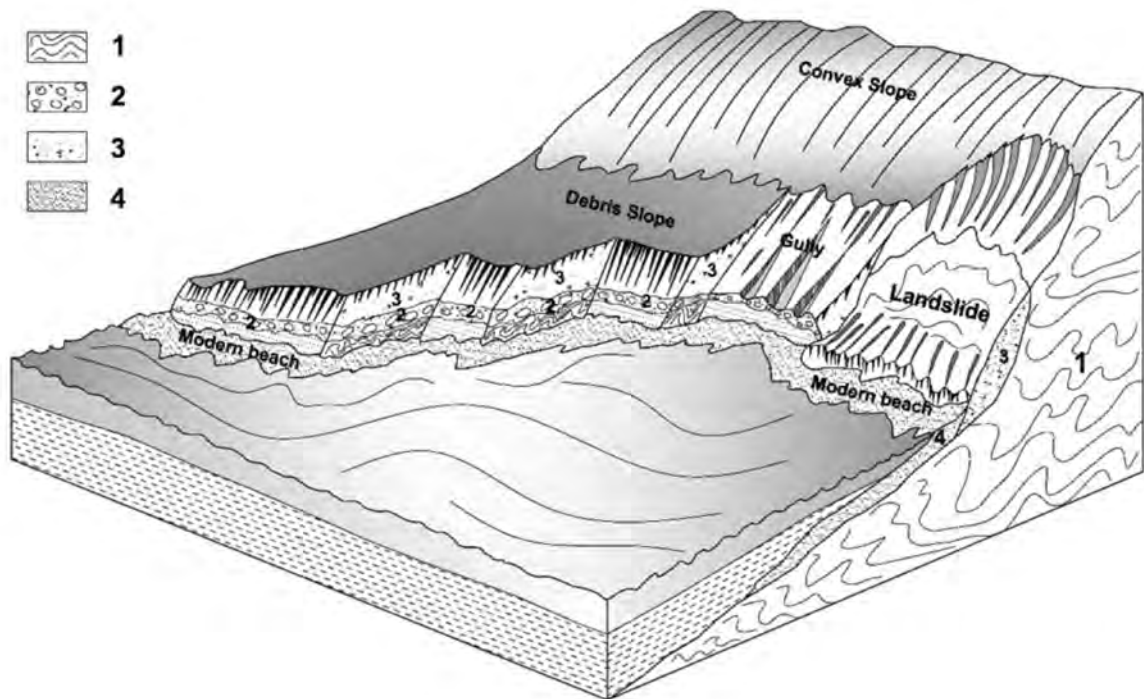


Figura 5. Evoluzione di una costa alta con profilo "slope-over-wall". Legenda: 1. substrato deformato; 2. Depositi di soliflusso; 3. Deposito detritico sul versante; 4. Sedimenti attuali di spiaggia (Guida e Valente, 2019).

all'erosione marina. Questo processo è ancora attivo alle alte latitudini, ma durante il Pleistocene si estese fino alle coste temperate. Durante le fasi fredde pleistoceniche, infatti, i versanti costieri furono soggetti ad una notevole disgregazione delle rocce, i cui frammenti si accumulavano alla loro base, senza che il mare li potesse disperdere, poiché posto ad un livello decisamente più basso. Le coste pleistoceniche divennero quindi pendii ammantati da depositi di soliflusso con ghiaie spigolose (*grèzes litées*). Alla fine del Pleistocene il clima divenne più mite e questi pendii costieri si copirono di vegetazione, facendone diminuire l'intensità dei processi subaerei. La risalita del livello del mare fece però incrementare l'erosione marina così da intaccare la porzione inferiore dei pendii, che proseguì fino al raggiungimento della successione rocciosa in falesia subverticale, formatasi nella fase interglaciale precedente. Sul pendio sovrastante, in mancanza di vegetazione, il detrito poteva trovarsi sospeso ed essere coinvolto in fenomeni gravitativi. Questa evoluzione ben si adatta a quanto è accaduto sul sito di Ripe Rosse, tuttavia sarebbe importante comprendere ciò che potrebbe accadere in futuro per pianificare interventi idonei alla sua conservazione.

Pertanto è stata simulata l'evoluzione geomorfologica a medio termine, in considerazione che la tropicalizzazione climatica è ormai la tendenza più acclamata almeno per i prossimi cento anni (Antonioli e Silenzi, 2007). Così partendo dallo stato attuale, e tenendo conto di un lento innalzamento del livello del mare, è stata ricostruita l'azione dei processi marini che potrebbero agire ai piedi della scogliera. È stata inoltre considerata la rimozione del materiale crollato dal versante, nonché la formazione di una grande piattaforma di erosione costiera. Come già avanzato, lo sviluppo di un accumulo ai piedi della falesia, con sedimenti forniti dal tratto costiero adiacente in erosione ovvero da materiali di cumuli di roccia crollati dal suddetto versante, potrebbe giocare un ruolo importante nell'efficacia dei processi erosivi e quindi impedire una rapida modifica del profilo della falesia.

Alla luce della ricostruzione qualitativa dell'evoluzione geomorfologica di questo particolare tipo di costa alta, frequente nell'area del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, è stato possibile implementare un modello di evoluzione costiera, cercando di simulare un modello fisico basato sull'evoluzione a medio termine. Il software utilizzato è SCAPE, con il quale è stato possibile riprodurre un modello di evoluzione della costa, come già sperimentato per rappresentare gli effetti di alcune coste soggette alla risalita del livello del mare (Walkden & Hall.,

2011; Ashton et al., 2011; Carpenter et al., 2014). Questi effetti sono rappresentati su una superficie rocciosa in risposta all'attacco delle onde. In questo caso la forma costiera rappresentativa delle Ripe Rosse utilizzata all'interno di SCAPE è stata costituita da 21 profili, ciascuno distanziato di 25 m, perpendicolari ad una linea di riferimento con una lunghezza totale di 525 m orientata di 322°. I dati di input includevano anche file che descrivono le condizioni delle onde, i livelli di marea, il livello medio annuo del mare, il flusso di sedimenti annuale, il trasporto di sedimenti e il volume annuale accumulato sul tratto di costa emerso. Per ogni profilo, l'intensità dell'erosione è stata calcolata in funzione dell'altezza delle onde che si infrangono a causa delle caratteristiche geometriche della costa e del periodo d'onda di picco. La simulazione è stata testata per 500 anni partendo dalle condizioni attuali e considerando l'ipotesi di un innalzamento del livello del mare di 1 mm/a su una falesia pressoché verticale alta 10 m (Fig. 6). Le altre caratteristiche morfometriche sono state dedotte da un profilo topografico rappresentativo della tipologia "slope over wall" per meglio simulare qualitativamente la loro evoluzione geomorfologica.

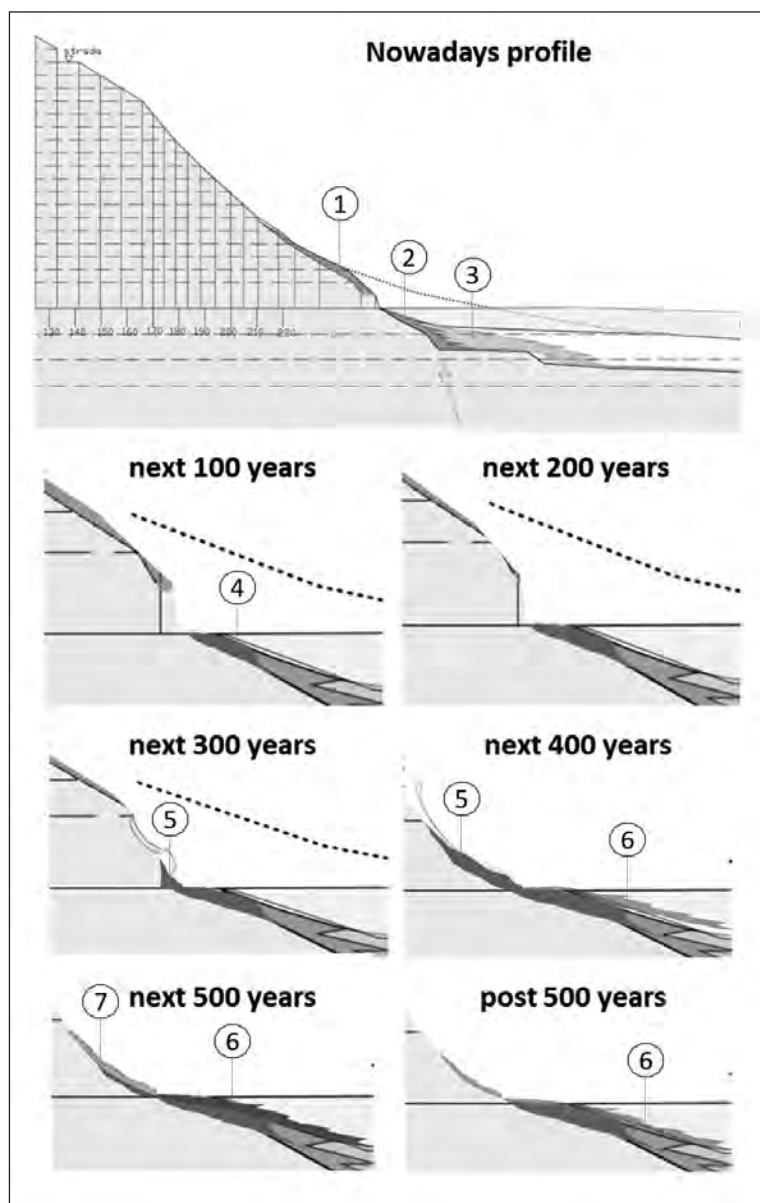


Figura 6. Ricostruzione qualitativa (step by step) dell'evoluzione geomorfologica per i prossimi 500 anni lungo un profilo rappresentativo. La linea tratteggiata indica la superficie topografica a -20.000 anni dal presente con il livello del mare a -120 m dalla posizione attuale (Guida e Valente, 2019). **Legenda:** 1. colluvioni; 2. "Spiaggia" al piede della falesia; 3. Sabbie e ghiaie, in parte relitte; 4. Fascia detritica parzialmente sommersa; 5. Accumulo franato dal versante; 6. Sabbie e ghiaie, in parte rielaborate dall'accumulo; 7. Coltre detritica "stabilizzata".

Nella figura 6 è stato altresì riportato solo per i primi trecento anni con linea tratteggiata il profilo topografico risalente a circa 20.000 anni fa quando il livello del mare stava a 120 m al di sotto dell'attuale livello del mare. In quel periodo, infatti, la linea di costa con i ripetuti cicli glaciali, che hanno caratterizzato il Pleistocene, era notevolmente avanzata con gli estesi ricoprimenti di detriti provenienti dalla degradazione delle rocce esposte. Questa condizione rallentò gradatamente fino a 6.000 anni fa quando il mare era risalito ad un livello pressoché simile a quello attuale, causando nel tempo l'arretramento della falesia nella posizione attuale. Tale arretramento è stato possibile per il continuo smantellamento dell'esteso ricoprimento detritico ad opera delle onde di tempesta, nonostante che lo stesso venisse alimentato continuamente dal crollo

del materiale sovrastante reso instabile dall'erosione al piede. Questi processi hanno restituito il profilo attuale di Ripe Rosse, da cui è stata simulata l'evoluzione della costa a medio termine. Tale evoluzione ha tenuto

conto di quanto previsto dal cambiamento climatico nel prossimo futuro, cioè una sorta di tropicalizzazione, che porterà ad una risalita del livello del mare e ad una enfattizzazione delle mareggiate. Queste condizioni sottoporanno la falesia verosimilmente ad un incremento dell'erosione e del trasporto dei sedimenti.

L'esecuzione del modello per i 500 anni ha generato una serie di file di output, tra i quali il profilo della falesia e della spiaggia sottostante, ma quello che si registra è un arretramento complessivo della falesia fino a 140 m. Tale arretramento, calcolato dall'equazione differenziale precedentemente riportata, è stato rappresentato graficamente dai programmi Excel e Matlab sia lungo il tratto modellato che in corrispondenza del profilo rappresentativo (Figg. 7 e 8). In particolare, la Figura 7 riporta l'evoluzione nei 500 anni del tratto di parete rocciosa di Ripe Rosse in corrispondenza dei 21 profili considerati. La Figura 8, invece, mostra l'arretramento lungo il profilo rappresentativo nell'arco temporale considerato. In essa è evidente come l'erosione delle onde sulla parete rocciosa produca materiale che fa accrescere la spiaggia sottostante.

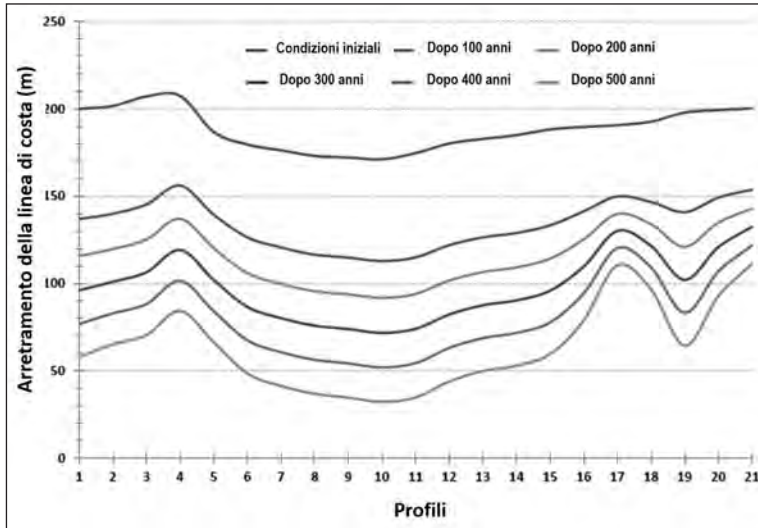


Figura 7. Arretramento della falesia di Ripe Rosse simulato dal software SCAPE nei prossimi 500 anni in corrispondenza dei 21 profili (in pianta) (Guida e Valente, 2019).

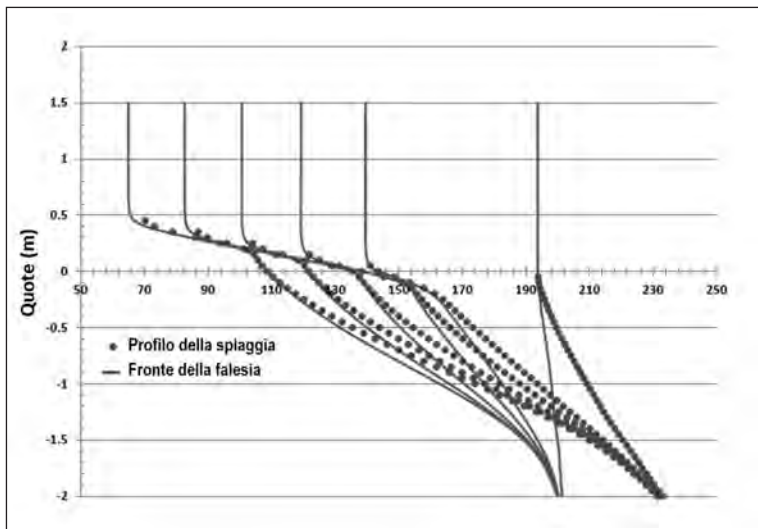


Figura 8. Arretramento parallelo della falesia e spostamento verso terra del profilo della spiaggia nei prossimi 500 anni simulato dal software SCAPE (Guida e Valente, 2019).

La simulazione ha mostrato chiaramente che la parte basale verticale del pendio costiero retrocede parallelamente a sé stessa con intensità di denudazione uniforme, ipotizzando che non cambi l'intensità con cui avvengono i processi lungo il pendio e/o la resistenza all'erosione delle rocce esposte. Si nota che la recessione è facilitata dalla progressiva rimozione dei detriti dalla base del pendio e dalla formazione di un accumulo parzialmente sommerso. Purtroppo, non è stato ancora possibile simulare l'intero versante sopra la falesia sub-verticale (wall),

tuttavia, come si vede dalla ricostruzione geomorfologica della figura 6, il suo progressivo arretramento dopo 300 anni dovrebbe intercettare la soglia della porzione di versante con il materiale detritico (slope), così da accelerare l'evoluzione dell'intero versante costiero. Tuttavia, se le condizioni climatiche caldo-umide dovessero intensificarsi o se la pressione antropica dovesse diventare pesante attraverso modifiche delle canalette di drenaggio, tagli del versante e incendi boschivi si avrebbe un'enfasi sui processi subaerei estesi all'intero versante con conseguente "sostituzione" della forma del versante in tempi piuttosto ridotti. In tali condizioni la strada sommitale, che è l'unica arteria per raggiungere le località costiere poste a sud, potrebbe essere coinvolta dai movimenti gravitativi che si innescherebbero.

Conclusioni

Lo studio effettuato sulle Ripe Rosse ha permesso di conoscere nel dettaglio le caratteristiche geologiche e geomorfologiche di questo particolare profilo di costa rocciosa, noto come "slope over wall". Questo profilo si è formato in rocce considerate di relativa scarsa resistenza (soft rocks) durante le alternanze climatiche succedutesi nel Pleistocene superiore e successivamente si è evoluto fino a raggiungere la forma attuale. Questa evoluzione ha permesso di ipotizzare le condizioni in cui si troverà nel prossimo futuro questo sito, che fa parte della rete dei geoparchi UNESCO e conserva un'associazione vegetale della macchia mediterranea di pregio. Infatti, l'applicazione della modellazione su base fisica utilizzando il software SCAPE ha confermato quanto qualitativamente fosse stato immaginato fino a 500 anni. Il tratto subverticale della falesia arretrerà fino a che coinvolgerà i detriti del versante convesso. I fenomeni erosivi significativi potrebbero determinare la perdita del profilo composito e la scomparsa della vegetazione lungo di esso. I tempi previsti per questo "collasso" potrebbero ridursi anche per le conseguenze dei cambiamenti climatici, quindi sarebbe corretto sviluppare un monitoraggio lungo il sito in esame e nel contempo predisporre delle azioni di mitigazione sostenibili sia in corrispondenza della base dei tratti subverticali che in quelli convessi. Nel primo caso si dovrebbe impedire di perdere l'accumulo basale che attenua l'onda battente, nel secondo si dovrebbe porre attenzione a ciò che può ancora compromettere la stabilità di quel versante.

Bibliografia

- Aloia A., Burlando M. (eds), 2013a. Geoparchi Italiani – Italian Geopark, Forum Nazionale dei Geoparchi Italiani.
- Aloia A., Calcaterra D., De Vita A., Guida D. (eds), 2013b. Acque e terra: risorse e rischi naturali. Quaderno del Geoparco n.2, Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni.
- Antonoli F., Silenzi S., 2007. Variazioni relative del livello del mare e vulnerabilità delle pianure costiere italiane. Quaderni della Società Geologica Italiana, 2.
- Aronne G., De Micco V., Santangelo A., Santangelo N., Santo A., Buonanno M., 2014. Coastal vertical cliffs of the National Park of Cilento: reservoirs of endemic species. In: G. Viccione and Guarnaccia, C. (Eds.) Latest Trends in Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology. Proceedings of the 7th International Conference on Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology (EMESEG '14), Salerno, Italy, June 3–5, 2014, 77–85.
- Ashton A., Walkden M., Dickson M., 2011. Equilibrium responses of cliffed coasts to changes in the rate of sea level rise. *Marine Geology*, 284, 217-229
- Autorità di Bacino Sinistra Sele, 2007, Piano Stralcio per l'erosione costiera (P.S.E.C.). Disponibile on line: <http://www.difesa.suolo.regione.campania.it/content/view/190/38/>
- Bird E., 2000. Coastal Geomorphology: an introduction. John Wiley & sons.
- Budetta P. 2008. Landslide hazard mapping along the coastline of the Cilento region (Italy) by means of a GIS-based parameter rating approach. *Geomorphology*, 94, 340-352.
- Cammarosano A., Cavuoto G., Danna M., De Capoa P., De Rienzo F., Di Staso A., Giardino S., Martelli L., Nardi G., Sgrosso A., Valente A., 2004. Nuovi dati e nuove interpretazioni sui flysch terrigeni del Cilento (Appennino meridionale, Italy). *Boll. Soc. Geol. It.*, 123, 253–273.
- Carpenter N. E., Dickson M. E., Walkden M. J. A., Nicholls R. J., Powrie W., 2014. Effects of varied lithology on soft-cliff recession rates. *Marine Geology*, 354, 40-52.
- Cavuoto G., Valente A., Nardi G., Martelli L., Cammarosano A., 2008. A Prograding Miocene Turbidite System, Tempa Rossa Cliffs, Italy. In: T.H. Nilsen, R.D. Shew, G.S. Steffens and J.R.J. Studlick (eds), Atlas of Deep-Water Outcrops, AAPG Studies in Geology, 56, 54.

- Cocco E., De Pippo T., Valente A., 1986. Sedimentologia del Flysch del Cilento: Le arenarie di Tempa Rossa, *Geol. Rom.*, 25, 25-32.
- Corbetta F., Pirone G., Frattaroli A.R., Ciaschetti G., 2004. - Lineamenti vegetazionali del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano. *Braun-Blanquetia*, 36, 1-61.
- Dramis F., Guida D., Cestari A., 2011. Nature and aims of geomorphological mapping. In: Smith, M., Paron, P., Griffiths, J.S., *Geomorphological mapping. Methods and applications*; Elsevier, Amsterdam, 39-73.
- Google Earth, 2015. Disponibile online: <https://google-earth-pro.com>
- Griggs G.B., Trenhaile A.S., 1994. - Coastal cliffs and platforms. In: Carter R.W.G., Woodroffe C.D. (Eds.), *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*, Cambridge, Cambridge University Press, 425-476.
- Guida D., Aloia A., Cestari A., Maffia T., 2017. Geomorphological Map of the “Ripi Rosse” Complementary Geosite. National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni – UNESCO Global Geopark.
- Guida D., Valente A., 2019. - Terrestrial and marine landforms along the Cilento coastland (Southern Italy): A framework for landslide hazard assessment and environmental conservation. *WATER*, 11 (12), 2618.
- ISPRA, 2011. Atlante delle coste “Il moto ondoso a largo delle coste italiane”. Disponibile online www.isprambiente.gov.it/it/servizi/stato-delle-coste/atlane-delle-coste
- ISPRA, 2013. Geological Map and Submerged Landscape Map of the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni.
- ISPRA, 2015. Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000. Foglio 502 “Agropoli”. Regione Campania.
- Pennetta M., Bifulco A., Savini A., 2013. Ricerca di depositi di sabbia sottomarina relitta sulla piattaforma continentale del Cilento (SA) utilizzabile per interventi di ripascimento artificiale dei litorali. *Geologia dell’Ambiente*, n.1 suppl., 1-22.
- Portale Cartografico Nazionale del Ministero Italiano dell’Ambiente, 2012. Disponibile online: <http://www.pcn.minambiente.it/>
- Pranzini E., 2004. La forma delle coste, Zanichelli
- SCAPE (Scalable Preservation Environments) Open Source Software. Disponibile online: <https://scape-project.eu/software/scape-open-source-software>
- Trenhaile A.S., 2010. The effect of Holocene changes in relative sea level on the morphology of rocky coast. *Geomorphology*, 114, 30-41.
- Valente A., Magliulo P., Russo F., 2017. The coastal landscape of Cilento (southern Italy): a challenge for protection and tourism valorisation. In: M. Soldati, M. Marchetti (eds), *Landscapes and Landforms of Italy*, Springer International Publ., 35, 409 – 419.
- Walkden M., Hall J., 2011. A Mesoscale Predictive Model of the Evolution and Management of a Soft-Rock Coast. *Journal of Coastal Research*, 27 (3), 529-543

Ricevuto il 04/11/2021, Accettato il 23/12/2021

Progetto MAREGOT: La banca dati dei sedimenti costieri della Regione Toscana

Francesco Bianco¹, Filippo Bonciani¹, Luigi E. Cipriani^{2,4}, Irene Cinelli^{3,4},
Enzo Pranzini^{3,4}, Daniele Simoncini¹

¹CGT Engineering, San Giovanni Valdarno (AR)

²Regione Toscana, Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile, Settore Tutela Acqua, Territorio e Costa

³Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, enzo.pranzini@unifi.it

⁴Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero

Riassunto

La Banca Dati dei Sedimenti Costieri della Toscana (BDSCT), realizzata nell'ambito del Progetto INTERREG Marittimo-IT FR-Maritime "MAREGOT – Management des Risques de l'Erosion cotière et actions de Gouvernance Transfrontalière" è uno strumento di archiviazione, gestione e consultazione delle informazioni geografiche, batimetriche, tessiturali e colorimetriche dei sedimenti di spiaggia emersa e sommersa di gran parte della costa toscana, che contiene attualmente i dati relativi a 2000 campioni raccolti ed analizzati negli ultimi decenni. La BDSCT consente la condivisione di questi dati tramite un portale dedicato che, di fatto, costituisce un museo virtuale e interattivo, implementabile nel futuro con informazioni aggiuntive che via via si renderanno disponibili e che sarà in futuro parte integrante del Portale regionale dedicato alla fascia costiera. Attraverso un codice QR ed un programma di visualizzazione cartografica appositamente realizzato, ogni campione è collegato al portale del progetto Maregot?, o psammoteca virtuale, dove sono riportate, oltre alla posizione geografica del campione e la profondità di prelievo, i parametri tessiturali di Folk e Ward (1957): Media, Classazione, Asimmetria, le Dimensioni del Primo percentile, la Percentuale di frazione fine, mentre il colore è determinato nello spazio CIEL*a*b*; è presente anche la fotografia del campione ad alta risoluzione. La Banca Dati, se interfacciata con quella dell'evoluzione della linea di riva e della topografia della fascia costiera, consente la ricostruzione della dinamica morfosedimentaria del litorale, sia per fini puramente scientifici sia per l'impostazione di progetti di difesa costiera e per il monitoraggio della risposta delle spiagge agli interventi strutturali realizzati lungo la costa.

Nell'ambito del Progetto MAREGOT queste elaborazioni sono state effettuate per il tratto costiero del Comune di San Vincenzo e condivise con i Partner del Progetto e con gli Enti coinvolti nella gestione di questo litorale.

Fra gli obiettivi della BDSCT vi è inoltre quello di costituire un archivio informativo avente anche valenza storica, poiché conserva le informazioni relative alle caratteristiche dei sedimenti naturali originari di spiagge che oggi, a seguito della realizzazione di opere di difesa, e ancor più di ripascimenti artificiali, sono state progressivamente alterate.

Premessa

Nell'ambito della Gestione Integrata della Fascia Costiera, la conoscenza delle caratteristiche dei sedimenti che costituiscono la spiaggia emersa e quella sommersa è fondamentale sia nella fase di studio dei processi in atto sia nella definizione dei progetti di difesa dei litorali.

Le caratteristiche granulometriche dei sedimenti forniscono indicazioni sull'energia del moto ondoso, sui flussi litoranei - e quindi aiutano nell'identificazione delle celle litoranee, sull'impatto delle opere costiere, e sono essenziali per identificare la granulometria idonea dei materiali di ripascimento e l'evoluzione di questi sotto l'attacco del moto ondoso. Il colore dei sedimenti aiuta nella determinazione delle direzioni del flusso sedimentario ed è un parametro ambientale fondamentale della spiaggia, nonché un elemento essenziale del paesaggio costiero e quindi soggetto a tutela.

Granulometria e colore della spiaggia sono caratteristiche variabili con il tempo, in particolare a seguito dell'impatto antropico sui processi di alimentazione delle spiagge, con la variazione dell'input fluviale, e sulla distribuzione dei sedimenti lungo riva ad opera delle strutture costiere. Più recentemente, il ripascimento artificiale dei litorali ha modificato, talvolta in modo sostanziale, le caratteristiche originali dei sedimenti, a tal punto che può diventare impossibile ricostruire come fosse costituita la spiaggia naturale nel passato, dato fondamentale per interpretare i processi innescati dall'azione antropica.

Lungo la costa toscana sono stati fatti studi sedimentologici fin dai primi anni '70 e i dati raccolti sono ancora oggi disponibili dopo cinquant'anni, anche se la loro consultazione non è agevole, se non per chi ha effettuato quelle ricerche.

Oltre al valore storico-scientifico di quelle informazioni, ve ne è oggi uno assai più operativo ed è legato alla gestione dei sedimenti della fascia costiera, sia per refluenti lungo riva sia per spostamenti ortogonali alla costa per interventi stagionali o più strutturali.

La Regione Toscana si era già dotata nel 2015 di un Piano Regionale di Gestione dei Sedimenti Costieri (PRE-GESC) grazie ad una collaborazione scientifica con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, in cui venivano calcolati i bilanci sedimentari dei vari settori costieri e definite granulometria e colore dei sedimenti nell'ottica di una loro utilizzazione per il ripascimento dei tratti in erosione. Queste informazioni non erano però strutturate per essere gestite in un sistema informativo e si limitavano a descrivere i sedimenti di spiaggia emersa, salvo rari approfondimenti in aree di particolare interesse, e per intervalli temporali limitati. Si rendeva quindi necessario organizzare le informazioni ancora disponibili sui sedimenti costieri raccolte negli anni passati e renderle fruibili a tutti, sia per scopi di ricerca che per i futuri progetti di riequilibrio del litorale. Inoltre, era opportuno organizzare e rendere accessibile il patrimonio materiale costituito dai campioni ancora conservati presso l'Università, per consentire a tutti il loro studio, anche con analisi a suo tempo non eseguite e con le future tecnologie che si renderanno utilizzabili.

Il Progetto INTERREG Marittimo IT-FR MAREGOT, finalizzato allo sviluppo di tecniche di monitoraggio costiero nello spazio transfrontaliero, ha consentito l'inizio della costruzione di questo sistema informativo, che affianca una "psammoteca" che per il momento raccoglie i campioni dei sedimenti di quattro aree pilota del Progetto, ma che può essere estesa a tutti i campioni di sedimenti raccolti nel passato e che verranno prelevati in futuro nell'ambito delle attività di gestione e difesa del litorale della Regione Toscana. I dati archiviati si riferiscono alla data, posizione geografica del campione, profondità di prelievo, parametri tessiturali di Folk e Ward (1957): Media, Classazione, Asimmetria, nonché Dimensioni del Primo percentile e Percentuale di frazione fine, mentre il colore è determinato nello spazio CIEL*a*b* (Pranzini et al., 2011); è presente anche la fotografia del campione ad alta risoluzione.

La realizzazione di questa psammoteca virtuale e materiale è stata affidata con evidenza pubblica dall'Università di Firenze, Partner del Progetto MAREGOT, a CGT Engineering, Spin off dell'Università di Siena, ed è ora consultabile online, mentre i campioni fisici sono momentaneamente ospitati presso il Centro di GeoTecnologie nella sede di San Giovanni Valdarno dove è possibile ispezionarli.

La struttura della Banca Dati

I dati sui quali la Banca è stata strutturata si riferiscono a 575 campioni fisici e informazioni associate provenienti dalle 4 aree pilota toscane del Progetto MAREGOT (San Vincenzo, Pratoranieri, Senzuno, Parco Regionale della Maremma). A questi sono stati uniti quelli relativi ad altri 267 campioni di cui erano disponibili i dati geografici e tessiturali, ma mancava il campione fisico, che quindi non è presente nella psammoteca materiale. In una fase successiva sono stati archiviati altri 1500 campioni di diversi tratti del litorale toscano, di cui si hanno i dati tessiturali, e che si spera poter inserire in futuro nella BDSCT.

Una parte di ciascun campione disponibile è stata utilizzata per creare la psammoteca attraverso la preparazione e la sistemazione, in appositi scaffali, di 575 raccoglitori per esposizione riempiti di sedimento e sui quali è stata applicata un'etichetta con il nome del campione, l'area di riferimento ed il codice QR per la consultazione, tramite apposita Progressive Web App, utilizzabile sia in ambiente Android che IOS, dei dati sedimentologici e colorimetrici. Le *features* contenute nella banca dati di progetto consistono pertanto in 842 stringhe di entità per le quali è segnalata, in un apposito campo, la presenza o meno del campione fisico nella psammoteca o nell'area di stoccaggio. È stato quindi avviato un processo di informatizzazione di dati spaziali e tabellari relativi alle analisi fisiche, sedimentologiche e colorimetriche disponibili.

La banca dati geografica è stata realizzata secondo il modello dati shape file *.shp e georiferita al sistema di riferimento Gauss Boaga– Roma40, Fuso Ovest (Monte Mario/Italy zone 1, codice EPSG:3003) poi resa standard World Geodetic System 1984 (EPSG:4326) per la sua pubblicazione online tramite un connettore dinamico in Cloud sviluppato appositamente per la generazione di flussi GeoJSON.

Come è noto, il formato shape file è stato sviluppato da ESRI per accrescere l'interoperabilità tra i sistemi GIS, e la struttura fisica per l'immagazzinamento dei dati è costituita da diversi files ognuno avente una specifica funzione. Il modello concettuale si presenta organizzato secondo uno strato informativo unico (s.i.) puntuale contenente in tabella tutte le informazioni disponibili per il campione. La tabella informativa dei dati del campione è strutturata secondo i campi di Tabella 1.



Figura 1. Psammoteca dove sono conservati e liberamente consultabili i campioni di sedimenti delle spiagge toscane classificati nell'ambito progetto MAREGOT.

Tabella 1. Indice dei campi della tabella di attributi e caratteristiche degli stessi.

NOME CAMPO	TIPO	NUM CARATTERI/ PRECISION	DESCRIZIONE
fid	Object ID	-	Numero identificativo unico progressivo
shape	Geometry	-	Identificativo geometrico
campione	String	20	Nome campione (es.7A/1)
insieme	String	20	Insieme di campioni (es. 7)
data_prelievo	Date	-	Data prelievo campione
X	Double	18	Coordinata X in metri
Y	Double	18	Coordinata Y in metri
quota	Double	18	Quota / profondità di prelievo (m)
media	Double	18	Valore delle dimensioni medie (Mz) in phi
Classazione	Double	18	Valore della Classazione (σI) in phi
Asimmetria	Double	18	Valore dell'Asimmetria (SkI)
frazione_f	Double	18	Percentuale della frazione fine (<63 μm)
primo_perc	Double	18	Valore del 1° percentile (phi)
peso_g	Double	18	Peso del campione in grammi
L*(D65)	Double	18	Valore del parametro L* (Nero – Bianco)
a*(D65)	Double	18	Valore del parametro a* (asse Verde – Rosso)
b*(D65)	Double	18	Valore del parametro b* (asse Blu – Giallo)
zona	String	20	Macroarea (es. Golfo di Follonica)
località	String	20	Area pilota di riferimento (es. Pratoranieri)
psammoteca	String	20	SI/NO (presente/assente in archivio)

La struttura dei dati permette interrogazioni spaziali (es. identificazione di tutti i campioni raccolti in un determinato tratto di litorale (Fig. 2), o a una determinata profondità, interrogazioni cronologiche (es. tutti i campioni raccolti in un certo intervallo temporale, Fig. 3), interrogazioni basate su dati sedimentologici (es. tutti i campioni con un determinato valore della Media; Fig. 4) e, ovviamente, interrogazioni multiple per la costruzione di specifiche mappe tematiche.

Attraverso l'utilizzo dei dati sedimentologici interpretati su base morfologica e con tecniche geostatistiche di spazializzazione dei dati sono state realizzate le carte dei parametri tessiturali dei sedimenti del litorale di San Vincenzo (in Fig. 5 quella della Media (Mz) relativa alla selezione dei campioni raccolti nell'anno 2014).



Figura 2. Identificazione dei campioni presenti nella Banca dati per un tratto del Golfo di Follonica (Nome Campione e Profondità).



Figura 3. Esempio di rappresentazione cartografica dei campioni classificati per data di raccolta.

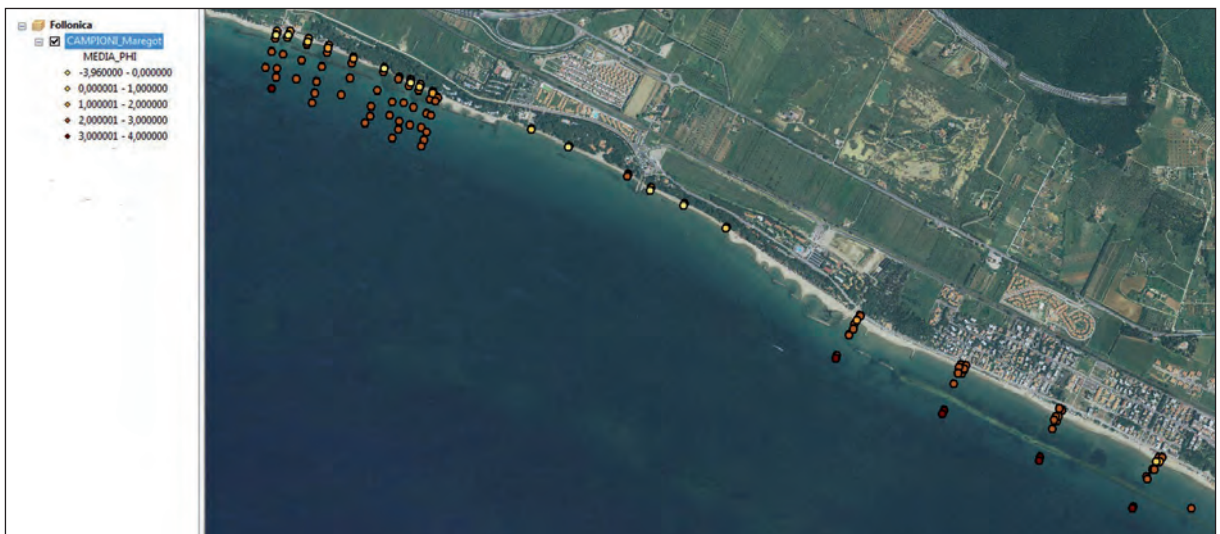


Figura 4. Esempio di rappresentazione cartografica dei campioni classificati per dimensioni media (Mz) dei sedimenti.

Descrizione della psammoteca e della psammoteca virtuale

La psammoteca con la raccolta di tutti i campioni di sedimenti disponibili per le aree pilota è stata allestita in un locale appositamente attrezzato con armadi e scaffalature all'interno del Centro di GeoTecnologie, dell'Università di Siena sito in San Giovanni Valdarno (AR) (Fig. 1).

Ogni campione è stato suddiviso in una porzione per la psammoteca, contenuta in apposita scatolina da esposizione dotata di etichetta riportante: Nome campione, Località, Data e codice QR (Fig. 6), e in una porzione residua che viene conservata in sacchetto di plastica sigillato per eventuali successive analisi.

Attraverso il codice QR ed il gestionale in Cloud di gestione e visualizzazione cartografica realizzato, è possibile accedere al portale del progetto, o psammoteca virtuale, dove sono riportate tutte le informazioni disponibili per ogni campione classificato.

Tramite applicazione per smartphone o tablet, inquadrando il codice QR (Fig. 7a), si accede all'URL di

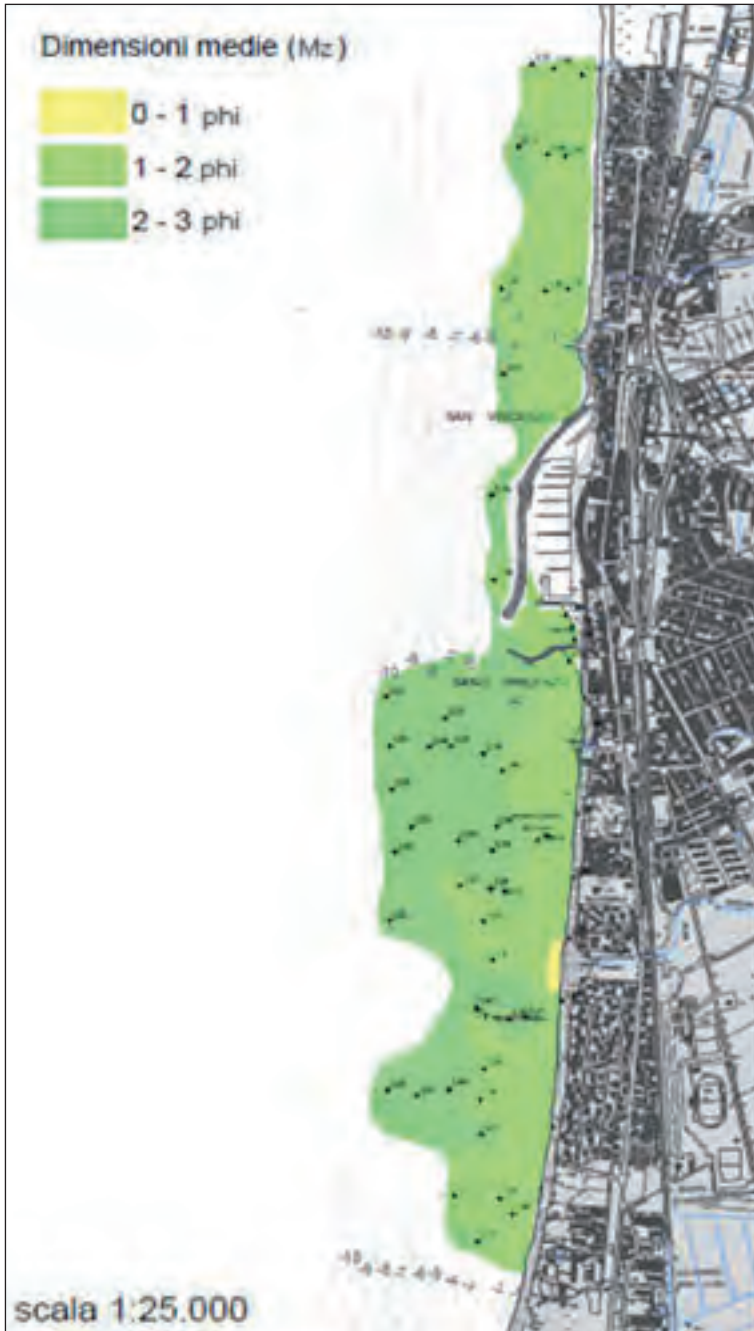


Figura 5. Carta delle dimensioni medie (Mz) dei sedimenti dell'area di San Vincenzo prodotta con i dati della BDSCT (riproduzione non in scala).



Figura 6. Scatoline per esposizione campioni con Nome campione, Località, Data e QR Code per collegamento alla scheda dati online.

riferimento del campione (Fig. 7b) e quindi alla scheda dati (Fig. 7c), consultabile anche direttamente sul portale tramite browser accedendo dalla *home page*.



Figura 7. Consultazione della scheda campione tramite smartphone o tablet.

Nella finestra della localizzazione, dove i campioni sono clusterizzati in funzione della scala di visualizzazione, è possibile andare a cercare un particolare campione di interesse ed accedere quindi alla scheda tecnica tramite il collegamento “visualizza scheda”.

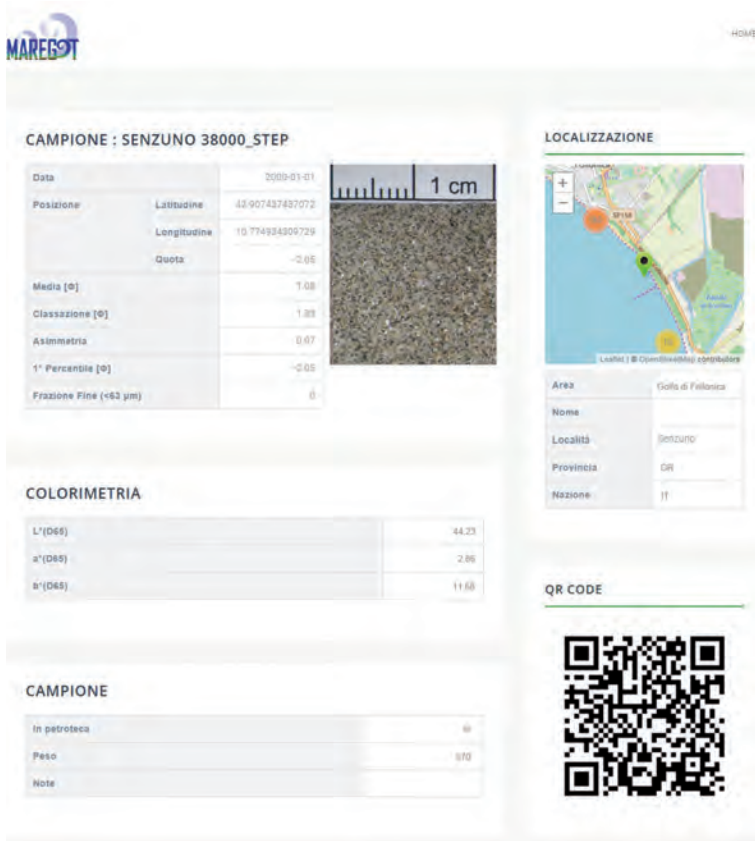


Figura 8. Scheda campione riportante tutte le informazioni disponibili.

Il collegamento apre la scheda campione mostrata in Figura 8, che riporta, oltre ai dati di localizzazione, tutte le caratteristiche sedimentologiche e colorimetriche disponibili per il campione, nonché una immagine della sabbia realizzata in macrofotografia e fornita di scala grafica.

Conclusioni

Il Progetto MAREGOT ha fornito l'occasione per raccogliere, organizzare e rendere accessibili alla consultazione circa 2000 campioni di sedimenti raccolti lungo la costa toscana dal 1984 al 2019, sia nella loro forma fisica sia per quanto riguarda i parametri tessiturali e colorimetrici che li caratterizzano. Per altri campioni sono disponibili i dati tessiturali che risalgono anche al 1975.

La possibilità di accesso a questi dati ne consente una libera utilizzazione a fini didattici, scientifici e per l'impostazione di progetti di difesa costiera.

L'interrogazione multipla permette inoltre elaborazioni di livello superiore e l'estrazione di informazioni che possono essere confrontate con dati relativi all'evoluzione della linea di riva e della morfologia della spiaggia emersa e sommersa, come fatto per l'area pilota MAREGOT di San Vincenzo (Bianco et al., 2020).

Nell'ambito della gestione dei sedimenti costieri, queste informazioni possono risultare determinanti per l'impostazione di piani di refluento, sia cross- che longh-shore.

Vista come archivio storico, la BD consente anche di evidenziare le trasformazioni tessiturali subite dalle spiagge a seguito di interventi di difesa costiera strutturali e di ripascimenti artificiali.

La conservazione dei campioni originali lascia spazio ad analisi (es. petrografiche) che non sempre sono state eseguite, cosa che consente di determinare le reali province petrografiche, ormai non più delimitabili a seguito dei ripascimenti artificiali.

I campioni che sono entrati nella BD sono solo una parte di quelli che è stato possibile reperire, sia fisicamente sia solo tramite i loro descrittori tessiturali. La speranza è che questo lavoro di archiviazione possa arrivare a interessare tutti i campioni che è stato possibile 'salvare' e ospitare quelli che verranno raccolti in futuro dai vari attori coinvolti nello studio e nella gestione della fascia costiera toscana e dello spazio transfrontaliero.

Bibliografia

- Bianco F., Conti P., Garcia-Ayllon S., Pranzini E., 2020. An integrated approach to analyze sedimentary stock and coastal erosion in vulnerable areas: Resilience assessment of San Vincenzo's coast (Italy). *Water*, 2020, 12, 805.
- Folk, R.L., Ward, W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1), 3-26.
- Pranzini E., Simonetti D., Vitale G., 2011. Sand colour rating and chromatic compatibility of borrow sediments. *Journal of Coastal Research*, 26: 798-808.

Granulometria: perché usare la scala log-probabilistica? Un viaggio nel passato

Enzo Pranzini

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, Via Micheli 6, 50121 Firenze.
enzo.pranzini@unifi.it

Premessa

La possibilità di usare programmi di elaborazione dei dati, in cui il solo lavoro richiesto è quello di digitare numeri su di una tastiera, ha portato, in molti campi, all'oblio di quanto vi è dietro ad una elaborazione e all'uso acritico dei risultati prodotti. Un esempio di ciò lo si ritrova in molte analisi granulometriche prodotte in campo scientifico e professionale, dove si fa uso di metodologie che si basano su alcuni concetti che erano ben noti quando il lavoro veniva svolto manualmente, ma che non sono stati considerati nello sviluppo dei programmi di elaborazione facilmente compilabili da parte di chiunque abbia un minimo di capacità informatiche, o che si possono anche scaricare gratuitamente dalla rete.

Non si vuole qui fare un'analisi rigorosa sull'accuratezza dei risultati, ma solo mettere in evidenza come questi sistemi producano valori diversi e allontanino i ricercatori e i professionisti dalla necessità di comprendere i principi su cui certi modelli sono stati sviluppati.

È anche l'occasione per suggerire la lettura di alcuni 'vecchi' lavori la cui conoscenza dovrebbe essere parte del bagaglio culturale di chi oggi studia la dinamica dei sedimenti in ambiente costiero, se non altro quale tributo a quei giganti sulle cui spalle noi siamo saliti.

I parametri di Folk e Ward

Fra i vari parametri proposti per la descrizione sintetica delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti, quelli definiti da Folk e Ward nel 1957 sono certamente fra i più utilizzati negli studi sulla dinamica dei litorali, anche se non sono quelli che hanno la maggiore efficienza descrittiva (McCammon, 1962).

L'articolo di questi due autori, *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*, è uno dei più citati in ambito sedimentologico (9762 su Scholar, che non raccoglie le citazioni più vecchie) e quei parametri descrivono migliaia, se non milioni, di sedimenti analizzati in tutte le parti del mondo. È anche per questo che, nonostante siano stati fatti numerosi tentativi, anche scientificamente ben basati, per introdurre nuovi descrittori, la comunità scientifica continua ad utilizzare questa metodologia sviluppata 65 anni fa. Il suo abbandono comporterebbe la perdita della possibilità di confronto con questa enorme ed importantissima mole d'informazioni.

Prima che questo metodo si affermasse, ma ciò avvenne quasi subito dopo la sua presentazione, i parametri statistici più utilizzati erano quelli proposti da Trask (1932) e da Inman (1952). Tutti questi descrivono la distribuzione granulometrica dei sedimenti ipotizzando che essa sia 'normale', ossia che si possa identificare con una gaussiana, cosa che sappiamo non essere sempre vera.

Per le dimensioni viene sempre usata l'unità phi (ϕ), che corrisponde al logaritmo in base due delle dimensioni in mm cambiato di segno:

$$\phi = -\log_2 D_{mm}$$

proposta da Krumbein (1934) e che segue la classificazione dei sedimenti di Wentworth (1922) basata sulla progressione geometrica decrescente: 8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8 ... mm, che può essere espressa, come 2³, 2², 2¹, 2⁰, 2⁻¹, 2⁻²,

2³ ... mm. Ecco che l'esponente diventa la dimensione in phi. Dato che in prevalenza venivano studiati sedimenti fini, venne proposta l'inversione del segno, cosa che rende difficile una immediata comprensione delle dimensioni dei sedimenti quando espressa in questa unità di misura: numero più piccolo = dimensioni più grandi.

Non è questa la sede per spiegare i vantaggi di una scala logaritmica, ma basti pensare a due coppie di sfere, 1 e 2 mm, e 100 e 101 mm, che cadono nell'acqua. Entrambe le coppie differiscono di un millimetro, ma mentre le seconde raggiungeranno il fondo quasi contemporaneamente, la velocità di caduta delle prime due sarà significativamente diversa. E noi parliamo di sedimenti sollevati, trasportati e depositati nell'acqua! Oltre ai descrittori 'sintetici' (o parametri) quali Media, Classazione, Asimmetria e Curtosi (poco usata anche perché richiederebbe analisi a ¼ phi; Friedman, 1961), che vedremo come vengono calcolati partendo dal valore di alcuni 'percentili', talvolta si fa uso anche dei singoli percentili, ossia del valore delle dimensioni del granulo che consente di raggiungere una determinata percentuale nelle curva cumulativa della distribuzione granulometrica. Il più usato è certamente il 50° percentile (D₅₀), spesso assunto come rappresentativo delle dimensioni medie (ma in realtà si tratta del valore mediano) e del 1°percentile (D₁), che rappresenta la frazione più grossolana, e viene ritenuto da alcuni autori espressione dell'energia a cui è soggetta una spiaggia o, in associazione alle dimensioni medie, per discriminare i diversi ambienti di deposizione (Passega, 1964; Friedman, 1967).

Il calcolo del valore dei vari percentili viene effettuato tramite una interpolazione fra i valori che hanno alcuni punti noti della distribuzione granulometrica, ossia quelli definiti dall'intervallo di campionamento; per l'analisi di sabbia e ghiaia, molto spesso effettuata con setacciatura meccanica, corrisponde all'intervallo fra i setacci. Ed è a questo punto che si pone il problema di quale programma usare, dato che ormai nessuno fa queste operazioni a mano. Ma conviene proprio ripartire dal metodo manuale, che veniva seguito decenni addietro e che forse nessuno - fra chi studia oggi l'ambiente costiero - ha mai fatto, se non nelle esercitazioni del corso di Sedimentologia o di Dinamica dei litorali.

Veniva usata una carta millimetrata in cui l'asse delle ordinate era in scala lineare, ma sul quale si mettevano le dimensioni espresse in phi, e quindi diventava una scala logaritmica; la scala delle ordinate era probabilistica, nella quale la distanza fra percentuali che differiscono dello stesso valore diminuiva partendo da una coda e procedendo verso il centro della distribuzione, per poi allargarsi nuovamente andando verso l'altra coda. Si aveva quindi una scala log-probabilistica.

Lasciata carta e matita (e tanta gomma!) si è cominciato ad usare i computer, talvolta dimenticando i presupposti teorici di questi metodi. L'uso diffuso di Excel, e la facilità con la quale si possono impostare i calcoli, ha portato allo sviluppo di programmi basati su questa applicazione, che ormai sono a disposizione di tutti i laboratori, anche perché scaricabili gratuitamente dalla rete.

Si è contemporaneamente persa la memoria di cosa ci fosse dietro a quei calcoli, ossia la distribuzione gaussiana, la cui curva cumulativa è una retta (sulla quale è facile fare interpolazioni) solo se tracciata su scala probabilistica.

Interpolazione su scala probabilistica vs. interpolazione su scale lineare

Ma quali sono le differenze fra i risultati che si ottengono con i due metodi? Ovviamente queste si riferiscono al calcolo del valore dei singoli percentili, che poi si ripercuotono direttamente su quello dei vari parametri. Calcoleremo quindi i percentili di alcune distribuzioni granulometriche di sedimenti di ambiente costiero (ma il discorso è valido per qualsiasi altro sedimento) effettuando le interpolazioni sia su scala log-probabilistica sia su scala log-lineare, per poi giungere al calcolo dei parametri Media (Mz), Classazione (σ₁) e Asimmetria (Sk₁) di Folk e Ward (1957), e valutare quanto il metodo di interpolazione incida sul risultato. I campioni sui quali viene effettuato il test sono scelti fra gli ultimi che ho analizzato, e non sono stati scelti in modo tale da ottenere risultati eclatanti, cosa in realtà verificatasi in passato con altri confronti.

Tabella 1. Parametri di Folk e Ward (1957) calcolati con le due diverse interpolazioni.

$$\text{Media (Mean) } Mz = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})/3$$

$$\text{Classazione (Sorting) } \sigma_1 = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6}$$

$$\text{Asimmetria (Skewness) } Sk_1 = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

Sabbia fine dei fondali antistanti Alba Adriatica

In Figura 1 viene riportata la curva cumulativa della distribuzione granulometrica di una sabbia, prelevata dal fondale al largo di Alba Adriatica, sia con l'interpolazione su scala log-probabilistica che su scala log-lineare: è evidente il maggiore dettaglio leggibile sulle code, in particolare di quella grossolana, nel primo grafico. In Figura 2 è mostrata l'interpolazione effettuata su entrambe le curve per ottenere il valore del 5° percentile (D_5) che risulta rispettivamente 2,572 e 2,526. Anche gli altri percentili risultano diversi, come ovviamente diversi sono i valori dei parametri Media (M_z), Classazione (σ_ϕ) e Asimmetria (Sk_ϕ) (Tab. 2).

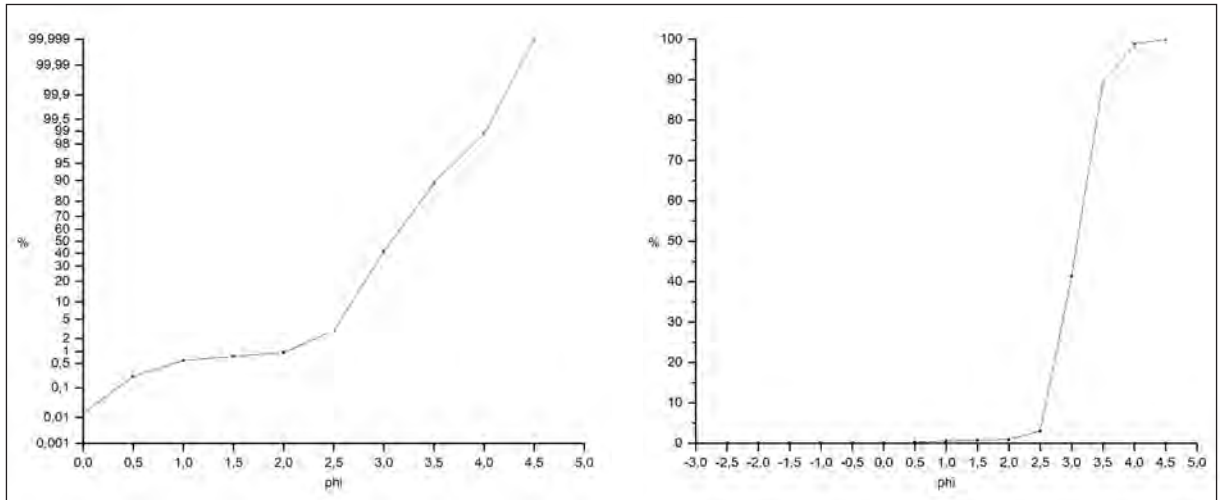


Figura 1. Curva cumulativa in scala log-probabilistica (a sinistra) e log-lineare (a destra) di una *sabbia molto fine* che risulta *molto ben classata* e con Asimmetria positiva con la probabilistica e *ben classata* e con Asimmetria negativa con la lineare. Comunque entrambe sono classificate come *quasi simmetriche* secondo la scala verbale di Folk e Ward (1957).

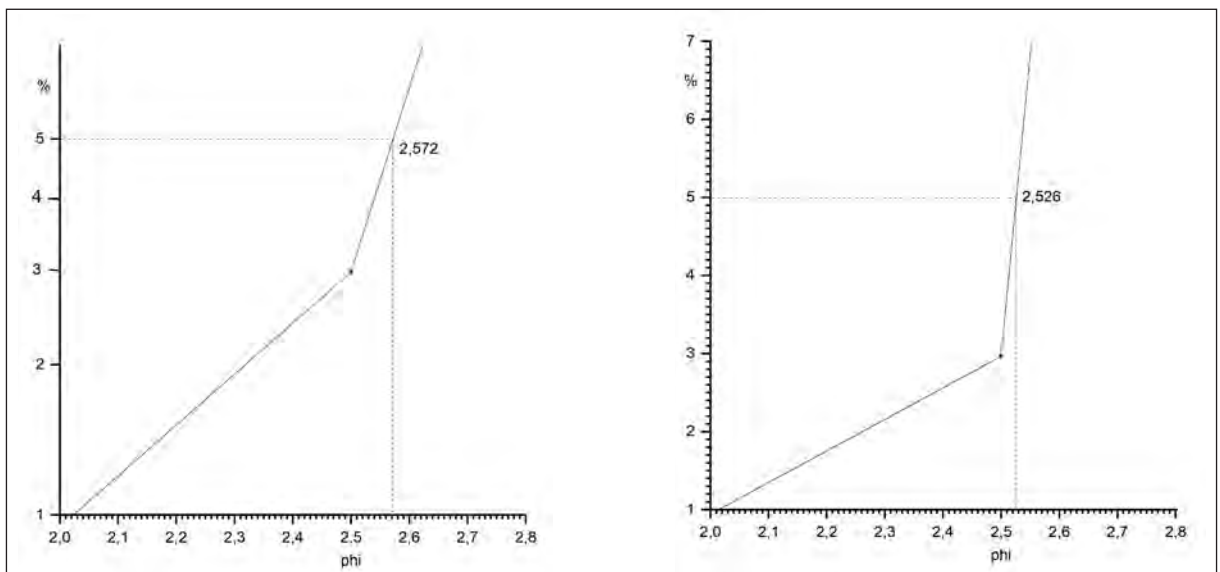


Figura 2. Determinazione del valore del D_5 su scala log-probabilistica (a sinistra) e su scala log-lineare (a destra).

*Si ricorda l'uso di scrivere in corsivo se il termine fa riferimento ad una classificazione ben precisa, che va specificata, e non descrive in modo generico una caratteristica dell'elemento. In questo articolo si usa la classificazione di Wentworth (1922) per le dimensioni dei sedimenti (M_z) e quella di Folk e Ward (1957) per la loro Classazione (σ_ϕ) e Asimmetria (Sk_ϕ).

Tabella 2. Valore dei vari percentili e dei parametri Media (Mz), Classazione (σ_1) e Asimmetria (Sk_1) del campione la cui curva cumulativa è rappresentata in Figura 1.

Percentile	Probabilistica	Lineare
1°	2,024	2,010
5°	2,572	2,526
16°	2,767	2,669
50°	3,075	3,090
84°	3,418	3,456
95°	3,700	3,804
Media (Mz)	3,087	3,054
Classazione (σ_1)	0,334	0,387
Asimmetria (Sk_1)	0,083	-0,015

I valori della Media (Mz) e della Classazione (σ_1) risultano simili, ma in un'area caratterizzata dalla presenza di sedimenti molto omogenei la differenza ottenuta con i due metodi di interpolazione potrebbe essere superiore a quella realmente esistente fra due campioni prelevati in punti diversi. Da notare che l'Asimmetria risulta positiva ($Sk_1 = 0,083$) con la log-probabilistica e negativa ($Sk_1 = -0,015$ con la log-lineare. Entrambi i valori fanno considerare queste sabbie *quasi simmetriche* nella classificazione di Folk e Ward (1957), ma avere valore positivo o negativo determina risultati diversi nell'identificazione delle possibili direzioni di trasporto con il metodo proposto da Gao e Collins (1992).

Sabbia fine usata per il ripascimento della spiaggia di Alassio

Per il ripascimento della spiaggia di Alassio sono stati utilizzati sedimenti presenti sui fondali antistanti il porto, dove è stata trovata sabbia leggermente più fine di quella presente sull'arenile della città. Nel deposito vi era una modestissima quantità di granuli, come ben si apprezza nella distribuzione granulometrica in scala log-probabilistica. In questa parte della distribuzione lo scostamento del valore dei percentili è significativo per il D_1 (-3,021 vs. -3,205), che però non entra nel calcolo dei parametri Media (2,268 vs. 2,259), Classazione (0,376 vs. 0,387) ed Asimmetria (-0,112 vs. -0,064) che risultano più simili. Considerando però che nella scala verbale di Folk e Ward (1957) il valore di $Sk_1 = -0,10$ separa i sedimenti *quasi simmetrici* da quelli con *asimmetria negativa*, la differenza, dal punto di vista formale, è significativa.

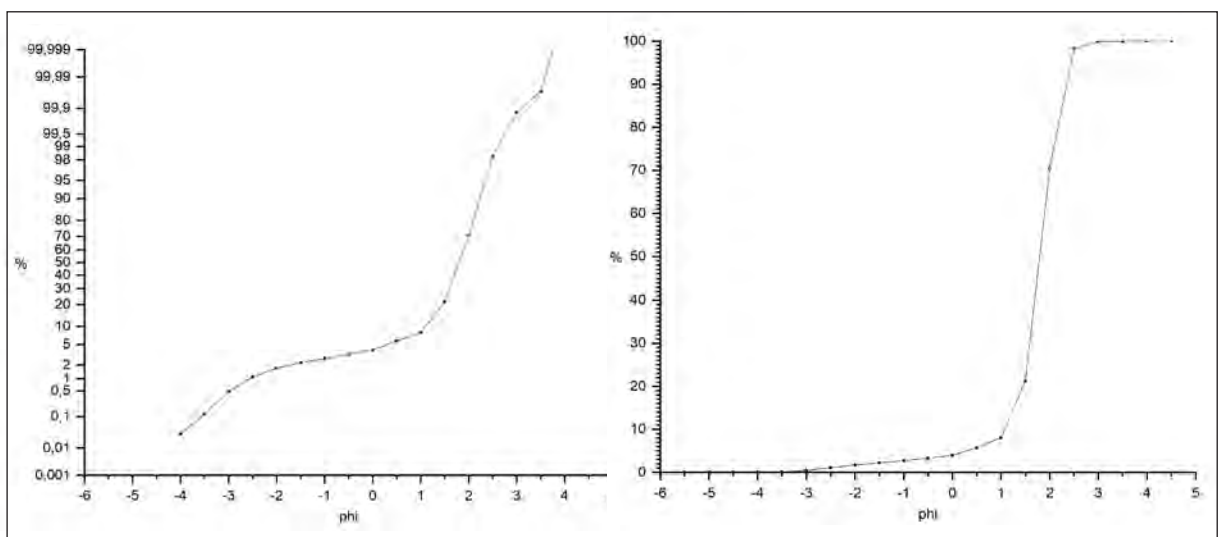


Figura 3. Curva cumulativa in scala log-probabilistica (a sinistra) e log-lineare (a destra) di un campione prelevato in mare davanti al porto di Alassio. Sabbia fine ben classata con asimmetria negativa (non in corsivo).

Tabella 3. Valore dei vari percentile e dei parametri Media (Mz), Classazione (σ_i) e Asimmetria (Sk_i) di un campione di sabbia fine utilizzata per il ripascimento della spiaggia di Alassio.

Percentile	Probabilistica	Lineare
1°	-3,021	-3,205
5°	1,243	1,220
16°	2,013	2,008
50°	2,263	2,259
84°	2,528	2,545
95°	2,872	2,929
Media (Mz)	2,268	2,259
Classazione (σ_i)	0,376	0,387
Asimmetria (Sk_i)	-0,112	-0,064

Sabbia grossolana della spiaggia della Biodola (Isola d'Elba)

Nel caso di un campione rappresentativo dei sedimenti di battigia della spiaggia della Biodola (Isola d'Elba) i due metodi di interpolazione non danno valori molto diversi dei vari percentili, ma il collocarsi in prossimità del limite fra *sabbia media* e *sabbia grossolana* (posto a 1,0 phi) li porta ad essere classificati in modo diverso in funzione del metodo di interpolazione: con la log-probabilistica si ottiene un valore di Mz = 0,999 (*sabbia grossolana*), mentre con la lineare Mz = 1,024 (*sabbia media*).

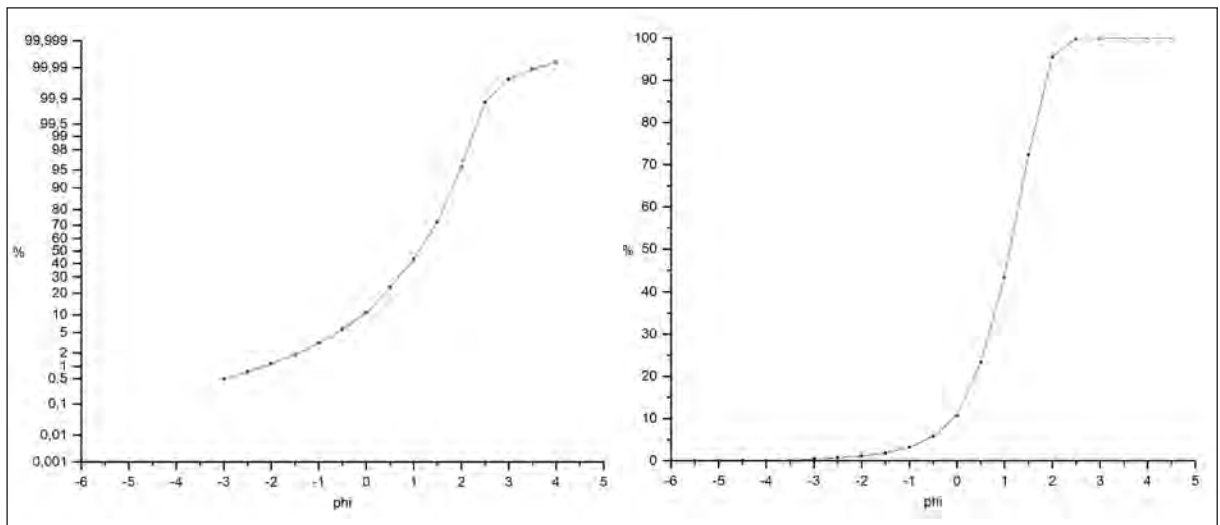


Figura 4. Curva cumulativa in scala lo-probabilistica (a sinistra) e log-lineare (a destra) di una sabbia grossolana moderatamente classata con asimmetria negativa.

Tabella 3. Valore dei vari percentile e dei parametri Media (Mz), Classazione (σ_1) e Asimmetria (Sk_1) di un campione di *sabbia grossolana* o *sabbia media moderatamente classata con asimmetria negativa*.

Percentile	Probabilistica	Lineare
1°	-2,161	-2,190
5°	-0,625	-0,649
16°	0,22	0,209
50°	1,108	1,111
84°	1,67	1,751
95°	1,972	1,984
Media (Mz)	0,999	1,024
Classazione (σ_1)	0,756	0,784
Asimmetria (Sk_1)	-0,280	-0,253

Considerazioni generali

La differenza fra il valore di ciascun percentile calcolato con i due metodi non è ovviamente costante ed è tanto maggiore quanto il punto d'interpolazione dista dai due punti 'noti': se dobbiamo determinare il valore del 16° percentile e la cumulativa passa per un punto noto a 16,1%, è chiaro che lo scostamento sarà minimo, mentre se il punto noto è, ad esempio, al 24,3% la differenza sarà maggiore.

Negli esempi sopra riportati le differenze fra il valore dei vari percentili possono essere considerate modeste e riguardano in genere il secondo decimale, ma bisogna notare che aumentano in corrispondenza delle code, dove si calcolano alcuni percentili frequentemente utilizzati, come il 1° di cui abbiamo parlato in precedenza, e il 5° e il 95° per la determinazione della Classazione (σ_1) e dell'Asimmetria (Sk_1).

Le differenze vanno poi lette alla luce del range possibile, o più frequente, per ciascun parametro: estremamente ampio per il valore della Media, minore per quello della Classazione, ma confinato fra -1 e +1 per l'Asimmetria.

Questa può passare da positiva a negativa, come nel caso della sabbia molto fine dei fondali al largo di Alba Adriatica (Fig. 1) influenzando in modo notevole il risultato di alcune elaborazioni, come la determinazione delle possibili direzioni del trasporto sedimentario di Gao e Collins (1992). Inoltre, nella classificazione dei sedimenti, sia per Media, sia per Classazione ed Asimmetria, si può verificare un salto da una classe all'altra, es. da *ben classata* a *molto ben classata*, sempre per la sabbia di Alba Adriatica.

Altro elemento da considerare è la variabilità sedimentologica dei campioni dell'area da studiare: se nella stesso tratto di litorale sono presenti sabbie fini ben classate e sedimenti grossolani poco classati (es. alcune spiagge liguri), la loro differenziazione sarà evidente con entrambi i metodi di calcolo, ma in un litorale costituito da sedimenti molto omogenei (es. Nord Adriatico), le differenze prodotte dal metodo di calcolo potrebbero essere superiori a quelle realmente esistenti fra coppie di campioni.

L'uso della scala log-probabilistica ha anche altri vantaggi, come ad esempio la possibilità percepire immediatamente quanto una distribuzione si discosti dalla normalità o quella di identificare le frazioni del sedimento soggette a processi di trasporto diversi, come messo in evidenza da Visher (1969).

Conclusioni

In ogni caso, la descrizione delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti, se fatta attraverso i parametri di Folk e Ward (1957), deve rispettare la metodologia proposta da questi autori, se non altro per ottenere risultati confrontabili con quelli prodotti negli ultimi 65 anni, ed anche in quei casi in cui la distribuzione granulometrica non sia 'normale'. Ma vi è un motivo ancor più generale, ed è la necessità di rispettare quel rigore metodologico su cui si basa la scienza, che non deve essere abbandonato solo perché vi è una strada più rapida e a costo zero per raggiungere un obiettivo.

Bibliografia

Folk R. e Ward W.C., 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27: 3-26.

- Friedman G.M., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology*, 31: 514-529.
- Friedman G.M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, 3: 327-354.
- 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.
- Inman D.L., 1952. Measures for describing the size distribution of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 22: 125-145.
- Krumbein W.C., 1934. Size frequency distributions of sediments. *Journal Sedimentary Petrology*, 4: 65-77.
- McCammon R.B., 1962. Efficiency of percentile measures for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. *Journal of Geology*, 70: 453-465.
- Passega R., 1964. Grain size representation by CM patterns as a geological tool. – *Journal of Sedimentary Petrology*, 34: 830-847.
- Trask P.D., 1932. Origin and environment of source sediments of petroleum. Gulf Pub., 323 p.
- Visher G.S., 1969. Grain-size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39: 1074-1106.
- Wentworth C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal Geology*, 30: 377-392.

G3 - 2020

In questo numero sono pubblicati gli articoli dei partecipanti alla XI-esima edizione del “Premio G3 – Miglior Presentazione di Studi Costieri”. Questo evento avrebbe dovuto tenersi in settembre 2020, a Ferrara, nell’ambito della rassegna fieristica Remtech-Expo, come di consueto, ma a causa delle restrizioni legate all’emergenza per COVID19 si è tenuto in modalità telematica il 28 gennaio 2021.

Sono passati ormai più di 10 anni da quando il GNRAC istituì questo premio con cadenza annuale, e in questo periodo più di 100 ricercatori hanno presentato le loro ricerche sull’ambiente costiero. Molti dei vincitori delle passate edizioni erano giovani che hanno in seguito consolidato le proprie posizioni lavorative nel mondo della ricerca, entrando in ruolo presso un ateneo e acquisendo un riconoscimento nazionale ed internazionale.

Ci fa piacere pensare che con il premio G3 il GNRAC contribuisca a dare evidenza al valore di tanti ricercatori offrendo a loro un palcoscenico che li proietta verso l’interesse di gruppi di ricerca accademici e, viceversa, dando a questi ultimi l’opportunità di riconoscerli e di valutarne il coinvolgimento per rafforzare specifici settori della ricerca sull’ambiente costiero.

Anche per il GNRAC la scoperta di ricercatori di valore offre l’opportunità di proporre loro un coinvolgimento attivo nel mondo dell’associazione, di seguirli nel processo di formazione e condivisione della missione statutaria e, infine, di farli crescere nei ruoli di gestione, insieme ad altri soci di riferimento per altre iniziative, per assicurare l’azione del GNRAC anche negli anni a venire.

In questo quadro, oggi la Commissione Scientifica per l’assegnazione del Premio G3 è interamente formata dai passati vincitori e questo ha anche permesso di strutturare quel processo di valutazione tra pari che è la condizione necessaria per costruire il valore scientifico del premio. Grazie a tutti loro: Luca Parlagreco (IS-PRA - Presidente di questa edizione), Matteo Postacchini (Università Politecnica delle Marche), Alessandro Antonioni (TU-Delft), Antonio Francone (Politecnico di Bari) e Alessandra Saponieri (Università del Salento). Desideriamo ringraziare anche gli sponsor, la Dragaggi srl., DHI Italia e tutte le cittadine e i cittadini che devolvendo al GNRAC il 5 per mille delle loro tasse contribuiscono anche al valore monetario del premio.

Anche in questa XI-esima edizione gli interventi sono stati tutti di altissimo valore e a tutti i partecipanti vanno i nostri complimenti. Ha vinto il premio Andrea Dottarelli, che ha presentato un contributo sul tema del downscaling dell’idrodinamica del Mediterraneo simulata dai modelli Copernicus e una relativa applicazione al caso di studio della Laguna di Orbetello (GR).

Prima di salutarvi approfittiamo per ricordarvi le ultime quattro iniziative GNRAC oramai avviate in modo strutturale:

- 1) i Colloqui Telematici – Ambiente Costiero che si tengono l’ultimo giovedì di ogni mese;
- 2) il premio per la miglior tesi di laurea magistrale e il premio per la miglior tesi di dottorato, entrambi con cadenza annuale;
- 3) il premio MIFORMA-GNRAC che finanzia, con cadenza annuale, brevi missioni formative presso soci GNRAC che fungono da tutor;

4) la scuola estiva sulla modellistica sperimentale e numerica che si tiene nel periodo giugno-luglio, in collaborazione con il laboratorio A-MARE dell'Università di Firenze.

Grazie a tutte le socie e i soci, un nutrito gruppo che in 17 anni ha superato le quattrocento persone e che in tanti differenti modi hanno contribuito e contribuiscono alla vita associativa facendo del nostro GNRAC il soggetto nazionale di riferimento, anche per enti e istituzioni, nell'ambito delle tematiche sull'ambiente costiero.

Il Presidente GNRAC
Prof. Ing. Lorenzo Cappiotti

Downscaling dell'idrodinamica del Mediterraneo simulata dai modelli Copernicus: applicazione al caso di studio della Laguna di Orbetello

Andrea Dottarelli¹ & Lorenzo Cappietti^{1,2}

¹Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze
Via di Santa Marta 3 – 50139 Firenze.

²GNRAC – Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero
Corso Europa 26 - 16132 Genova – Italy
E-mail: lorenzo.cappietti@unifi.it

Riassunto

In questo articolo viene presentata una metodologia per il *downscaling*, in una specifica area costiera, dell'idrodinamica del Mediterraneo ricostruita, a grande scala ma con risoluzione spaziale relativamente bassa, tramite simulazione numerica dai modelli del Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). La metodologia proposta è stata applicata al caso di studio della Laguna di Orbetello (GR, Italia). Partendo dalle condizioni idrodinamiche determinate da fenomeni che avvengono a grandi scale spaziali, che sono estratte dalle simulazioni dei modelli CMEMS sul contorno di un dominio spaziale con al centro l'area costiera di interesse, il *downscaling* è ottenuto per mezzo di un secondo modello di simulazione numerica, basato su una griglia di calcolo non strutturata; Questa simulazione permette di ricostruire le dinamiche marine raggiungendo un livello di dettaglio spaziale dell'ordine del metro e quindi di tener conto dell'interazione idrodinamica con morfologie naturali o manufatti di dimensioni relativamente piccole, non rappresentabili nei modelli CMEMS. In questo articolo, viene fornita una sintetica descrizione del servizio CMEMS per il Mediterraneo, una descrizione del modello di simulazione utilizzato e della metodologia di *downscaling*. Infine, viene descritta l'applicazione al caso della Laguna di Orbetello e una prima validazione del modello per confronto tra i risultati delle simulazioni e le misure di campo.

Parole chiave: Copernicus, CMEMS, Downscaling, Modellazione Numerica, TELEMAC

Abstract

This article presents a proposed methodology for downscaling, in a specific coastal area, of the hydrodynamics of Mediterranean Sea obtained via numerical simulations from the models of the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). The methodology is applied to the case study of Orbetello Lagoon (GR, Italy). Starting from the hydrodynamic conditions determined by phenomena occurring at large spatial scales, as extracted from the simulations of CMEMS models on the boundary of a spatial domain with the coastal area of interest at its centre, the downscaling is obtained by means of a second numerical simulation model, based on an unstructured grid, which allows to reconstruct marine dynamics reaching a level of spatial detail of the order of one meter. A brief description of CMEMS service for the Mediterranean Sea is provided, along with a description of the simulation model used and of the methodology to implement the downscaling. Finally, the application to the case study of Orbetello Lagoon is described and a first validation of the model base on comparison between simulation results and field measurements is presented.

Keywords: Copernicus, CMEMS, Downscaling, Numerical modelling, TELEMAC-2D

Introduzione

La simulazione numerica delle dinamiche marine è ormai uno strumento essenziale per la gestione dell'ambiente costiero. Permette di trattare complessi fenomeni naturali con impareggiabile livello di approfondi-

mento rispetto ad altri approcci teorici meno generali, empirici o a volte solo qualitativi. La realizzazione di un modello per la simulazione numerica necessita di rilevanti conoscenze tecnico scientifiche, poiché deve rappresentare matematicamente complessi fenomeni che interagiscono ed evolvono a diverse scale spaziali e temporali. In particolare, per gli studi costieri è spesso necessario scendere al dettaglio spaziale del metro nella simulazione numerica dei processi fisici di rilevante importanza. Si pensi al processo di formazione delle correnti litoranee indotte dai moti ondosi frangenti, alla morfodinamica dei fondali marini nell'intorno di opere costiere fino ai processi di avvezione e diffusione da sorgenti di vario tipo, tra i quali quelli provenienti dagli allevamenti ittici o le plastiche marine.

D'altra parte, la dinamica di questi processi, pur essendo caratterizzata dalle piccole scale spaziali, risente anche delle dinamiche che si formano a scale spaziali e temporali molto maggiori. Si pensi, per esempio, come il flusso e reflusso mareale che si forma su spazi marini enormi determini anche la circolazione dentro i ridotti confini delle lagune costiere e dei suoi stretti canali. Nella simulazione di alcune dinamiche alla scala costiera di interesse può quindi essere necessario introdurre anche quelle dinamiche che si formano per processi che si svolgono a scala spaziale molto maggiore.

In estrema sintesi, con la simulazione numerica le dinamiche a grande scala possono essere introdotte imponendo le condizioni che le rappresentano sul contorno del dominio numerico del modello costiero, il quale a sua volta ricostruisce le dinamiche alla scala costiera portando anche queste dentro ai processi simulati.

Tali condizioni al contorno possono provenire da due fonti:

- da stazioni di misura, poste in situ o remote, di quelle stesse dinamiche da imporre al contorno dell'area costiera di interesse;
- da altri modelli di simulazione numerica che a loro volta ricostruiscono le dinamiche su domini spaziali a più grande scala ma con risoluzione spaziale e temporale relativamente bassa, i.e. inadeguata per gli studi costieri; da questi modelli a grande scala si possono estrarre le condizioni da imporre sul contorno dell'area costiera dentro la quale vogliamo ricostruire sia le stesse dinamiche ma con maggior dettaglio spaziale sia introdurre nuove dinamiche non simulabili con modello a grande scala (procedura detta appunto di *downscaling* delle dinamiche ricostruite da un modello di simulazione a grande scala per mezzo di un secondo modello di simulazione a piccola scala);

Le stazioni di misura di campo sono relativamente poco diffuse e, anche quando sono presenti nelle vicinanze dell'area di interesse, a volte la serie temporale delle misure manca di dati a causa di periodi di fuori servizio. Inoltre, per utilizzare queste misure saremmo vincolati a implementare il modello costiero facendo passare il contorno del dominio di interesse per la stazione di misura e comunque, nel caso di stazioni in situ, avremmo il dato noto solo su un punto rimanendo indeterminate le condizioni su tutto il resto dell'estensione del contorno. Nel caso di misure da stazioni remote, come misure satellitari, la risoluzione spaziale è maggiore di quella puntuale che caratterizza le stazioni in situ, ma la frequenza della misura deve sottostare al tempo di passaggio di uno o più satelliti rendendo relativamente problematico l'uso per forzare modelli numerici. L'utilizzo di modelli di circolazione a grande scala, dai quali estrarre le condizioni al contorno per il modello costiero, ha il vantaggio di poter disporre dei dati su tutto il contorno dell'area costiera di interesse permettendo quindi di tener conto della eventuale variabilità spaziale dei fenomeni. Inoltre, i modelli operativi gestiti da enti preposti, nazionali o sovranazionali (e.g. EU), garantiscono ormai da anni la continuità dei dati prodotti, senza lacune temporali e operando continue rianalisi dei dati che di volta in volta ne migliorano la qualità. D'altra parte, è necessario conoscere con estremo dettaglio il modello a grande scala che viene utilizzato per la procedura di *downscaling*. Per esempio, è fondamentale conoscere le specifiche forzanti simulate e le ipotesi di base che influiscono sui risultati del modello a grande scala. Potrebbero infatti mancare delle forzanti importanti, omesse in attesa di future implementazioni (e.g. la marea astronomica nei primi modelli di circolazione CMEMS per il Mediterraneo, e.g. quello qui utilizzato) o che non giocano un ruolo rilevante nelle grandezze simulate alla grande scala e con bassa risoluzione spaziale. Infatti, nel passare dalla grande scala alla piccola scala può essere necessario aggiungere nuove forzanti che pur non essendo determinanti nella simulazione dei processi fisici descritti con basso dettaglio spaziale su grandi aree, diventano determinanti nei processi locali descritti con elevato dettaglio spaziale (e.g. l'interazione della circolazione con morfologie o manufatti costieri della dimensione spaziale dell'ordine del metro o meno).

In questo lavoro si propone una metodologia basata su modelli numerici open-source per il *downscaling* in aree costiere, fino a scale spaziali del metro, della circolazione marina ricostruita alle grandi scale dai modelli

del Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). Dopo una descrizione del prodotto CMEMS e della metodologia operativa, si riporta la descrizione del caso di studio della Laguna di Orbetello. Si discute la validazione della procedura di *downscaling* mettendo a confronto la circolazione ricostruita con il modello e alcune misure di campo. Infine, vengono riportate osservazioni conclusive sui punti di forza e di debolezza del modello e indicazioni per futuri sviluppi migliorativi.

Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)

Copernicus è il programma europeo di osservazione della terra che mette a disposizione servizi di informazione su dati ambientali utili per studi tecnico-scientifici e per promuovere lo sviluppo di iniziative imprenditoriali dedite alla creazione di prodotti o servizi destinati agli utenti finali. I dati forniti dai vari servizi di Copernicus derivano da misure condotte da sensori in situ, da sensori remoti (e.g. a bordo di satelliti) o da modelli di simulazione numerica (<https://www.copernicus.eu>). In particolare, il servizio CMEMS si occupa dell'ambiente marino ed ha lo scopo di fornire i dati che riguardano lo stato fisico e la dinamica dell'ecosistema oceanico e marino (<https://marine.copernicus.eu/>). Tra i dati forniti dal CMEMS, quelli inerenti alla circolazione idrodinamica dell'intero Mar Mediterraneo derivano dalla simulazione numerica e vengono distribuiti tramite il servizio denominato:

- *MEDSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_006_013*.

Questo prodotto mette a disposizione gli output del modello denominato Med-Currents EAS5 implementato dal Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC). Il modello simula l'idrodinamica del Mediterraneo e produce in output su ogni nodo di calcolo, tra altro, le seguenti grandezze:

- i livelli del mare;
- le velocità della circolazione marina;
- la temperatura del mare;
- la salinità.

I dati sono forniti con valori medi relativi ad intervalli temporali mensili, giornalieri o orari e con risoluzione spaziale pari ad $1/24^\circ$ di arco di latitudine e longitudine (i.e circa 4 km alle latitudini di interesse per il presente lavoro) per vari livelli di profondità. Inoltre, il servizio CMEMS, fornisce anche tutte le informazioni inerenti al modello Med-Currents EAS5, tramite il prodotto *MEDSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_006_013-statics* che contiene per esempio: coordinate dei nodi e dimensioni delle celle di calcolo. L'utilizzo del servizio CMEMS (come tutti i servizi del programma Copernicus) è gratuito e accessibile a chiunque.

Metodologia

La metodologia sviluppata in questo lavoro, per ricostruire con simulazione numerica l'idrodinamica in una zona costiera che abbia risoluzione spaziale del metro e risoluzione temporale di decine di minuti, si basa:

- 1) sull'utilizzo dei dati inerenti all'idrodinamica del mar Mediterraneo forniti dal CMEMS tramite il prodotto - *MEDSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_006_013*;
- 2) sull'utilizzo del modello idrodinamico TELEMAC-2D, che fa parte del pacchetto di TELEMAC-MA-SCARET.

I dati idrodinamici CMEMS di velocità e livelli idrici sono imposti sul contorno del dominio numerico del modello idrodinamico TELEMAC-2D che a sua volta permette di ricostruire l'idrodinamica interna alla zona costiera di interesse tenendo conto della morfologia dei fondali, di eventuali manufatti e di forzanti locali caratterizzati da scale spaziali dell'ordine del metro e a scale temporali dell'ordine della decina di minuti. Il modello dei fondali viene ricostruito elaborando i dati batimetrici in ambiente GIS mentre i dati CMEMS vengono passati in input al modello idrodinamico TELEMAC-2D tramite una procedura operativa basata su scripting con linguaggio Python. In Figura 1 sono riassunti, in un diagramma di flusso, gli strumenti software applicati e gli step fondamentali della metodologia.

Il modello idrodinamico TELEMAC-2D risolve numericamente l'equazione di conservazione della massa e le equazioni cardinali della meccanica dei fluidi nella forma delle così dette *depth-averaged equations* (DAE) per le correnti a superficie libera (Telemac, 2020). Le DAE si ottengono dalle equazioni di Navier-Stokes con l'ipotesi che la componente verticale della velocità e le sue derivate siano trascurabili in confronto a quelle orizzontali e quindi che la distribuzione della pressione sulla verticale sia di tipo idrostatico. La risoluzione

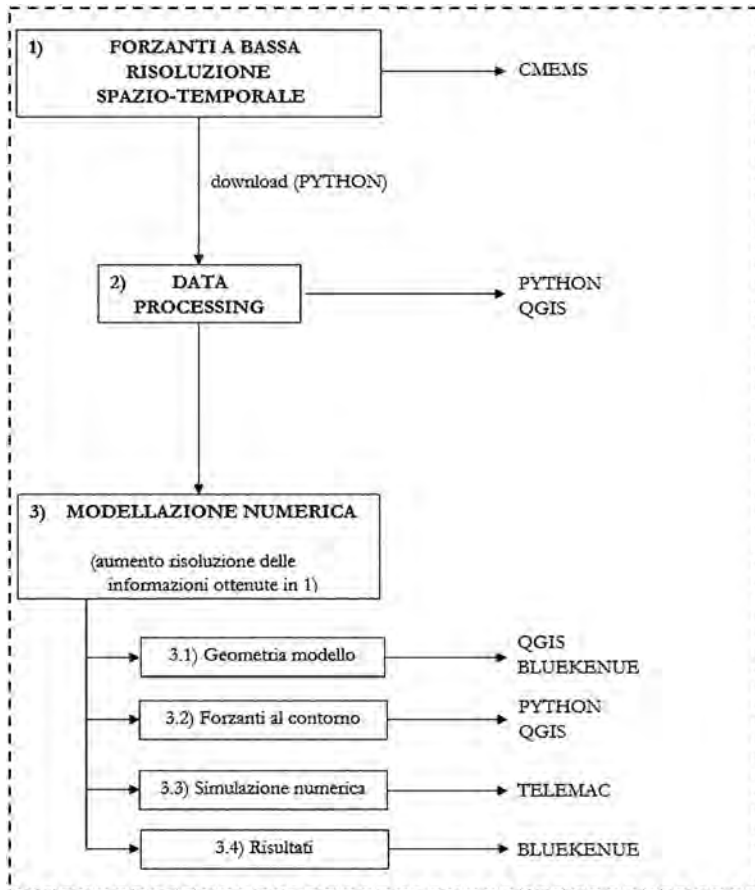


Figura 1. Schema della metodologia.

numerica può essere ottenuta su una griglia di calcolo strutturata (detta: *regular mesh* e caratterizzata dalla costanza della distanza tra i nodi di calcolo in tutto il dominio numerico) o non strutturata (detta *flexible mesh* e caratterizzata dalla possibilità di far variare la distanza tra i nodi di calcolo del dominio numerico). L'utilizzo della *flexible mesh* è fondamentale al fine di far variare la risoluzione spaziale nel passare dalle zone poste al contorno del dominio di calcolo alle zone costiere più interne dove si vogliono simulare i processi alle piccole scale. L'utilizzo di una *regular mesh* imporrebbe di utilizzare anche per le zone poste sul contorno del dominio di calcolo la stessa risoluzione spaziale necessaria per la zona costiera e quindi un aumento del numero dei nodi di calcolo sul quale risolvere numericamente il sistema di equazioni del modello al punto tale che l'onerosità computazionale diverrebbe insostenibile.

Il modello permette di simulare una serie di fenomeni idrodinamici, tra i quali:

- propagazione di onde lunghe, includendo gli effetti non lineari;
- perdite di energia per attrito al fondo;
- effetto della forza di Coriolis;
- effetto di forzanti atmosferiche: vento, gradienti di pressione atmosferica;
- effetto di turbolenze di sotto-griglia;
- correnti super e sub critiche;
- effetto di gradienti di temperatura e salinità;
- condizioni di wet and dry;
- diffusione e propagazione di traccianti, mediante accoppiamento con altri moduli;
- trasporto di sedimenti, mediante accoppiamento con altri moduli.

Per imporre in *input*, sui nodi di calcolo posti sul contorno del dominio numerico del modello TELEMAC-2D, i valori di velocità e livelli forniti in *output* dal modello a grande scala del CMEMS, è stata applicata la seguente metodologia:

1. i nodi posti sul contorno del dominio numerico del modello TELMEAC-2D vengono georeferenziati, in ambiente GIS, secondo il sistema di riferimento WGS 84, epsg 4236 (Figura 2),
2. i dati di velocità e livelli marini forniti dal modello CMEMS sono importati nello stesso ambiente GIS come un raster (Figura 2),
3. utilizzando i dati CMEMS relativi a quelle celle che hanno il centro più vicino ai nodi sul contorno del dominio numerico del modello TELEMAC-2D si interpolano i dati CMEMS ottenendo la serie temporale da applicare come condizione su ogni nodo del contorno.

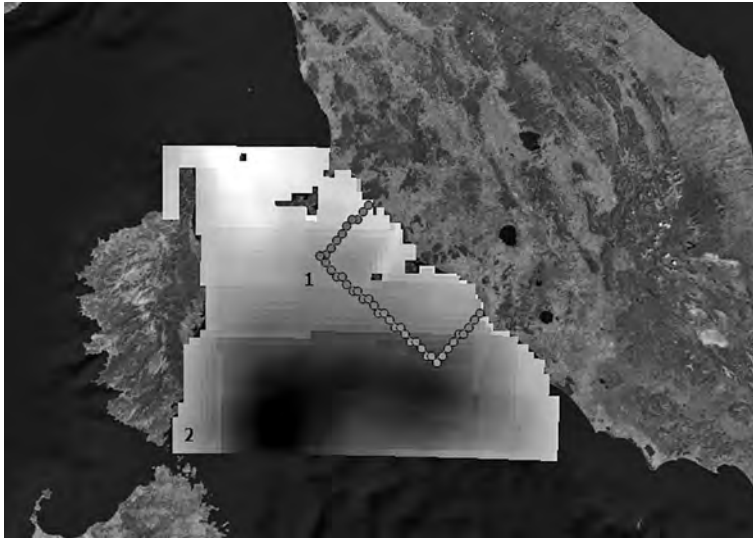


Figura 2. Nodi di calcolo posti sul contorno del dominio numerico del modello TELEMAC-2D (1), raster dei dati forniti dal modello CMEMS (2).

Va osservato che i dati CMEMS derivano dal modello Med-Currents EAS5 che, nel periodo del lavoro descritto nel presente articolo (gennaio-settembre 2019), non simulava la presenza della marea astronomica (Clementi et al, 2020). Come tale, le

condizioni al contorno con il quale si forza il modello TELEMAC-2D ne sono prive e quindi anche i risultati ottenuti dal *downscaling* all'interno dell'area costiera in esame mancheranno di questa componente. Questa circostanza ha rilevanti implicazioni nella fase di validazione del modello di *downscaling* per confronto con le misure di campo che invece registrano anche gli effetti indotti dalla marea astronomica nella grandezza fisica rilevata. In pratica, dalle misure di

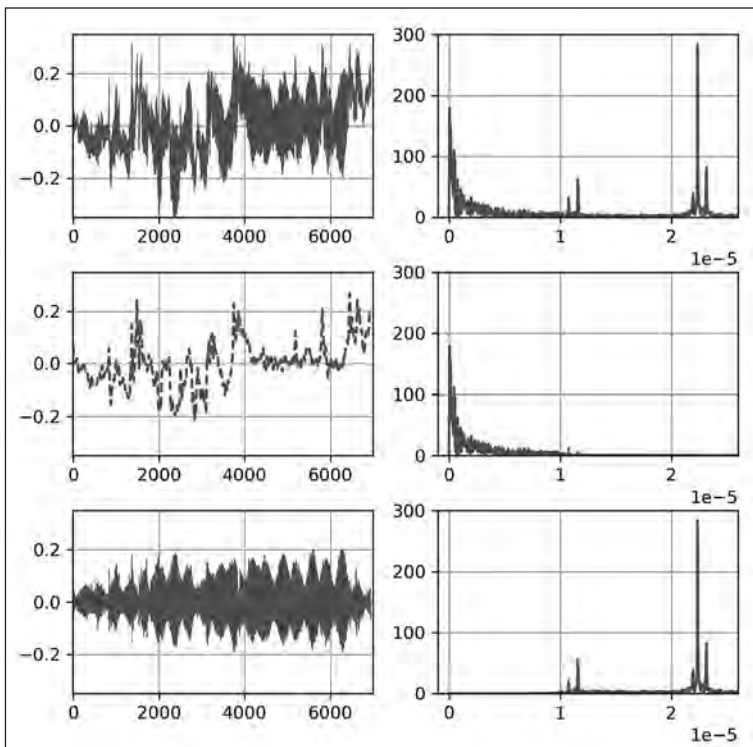


Figura 3. Serie temporale dei livelli del mare registrati da una stazione costiera (in alto a sinistra), del segnale risultante dopo aver filtrato la componente di marea astronomica (al centro a sinistra) e componente mareale (in basso a sinistra). Nelle immagini a destra sono riportati i corrispondenti spettri in frequenza delle corrispondenti serie temporali nelle immagini a sinistra.

campo andranno eliminati gli effetti mareali filtrando via quella parte di segnale che ha le frequenze tipiche della marea astronomica (Figura 3).

Inoltre, analizzando i livelli del mare forniti dal modello CMEMS, risulta che in tutta l'area di studio questi siano per tutto il periodo esaminato sempre negativi. Il motivo è dovuto al fatto che il modello **Med-Currents EAS5** è innestato nel modello dell'Oceano Atlantico (GLO-MFC) dal quale eredita uno zero di riferimento per il livello della superficie libera (Oddo et al. 2009) che è un po' più alto del livello mediamente presente nel mediterraneo nel periodo esaminato in questo studio. Per poter confrontare i dati ottenuti dal modello di *downscaling* con le misure dei livelli fatte da sensori in sito, a loro volta riferite ad uno zero scelto dal gestore dello strumento e non necessariamente uguale a quello del modello numerico, le serie di dati vengono sempre traslate rimuovendo dal segnale il valore medio nel periodo di tempo preso in osservazione (Figura 4).

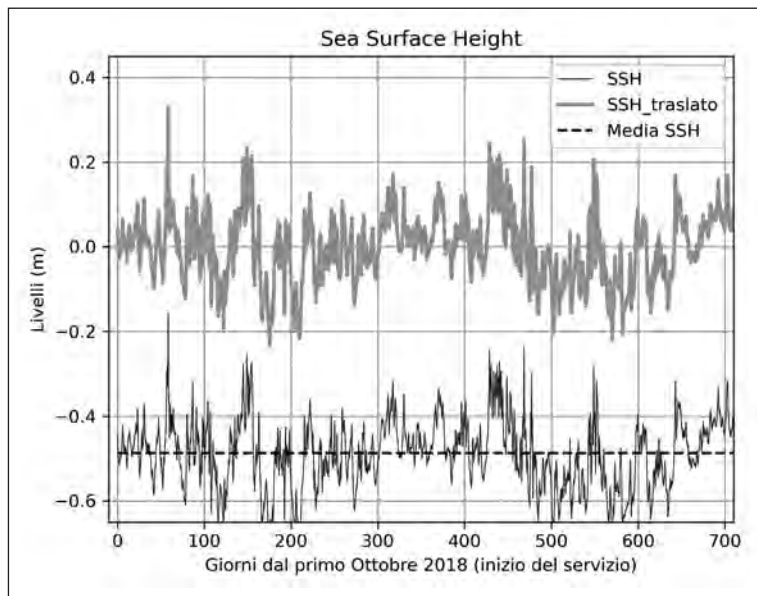


Figura 4. Esempio relativo alla traslazione della serie temporale dei dati di livello del mare, in un generico punto della costa in esame, in modo da avere un segnale con valor medio pari a zero durante un determinato periodo preso in esame.

Il caso di studio della Laguna di Orbetello (GR)

La Laguna di Orbetello (GR) si trova sulla parte meridionale della costa Toscana ed è formata dai due tomboli, quello di Feniglia e quello della Giannella, che collegano la costa con il Monte Argentario. Ha una estensione di circa 26km² ed è divisa dall'istmo di Orbetello in due sottobacini rispettivamente detti Laguna di Levante e Laguna di Ponente. La profondità media è pari a circa 1.3m, all'interno sono invasi circa 30Mm³ ed è collegata al mare tramite i canali di Nassa e Fibbia, dal lato della Laguna di Ponente, e tramite il solo canale di Ansedonia dal lato della Laguna di Levante (Figura 5). I tre canali hanno lunghezze variabili tra 1km e 2km e sono larghi circa 20m.

È accertato che almeno dal XVIII secolo questo sistema ambientale è caratterizzato da un idrodinamismo relativamente debole con scambi idrici con il mare modesti e persistenti episodi di crisi anossiche che si sono ripetuti con regolarità nei secoli e ancora oggi affliggono questo ambiente (Cappiotti et al. 2019). In generale, le principali forzanti idrodinamiche sono il vento che agisce direttamente sullo specchio acqueo della laguna e i gradienti idrici tra l'interno e l'esterno della laguna indotti dalla marea astronomica e dalle variazioni bariche che avvengono a scale spazio molto più grandi dell'area della laguna. Gli effetti di queste forzanti generate da fenomeni a grande scala si propagano dentro la laguna attraverso gli stretti canali di Nassa, Fibbia e Ansedonia. Per la modellazione numerica dell'idrodinamica del sistema lagunare è quindi necessario rappresentare nel modello sia gli effetti di forzanti a grande scala sia la presenza di elementi morfologici che vanno descritti con risoluzione spaziale dell'ordine del metro. Per quanto illustrato nel paragrafo introduttivo e in quello metodologico, la Laguna di Orbetello ha caratteristiche che ne fanno un caso di studio particolarmente indicato per l'applicazione della metodologia di *downscaling*.

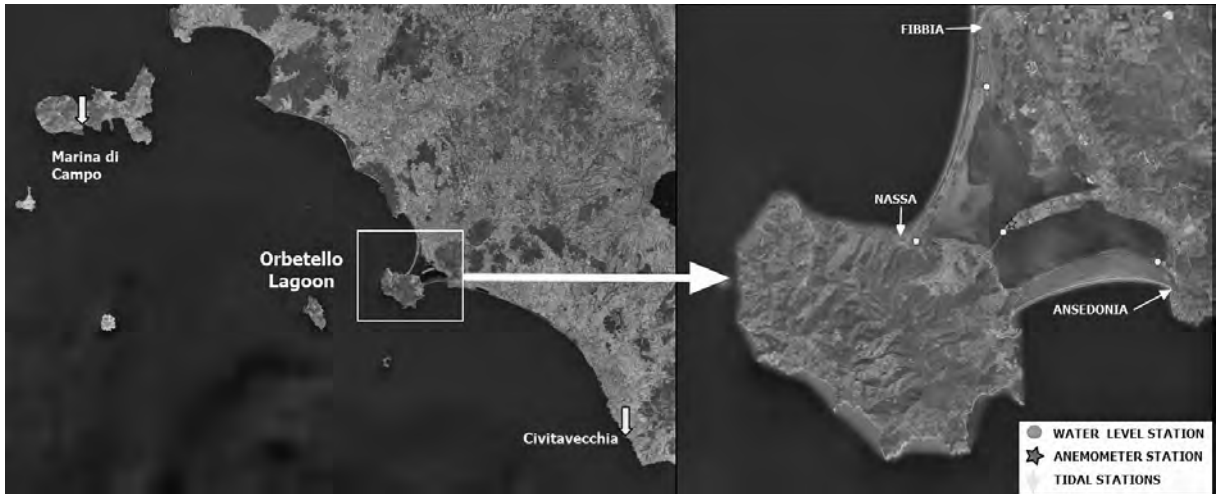


Figura 5. Localizzazione della Laguna di Orbetello, morfologia e individuazione dei canali di collegamento con il mare.

Seguendo la procedura metodologica illustrata nel paragrafo precedente, il dominio numerico entro il quale si sviluppa il *downscaling* dell'idrodinamica del modello CMEMS contiene al suo interno la laguna di Orbetello, si sviluppa lungo costa per circa 100km partendo dal contorno a Sud all'altezza di Civitavecchia (RO) arrivando al contorno a Nord all'altezza di Castiglione della Pescaia (GR) e si chiude con un contorno al largo ad una distanza di circa 45km dalla costa.

Questo dominio spaziale è discretizzato in nodi, disposti su una griglia non strutturata, sui quali sono ricostruite le grandezze idrodinamiche, velocità e livelli marini con il modello TELEMAC-2D. I nodi sono a distanza variabile che passa da circa 4km, nelle aree in prossimità dei contorni, a circa 2m nelle aree costiere e lagunari per un totale di 74408 nodi di calcolo (Figura 6). Il modello di *downscaling* implementato viene forzato, imponendo sui nodi dei suoi contorni, l'andamento temporale dei livelli e dei flussi idrici entranti/uscenti ricostruiti dal modello idrodinamico messo a disposizione dal CMEMS che ricostruisce l'idrodinamica in tutto il mediterraneo ma con risoluzione spaziale di 4km, i.e. una risoluzione non sufficiente per studiare l'idrodinamica della Laguna di Orbetello.

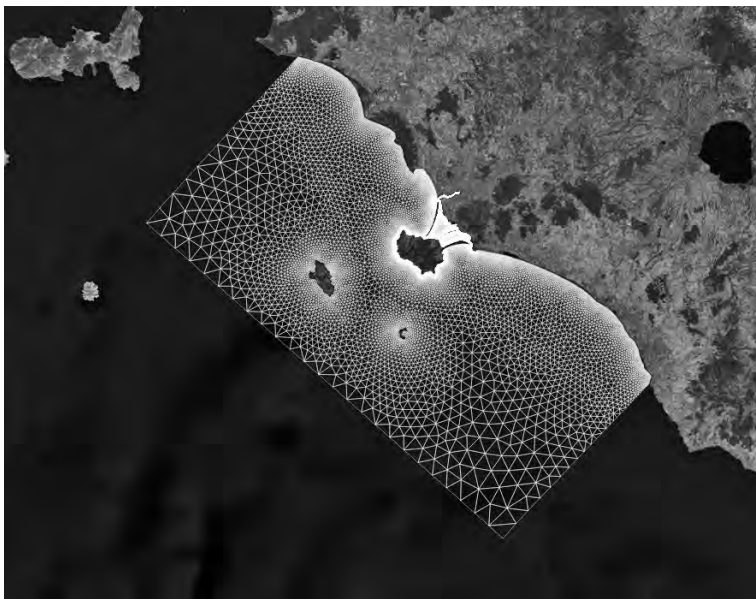


Figura 6. Griglia di calcolo non strutturata del modello numerico sviluppato.

Il periodo di tempo simulato parte dal 3 febbraio 2020 perché solo da questa data il servizio CMEMS ha messo a disposizione i dati di velocità delle correnti non solo superficiali ma anche lungo la profondità che sono indispensabili per forzare il modello con i flussi entranti o uscenti dai suoi contorni. In questo lavoro è stata ricostruita l'idrodinamica negli otto mesi dell'intervallo 3 febbraio 2020 - 1° ottobre 2020.

Per validare la ricostruzione dell'idrodinamica della laguna di Orbetello, ottenuta con il modello di *downscaling* realizzato in questo lavoro, vengono confrontate le serie temporali dei livelli in laguna simulate e misurate in campo dagli idrometri installati presso i canali di Fibbia e Ansedonia. Dalle serie temporali misurate è stata filtrata la componente di marea perché non è presente nelle condizioni poste al contorno del modello di *downscaling*. È importante sottolineare che le differenze tra i livelli simulati e quelli misurati possono essere spiegate per effetto dei venti locali che non sono stati introdotti nel modello ma che durante alcuni giorni del periodo considerato sono particolarmente intensi. Il ruolo dei venti nel determinare l'idrodinamica lagunare, quando raggiungono una certa intensità, è stato chiaramente dimostrato in altre applicazioni modellistiche descritte in Cappiotti and Scroccaro 2004 e Cappiotti et al. 2019. Inoltre, durante i mesi estivi viene attivato un sistema di pompaggio presente in ogni canale al fine di favorire una più intensa idrodinamica lagunare, ma anche questa ulteriore forzante non è stata introdotta nell'implementazione del modello presentato in questo lavoro. Nonostante la mancanza di queste due forzanti nell'implementazione del modello, i.e. il vento locale e il sistema di pompaggio, il confronto tra la serie di dati simulati e quelli misurati riportato in Figura 7 dimostra una buona capacità che ha il modello di ricostruire fedelmente i valori dei livelli idrici in laguna e quindi, per continuità, gli scambi idrici con il mare. Tale buona corrispondenza dimostra che, pur in assenza della marea astronomica e dei venti, le altre due forzanti presenti nel modello, i.e.: la variazione dei livelli del mediterraneo dovuta a gradienti barici spazio-temporali e la circolazione a grande scala, sono determinanti per l'idrodinamica interna alla Laguna di Orbetello.

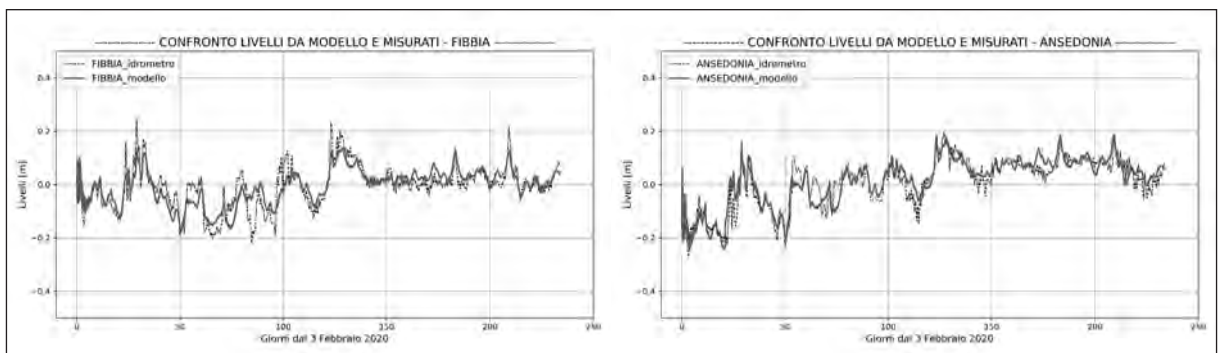


Figura 7. Confronto tra le serie temporali dei livelli idrici lagunari simulati e misurati presso le stazioni di campo di Fibbia (sinistra) e Ansedonia (destra).

Conclusioni

Nel presente lavoro è stata descritta una metodologia per implementare il *downscaling* in zone costiere dell'idrodinamica ricostruita con bassa risoluzione spaziale dai modelli CMEMS alla scala di tutto il Mediterraneo (i.e. circa 4km). La bassa risoluzione spaziale non permette di studiare l'idrodinamica di sistemi costieri perché questa è caratterizzata da morfologie e fenomenologie che si sviluppano a scale spaziali dell'ordine del metro. L'utilizzo del modello idrodinamico TELEMAC-2D, basato su una griglia di calcolo non strutturata e forzato con condizioni di livello marino e flussi idrici lungo i suoi contorni, forniti dal modello CMEMS, permette di ricostruire l'idrodinamica costiera con livello di risoluzione spaziale dell'ordine del metro.

L'applicazione al caso di studio della Laguna di Orbetello, per il quale il modello di *downscaling* è stato forzato solo con le condizioni al contorno provenienti dal servizio CMEMS di Copernicus e il buon accordo tra la ricostruzione numerica e le misure di campo, nel periodo di otto mesi preso in considerazione in questo studio, dimostra la capacità del modello di spiegare con buona accuratezza l'idrodinamica di questo sistema ambientale.

Tra le forzanti del modello di *downscaling* non sono stati considerati in questa prima implementazione: i)

la marea astronomica, ii) il vento locale che agisce sopra lo specchio acque del dominio numerico e, iii) il sistema di pompaggio forzato presente nei canali lagunari e normalmente attivato nei mesi estivi. Tuttavia, poiché tutte le componenti della catena modellistica descritta nel presente lavoro sono basate su codici *open source* è possibile aggiungere porzioni di codice appositamente sviluppato per l'inserimento di tutte le forzanti per ora mancanti e anche di altre dinamiche quali, per esempio, quelle ambientali legate ai fenomeni di crisi anossiche. Per questo, il modello ha importanti potenzialità di sviluppo e utilità futura come strumento a supporto delle decisioni di gestione dell'ambiente lagunare.

Bibliografia

- Cappiotti, L. and Scroccaro, I. (2014). The hydrodynamics of the Orbetello Lagoon. Measurements and numerical simulations. Atti del Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Trento, settembre 2014.
- Cappiotti, L., Solari, S., Simonetti, I. Crema, I. (2019). Numerical modelling of Orbetello Lagoon circulation in the XVIII century. 2019 IMEKO TC-19 International Workshop on Metrology for the Sea, Genoa, Italy, October 3-5, 2019.
- Clementi, E., Grandi, A., Lyubartsev, V., Escudier, R. (2020). "CMEMS-MED-QUID-006-013 – Quality Information Document".
- Oddo, P., Adani, M., Pinardi, N., Fratianni, C., Tonani, M., Pettenuzzo, D., (2009) –“A Nested Atlantic-Mediterranean Sea General Circulation Model for Operational Forecasting”.
- Telemac, 2020. Telemac2d User Manual (version v8p1, 2020).

Studio dell'evoluzione di una barra di foce interna tramite immagini da video-monitoraggio

Agnese Baldoni

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura, Università Politecnica delle Marche.
Via Breccie Bianche, 60131 Ancona.
e-mail: a.baldoni@pm.univpm.it

Introduzione

Questo studio propone un approccio innovativo per l'identificazione di una barra formatasi all'interno della foce del fiume Misa (Senigallia, Marche). Tramite una procedura semi-automatica, tale deposito viene individuato su immagini acquisite da una stazione di video-monitoraggio e ne vengono estratte le caratteristiche geometriche, successivamente correlate con le serie temporali delle tipiche forzanti estuarine. Il deposito in questione, a causa del ridotto apporto fluviale degli ultimi anni, non segue più l'andamento ciclico tipico delle barre di foce (Brocchini et al., 2017), ma emerge persistentemente all'interno del fiume a partire dal 2017. Una conoscenza approfondita della dinamica della barra, finalizzata a sostenere eventuali decisioni nell'ambito della gestione dell'area estuarina, è ciò che ha motivato la presente ricerca.

Materiali e metodi

Per gli anni dal 2016 al 2019, sono state analizzate 13 immagini al giorno (Timex ortorettificate e stabilizzate) provenienti dal post-processing dei dati acquisiti dalla stazione di video-monitoraggio Sena Gallica Speculator (<http://www.morse.univpm.it>; Perugini et al., 2018). Il codice per l'analisi, implementato in Matlab, è semi-automatico (<https://github.com/Coastal-Imaging-Research-Network/River-Bar-Toolbox>) e identifica la barra emersa (Figura 1a) sulla base della differenza di colore tra la stessa e lo sfondo. Dopo aver ritagliato l'immagine e aver applicato una maschera su di essa, all'utente viene chiesto di classificare l'immagine (barra presente o assente, immagine scura, frangimento). Nel caso di barra visibile, il codice esegue la ricerca della barra all'interno di una finestra disegnata dall'utente. Dopodiché, il codice procede con 1) il gradiente dell'immagine, 2) la binarizzazione del gradiente e 3) operazioni morfologiche sull'immagine binaria, dove alla fine i pixels bianchi rappresentano la barra identificata (Figura 1b). A questo punto, il codice mostra il risultato del tracciamento della barra, che l'utente può accettare o meno. Nel primo caso, il codice calcola area, baricentro e perimetro della barra; nel secondo caso o nel caso in cui l'immagine ottenuta dal punto 3) risulti completamente nera, il codice

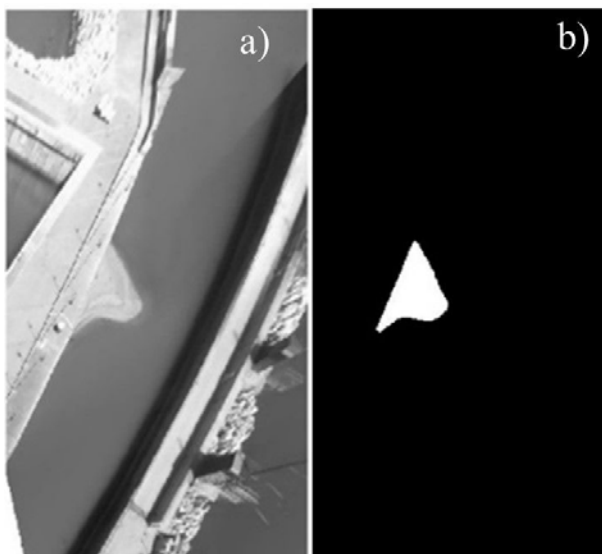


Figura 1. a) Immagine ortorettificata della barra di foce; b) Immagine binaria risultante dal passaggio 3.

procede con il miglioramento del contrasto dell'immagine tramite l'algoritmo CLAHE (Zuiderveld, 1994) e con un ulteriore tentativo di tracciamento. Nell'eventualità di tracciamento ancora errato, l'utente può disegnare manualmente il contorno della barra. Per la correlazione con le tipiche forzanti estuarine, sono stati utilizzati solo i dati di area e baricentro, per i quali è stato calcolato un dato medio giornaliero al fine di eliminare la dipendenza dei dati dalle variazioni orarie di marea.

Risultati

I risultati hanno mostrato che la barra si è formata lungo gli ultimi 200 m del canale di foce, dove avviene la convergenza tra i flussi fluviale e ondoso. Eventi di piena hanno determinato migrazioni verso mare della barra, la cui entità è dipesa da 1) la portata fluviale, 2) l'azione concomitante delle onde e 3) la posizione della barra lungo il canale. La migrazione è risultata maggiore all'aumentare della portata fluviale e minore nel caso di azione ondosa contemporanea a quella fluviale. Inoltre, a parità degli altri fattori, la barra ha mostrato migrazioni maggiori quanto più era posizionata a monte lungo il canale, in quanto più esposta all'azione diretta del flusso fluviale. Nei periodi di debole afflusso fluviale, la barra ha migrato verso monte, spinta dalle onde. Tale migrazione è stata sempre graduale e lenta, tranne che in corrispondenza di alcune tempeste di modesta intensità, che hanno causato una diminuzione dell'area della barra ed uno spostamento verso monte del baricentro della barra. I video acquisiti dalla stazione SGS hanno confermato che le onde sono state in grado di risalire all'interno dell'estuario, influenzando l'evoluzione della barra. Infine, sia la marea astronomica sia quella meteorologica non hanno avuto un'influenza dominante sull'evoluzione della barra, modificandone soltanto la porzione emersa con la loro oscillazione.

Discussione

Questo studio mostra l'effetto dell'interazione tra le forzanti agenti nell'estuario del Misa sull'evoluzione della barra di foce interna. Il flusso fluviale mobilita i sedimenti, erode la cresta della barra e deposita il materiale eroso a valle della barra, dove il flusso decelera. Questo dà luogo ad una migrazione verso mare della barra, il cui massimo valore osservato è stato di 1.74 volte la larghezza del fiume ed ha avuto luogo in 6 giorni. Le onde, al contrario, penetrano nel canale di foce e generano un trasporto di sedimenti diretto verso monte, dando luogo ad una graduale e lenta migrazione upriver della barra, il cui massimo valore osservato è stato di 2.59 volte la larghezza del fiume ed ha avuto luogo in 47 giorni. Azione fluviale ed ondosa possono combinarsi in diversi modi, causando comportamenti della barra differenti. Inoltre, la posizione della barra lungo il canale è un fattore importante in quanto determina maggiore esposizione della barra all'azione fluviale o marina a seconda che si trovi più verso monte o più verso valle. Meno importante è l'azione delle componenti della marea astronomica e meteorologica, che hanno influenzato soltanto la porzione di barra emersa, ma non la sua migrazione.

Conclusioni

L'integrazione di questi dati osservati con dati derivanti da modellazione numerica è in fase di svolgimento e permetterà di indagare molteplici scenari e di disporre di un utile strumento di monitoraggio per la zona estuarina.

Bibliografia

- Brocchini, M., Calantoni, J., Postacchini, M., Sheremet, A., Staples, T., Smith, J., Reed, A.H., Braithwaite, E.F., Lorenzoni, C., Russo, A., Corvaro, S., Mancinelli, A., Soldini, L., 2017. Comparison between the wintertime and summertime dynamics of the Misa River estuary. *Marine Geology* 385, 27–40. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2016.12.005>
- Perugini, E., Soldini, L., Palmsten, M., Calantoni, J., Brocchini, M., 2018. A new video monitoring station along the Adriatic Coast. XXXVI Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, IDRA2018, Ancona, Italy, 12-14 September 2018.
- Zuiderveld K., 1994. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. In: P.S. Heckbert (Eds.), *Graphics Gems IV*. Academic Press, pp. 474-485. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-336156-1.50061-6>

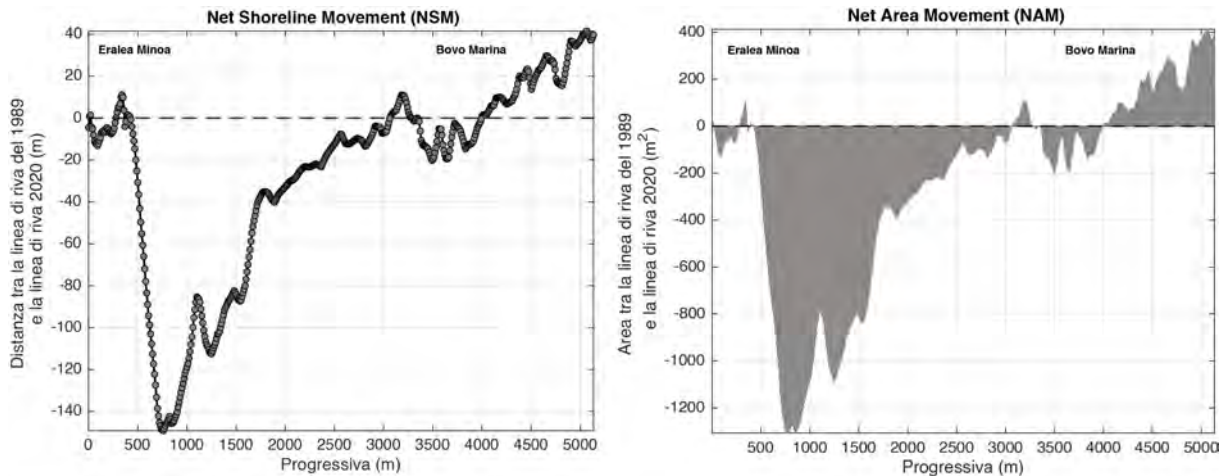
Analisi delle fluttuazioni della linea di riva con il metodo delle aree e dei transetti

Mirko Basile, Giorgio Manno, Carlo Lo Re, Giuseppe Ciruolo

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo
Viale delle Scienze, Edificio 8, 90128 Palermo

e-mail: mirko.basile@unipa.it, giorgio.manno@unipa.it, carlo.lore@unipa.it, giuseppe.ciraolo@unipa.it

Nel presente articolo si riporta una sintesi di un lavoro di ricerca in corso che riguarda l'analisi dei metodi speditivi per l'analisi evolutiva della linea di riva. In letteratura scientifica il tema è ampiamente discusso da parecchi studi scientifici che affrontano il tema (Albuquerque et al., 2013; Molina et al., 2019, ecc.). Purtroppo, ad oggi, frequentemente si osservano progetti d'interventi sulle coste che non si attengono ad una rigorosa interpretazione dei metodi scientifici già pubblicati. In particolare, si propone una robusta applicazione di un metodo che consente una precisa e speditiva valutazione dell'avanzamento e/o arretramento della linea di riva nel tempo. Nel caso di studi costieri a grande scala, le immagini aeree/satellitari sono lo strumento principale per questo tipo di analisi, avendo anche l'indiscutibile vantaggio dei loro bassi costi. Per tale ragione ormai da molti decenni si utilizzano diversi metodi di analisi che permettono di stimare le fluttuazioni della linea di riva nel tempo. Il metodo più diffuso è quello per transetti (*Transect Based Analysis* - TBA), che consiste nella determinazione delle fluttuazioni della linea di riva attraverso l'uso di transetti ortogonali alla linea di base. Una alternativa è il metodo per aree (*Area Based Analysis* - ABA), che non utilizza le distanze calcolate lungo transetti ma le aree delimitate dagli stessi (Anfuso et al., 2016). Per verità di trattazione non si parlerà dell'individuazione della linea di riva stessa all'interno di immagini storiche ma si assume che tale procedura sia effettuata con altrettanto rigore metodologico. Individuata la linea di riva con un adeguato indicatore per data immagine si assume la stessa linea di riva indicativa della data di acquisizione. È opportuno sottolineare come tale scelta contenga un errore di fondo collegato alla variabilità della posizione della linea di riva nello stesso anno (estate ed inverno) ma anche collegato allo stato del mare nella data di acquisizione. Tuttavia, di questi errori è possibile stimare le relative incertezze (Manno et al., 2017). Per evidenziare e stimare quantitativamente le fluttuazioni della linea di riva, sono stati utilizzati entrambi i metodi TBA e ABA. Il metodo proposto si basa principalmente sull'utilizzo di due *software*: QGIS per il tracciamento dei dati e un codice di calcolo *home made*, scritto in ambiente Matlab, attraverso il quale, in maniera del tutto automatica e con bassi tempi computazionali, si effettua l'analisi della dinamica temporale della linea di riva sia attraverso i transetti sia con le aree. Questi risultati, in forma vettoriale, possono essere immediatamente visualizzati in ambiente GIS. Per effettuare l'analisi diacronica sono state tracciate, utilizzando l'indicatore *wet/dry*, sette linee di riva riferite a diversi anni compresi tra il 1989 e il 2020. Il tracciamento della linea di base è stato fatto sostituendo la consueta polilinea con una *Spline*. Tale linea, infatti, riesce a seguire meglio l'andamento della linea di riva. L'area test siciliana è un tratto di costa all'interno del quale ricade la rinomata spiaggia di Eraclea Minoa (Ag). Il litorale oggetto di studio, esposto a mareggiate provenienti da SW, rappresenta in maniera netta e ben definita una microcella di sedimenti delimitata da due promontori. La spiaggia dissipativa di Eraclea ha elevata valenza naturalistica e paesaggistica ed è arricchita da una splendida pineta su un sistema dunale. Negli ultimi anni questa spiaggia è diventata una delle spiagge a maggior rischio erosione in Sicilia. Nella figura riportata di seguito, sono mostrati a titolo di esempio, alcuni risultati ottenuti attraverso la metodologia proposta.



Risultati delle analisi TBA e ABA relativi alla spiaggia di Eraclea Minoa.

Per tutta la spiaggia sono stati tracciati 513 transetti aventi la proprietà di essere equidistanti e ortogonali ad una linea di base di tipo *Spline*. Per ciascun transetto sono stati calcolati sia gli indici statistici lineari sia gli indici areali. Gli indici areali sono risultati meno sensibili all'interdistanza tra i transetti fornendo risultati utili anche per interdistanze maggiori di 40 metri. Nella figura, a titolo di esempio, è riportato il risultato relativo ai transetti con interdistanza 10 metri. Nel riquadro di sinistra è rappresentato l'indice di spostamento netto (NSM) ottenuto con il metodo TBA, mentre nel riquadro di destra sono riportati i valori di aree calcolati sulla base degli stessi transetti (metodo ABA). Quando i transetti sono tra di loro molto vicini si riescono ad evidenziare con precisione i singoli tratti in erosione o accrescimento, ma ciò comporta anche un aumento dei tempi di calcolo con la diretta conseguenza di rendere lo stesso metodo poco applicabile per studi regionali. Invece, l'utilizzo del metodo areale consente di diminuire il numero totale di transetti continuando a mantenere una buona qualità dei risultati. Inoltre, il metodo areale ha consentito di correggere errori collegati alla presenza di cuspidi o ondulazioni della spiaggia. L'analisi ABA nel caso di studio si è rivelata la soluzione più veloce e più accurata. Fornendo non solo indicazioni di dettaglio, ma anche un risultato complessivo sulla superficie di spiaggia in accrescimento o in arretramento. Inoltre, la combinazione della linea di base curvilinea (*Spline*) con l'implementazione di un metodo automatico ha reso il metodo efficace e particolarmente utile nel caso di applicazioni operative a carattere regionale.

Bibliografia

- Albuquerque M., Espinoza J., Teixeira P., de Oliveira, A., Corrêa I., & Calliari L., 2013. *Erosion or Coastal Variability: An Evaluation of the DSAS and the Change Polygon Methods for the Determination of Erosive Processes on Sandy Beaches*. Journal of Coastal Research, 165, 1710–1714.
- Anfuso G., Bowman D., Danese C., Pranzini E., 2016. *Transect based analysis versus area based analysis to quantify shoreline displacement: Spatial resolution issues*. Environmental Monitoring and Assessment, 188(10), 568.
- Manno G., Lo Re C., Ciraolo G. 2017. *Uncertainties in shoreline position analysis: The role of run-up and tide in a gentle slope beach*. Ocean Science, 13(5), 661–671.
- Molina R., Anfuso G., Manno G., Gracia Prieto F. J., 2019. *The Mediterranean Coast of Andalusia (Spain): Medium-Term Evolution and Impacts of Coastal Structures*. Sustainability, 11(13), 3539.

Evoluzione recente delle piane tidali del delta del Po

Riccardo Brunetta, Paolo Ciavola

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università di Ferrara.
Via Giuseppe Saragat, 1, 44122 Ferrara FE
e-mail: (brnr1@unife.it; cvp@unife.it)

Introduzione

Tra gli anni 50 e 60 il Delta del Po è stato colpito da numerose inondazioni che hanno coperto completamente gran parte delle zone agricole, le quali sono tuttora sommerse in molti punti. A partire dagli anni 2010, il sistema deltizio ha ripreso un processo costruttivo (Ninno et al., 2018) con un aumento dell'apporto di sedimento che ha portato alla nascita di nuove piane tidali lungo la punta del Delta, rendendo l'evoluzione di questi ambienti un possibile esempio per la ricostruzione zone umide in aree microtidali.

Area di studio e metodi

L'area di studio presa in considerazione è una giovane piana tidale di 10 ha collocata a Nord del ramo del Po della Pila (Figura 1a, 1b, 1c), dove, a partire da ottobre 2018 sono state svolte dettagliate campagne topografiche, analisi sedimentologiche, revisioni delle ortofoto storiche e uno studio del tasso di sedimentazione, le quali hanno permesso una ricostruzione dell'evoluzione della zona negli ultimi 50 anni.

Risultati e discussione della possibile evoluzione futura

Analisi fotogrammetriche e morfologiche dei prodotti DSM, ottenuti attraverso 4 voli effettuati con UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), mostrano un tasso di variazione verticale medio di 1.3 cm l'anno, con una media di 800 m³ l'anno, distribuiti in particolare nella zona settentrionale dell'area di studio (Brunetta et al., 2021). Le ortofoto evidenziano la presenza di differenti aree di deposizione (Figura 1d, 1e) caratterizzate dalla presenza di un grande *crevasse splay* che si sviluppa a partire dalle due bocche ad est che collegano il canale fluviale con la piana. La granulometria della piana tidale è principalmente fine (da argilla leggermente siltosa ad argilla sabbiosa leggermente siltosa). Sono state distinte due subfacies: la più superficiale si estende nei primi ~10 cm ed è caratterizzata da un aumento nella quantità di sabbia nella zona centrale ai *crevasse splay*; la seconda subfacies si estende da ~10 a ~25 cm ed è caratterizzata da sedimento più grossolano vicino agli argini dei canali fluviali ad est. L'utilizzo di trappole per sedimenti ha permesso di calcolare i tassi di deposizione in tre periodi differenti. Nel periodo di Settembre 2019 e in quello di Marzo 2021 i valori oscillano tra 1.0 e 4.7 g/m² all'ora, e solo nel caso di Giugno-Luglio 2020 i valori hanno raggiunto 9.2 g/m² all'ora.

I periodi di accrezione sono stati comparati con la portata media e il livello idrometrico della stazione di Pontelagoscuro (AIPO), mettendo in evidenza come aumenti in questi coincidano con eventi di piena (con valori superiori a 5000 m³/s), durante il periodo invernale. La presenza di *crevasse splay*, la distribuzione granulometrica e il sedimento depositato suggeriscono che sia il fiume la principale fonte di apporto sedimentario, mentre l'effetto della marea è relativamente contenuto come agente di trasporto sedimentario.

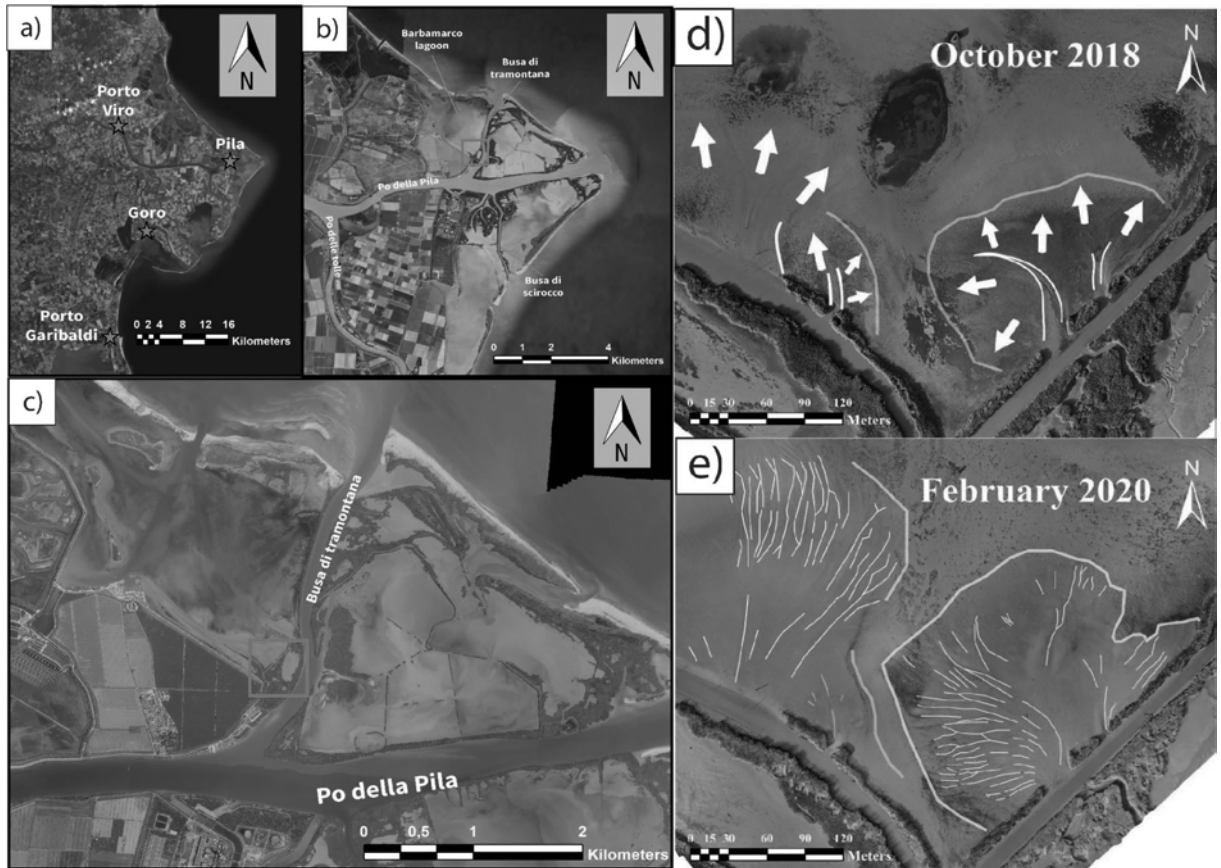


Figura 1. a) Delta del Po; b) ingrandimento della porzione settentrionale del Delta; c) Posizione dell'area di studio; d) Ortofoto dell'Ottobre 2018 e relativa spiegazione del meccanismo di deposizione; e) Ortofoto di Febbraio 2020 e localizzazione delle tre aree deposizionali: ad est è visibile il crevasse splay più esteso a partire dalle due bocche del canale che si estende in direzione NNE; verso sud-ovest è visibile il crevasse splay più piccolo a partire dalla bocca del canale che si estende in direzione WNW; verso nord-ovest è presente una grande area deposizionale che si estende verso nord.

Le ortofoto storiche hanno mostrato che l'evoluzione dell'area di studio è stata innescata dopo gli anni 2000, dopo lo scavo che portò alla formazione del canale in direzione NNE.

Lo scopo finale del lavoro consiste nell'identificare l'elevazione ottimale per la crescita della vegetazione alofila, potendo quindi supportare future politiche di ricostruzione di zone umide per contrastare l'innalzamento relativo del livello del mare. Affinché la vegetazione di barena possa colonizzare la piana tidale, questa necessita di raggiungere il MHT-Mean High Tide (Bakker et al., 2014). Dato l'attuale MHT (0.38 cm sopra il l.m.m. ottenuto dalla stazione di Porto Garibaldi (2009-2019) e l'elevazione della piana tidale (<0.3 cm sopra il l.m.m.), se il trend positivo sarà costante, saranno necessari almeno 10 anni prima che la superficie della piana possa raggiungere una quota adeguata. Nonostante tutto, l'accumulo sedimentario è concentrato nella regione nord, il che suggerisce una seconda ipotesi secondo la quale la piana tidale, prima di poter elevarsi, tenderà ad aumentare in estensione all'interno della laguna, rallentando quindi la crescita verticale.

Bibliografia

- Bakker, J.P., 2014. Ecology of salt marshes: 40 years of Research in the Wadden Sea. *Leeuwarden*: Wadden Academy, 53.
- Brunetta R., Duo E., and Ciavola P., 2021. Evaluating Short-Term Tidal Flat Evolution Through UAV Surveys: A Case Study in the Po Delta (Italy). *Remote Sens.*, 13(12), 2322. doi:10.3390/rs13122322
- Ninfo A., Ciavola P, Billi P., 2018. The Po Delta is restarting progradation: geomorphological evolution based on a 47-years Earth Observation dataset. *Sci Rep* 8, 3457. doi:10.1038/s41598-018-21928-3.

La tecnologia di accrescimento minerale per la nuova vita delle piattaforme offshore O&G

Giuseppina Colaleo, Pasquale Contestabile, Diego Vicinanza

Affiliazione: Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania,

Indirizzo: via Roma 29, 81031 Aversa, Caserta, Italia

e-mail: giuseppina.colaleo@unicampania.it

Introduzione

Con l'approssimarsi della conclusione della vita produttiva delle piattaforme offshore di petrolio e gas, la cui vita media oscilla tra i 10 e i 50 anni, si pone la questione della dismissione e di cosa fare con le strutture esistenti.

In termini di *decommissioning* la maggior parte delle nazioni richiede la completa rimozione delle strutture obsolete. È ormai accertato che durante la loro vita produttiva, le piattaforme sono in grado di sostenere numerose e diversificate comunità planctoniche e bentoniche, molte delle quali di notevole significatività ecologica. Risulta pertanto improbabile che la rimozione di tali strutture possa costituire *ipso facto* la migliore pratica da un punto di vista ambientale/ecologico: anzi, tale consapevolezza sta portando alcune nazioni a mantenere parti di strutture obsolete al fine di conservarne la funzione di *reef* artificiali o a trovare soluzioni alternative per un loro riutilizzo sostenibile.

In questa ottica, il nostro lavoro, svolto nell'ambito del progetto PLaCE, si pone l'obiettivo di migliorare le conoscenze sulla tecnologia di accrescimento minerale in grado di proteggere le strutture offshore dalla corrosione e generare un substrato di carbonato di calcio altamente colonizzabile dagli organismi marini. Inoltre, sono in corso numerosi studi sul potenziale della suddetta tecnologia per il ripristino e la protezione delle coste.

Materiali e metodi

Il processo si fonda sulla capacità di precipitazione e deposizione dei minerali disciolti in acqua marina sulle superfici metalliche quando inserite nell'ambito di un processo di elettrolisi. Il carbonato di calcio può presentarsi in forme diverse: nell'acqua di mare, in cui il rapporto Mg/Ca è di circa 5:1, l'aragonite è la forma privilegiata. Quando il pH interfacciale supera il valore di 9.3 può verificarsi la precipitazione di idrossido di magnesio (brucite).

Area di studio, materiali e metodi

La struttura selezionata per studiare la riconversione è la piattaforma Viviana, di tipo monotubolare, localizzata a circa 9 km di distanza dalla costa abruzzese con una profondità del fondale di circa 20 m. Al fine di una più rapida ottimizzazione delle condizioni di processo delle sperimentazioni previste nell'area della piattaforma Viviana, si è provveduto alla formalizzazione di un accordo quadro con il comune di Bergeggi - Area Marina Protetta "Isola di Bergeggi", in Liguria, volta alla installazione di strutture prototipali sperimentali posizionate fra una batimetrica dei 15 e dei 20 m, su un fondale caratterizzato da praterie di posidonia oceanica e da tratti rocciosi con formazioni a coralligeno.

Ogni modulo è costituito da 8 catodi di forma di barre cilindriche. Uno dei due moduli è stato elettrificato e alimentato da una corrente diretta a bassissima tensione (2,5 volt), il secondo, invece non è elettrificato e funge quindi da controllo.

Sul modulo elettrificato è presente centralmente un anodo, non smontabile, costituito da un cilindro in pvc rivestito da una rete in lega di titanio. Poco distante dalle gabbie è stata installata 1 sonda multiparametrica per il rilevamento dei dati ambientali di temperatura, salinità e ossigeno disciolto. Ognuna delle 8 barre verrà prelevata in periodi diversi per tenere conto delle variazioni ambientali legate alla stagionalità.

Risultati

I risultati dell'analisi X-ray diffraction (XRD) hanno evidenziato che il deposito minerale, che nella barra prelevata 15 giorni dopo l'installazione era caratterizzato da circa il 99% di aragonite, ha presentato caratteristiche stabili nel corso dei diversi campionamenti effettuati (da settembre 2020 a gennaio 2021), con percentuali di aragonite e brucite del 50% circa.

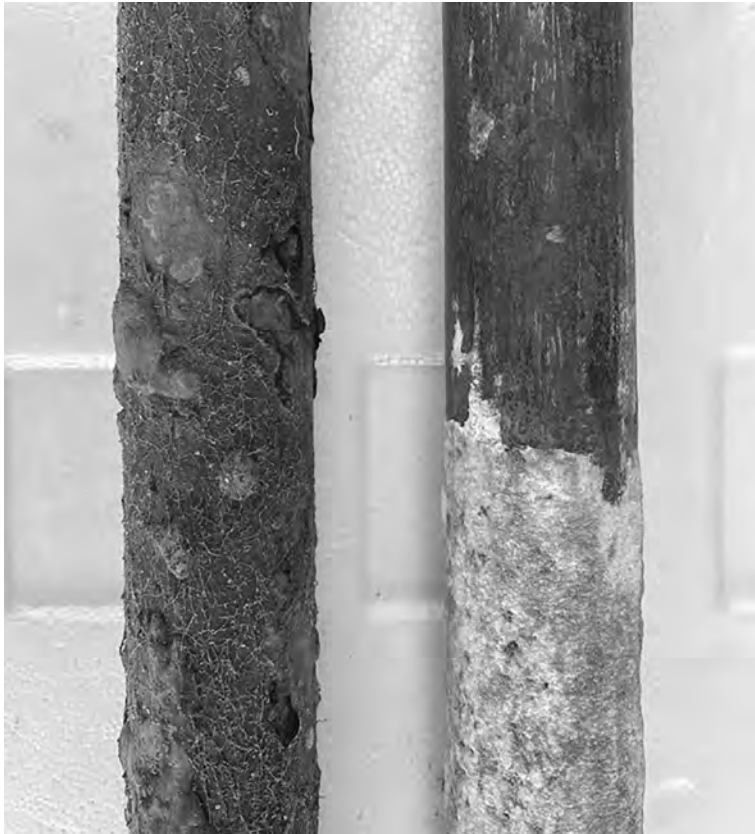


Figura 1. A sinistra barra non elettrificata, a destra barra elettrificata dopo l'operazione di scraping.

Conclusioni

I risultati riportati in questo studio forniscono nuovi elementi per l'applicazione della tecnologia LVMD in contesti ambientali marini diversi da quelli già oggetto di sperimentazione, con l'obiettivo di proteggere le strutture in acciaio dalla corrosione e contribuire alla sostenibilità del capitale naturale.

Bibliografia

- Truchon, S. P., Brzuzy, L. P., Fawcett, D., & Fonseca, M., 2015. *Innovative assessments for selecting offshore-platform-decommissioning alternatives*. *Oil and Gas Facilities*, 4: 47-55.
- Hilbertz W., 1979. *Electrodeposition of minerals in sea water: Experiments and applications*. *IEEEJ.Ocean. Eng.*, 4: 94-113.
- Margheritini, L., Colaleo, G., Contestabile, P., Bjørgård, T. L., Simonsen, M. E., Lanfredi, C., ... & Vicinanza, D., 2020. *Development of an Eco-Sustainable Solution for the Second Life of Decommissioned Oil and Gas Platforms: The Mineral Accretion Technology*. *Sustainability*, 12: 3742.
- Strömberg, S. M., Lundälv, T., & Goreau, T. J., 2010. *Suitability of mineral accretion as a rehabilitation method for cold-water coral reefs*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 395: 153-161.

Sperimentazione di una nuova tecnica eco-compatibile per la riduzione dell'erosione delle dune costiere

Elisa Leone

Università del Salento – Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione
via per Monteroni, 73100, Lecce
elisa.leone@unisalento.it

Introduzione

Le dune costituiscono la barriera naturale che protegge gli ambienti costieri dalle inondazioni dovute alle mareggiate. Considerando il costante aumento della popolazione lungo le coste e l'impatto delle attività umane su tutti gli ambienti costieri, le attività di difesa e restauro delle aree costiere stanno acquisendo sempre maggiore importanza. Alle tecniche costruttive tradizionali che utilizzano roccia, calcestruzzo e acciaio, si affiancano nuove tecniche alternative che prevedono soluzioni naturali, sostenibili ed eco-compatibili, molte delle quali incentrate sull'uso della vegetazione per ridurre l'azione erosiva delle onde. Nonostante i validi risultati, soprattutto per quanto riguarda l'attenuazione delle onde e delle forze di trascinamento, una questione ricorrente che viene affrontata nella stabilizzazione delle dune tramite la vegetazione è una possibile influenza negativa sulla biodiversità (Martinez et al., 2013). Nel presente studio è stata verificata l'affidabilità di una tecnica innovativa che consiste nell'utilizzo di una soluzione a base di silice colloidale al fine di ottenere uno strato consolidato di sabbia in grado di ridurre il processo di erosione dovuto all'azione delle onde.

Materiali e metodi

Materiale consolidante

L'additivo consolidante consiste in una sospensione acquosa in cui sono disperse particelle nanometriche di biossido di silicio (SiO_2) in forma colloidale (Chierigato et al., 2014). La miscela, non tossica, è simile al materiale naturalmente presente negli ambienti costieri, motivo per il quale viene associata ad una "sabbia liquida". L'azione consolidante è resa possibile grazie all'aggiunta di un componente attivatore, ovvero una soluzione di cloruro di sodio che innesca un processo di gelificazione e induce la sospensione a diventare un gel. Il risultato, dopo il tempo di gelificazione, consiste in un processo di riempimento dei pori e un aumento della coesione dello strato superficiale della duna (Proia et al., 2017).

Modello fisico

Lo studio si è concentrato sull'efficacia della tecnica di consolidamento proposta tramite l'applicazione del materiale colloidale su un modello in scala spiaggia-duna costruito all'interno del canale 2D del laboratorio idraulico EUMER (www.eurmer.eu). Il modello riproduce una morfologia associabile ai tratti costieri della Puglia. Il programma sperimentale completo comprende misure della superficie libera variabile nel tempo attraverso un sistema di sonde resistive e del profilo di spiaggia cross-shore tramite un profilatore laser.

Caratteristiche degli attacchi ondosi

Durante la campagna sperimentale, due serie di esperimenti sono state condotti per osservare il processo di erosione e confrontare il comportamento del sistema in diverse condizioni. Dopo la prima serie di esperimenti, eseguiti in condizioni del sistema spiaggia-duna composto da sabbia naturale, indicati con la lettera **N** (Duna Naturale), sono stati studiati gli effetti della deposizione di silice colloidale sulla superficie della duna

nei test indicati con la lettera **C** (Duna Consolidata). Sono stati effettuati sette test le cui condizioni d'onda irregolari ed erosive sono state scelte in modo da ricoprire un vasto range di ripidità dell'onda s (0.01-0.07). Per ogni test, il profilo di spiaggia è stato acquisito dopo 230, 460, 790 e 1120 onde.

Risultati

La progressione dell'erosione della duna è stata analizzata per quantificare l'effetto del materiale consolidante. L'area erosa della sezione trasversale è stata normalizzata rispetto al quadrato dell'altezza dell'onda (A_*) e plottata insieme alla ripidità dell'onda s per il numero di onde 230, 460, 790 e 1120 (Figura 1). Le relazioni empiriche sono state ricavate adattando un modello esponenziale ai dati osservati. Il grafico mostra una differenza significativa in termini di area erosa normalizzata tra i test **N** e i test **C** confermando un comportamento di resistenza all'erosione che risulta significativamente minimizzata. Tuttavia, l'evento erosivo osservato nel gruppo dei test **C** si è verificato in due test tra 790 e 1120 onde portando così a definire il limite del metodo di consolidamento studiato per i test effettuati.

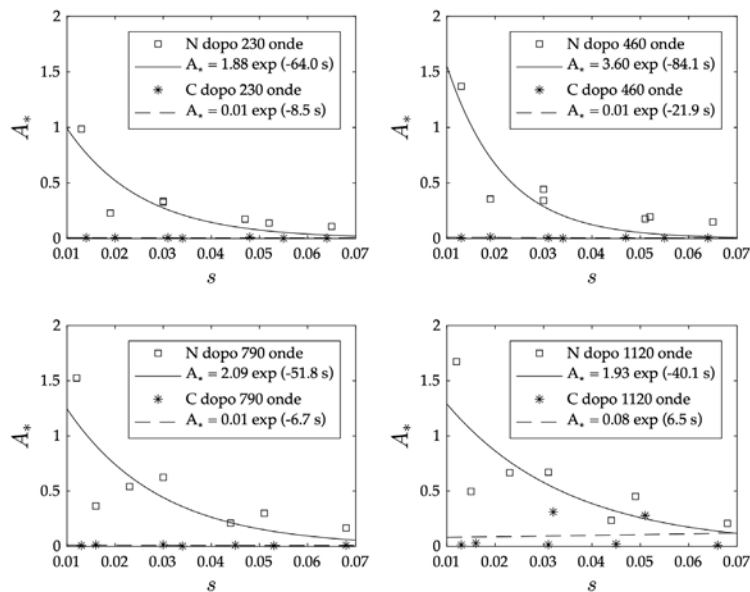


Figura 1. Area erosa normalizzata A_* in funzione della ripidità dell'onda s per il numero di onde 230 (in alto a sinistra), 460 (in alto a destra), 790 (in basso a sinistra) e 1120 (in basso a destra).

Conclusioni

È stata proposta e verificata una tecnica innovativa per il consolidamento delle dune costiere. Si è osservato che con l'aggiunta della soluzione consolidante a base di nanosilice, il profilo cross-shore per cinque condizioni d'onda è rimasto invariato per tutta la durata del test, mentre per due condizioni d'onda si è osservato un ritardo nel processo di erosione. I presenti risultati dimostrano una riduzione del volume di erosione della duna che permette di evidenziare un miglioramento della resistenza del sistema e aumento della longevità delle dune costiere.

Bibliografia

- Martínez M. L., Hesp P. A., Gallego-Fernández J. B., 2013. *Coastal dune restoration: trends and perspectives*. In: Restoration of coastal dunes. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 323-339.
- Chieragato A., Salazar C.G.O., Todaro C., Martinelli D., Peila D., 2014. *Test di Laboratorio di Iniezione per l'impermeabilizzazione e Consolidamento di Terreni Granulari per Mezzo di Materiali Innovativi*. GEAM (GEoingegneria Ambientale e Mineraria). Milan, Italy.
- Proia R., Salvatore E., Mascolo M. C., Modoni G., Traldi D., 2017. *Miglioramento delle sabbie con aggiunta di nanomateriali*. Conf. AGI. Roma. L'ingegneria geotecnica nella conservazione e tutela del patrimonio costruito.

Impatto da moto ondosso

Stefano Marino¹, Alessandra Saponieri², Corrado Altomare³, Leonardo Damiani¹

¹Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio e di Chimica, Politecnico di Bari (Bari)

²Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento (Lecce)

³Laboratorio di Ingegneria Marittima (LIM), Universitat Politècnica de Catalunya
BarcelonaTech (Barcelona, Spagna)
Email: stefano.marino@poliba.it

Introduzione

Il rischio inondazioni della fascia costiera è amplificato dagli effetti del progressivo intensificarsi delle mareggiate e dell'innalzamento del livello medio mare. Per garantirne la resilienza, è necessaria la progettazione di nuove opere di difesa e l'adeguamento di quelle esistenti. In contesti caratterizzati da fondali bassi (shallow foreshore), le opere esistenti si sono mostrate spesso inadeguate nel fronteggiare le azioni indotte dal moto ondosso.

Il lavoro mostra i risultati ottenuti durante una campagna sperimentale, su un modello fisico bidimensionale in scala 1/25 di una diga aderente alla costa con muro verticale sovrastante, realizzato su un profilo di spiaggia a debole pendenza. Gli stessi, sono stati utilizzati per la calibrazione e la validazione del modello SWASH (Zijlema et al., 2011), con riferimento alle capacità predittive per la stima delle azioni indotte dal moto ondosso incidente sulla parete verticale, attraverso la discretizzazione verticale della griglia computazionale.

Il modello Sperimentale

La campagna di test sperimentale è stata condotta presso il canale del Laboratorio dell'Università di Ghent (Belgio). In Figura 1 si riportano la sezione longitudinale e la pianta del modello realizzati in scala indistorta di Froude 1:25. Il canale è stato suddiviso longitudinalmente in due partizioni rispettivamente di 0.30 m e 0.70 m. Nella prima sono state misurate le condizioni di moto ondosso incidente ($H_{m0,toe}$) in assenza di struttura. Nella seconda sono state valutate le forze indotte sulla parete verticale e l'overlapping. Le caratteristiche del moto ondosso al largo e al piede della struttura sono state registrate per mezzo di 9 sonde resistive (WG1-WG9) e due sonde acustiche (AWA1-2). Le forze indotte dal moto ondosso sono state rilevate per mezzo di due celle di carico. Il volume d'acqua trascinata è stato misurato con una cella di carico che ha registrato per tutta la durata dei tests la massa d'acqua raccolta.

In totale sono stati eseguiti 41 tests, in condizioni di shallow foreshore, ovvero con bassa pendenza del fondale al piede, sulla base della classificazione proposta in Altomare et al. (2016).

Il modello numerico SWASH

Un'analisi numerica è stata realizzata in SWASH. Il modello simula i processi di trasformazione del moto ondosso sotto costa, sulla base delle equazioni non lineari in acque basse nella condizione di distribuzione non idrostatica delle pressioni. La fase di calibrazione dello stesso è stata eseguita con i risultati sperimentali derivanti dai test svolti in assenza della struttura. A seguito dell'analisi di riflessione condotta con le sonde poste a largo (Figura 1 WG1-3) è stata estrapolata la serie temporale di elevazione d'onda incidente, usata come input per il modello. Si è definita una griglia computazionale regolare, rettangolare e monodimensionale nella direzione di propagazione del moto ondosso e successivamente ad un'analisi di sensitività sulla discretizzazione spaziale della griglia, è stata scelta una dimensione della cella di calcolo di 0.05 m. Il coefficiente di attrito secondo la formulazione di Manning è stato posto uguale a $0,019 \text{ s/m}^{1/3}$. Infine, la lunghezza di ogni test è stata fissata a 40 minuti, coincidente con la durata di ogni prova sperimentale.

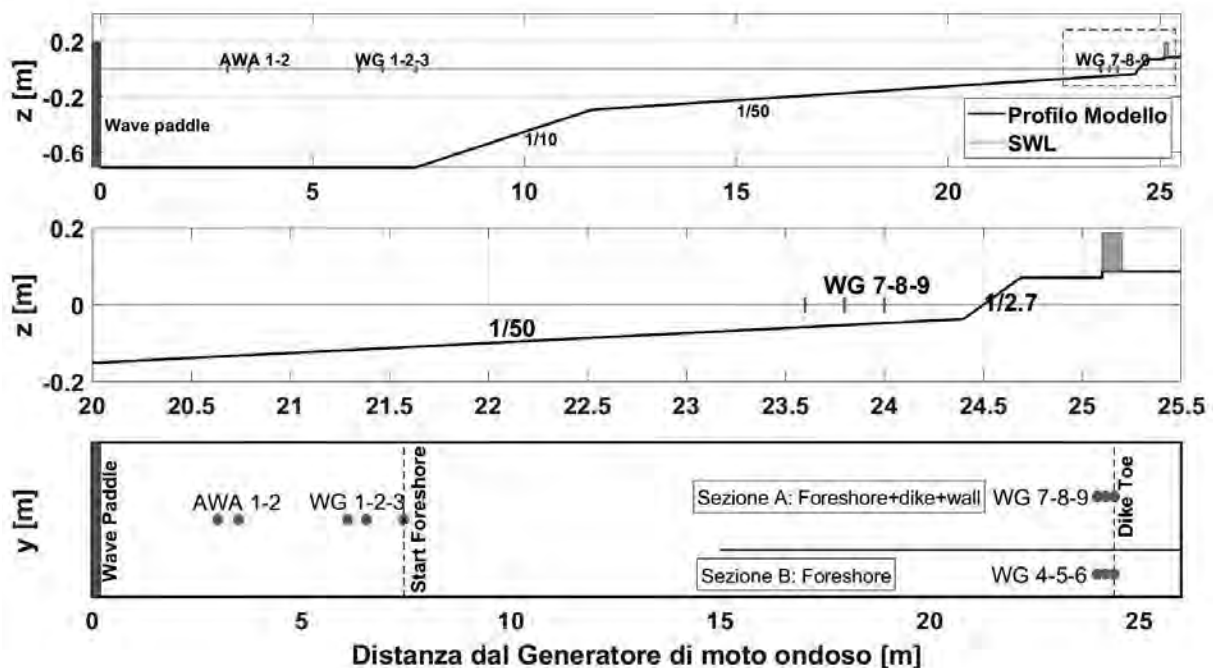


Figura 1. Sezione del modello fisico (a); Particolare della struttura, fondale e opera a parete verticale (b); Planimetria del modello fisico (c).

Conclusioni

Due configurazioni del modello, distinte in base al numero di layer usati per la discretizzazione lungo la verticale della griglia computazionale (Gruwez et al., 2020), sono state utilizzate per stimare la componente orizzontale della forza esercitata dal moto ondoso sulla parete verticale. A seguito di una prima analisi, si è riscontrato un incremento dei tempi di calcolo all'aumentare del numero di layer, senza un significativo miglioramento dei risultati rispetto alla configurazione con un singolo layer. Tuttavia, deve essere ancora realizzato un confronto completo con i dati sperimentali raccolti. Infine, il modello si è mostrato robusto ed efficace nel riprodurre le caratteristiche del moto ondoso in termini di altezza significativa sia a largo ma soprattutto al piede della struttura dove, a seguito del forte frangimento indotto dai bassi fondali la forma dello spettro d'onda si è completamente modificata (Suzuki et al., 2017).

Bibliografia

- Altomare C., Suzuki T., Chen X., Verwaest T., Kortenhuis A., 2016. Wave overtopping of sea dikes with very shallow foreshores. *Coastal Engineering*, 116, 236–257. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.07.002>
- Gruwez V., Altomare C., Suzuki T., Streicher M., Cappietti L., Kortenhuis A., Troch P., 2020. An inter-model comparison for wave interactions with sea dikes on shallow foreshores. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(12), 985.
- Suzuki T., Altomare C., Veale W., Verwaest T., Trouw K., Troch P., Zijlema M., 2017. Efficient and robust wave overtopping estimation for impermeable coastal structures in shallow foreshores using SWASH. *Coastal Engineering*, 122(January), 108–123. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.01.009>
- Zijlema M., Stelling G., Smit P., 2011. SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters. *Coastal Engineering*, 58(10), 992–1012. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2011.05.015>

Robot marini autonomi per analisi batimetriche e mappature intelligenti dei fondali

Alessandro Ridolfi^{1,2,*}, Nicola Secciani^{1,2}, Mascha Stroobant³, Matteo Franchi^{1,2}, Leonardo Zacchini^{1,2}, Riccardo Costanzi^{1,4}, Giovanni Peralta^{1,4}, Luigi E. Cipriani⁵

*alessandro.ridolfi@unifi.it

¹Interuniversity Center of Integrated Systems for the Marine Environment (ISME)

²Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Firenze (DIEF)

³Area Ricerca e Trasferimento Tecnologico, Unità Progetti di Ricerca, Università degli Studi di Firenze

⁴Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Centro di Ricerca "E. Piaggio", Università di Pisa

⁵Direzione "Difesa del Suolo e Protezione Civile" - "Tutela Acqua, Territorio e Costa", Regione Toscana

Introduzione

L'impatto di eventi meteorologici straordinari è un argomento cruciale quando si parla di conservazione e gestione dell'ambiente marino-costiero. Questi negli ultimi anni stanno diventando, come conseguenza del riscaldamento globale, non solo più frequenti ma anche più violenti. Il sovrapporsi di questi ai normali processi geomorfologici fa sì che le zone costiere siano sottoposte ad un'ampia gamma di processi caratterizzati da scale temporali e spaziali molto diverse. La pianificazione e la gestione delle zone litorali richiede pertanto una conoscenza puntuale dei fenomeni che le caratterizzano (Bartolini et al., 2018). Il monitoraggio periodico è un'attività vitale e funzionale, ma effettuato nella sua modalità standard di solito non fornisce informazioni che possano supportare efficacemente il processo decisionale di breve periodo. Tali operazioni risentono infatti di una considerevole complessità logistica e di costi elevati poiché, generalmente, comportano l'impiego di aeromobili o veicoli marittimi dotati di sensori specifici. Inoltre, la disponibilità di tali mezzi non è sempre garantita; pertanto, condurre tali campagne di monitoraggio richiede solitamente una lunga pianificazione. Di conseguenza, raccogliere informazioni subito prima o subito dopo un evento di interesse (ad esempio, una tempesta particolarmente violenta) rimane difficile da realizzare. Da questa difficoltà deriva spesso la perdita di dati cruciali per migliorare i modelli incaricati di prevedere fenomeni come la distribuzione dei sedimenti, i cambiamenti volumetrici e la migrazione delle barre.

Il potenziale della robotica marina

Dispositivi robotici compatti, come ad esempio veicoli autonomi di superficie (ASV), veicoli subacquei autonomi (AUV) e veicoli a comando remoto (ROV), possono rappresentare una valida alternativa e una soluzione a tale problematica. Negli ultimi decenni, questi veicoli sono diventati sempre più compatti e robusti. Inoltre, sono ora in grado di eseguire rilievi frequenti, rapidi e completamente autonomi grazie a strategie di rilevamento ottimizzate. ASV, AUV e ROV sono tutti in grado di trasportare un'ampia varietà di sensori, alcuni dei quali servono alla navigazione e altri, il cosiddetto "payload", che invece vengono utilizzati per la raccolta di dati sensibili sull'ambiente. Uno degli aspetti più importanti della robotica marina è rappresentato dalla strategia di navigazione intesa come la stima in tempo reale della posizione, dell'orientamento e della velocità del veicolo. Infatti, il segnale GNSS non è un'opzione negli ambienti subacquei a causa della nota proprietà dell'acqua di assorbire altamente le onde elettromagnetiche. L'importanza di questo aspetto va oltre la capacità di muoversi agevolmente lungo il percorso desiderato: riguarda anche la capacità di geo-referenziare i dati acquisiti. Le moderne tecniche di navigazione coinvolgono comunemente approcci di sensor fusion che fondono i dati provenienti dai vari sensori equipaggiati secondo l'approccio di Kalman (Bresciani et al., 2020). I tipici sensori su cui si fa affidamento per la navigazione sono i Doppler Velocity Logs (DVL) che misurano la velocità del veicolo e le Inertial Measurements Units (IMU) che forniscono dati inerziali (come accelerazioni, velocità angolari e, nella maggior parte dei casi, anche riferimenti magnetici). Per quanto riguarda il payload è invece possibile equipaggiare sensori acustici, come Side Scan Sonars

(SSS), Multi-Beam Echo Sounders (MBES), o Single-Beam Echo Sounders (SBES), oppure ottici, come camere subacquee. In ambienti dove la torbidità dell'acqua è molto bassa, i cambiamenti di luce sono poco frequenti e nei casi in cui si necessiti informazioni sul colore si ricorre ai sensori di tipo ottico; quando invece queste condizioni non sono soddisfatte si preferisce utilizzare sensori di tipo acustico. È inoltre possibile utilizzare contemporaneamente entrambe le tipologie di sensore per fondere poi in post-processing i dati raccolti al fine di migliorarne la qualità. Attraverso l'utilizzo di questa sensoristica è possibile ricavare informazioni interessanti nella forma di mosaici ottici o acustici, oppure mappe batimetriche (vedi Figura 1)(Franchi et al., 2018). Un'ultima importante caratteristica dei droni marini è la capacità di ottimizzare le missioni in maniera autonoma per massimizzare la copertura dell'area da investigare, evitare ostacoli o aree pericolose, oppure minimizzare il consumo energetico o il tempo missione. Generalmente si ricorre a due tipi di approcci: *combinatorial planning*, se si ha conoscenza a priori del sito, oppure *sampling-based planning*, se viceversa, l'ambiente da esplorare non è conosciuto.

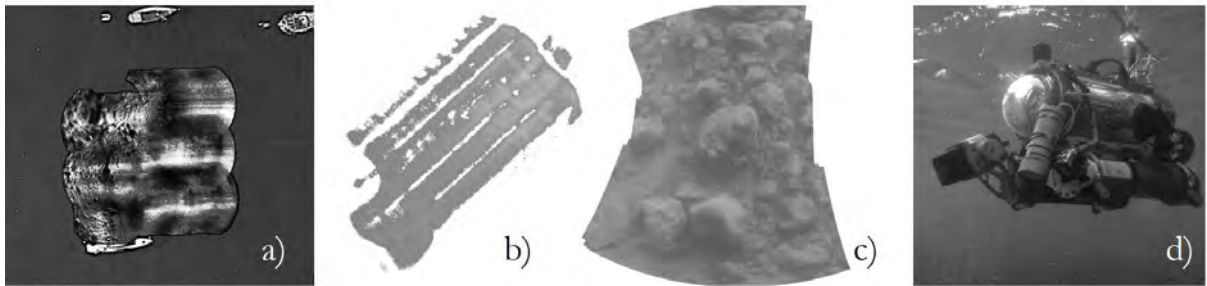


Figura 1. Un esempio di: a) mosaico acustico, b) nuvola di punti batimetrica, c) mosaico ottico acquisiti con FeelHippo d), l'AUV compatto realizzato dal Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze.

Discussione e conclusioni

L'uso di questi veicoli robotici per integrare le attuali strategie di monitoraggio costiero si presenta come particolarmente promettente, soprattutto quando si considerano gli ambienti microtidali. Le caratteristiche che li rendono complementari alle tecniche standard di monitoraggio riguardano principalmente il tempo di intervento, la ridotta necessità di personale e la possibilità di esplorare aree in acque molto basse e le condizioni di opere di difesa rigida dopo una forte mareggiata. Questi veicoli richiedono generalmente poca logistica e breve preavviso prima dell'impiego sul campo. Ciò significa che possono essere utilizzati sia per indagini intensive (ad esempio, subito dopo un evento estremo o una tempesta) che per il monitoraggio ricorrente. Inoltre, essendo alimentati da algoritmi basati sull'intelligenza artificiale, questi robot possono navigare, raccogliere dati e prendere decisioni autonomamente.

Bibliografia

- Bartolini S. et al. "Augmented virtuality for coastal management: A holistic use of in situ and remote sensing for large scale definition of coastal dynamics." ISPRS International Journal of Geo-Information 7.3 (2018): 92.
- Bresciani M., et al. "Comparative analysis of EKF and Particle Filter performance for an acoustic tracking system for AUVs exploiting bearing-only measurements." Global Oceans 2020: Singapore-US Gulf Coast. IEEE, 2020.
- Franchi M. et al. "A forward-looking sonar-based system for underwater mosaicing and acoustic odometry." 2018 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicle Workshop (AUV). IEEE, 2018.

La Spiaggia Ecologica: il modello di gestione che coniuga turismo balneare e salvaguardia degli ecosistemi costieri

Alice Rotini e Stefania Chiesa

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma
e-mail: alice.rotini@isprambiente.it

Introduzione

La *Posidonia oceanica* è una pianta marina endemica del Mar Mediterraneo, dove forma estese e dense praterie, che producono grandi quantità di ossigeno e di biomassa vegetale, svolgendo anche un ruolo di difesa naturale delle coste dall'erosione. La *P. oceanica*, come avviene nelle piante terrestri, perde le foglie arrivate alla fine del loro ciclo vitale. Correnti e mareggiate trasportano queste foglie e in parte le depositano sulle spiagge antistanti le praterie a formare degli accumuli, più o meno permanenti, come le cosiddette *banquette*: strutture compatte ed elastiche che possono raggiungere 2 m di altezza (Boudouresque et al., 2016). Gli spiaggiamenti di posidonia limitano i processi erosivi trattenendo grandi quantità di sedimento, favoriscono lo sviluppo della vegetazione dunale e offrono cibo e riparo a molti organismi. Tuttavia, fruitori e gestori delle spiagge le considerano spesso un rifiuto sgradevole da rimuovere, piuttosto che una componente naturale della spiaggia. Anche a causa del vuoto normativo, i gestori balneari e le amministrazioni spesso gestiscono la biomassa di posidonia spiaggiata come un rifiuto, prevedendone la rimozione e il conferimento in discarica. Questa pratica scorretta e costosa ha con un notevole impatto ambientale: sottrae il sedimento intrappolato nella *banquette*, la biomassa e i nutrienti utili agli ecosistemi costieri; priva le spiagge del sistema naturale di protezione, esponendole maggiormente a fenomeni di erosione; aumenta i costi diretti e indiretti per la gestione degli arenili. In questo contesto, nell'ambito del progetto BARGAIN finanziato dalla Regione Lazio, è stato sviluppato un modello di gestione innovativo e integrato, denominato SPIAGGIA ECOLOGICA, che verrà qui brevemente descritto. Tale modello nasce con l'intento favorire la conservazione della *banquette* e dei depositi di posidonia, attraverso una convivenza equilibrata di elementi naturali e antropici (ISPRA, 2020).

Descrizione del modello di Spiaggia Ecologica

La realizzazione del modello della SPIAGGIA ECOLOGICA prevede una serie di passaggi cruciali, di seguito brevemente descritti. Per un'analisi più dettagliata e completa, si rimanda alla recente pubblicazione di Rotini et al., 2020.

1. Conoscenza del quadro giuridico, geografico ed ecologico

Il fenomeno dello spiaggiamento di posidonia non è facilmente prevedibile sia in termini spaziali che temporali, oltre che quantitativi. L'identificazione dei siti di deposito può essere effettuata con diverse metodiche più o meno sofisticate: tra questi, gli approcci basati sulla *Citizen Science* per monitorare le variazioni temporali e per garantire un'ampia copertura geografica dei dati sembrano molto promettenti. Inoltre, un'adeguata caratterizzazione degli spiaggiamenti è fondamentale per valutare le strategie di gestione più opportune. Infine, è importante considerare il contesto legislativo che attualmente risulta carente rispetto al tema della posidonia spiaggiata, al netto di due circolari ministeriali di settore (es. circolare n. 8838/2019 del MATTM) e di alcune leggi regionali.

2. Selezione di opzioni di gestione ecosostenibili

Le opzioni gestionali previste dal modello della Spiaggia Ecologica sono riassunte nel diagramma di flus-

so. Le linee-guida ISPRA recentemente pubblicate (ISPRA, 2020) rappresentano uno strumento utile per orientarsi tra le possibili opzioni gestionali che le amministrazioni possono adottare in un modello di spiaggia ecologica, evitando lo smaltimento in discarica ma valutando soluzioni diverse, flessibili e/o integrate, anche in base alla specificità dei luoghi ed al contesto socio-economico.

3. Attività di sensibilizzazione e formazione

Le attività di sensibilizzazione dei cittadini e dei gestori balneari sono fondamentali per modificare la percezione negativa del fenomeno, dovuta perlopiù alla scarsa conoscenza e alla mancata consapevolezza dell'importanza ecologica delle *banquette*. Il coinvolgimento di ragazzi in età scolare è cruciale, per il grande interesse che dimostrano per le tematiche ambientali e perché di fatto sono coloro che influenzeranno i futuri modelli di consumo e produzione.

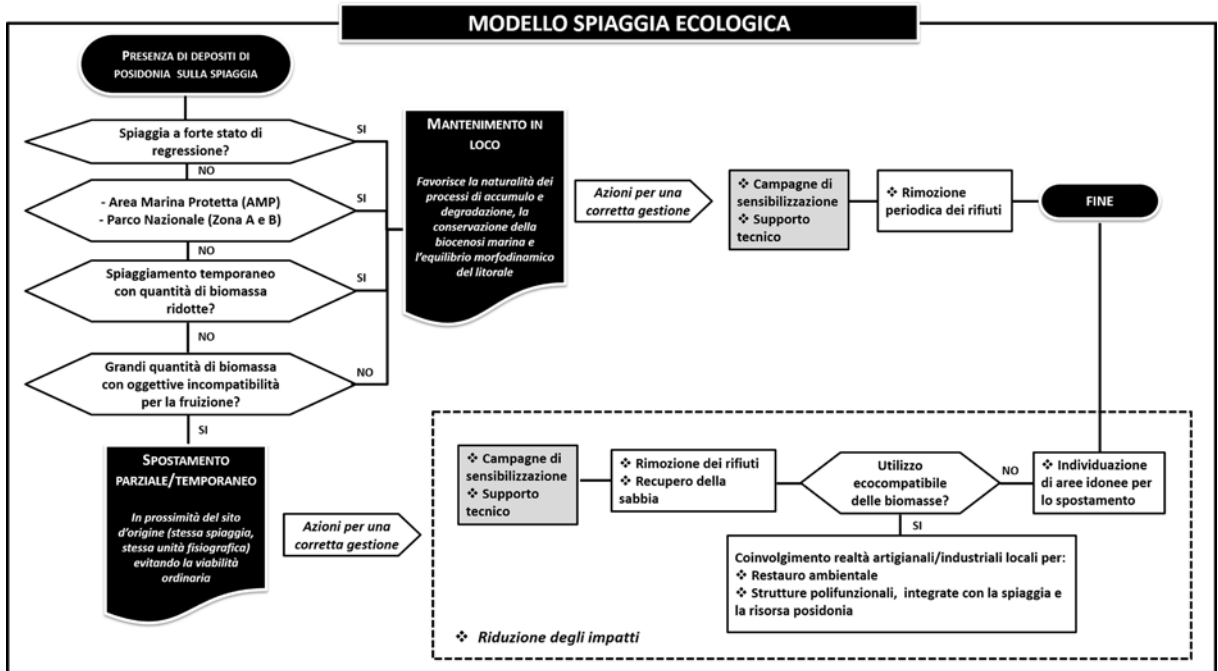


Diagramma di flusso delle opzioni di gestione ecosostenibile dei depositi di posidonia secondo il modello della SPIAGGIA ECOLOGICA (modificato da Rotini et al., 2020).

Conclusioni

La gestione dei depositi di posidonia rappresenta un problema complesso, e richiede un approccio multidisciplinare che valuti gli aspetti ecologici ed economici, oltre al quadro normativo. Il modello della SPIAGGIA ECOLOGICA favorisce i numerosi e importanti servizi ecosistemici dei depositi di posidonia e contribuisce alla conservazione della costa, migliorando al contempo la fruizione balneare e l'attrattiva turistica della spiaggia (attrezzata ma naturale). Tra tutte le attività che devono essere implementate per realizzare il modello, l'attività educativa mirata a far comprendere il valore ecologico ed economico dei depositi di posidonia è la più importante per modificare la percezione negativa di questo fenomeno e garantire il successo e l'ampia diffusione del modello.

Bibliografia

Boudouresque C.F., Pergent G., Pergent-Martini C.; Ruitton S., Thibaut T., Verlaque M. 2016. *The necromass of the Posidonia oceanica seagrass meadow: Fate, role, ecosystem services and vulnerability*. Hydrobiologia 781: 25–42. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2333-y>.
 ISPRA, 2020. *La Spiaggia Ecologica: Gestione sostenibile della banquette di Posidonia oceanica sugli arenili del Lazio*, MLG ISPRA Ed., Roma, 51 pp. <https://bit.ly/3xmcpSX>.
 Rotini A, Chiesa S., Manfra L., et al., 2020. *Effectiveness of the “ecological beach” model: beneficial management of posidonia beach casts and banquette*. Water 12: 3238. <https://doi.org/10.3390/w12113238>.

Studio numerico della resistenza strutturale di elementi di mantellata Cubipod

Giulio Scaravaglione

Politecnico di Bari
giulio.scaravaglione@poliba.it

Introduzione

La presente ricerca ha ad oggetto l'analisi della resistenza strutturale di una nuova tipologia di masso in cls non armato, il Cubipod, utilizzata nelle mantellate delle opere a gettata. I massi utilizzati nelle opere a gettata tendono a subire una serie di urti, sia durante la fase di varo (produzione, trasporto, posizionamento, etc.), sia durante la fase di esercizio (collisioni dovuti ad oscillazioni e rotolamenti). Tali condizioni possono indurre degli stati tensionali critici all'interno dei blocchi, idonei a modificarne l'integrità strutturale, circostanza questa che costituisce uno degli aspetti più delicati nella stabilità della mantellata. Lo studio intende verificare l'idoneità del modello numerico (del tipo FDEM) a simulare il comportamento meccanico del Cubipod sotto condizioni di carico dinamiche, attraverso il confronto tra i dati numerici e i dati sperimentali ottenuti da Medina et al. (2011) (Medina et al., 2011).

Metodologia

Da un punto di vista operativo, i prototipi analizzati (cubi da 15t e Cubipod da 16t) hanno subito una caduta libera AD1 (flat-on-flat) da un'altezza prefissata, su una piattaforma in acciaio di 5,0x5,0x1,15m. Il test consiste nell'incrementare progressivamente l'altezza di caduta, al fine di studiare il grado di danno subito dal blocco al suo variare.

La resistenza strutturale è stata valutata con l'ausilio di un software noto come G.i.d. (CIMNE)², il quale sfrutta un modello numerico basato su un approccio combinato agli elementi finiti e discreti (Finite-Discrete Element Method (FDEM)). La metodologia FDEM simula perfettamente il comportamento dei massi durante i test di caduta libera, sfruttando il 'Fracture model 3D' (Guo et al., 2015). L'aspetto innovativo di tale metodologia consiste nella possibilità di esaminare le forze di contatto normali all'area di sovrapposizione delle particelle, che si compenetrano durante le collisioni. Pertanto, il Fracture model tridimensionale consente di visualizzare l'intera distribuzione tenso-deformativa dei solidi, catturandone l'intero processo di fratturazione: dalla generazione della frattura alla propagazione, fino all'interazione finale tra gli elementi discreti frammentati.

Nei test numerici il grado di danno viene misurato attraverso un parametro detto 'Fractured Area' (m²), rappresentativo della superficie totale di frattura generatasi all'interno del masso al termine della prova (Scaravaglione et al., 2021).

Risultati

Prima di procedere ai test sul Cubipod, il modello numerico è stato calibrato attraverso la valutazione della resistenza strutturale dei cubi rispetto ad alcuni aspetti (tra cui, a titolo di esempio, la resistenza a trazione, la rigidezza della piattaforma di base e l'angolo di impatto). In Figura 1 sono rappresentati i risultati della simula-

¹ Anvil drop (AD); il prototipo è lasciato cadere con la faccia inferiore esattamente parallela alla piattaforma.

² La licenza appartiene al gruppo AMCG (Applied Modelling and Computation Group) dell'Imperial College di Londra.

zione numerica, relativi all'ultimo frame del AD test di un cubo e di un Cubipod lasciati cadere rispettivamente da altezze di 2m e 3m. È evidente l'andamento tridimensionale delle fratture generatesi al termine della prova. A causa dell'impatto, la protuberanza inferiore del Cubipod si frammentata totalmente, non esibendo più alcuna resistenza residua e all'interno del masso si propagano tre piani di frattura principali. Tale circostanza vale a concludere che, a parità di altezza di caduta, il Cubipod presenta una resistenza strutturale significativamente superiore rispetto ai cubi. Infatti, la presenza delle protuberanze tronco-piramidali su ogni sua faccia permette di dissipare una quota significativa di energia, che si risolve nel danneggiamento locale delle protuberanze, anziché intaccare il nucleo del masso. Contrariamente, la conformazione geometrica del cubo favorisce la dissipazione di tutta l'energia, che genera fratture direttamente al suo interno e con esiti più disastrosi.

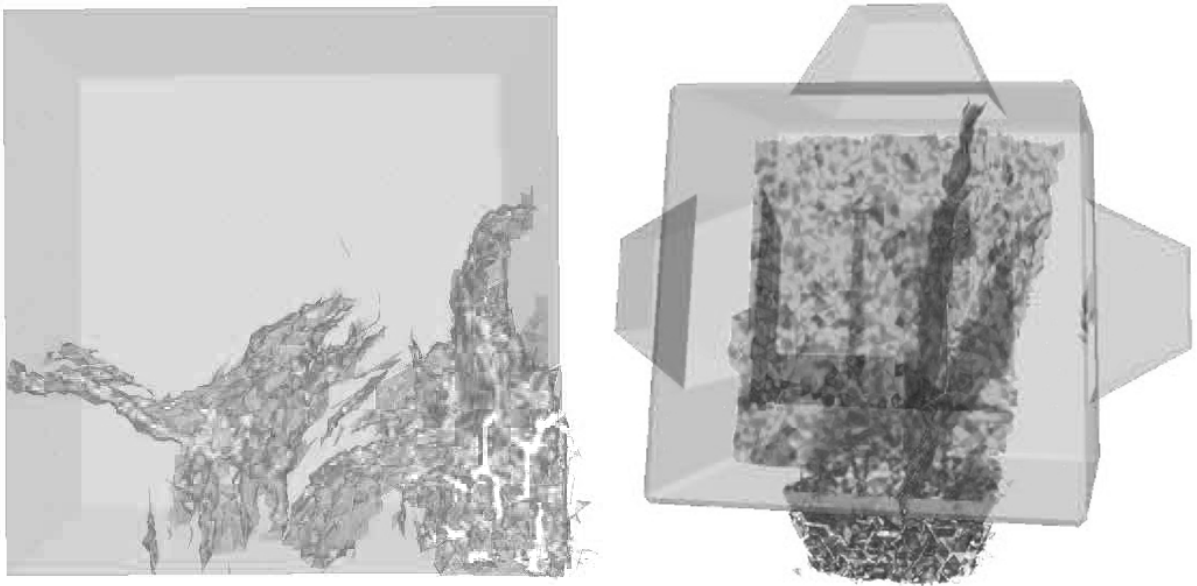


Figura 1. Frattura tridimensionale del cubo da 15t lasciato cadere da un'altezza di 2m (sx) e di un'unità Cubipod da 16t lasciata cadere da un'altezza di 3m (dx) (Figura estratta da Scaravaglione et al., 2021.).

Conclusioni e sviluppi futuri

In conclusione, l'intera risposta strutturale del masso (posizione ed evoluzione delle fratture) viene accuratamente catturata dal modello numerico. Inoltre, dal confronto tra i risultati di campo e quelli numerici si può concludere per l'idoneità del modello numerico a simulare la resistenza strutturale del Cubipod in condizioni di carico dinamiche e per l'applicabilità in casi studio simili (Scaravaglione et al., 2021). Tuttavia, per completare l'indagine sulla resistenza strutturale del masso si rendono necessari ulteriori test, quali l'Edge Drop test (ED), il Random Drop test (RD), l'Extreme Anvil Drop test (EAD), l'overturning test etc.

La validazione del modello numerico per la valutazione del comportamento strutturale dei massi artificiali in cls costituirebbe un importantissimo contributo per il mondo dell'ingegneria marittima rendendo obsoleti i test di campo a scala reale. Infatti, tramite l'utilizzo di un modello numerico si ridurrebbero enormemente i tempi, i rischi ma soprattutto i costi legati alla realizzazione di tali tipologie di prove.

Bibliografia

- Medina, J.R., Gómez-Martín, M.E., Corredor, A., Torres, R., Minaña, J.V.E., Fernández, E., Menéndez, C.F., Santos., 2011. *Prototype drop test of cube and cubipod armor units*. Waterw. Port. Coast. Ocean. Eng. 137: 54-63.
- Guo, L., Latham, J.P., Xiang, J., 2015. *Numerical simulation of breakages of concrete armor units using a three-dimensional fracture model in the context of the combined finite-discrete element method*. Comput. Struct. 146: 117-142.
- Scaravaglione, G.; Latham, J.-P.; Xiang, J., 2021. *Numerical Model Study of Prototype Drop Tests on Cube and Cubipod Concrete Armor Units Using the Combined Finite-Discrete Element Method*. J. Mar. Sci. Eng. 9, 460.

Spiagge ad alimentazione mista terrigena carbonatica, impatti antropici e adattamento ai cambiamenti climatici

**Simone Simeone¹, Walter Brambilla¹, Alessandro Conforti¹,
Emanuela Molinaroli², Giovanni De Falco¹**

¹Istituto per lo studio degli Impatti Antropici e Sostenibilità in ambiente marino - Consiglio Nazionale delle Ricerche

²Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari, Venezia
Email: simone.simeone@cnr.it

Introduzione

In questo breve abstract si presenta l'attività del gruppo di morfodinamica costiera di CNR-IAS di Oristano, rivolta allo studio della morfodinamica di sistemi costieri ad alimentazione mista biogenica e terrigena. Tale attività ha l'obiettivo di valutare le risposte di questi ambienti in relazione agli impatti antropici ed ai cambiamenti climatici (innalzamento del livello del mare -SLR - e acidificazione). I sistemi misti, terrigeni e biogenici, sono diffusi sia lungo le fasce tropicali oceaniche che lungo le coste del Mediterraneo (es. Isole Baleari, Sardegna, Corsica) e lo studio della loro evoluzione a breve, medio e lungo termine riveste una grande importanza per la formulazione di strategie di contrasto e mitigazione degli effetti del cambiamento climatico. Le ricerche condotte hanno consentito di (i) definire le interazioni fra dinamica di spiaggia e la rimozione delle banquette di *Posidonia* in spiagge ad alta e bassa energia, (ii) valutare il contributo apportato al bilancio sedimentario delle spiagge da parte degli ecosistemi costieri produttori di sedimento biogenico, (iii) quantificare gli effetti che l'acidificazione del mare potrà avere sul bilancio sedimentario di spiagge carbonatiche, (iv) valutare la risposta e l'adattamento delle spiagge all'innalzamento del livello del mare, (v) individuare i depositi di sedimento lungo la piattaforma continentale della Sardegna occidentale.

Materiali e metodi

Gli studi sono stati svolti in spiagge ad alimentazione terrigena bassa o nulla, aree prive di foci fluviali e lungo aree di piattaforma continentale in cui la componente sedimentaria carbonatica è risultata molto elevata. Gli strumenti ed i metodi utilizzati per la realizzazione dei numerosi studi svolti comprendono misure e modellizzazione di onde e correnti, l'analisi morfologica, stratigrafica e sedimentologica.

Risultati e Discussione

Gli studi sulle interazioni fra la morfologia delle spiagge e la deposizione delle banquette di *Posidonia oceanica* hanno evidenziato come la deposizione delle banquette contribuisca in maniera rilevante alla variabilità della morfologia delle spiagge a bassa energia. In taluni casi il detrito vegetale rappresenta la maggior parte del materiale scambiato fra spiaggia emersa e sommersa. In spiagge non alimentate e con problemi erosivi, la rimozione e spostamento dal sistema delle banquette potrebbe causare un aggravio del deficit sedimentario per la perdita del sedimento intrappolato al loro interno (Simeone & De Falco 2012).

Dagli studi sui bilanci sedimentari è emerso come il contributo del sedimento prodotto dagli ecosistemi produttori di sedimento biogenico rappresenti una parte rilevante del bilancio sedimentario per questi sistemi. Infatti, è stato dimostrato come il sedimento carbonatico biogenico possa rappresentare oltre il 50% del materiale che compone tali sistemi. E' stato stimato che tale frazione di materiale sia stato prodotto negli ultimi 5000 anni. Quindi la frazione di sedimento carbonatico prodotto dagli ecosistemi che successivamente si deposita in spiaggia può rappresentare una importante sorgente di sedimento per questi sistemi spiaggia duna. Per le spiagge studiate è stato stimato che la quantità di materiale biogenico carbonatico prodotta all'interno

degli ecosistemi produttori e depositata lungo la spiaggia in un secolo possa essere circa 1.2 % del totale del materiale che compone il sistema spiaggia duna (De Falco et al., 2107).

Gli impatti relativi al cambiamento climatico sono stati valutati sia in relazione alla acidificazione dell'acqua oceanica che in relazione all'innalzamento del livello del mare. L'impatto dell'acidificazione può causare una diminuzione del materiale prodotto dagli ecosistemi produttori di sedimento biogenico fino a causare una inversione in senso negativo del budget sedimentario (Simeone et al. 2018). Gli effetti dell'acidificazione potrebbero inoltre incrementare l'impatto del SLR che in alcune aree potrebbe portare ad un forte arretramento della linea di riva con una migrazione dei sistemi verso terra ove questi abbiano sufficiente spazio di accomodamento.

In relazione agli effetti del SLR lungo la fascia costiera della Sardegna occidentale sono stati mappati i depositi di sedimenti presenti in piattaforma continentale. L'estensione di tali depositi è molto ampia e il loro volume totale è stato stimato in 130,000 milioni di metri cubi. Dalle caratteristiche mineralogiche e tessiture di tali depositi è stato possibile ottenere un raggruppamento dei sedimenti presenti su base tessiturale e composizionale. In particolare, sono state ottenuti 4 gruppi generali: (i) sabbie fangose (CaCO_3 66±8 %), sabbie fini (CaCO_3 63±17 %), (iii) sabbie medie (CaCO_3 43±29 %), (iv) ghiaie sabbiose (CaCO_3 14±11 %) (Brambilla et al., 2019).

La definizione della geometria e delle principali caratteristiche di tali depositi potrà essere importante per la gestione e la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico lungo le coste della Regione Sardegna

Conclusioni

Gli studi id IAS CNR sulle spiagge ad alimentazione mista terrigena carbonatica sono ormai in corso da più di venti anni, le conoscenze acquisite e gli studi effettuati hanno permesso di approfondire sia la dinamica contemporanea che la realizzazione di modelli concettuali e previsionali che possano stimare il loro comportamento ed evoluzione in relazione ai cambiamenti climatici.

Bibliografia

- De Falco G., Molinaroli E., Conforti A., Simeone S., Tonielli R., 2017. Biogenic sediments from coastal ecosystems to beach–dune systems: implications for the adaptation of mixed and carbonate beaches to future sea level rise, *Biogeosciences*, 14, 3191–3205.
- Simeone S., De Falco G., 2012. Morphology and composition of beachcast *Posidonia oceanica* litter on beaches with different exposures, *Geomorphology*, 151–152, 224–233.
- Simeone S., Molinaroli E., Conforti A., De Falco, G., 2018. Impact of ocean acidification on the carbonate sediment budget of a temperate mixed beach, *Climatic Change*, 150, 227–242.
- Brambilla W., Conforti A., Simeone S., Carrara P., Lanucara S., De Falco G., 2019. Data set of submerged sand deposits organised in an interoperable spatial data infrastructure (Western Sardinia, Mediterranean Sea). *Earth System Science Data*, 11, 515–527.

Seconda campagna di monitoraggio del terzo intervento di ripascimento con sabbie sottomarine lungo la costa emiliano-romagnola

Enrica Vecchi¹, Stefano Gandolfi¹, Nunzio De Nigris², Maurizio Morelli²

¹Dipartimento di Ingegneria Civile Chimica Ambientale e dei Materiali (DICAM)
Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136, Bologna;

²Unità Monitoraggio costiero e supporto alla gestione della costa, Arpae, Viale Silvani 6, 40122, Bologna.
enrica.vecchi@unibo.it

Introduzione

In Emilia-Romagna, a partire dagli anni '80, l'approccio per contrastare l'erosione costiera ha previsto la realizzazione di interventi di ripascimento. Lo sversamento di materiale sabbioso su zone di spiaggia soggette a erosione consente la messa in sicurezza dell'area grazie all'innalzamento della quota di spiaggia e all'ampliamento della zona di spiaggia emersa, ossia lo spostamento della linea di riva verso mare. Nel 2016 la Regione Emilia-Romagna ha realizzato il terzo intervento di *Messa in sicurezza di tratti critici del litorale regionale mediante ripascimento con sabbie sottomarine*, il più importante, in termini di risorse impiegate, finora realizzato sulla costa regionale, su circa 12.5 km di spiaggia suddivisi in 8 tratti e con un quantitativo di sabbia sversata pari a circa 1.4 milioni di m³.

Per valutare gli effetti e l'efficacia dell'intervento sono state previste due campagne di monitoraggio, rispettivamente nel 2017 e nel 2018, affidate ad Arpae. Di seguito saranno brevemente illustrati i risultati del secondo monitoraggio del 2018.

Materiali e metodi

Allo scopo di valutare l'evoluzione morfologica delle aree interessate e stimare l'efficacia del ripascimento, sono stati realizzati periodici rilievi topo-batimetrici sulle zone di spiaggia emersa e sommersa: prima dell'intervento, subito dopo la sua realizzazione e a distanza di uno e due anni. In particolare, sono stati analizzati oltre 200 km di profili, lungo sezioni longitudinali e ortogonali alla costa, relativi a circa 20 km di spiaggia emersa e sommersa, fino alla batimetrica di circa 5 m.

Nelle zone di spiaggia emersa sono stati battuti punti GNSS utilizzando la modalità RTK (Real-Time Kinematic) che consente di ottenere risultati in tempo reale. Per quanto riguarda la zona di spiaggia sommersa, la strumentazione GNSS è stata accoppiata a ecoscandagli di precisione (single-beam o multi-beam) opportunamente installati sulle imbarcazioni insieme a un sistema inerziale IMU per la correzione degli effetti di rollio e beccheggio. Il corretto inquadramento geodetico di tali rilievi nel sistema di riferimento ufficiale nazionale ETRS89-ETRF2000 (2008.0) è stato garantito dalla presenza della Rete Geodetica Costiera (RGC). A partire dalle coordinate dei punti rilevati, un primo confronto è stato eseguito in termini di Modelli Digitali del Terreno (DTM) ottenuti in seguito a un processo di interpolazione, quindi generando mappe di accumulo-erosione tra rilievi successivi. Inoltre, a seguito di un'ulteriore analisi, sono stati elaborati i profili di spiaggia in corrispondenza delle sezioni di monitoraggio ortogonali alla costa. Infine, i confronti realizzati sono stati espressi in termini di variazioni dei profili, della linea di riva, delle quote sul livello del mare e di volumi di sedimento depositati o erosi.

Risultati

Considerando la situazione immediatamente successiva all'intervento, tutti gli 8 tratti sono stati interessati da significative variazioni dei profili di spiaggia, grazie a un volume unitario mediamente riversato pari a circa

100-150 m³/m. In generale, si è ottenuto un innalzamento delle quote di spiaggia di circa 1-2 m, con valori di picco fino a oltre 3.5 m, e la linea di riva è avanzata verso mare di circa 40-60 m.

Per quanto riguarda l'analisi dell'efficacia del ripascimento, in questo caso sono stati analizzati i risultati ottenuti a distanza di circa 2 anni e mezzo dalla sua realizzazione. Tale confronto ha permesso di osservare la prevalenza di fenomeni di accumulo, mentre le zone di erosione sono apparse limitate ad alcuni casi isolati. Rispetto alla situazione pre-intervento, le quote risultano aumentate di circa 0.3-1.0 m, con picchi fino a oltre 2 m, e la linea di riva è avanzata mediamente di 10-20 m, fino a oltre 30 m.

Complessivamente, le spiagge di Riccione, Igea Marina, Cesenatico e Lido di Spina Sud hanno mantenuto oltre il 50% di materiale sversato; sulle spiagge di Misano Adriatico, Milano Marittima, Punta Marina e Lido di Spina è rimasto tra il 25% e il 50% del materiale e solo nel caso di Lido di Dante si attesta solo circa il 10% di materiale. Un'ulteriore analisi ha cercato di valutare la presenza di eventuali correlazioni tra l'evoluzione delle spiagge in seguito al ripascimento e la tipologia di opere di difesa rigide presenti in tali aree. Tuttavia, i risultati ottenuti non hanno fatto emergere correlazioni significative, in quanto anche tratti protetti con opere dello stesso tipo hanno mostrato andamenti piuttosto differenti.

Discussione e Conclusioni

L'analisi degli effetti a distanza di circa 2 anni e mezzo dall'intervento ha mostrato andamenti piuttosto variabili nelle diverse aree interessate. In totale, nelle 8 spiagge oggetto di intervento è rimasto circa il 42% di materiale. Inoltre, almeno un ulteriore 10% di sabbia è rimasta confinata nelle aree limitrofe monitorate (pari a circa 500 m a nord e a sud di ogni spiaggia). Gli effetti osservati dimostrano quindi come gli interventi di ripascimento possano consentire la messa in sicurezza delle aree di spiaggia anche per orizzonti temporali mediamente estesi, poiché essi puntano a potenziare il sistema senza interferire con i naturali processi che lo caratterizzano. D'altra parte, il monitoraggio di tali attività risulta fondamentale per valutarne l'efficacia nel tempo ed è perciò necessario garantire un corretto inquadramento geodetico dei rilievi eseguiti per ottenere risultati omogenei e riferiti a un unico sistema di riferimento.

Bibliografia

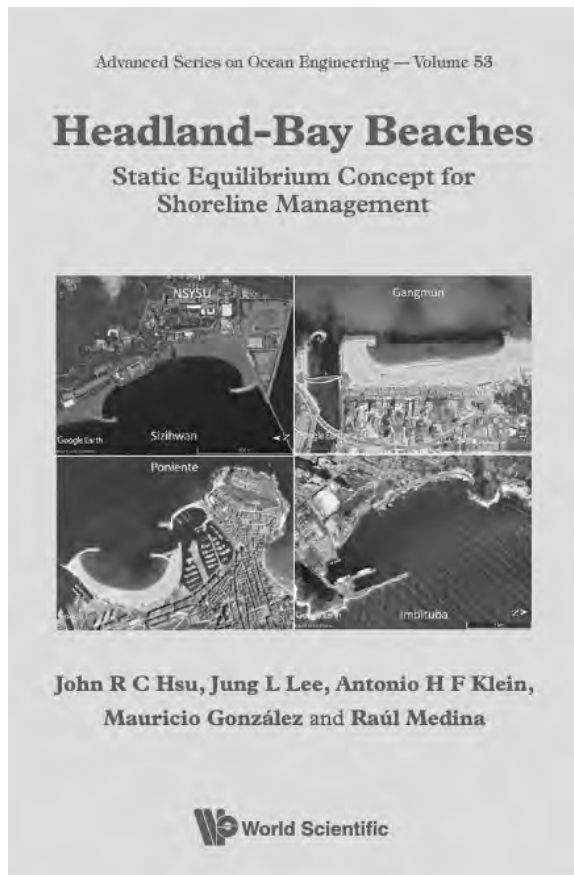
- Aguzzi M., Costantino R., De Nigris N., Morelli M., Romagnoli C., Unguendoli S., Vecchi E., 2020. *Stato del litorale emiliano-romagnolo al 2018. Erosione e interventi di difesa*. Bologna, Arpa Emilia Romagna, I quaderni di Arpa, pp. 224.
- Vecchi E., Aguzzi M., Albertazzi C., De Nigris N., Gandolfi S., Morelli M., Tavasci L., 2020. *Third beach nourishment project with submarine sands along Emilia-Romagna coast: geomatic methods and first monitoring results*. Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali», 31, 79 – 88.

Headland-bay beaches

Static equilibrium concept for shoreline management

di John R.C. Hsu, Jung L. Lee, Antonio H.F. Klein, Mauricio Gonzàles e Rsaùl Medina
Advanced Series on Ocean Engineering, Vol. 53. World Scientific, 2021. 786 pp.

Non è facile trovare un libro (di teso, un manuale, divulgativo, ...) in cui gli aspetti geomorfologici e quelli ingegneristici di un problema si sposino all'inizio e non convolino alle nozze solo alla fine, dopo un percorso completamente indipendente delle due discipline, solo per dare un finale 'politicamente corretto' al volume. Come per dire "Sì, ci sareste anche voi!". Anzi, dalla Premessa si direbbe che sia principalmente un testo di Geomorfologia e, sicuramente, la lettura di questa parte sarebbe assai utile agli studenti che si addentrano in questa disciplina, ai quali ne vengono spesso spiegati forme e processi senza partire dalla sua storia ed epistemologia.



Ma diversamente non potrebbe essere parlando di queste morfologie modellate dalle onde che trovano un equilibrio statico in un ambiente caratterizzato dalla dinamicità, quale è quello costiero.

Hsu, con la collaborazione di alcuni colleghi, tutti certamente noti ai nostri lettori, inizia questo lungo percorso ricordando i suoi, i nostri (!), maestri, Richard Silvester, Yoshito Tsuchiya e Robert Dean, il cui lavoro ha reso possibile gli sviluppi che l'ingegneria e la geomorfologia (!) costiera hanno avuto negli ultimi decenni.

Per chi ha avuto come riferimento per le headland-bays (baie a spirale, zeta bays, log-spiral bays, baie paraboliche, ...) il libro di Silvester e Hsu '*Coastal stabilization. Innovative concepts*' (1993) e il relativo paper back (1997), che nel titolo ha perso l'*Innovative concepts*, troverà molto di più di quanto già conosce e, sebbene navighi sulla rotta già tracciata, tocca molte più isole e ... baie!

La cosa che più sorprende nello sfogliare le 786 pagine è la quantità di applicazioni che il modello delle *headland-bays* può avere, e queste vengono messe in evidenza sia con una ricca serie di immagini di Google Earth, sia con numerosi progetti in cui l'idea ha permesso la stabilizzazione di coste in erosione o la mitigazione dell'impatto di porti.

Si parte con la geomorfologia delle coste e la classifica-

zione delle varie forme per arrivare subito al moto ondoso al largo e la sua trasformazione procedendo verso la costa. Si giunge quindi all'adattamento delle spiagge al moto ondoso, sia in pianta che nel loro profilo, e qui si ritrovano i concetti di unità fisiografica (*littoral cell*), di profondità di chiusura, e delle variazioni del profilo in funzione dello stato del mare.

Il capitolo 4 presenta una discussione dei vari modelli di *spiral*, *parabolic*, ... e fa chiarezza, almeno in chi scrive (!), fra le varie equazioni proposte per descrivere la configurazione planimetrica di queste baie. Vi è anche un quadro approfondito e aggiornato sulle ricerche, anche su modello fisico tridimensionale, svolte su questo tema.

È nel capitolo 5 che ci si addentra nelle *headland-bay beaches*, portati dalle onde rifratte e diffratte. Qui le immagini da satellite ci mostrano una grande varietà di esempi su cui viene poi fatta la classificazione. La spiegazione dell'equazione delle HBBs in equilibrio statico è seguita dalla presentazione degli sviluppi che questo concetto ha avuto negli ultimi anni.

Vengono quindi presentati i tre software MEPBAY, MeePaSoL e SMC.

La discussione sulle varie opzioni di difesa costiera ci porta poi in Giappone, Florida e nel Mediterraneo, con un approfondimento sull'Italia, mentre le applicazioni del modello di HBB alla mitigazione dell'effetto che i porti possono avere sottoflutto ha esempi dal Giappone e dalla Korea, nella gestione delle spiagge in Australia, Brasile, Regno Unito, Thailandia e Monaco, solo per citarne alcuni, cui fanno seguito numerosi casi di 'ingegneria geomorfologica' o di 'geomorfologia ingegneristica'.

In una delle due Appendici, l'altra riguarda la classificazione dei cicloni tropicali, vengono presentate le immagini Google Earth di 49 spiagge sulle quali è stata effettuata la ridefinizione dei tre coefficienti C dell'equazione della forma della baia parabolica.

Le 786 pagine che ci si presentano davanti potrebbero scoraggiare più di un lettore, ma in ciascuna si trovano idee nuove o modi nuovi di vedere cosa che già conosciamo. Le 38 pagine di bibliografia danno una misura delle basi scientifiche su cui è stato costruito il volume. Ma una cosa sorprende, ed è strano per un testo scientifico: è affascinante!

Contenuti

- Geomorphic and Global Aspects:
 - Development in Coastal Geomorphology
 - Wave Hydrodynamics
 - Global Aspects of Beaches
- Empirical Approaches:
 - Geomorphic Characteristics of Headland-Bay Beaches
 - Empirical Bay Shape Equations
 - Empirical and Numerical Software Tools
- Shore Protection and Engineering Applications:
 - Shore Protection Methods
 - Coastal Ports and Harbors
 - Static Bay Beach Concept for Coastal Management
 - Case Studies of Engineering Applications
- Appendix
- References
- Subject Index

Enzo Pranzini

Granelli di sabbia

Una guida per camminare sul bordo del mare

di Enzo Pranzini, Pacini editore, 200 pp

L'autore di questo volume, certamente noto a molti lettori di Studi costieri, insegna Dinamica e difesa dei litorali all'Università di Firenze ed è considerato uno dei più importanti studiosi della fascia costiera, con particolare riguardo ai problemi di erosione e protezione delle spiagge. Lo studio di questo ambiente, cui ha dedicato la maggior parte della propria attività di docente e di ricercatore, lo ha portato a collaborare con i massimi esperti del panorama internazionale e a visitare le spiagge di moltissimi paesi, anche nell'ambito di progetti di ricerca pura o applicata.

Nel 2005 è cofondatore del Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (GNRAC) e ne è il Presidente dal 2010 al 2018. Fra le attività che ha promosso in questo Gruppo meritano rilevanza le scuole e le esperienze di campo rivolte ai giovani, nonché la direzione della rivista Studi Costieri.

È autore più di 300 pubblicazioni incentrate sulla dinamica e difesa dei litorali e di 16 libri, che testimoniano l'esigenza e la passione di divulgare gli avanzamenti della conoscenza in questo settore. A partire dagli anni '80 e '90 alcuni volumi della collana Amministrare l'Urbanistica, delle Edizioni delle Autonomie, testimoniano la sua sensibilità alla gestione del territorio, con, ad esempio, *La gestione delle aree costiere* (1986), *La gestione delle aree franose* (1988), *La gestione dei parchi e delle aree protette* (1991) e *La difesa dei litorali in Italia* (1993), nel quale raccoglie contributi specialistici sulla dinamica costiera. Più recentemente pubblica, da solo o con altri colleghi, *Le dune costiere in Italia* (Felici Editore, 2005), *Beach Erosion Monitoring* (Nuova grafica Fiorentina, 2008), *Le pocket beach* (Franco Angeli, 2012), *Coastal Erosion and Protection in Europe* (Routledge, 2013).

Il volume *Spiagge senza spiaggia* (Felici Editore, 2013) è dedicato ai problemi dell'ambiente costiero, alla criticità dei suoi equilibri, alla sua evoluzione nel tempo, immaginando proiezioni talvolta provocatorie, accompagnare da rendering che mostrano come potrebbero diventare le nostre spiagge se non interverremo per tempo. *Misurare la spiaggia per gestire la costa* (Edifir, 2019) accompagna un documentario didattico,



dallo stesso titolo, prodotto per il Progetto Interreg Marittimo IT-FR MAREGOT e scaricabile da Youtube. Anche la divulgazione, a diversi gradi di approfondimento, trova spazio nella produzione di Enzo Pranzini, con *La forma delle coste* (Zanichelli, 2004), adottato in alcuni corsi universitari e dell'Alta Formazione, o *Dieci miliardi di granelli di sabbia* (2012), dedicato ai ragazzi e nel quale "una passeggiata" lungo la spiaggia, come la definisce l'autore, è motivo di una immaginaria chiacchierata, in forma di semplici domande e risposte. Si scoprono i segreti delle onde che modellano il litorale, dei sedimenti che dalla battigia alle dune si trasformano continuamente sotto l'azione delle onde, del vento e talvolta dell'uomo.

Granelli di sabbia, una guida per camminare sul bordo del mare (Pacini Editore, 2021) è l'opera più recente dedicata alla divulgazione ed alla comprensione dell'ambiente costiero. Anche in questo testo l'ideale passeggiata lungo riva si sviluppa con un linguaggio semplice, amichevole ed empatico, di facile lettura, ma sempre esaustivo.

Il libro si indirizza a lettori che vogliono approcciarsi alla conoscenza dei litorali e della loro dinamica, anche se privi di conoscenze tecniche approfondite. Dal semplice lettore incuriosito da questo ambiente così dinamico, in grado di cambiare forma e granulometria nell'arco di una mareggiata e poi, magari, ritornare sulla preesistente morfologia ed estensione, oppure al funzionario di un'amministrazione che debba dedicarsi allo studio, gestione e conservazione degli spazi costieri.

Il volume, che si sviluppa in 5 sezioni e 46 capitoli sintetici, quasi in forma di schede, ci accompagna sulle diverse coste del mondo, da quelle naturali e quelle più antropizzate, richiamando l'attenzione del lettore sulle mille curiosità che s'incontrano camminando sul bordo del mare.

La lettura è agile ed i concetti sono esposti in modo chiaro. L'iconografia che accompagna i testi è di ottima qualità e tutta prodotta dall'autore per questo specifico volume, mentre le immagini che introducono i nuovi capitoli sono di forte impatto visivo e scelte per rappresentare i concetti che verranno poi illustrati. Il libro può essere letto in modo sequenziale, ma anche affrontando separatamente i singoli capitoli, a seconda dell'interesse del lettore a specifici argomenti.

Nella panoramica della manualistica che affronta lo studio delle coste a diversi gradi di approfondimento e completezza, il volume *Granelli di Sabbia, una guida per camminare sul bordo del mare* rappresenta forse un caso isolato, perché analizza sinteticamente tutti gli aspetti naturali ed antropici che governano l'interfaccia terra-mare partendo dall'esperienza diretta e consegnando al lettore uno strumento originale per leggere e capire l'evoluzione a cui è soggetto questo ambiente.

Nicola Corradi

Coastal Resilience Handbook for the Adriatic

PAP/RAC (2021), Split

Questo manuale è stato ispirato dalle raccomandazioni del Piano della costa per la regione di Šibenik-Knin in Croazia, sviluppatosi nell'ambito del progetto "AdriAdapt" (Interreg CBC Italia – Croazia) per la raccolta di raccomandazioni, linee guida e consigli pratici per aree costiere, città e insediamenti lungo la costa adriatica. L'obiettivo del manuale è quello di ridurre le future conseguenze negative dei cambiamenti climatici migliorando la resilienza delle aree costiere. Dato che gli impatti dei cambiamenti climatici diventeranno più intensi nei prossimi anni, quello per l'incremento della resilienza è il miglior investimento possibile per le zone costiere. Per resilienza costiera si intende la capacità di un sistema e delle sue componenti socioeconomiche e naturali di anticipare, assorbire, accogliere o riprendersi dagli effetti di un evento dannoso e del cambiamento climatico in modo tempestivo ed efficiente. Affinché ciò sia possibile, la risposta dell'area costiera

deve essere sistematica, pianificata, guidata e gestita. Pertanto, si propone una pianificazione integrata di adattamento nelle aree costiere come prerequisito necessario per garantire la resilienza dell'abitato costiero. I destinatari di questo manuale sono i gestori costieri, gli amministratori delle città costiere e i decisori, ma anche coloro che sono interessati a influire sul futuro delle nostre coste, siano essi abitanti, investitori, scienziati o semplici amanti delle coste.

Partendo dagli approfondimenti ottenuti nella piccola area dell'Adriatico croato, un team interdisciplinare di esperti, parallelamente alla creazione della piattaforma di conoscenza sull'adattamento ai cambiamenti climatici (www.adriadapt.eu), ha sviluppato questa pubblicazione per la costa adriatica croata e italiana. Poiché le coste della Croazia e dell'Italia costituiscono circa il 90 per cento della lunghezza della costa adriatica, può essere considerata un'edizione valida per l'intero Adriatico.

Questo manuale è stato sviluppato da esperti delle seguenti discipline: gestione delle zone costiere, climatologia, pianificazione spaziale, urbana e paesaggistica, sociologia, geomorfologia, ingegneria costiera, idrologia, biologia marina, silvicoltura, gestione della protezione antincendio, economia ambientale e oceanografia.



Il manuale offre una revisione interdisciplinare delle sfide che i gestori della costa dovranno affrontare negli anni a venire, nonché delle soluzioni che possono ridurre i costi e talvolta apportare numerosi vantaggi.

Alcune delle caratteristiche principali del cambiamento climatico sono l'incertezza e la complessità. Come gestire le incertezze è qualcosa che dobbiamo ancora imparare.

La complessità delle sfide sottolinea il ruolo della scienza da un lato e della collaborazione dall'altro. Comprendere la complessità delle sfide e individuare le possibili soluzioni è fondamentale per chi gestisce queste aree, così come per i decisori che indicano le priorità e definiscono l'utilizzo di risorse finanziarie e umane sempre limitate.

Avvicinandosi a questo problema in modo interdisciplinare, in primo piano vengono proposte misure di adattamento della società. Queste misure devono essere adottate dagli attori sociali riguardanti attività decisionali relative allo sviluppo, pianificazione, gestione, legislazione, istituzioni, istruzione e sensibilizzazione, ecc. In questo manuale è stata dedicata particolare attenzione a queste misure, perché le aspettative su di esse sono molto alte. Partendo dall'idea di governance, per la quale non esiste una traduzione corrispondente né in italiano né in croato, questo manuale cerca soluzioni per l'azione per il clima. È interessante notare che l'attuale pandemia di COVID è stata anche caratterizzata da un grande successo della scienza e un grande fallimento o della politica. I ruoli e le soluzioni della pianificazione urbana, paesaggistica e spaziale devono essere rafforzati, perché queste discipline ci forniscono un grande potenziale per rafforzare la resilienza. Data la scarsa alfabetizzazione climatica, e la mancanza di conoscenze specifiche che sarebbero necessarie alla pubblica amministrazione, ai decisori e alla popolazione in generale, la costruzione della conoscenza si impone come chiave per l'azione per il clima e per l'inevitabile trasformazione complessiva della società.

Vengono presentate misure ecologiche - o soluzioni basate sulla natura - per le città litoranee, gli insediamenti, la costa naturale, l'entroterra e il mare costiero. Questo riguarda ambiti territoriali che vanno dalle città costiere, in cui il mare è un elemento chiave di uno specifico ecosistema urbano-costiero, all'entroterra, che è un elemento chiave sia per le inondazioni urbane che per la gestione del rischio di incendio, fino alle praterie di fanerogame marine che proteggono la costa dall'erosione e svolgono un ruolo importante nella mitigazione del cambiamento climatico, dovuto al loro enorme potenziale di stoccaggio del carbonio, per giungere alla costa nel suo insieme, dove si incontrano tutte le acque, torrentizie e marine, rendendola la più vulnerabile agli effetti del cambiamento climatico.

Migliorare la resilienza della costa richiede spesso soluzioni ingegneristiche e tecnologiche che abbiamo definito misure grigie. Le infrastrutture costiere devono svolgere adeguatamente le proprie funzioni primarie e secondarie per un periodo di vita e ad un costo ragionevoli. Alla luce dei cambiamenti imminenti, soluzioni che hanno molteplici funzioni possono aiutare in modo significativo, come l'espansione costiera nelle città per proteggersi dalle inondazioni, ma anche per ottenere nuovo spazio pubblico. Tuttavia, dove non c'è sufficiente necessità di protezione, interventi così costosi non sono economicamente sostenibili, ma è molto più fattibile decidere di ritirarsi al momento giusto e investire in nuovi insediamenti a distanza di sicurezza dal mare. Tale decisione non sarà mai facile da prendere per nessuno. Sono quindi fondamentali la valutazione delle vulnerabilità, dei rischi e dei danni futuri, l'analisi costi-benefici e la pianificazione dell'adattamento.

Questo manuale vuole aiutare chi gestisce le aree costiere integrando raccomandazioni settoriali e traducendole in un linguaggio universale, considerando il tema dell'adattamento attraverso un approccio sistemico e offrendo soluzioni dai molteplici vantaggi. Questo manuale è disponibile in inglese, italiano e croato e sulla piattaforma di conoscenza AdriAdapt www.adriadapt.eu.

Contenuti:

1. Costa adriatica
2. Cambiamenti climatici nella fascia costiera adriatica
3. Resilienza
4. Misure di adattamento sociale
5. Misure di adattamento verde
6. Misure di adattamento al grigio
7. Conclusioni
8. Riferimenti

Daria Povh Škugor

Beach and Dune Restoration

di **Karl L. Nordstrom e Nancy L. Jackson**

Cambridge University Press, 2021. isbn: 9781316516157



È in fase di stampa la seconda edizione del libro di Karl L. Nordstrom 'Beach and Dune Restoration', originariamente pubblicato nel 2008, e ora aggiornati con la collaborazione con Nancy L. Jackson, entrambi ben noti ai lettori di Studi costieri, grazie anche alle ricerche condotte in Italia con alcuni soci del G.N.R.A.C. Negli ultimi anni, l'impegno scientifico di Karl e Nancy si è indirizzato molto sullo studio dell'impatto delle attività antropiche sugli ambienti costieri, con particolare riguardo al sistema dunare.

Anche in questa nuova edizione viene messa in evidenza la necessità, per non dire l'urgenza, di ripristinare la biodiversità, la salute dell'ecosistema e i servizi ecosistemici forniti dalle morfologie e dagli habitat costieri, soprattutto alla luce dei cambiamenti climatici. Viene inoltre posta una maggiore attenzione sulla valutazione delle coste come sistemi congiunti naturale/umano.

L'aggiornamento consente anche di mostrare i progressi compiuti nelle pratiche di gestione e conservazione già illustrate nella prima edizione, ma presenta anche ulteriori casi di studio e affronta questioni nuove ed emergenti. Analizza i compromessi a cui siamo scesi nel ripristino di spiagge e dune, in particolare sulle coste antropizzate, e gli approcci più efficaci da utilizzare quando questo si renda necessario. Si mette anche in evidenza il ruolo che gli stakeholders possono avere nella restaurazione e tutela dell'ambiente costiero, ricordando che il concetto di restaurazione (o restauro?) è ampio e comprende principi e ideali fisici, ecologici, economici, sociali ed etici.

Per questo è indispensabile la ricerca di modi per affrontare l'innalzamento del livello del mare e gli eventi estremi, l'adattamento al cambiamento attraverso il riallineamento (arretramento) gestito sulle coste esposte, la modifica delle strutture di protezione delle coste per rendere spiagge e dune più dinamiche, l'implementazione di progetti ibridi con 'coste vive' che combinano soluzioni morbide e rigide.

Il libro è rivolto a ricercatori, progettisti, pianificatori e manager costieri, nonché a chiunque viva lungo la costa e voglia comprenderne i complessi e delicati equilibri che la regolano.

Può costituire anche un buon libro di testo supplementare per i corsi universitari che trattano temi di ecologia e gestione dell'ambiente costiero.

Con questo volume gli Autori vogliono:

- Evidenziare come il tasso di perdita di morfologie naturali di spiagge, dune e habitat sia in rapido aumento con la crescita della popolazione e il cambiamento climatico;
- Riconoscere l'importanza delle azioni umane nel ripristino degli ambienti naturali perduti e nell'aumento della resilienza costiera e sottolineare la natura mutevole delle coste e la necessità di soluzioni che funzionino con i processi naturali e anticipino i cambiamenti futuri
- Riconoscere che le coste sono sistemi naturali/umani accoppiati che richiedono sforzi di ripristino multidisciplinari
- Analizzare le pratiche tradizionali e suggerire loro modifiche e nuovi approcci che possono essere implementati per aumentare il successo del restauro, anche con modeste variazioni delle pratiche attuali.

Enzo Pranzini

In ricordo di Edoardo Benassai



Edoardo Benassai nacque a Napoli il 24 febbraio 1930. Si laureò presso la Facoltà di ingegneria di Napoli in Ingegneria Civile Idraulica, ed entrò subito a far parte dell'Istituto di Idraulica diretto dal Prof. Girolamo Ippolito

Vincitore di numerose borse di studio C.N.R., svolse la propria attività di ricerca frequentando anche i prestigiosi laboratori di idraulica francesi della SOGREAH, a Grenoble, e il Laboratoire Nationale d'Hydraulique dell'EDF, a Chatou.

Nel 1959 vinse un concorso al Ministero dei Lavori Pubblici, e fino al 1963 lavorò come Ingegnere nel campo dei lavori idraulici e nel Servizio Idrografico. Successivamente, vincendo un concorso per Assistente presso la cattedra di Costruzioni Idrauliche, entrò in ruolo nel personale docente dell'istituto.

Nel 1968 conseguì l'abilitazione alla Libera Docenza in Costruzioni Marittime, e nel 1971 vinse, primo della terna, il concorso per professore ordi-

nario di Costruzioni Marittime, cattedra che ha mantenuto per quasi 35 anni fino al 2005.

Impossibile ricordare dettagliatamente la sua attività accademica e la sua attività scientifica nei diversi contesti; tuttavia non possiamo trascurare la sua presenza, come Membro d'Onore, nell'Associazione Internazionale Permanente dei Congressi di Navigazione (PIANC), la sua partecipazione nelle commissioni del Ministero LL.PP. per la redazione delle Istruzioni Tecniche sulla progettazione delle dighe marittime e per la progettazione delle opere di difesa della costa. Fornì il supporto scientifico alla realizzazione della prima Rete Ondametrica Nazionale e coordinò, per oltre 10 anni, il Gruppo Nazionale di Ingegneria Marittima del MURST.

Svolse una continua attività di consulenza e di supporto scientifico per la progettazione, realizzazione o ammodernamento delle più importanti infrastrutture portuali per gli Enti Autonomi dei porti di Napoli, Savona, Palermo, Bari, Taranto, Manfredonia e Livorno. Ha portato il suo contributo per la realizzazione di alcune fra le più importanti opere di difesa della costa realizzate negli anni '70 e '80, come la difesa delle spiagge a protezione della ferrovia fra Diamante e Paola, la difesa dell'abitato di Lavagna e il piano di difesa della costa per la Regione Molise.

Le sue lezioni del corso di Costruzioni Marittime sono state improntate al rigore scientifico proprio della sua

attività di ricerca, ma anche nutrite di molti elementi operativi pratici, che evidenziano la sua esperienza di Ingegnere.

Una volta liberato dalle incombenze della didattica universitaria, negli ultimi anni si è dedicato alla redazione di un accurato libro di testo con la valenza di un manuale, che fornisce una visione aggiornata sulle strutture più importanti delle costruzioni marittime. Il testo “Le dighe Marittime – Progettazione, Realizzazione, Dissesti, Manutenzione” è un compendio dei risultati più aggiornati del mondo della ricerca, con utili ed originali commenti agli attuali criteri progettuali, estesi ai sovente trascurati problemi che gli ingegneri incontrano in fase di realizzazione e manutenzione delle opere.

Anche il suo testo più recente “Le onde marine” porta un contributo appassionato alla conoscenza dei fenomeni di interazione fra le onde di mare e le opere di ingegneria, dove i recenti risultati e nuovi approcci scientifici sono preceduti spesso da ampia illustrazione dei criteri utilizzati in passato, quando non erano disponibili le informazioni da misure di laboratorio ed i mezzi di calcolo attuali.

Il Professor Benassai ha fatto parte del comitato scientifico di Studi costieri finì dalla prima uscita nel 1999, mostrando sempre un vivo interesse alle ricerche pubblicate, con accurate revisioni ed attenti commenti, apprezzando ed incoraggiando le attività di questa piattaforma di incontro fra professionalità diverse che operano nel campo della difesa delle coste.

I suoi allievi, ora professori nelle due università di Napoli, e coloro che hanno avuto la fortuna di collaborare con Lui in attività di ricerca, lo hanno ricordato in una sessione del convegno “Esperienze di Ingegneria off-shore e marina” svoltosi in novembre a Firenze, nell’ambito degli Studi di Aggiornamento AIOM con la collaborazione del GNRAC. Unanime è stata la gratitudine di tutti coloro che lo hanno conosciuto per la sensibilità nello smorzare i confronti accademici e prediligendo la condivisione, la mediazione ed il rispetto delle regole e, soprattutto, per il calore umano sempre presente nei consigli dispensati ai giovani e nell’ascolto di tutte le opinioni.

Tutti noi lo ricorderemo con affetto, ed i suoi ultimi testi nelle nostre librerie ne terranno vivo il ricordo.

Pier Luigi Aminti
Dicembre 2019

Studi costieri

Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

Numero 29

Indice

Opere di protezione costiera a basso impatto ambientale: i ripascimenti protetti Alessandra Saponieri e Leonardo Damiani	p. 3 - 16
Romance on the beach Allan T. Williams	p. 17 - 48
Evoluzione geomorfologica di una costa alta nel Cilento (Campania). Il caso di Ripe Rosse Domenico Guida e Alessio Valente	p. 49 - 60
Progetto MAREGOT: La banca dati dei sedimenti costieri della Regione Toscana Francesco Bianco, Filippo Bonciani, Luigi E. Cipriani, Irene Cinelli, Enzo Pranzini, Daniele Simoncini	p. 61 - 68
Granulometria: perché usare la scala log-probabilistica? Un viaggio nel passato Enzo Pranzini	p. 69 - 76
Premio G3 - Miglior Presentazione di Studi Costieri Lorenzo Cappiotti	p. 77 - 78
Downscaling dell'idrodinamica del Mediterraneo simulata dai modelli Copernicus: applicazione al caso di studio della Laguna di Orbetello Andrea Dottarelli e Lorenzo Cappiotti	p. 79 - 88
Studio dell'evoluzione di una barra di foce interna tramite immagini da video-monitoraggio Agnese Baldoni	p. 89 - 90
Analisi delle fluttuazioni della linea di riva con il metodo delle aree e dei transetti Mirko Basile, Giorgio Manno, Carlo Lo Re, Giuseppe Ciruolo	p. 91 - 92
Evoluzione recente delle piane tidali del delta del Po Riccardo Brunetta, Paolo Ciavola	p. 93 - 94
La tecnologia di accrescimento minerale per la nuova vita delle piattaforme offshore O&G Giuseppina Colaleo, Pasquale Contestabile, Diego Vicinanza	p. 95 - 96
Sperimentazione di una nuova tecnica eco-compatibile per la riduzione dell'erosione delle dune costiere Elisa Leone	p. 97 - 98
Approccio numerico multi-layer per valutare gli impatti derivanti da moto ondoso su una struttura trascinabile Stefano Marino, Alessandra Saponieri, Corrado Altomare, Leonardo Damiani	p. 99 - 100
Robot marini autonomi per analisi batimetriche e mappature intelligenti dei fondali Alessandro Ridolfi, Nicola Secciani, Mascha Stroobant, Matteo Franchi, Leonardo Zacchini, Riccardo Costanzi, Giovanni Peralta, Luigi E. Cipriani	p. 101 - 102
La Spiaggia Ecologica: il modello di gestione che coniuga turismo balneare e salvaguardia degli ecosistemi costieri Alice Rotini e Stefania Chiesa	p. 103 - 104
Studio numerico della resistenza strutturale di elementi di mantellata Cubipodà Giulio Scaravaglione	p. 105 - 106
Spiagge ad alimentazione mista terrigena carbonatica, impatti antropici e adattamento ai cambiamenti climatici Simone Simeone, Walter Brambilla, Alessandro Conforti, Emanuela Molinaroli, Giovanni De Falco	p. 107 - 108
Seconda campagna di monitoraggio del terzo intervento di ripascimento con sabbie sottomarine lungo la costa emiliano-romagnola Enrica Vecchi, Stefano Gandolfi, Nunzio De Nigris, Maurizio Morelli	p. 109 - 110
Libri	
Headland-bay beaches - Static equilibrium concept for shoreline management Enzo Pranzini	p. 111 - 112
Granelli di sabbia - Una guida per camminare sul bordo del mare Nicola Corradi	p. 113 - 114
Coastal Resilience Handbook for the Adriatic Daria Povh Škugor	p. 115 - 116
Beach and Dune Restoration Enzo Pranzini	p. 117 - 118
In ricordo di Edoardo Benassai Pier Luigi Aminti	p. 119 - 120

Gruppo Nazionale per la
Ricerca sull'Ambiente Costiero

ISSN 1129-8588