

# Studi costieri

Dinamica e difesa dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

N. 26  
2017



# 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: **Marco Piccardi**

m.piccardi@tin.it

## **Comitato scientifico**

Segreteria: **Pierluigi Aminti**

Dipartimento di Ingegneria civile

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

**Antonio Brambati** - Trieste

**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

**Giulio Scarsi** - Genova

**Umberto Simeoni** - Ferrara

**Adrian Stanica** - Bucarest (Romania)

**Sandro Stura** - Genova

**Giuseppe Roberto Tomasicchio** - Bari

**Lilian Wetzel** - Rio Grande (Brasile)

Finito di stampare nel mese di Settembre 2017

**Tipografia Il Bandino**

# Studi costieri

**Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera**

**Numero 26**

## Indice

- Piano Regionale per la Gestione delle Coste della Basilicata: Analisi delle criticità costiere** p. 3 - 16  
Michele Greco, Giovanni Martino, Carmen Santoro, Salvatore Gravino, Corinne Corbau, Umberto Simeoni
- Il regime concessorio delle spiagge italiane e il servizio di salvataggio in una prospettiva europea** p. 17 - 28  
Dario Giorgio Pezzini
- La gestione dei materiali legnosi spiaggiati sugli arenili. L'esperienza di Marina di Carrara** p. 29 - 40  
Giuseppe Bruschi, Alessandra Pacciani
- Tourism-Atlas: strategie di sviluppo e gestione delle trasformazioni indotte dal turismo in destinazioni sia consolidate che emergenti** p. 41 - 56  
Luca Emanuelli, Gianni Lobosco
- Monitoraggio RPAS delle dune embrionali di Rosolina Mare (Alto Adriatico)** p. 57 - 68  
Yuri Taddia, Corinne Corbau, Elena Zambello, Valentina Russo, Alberto Pellegrinelli, Paolo Russo e Umberto Simeoni
- L'influenza delle strutture balneari per la programmazione d'interventi di difesa della costa: quale disciplina per le concessioni demaniali turistico ricreative?** p. 69 - 74  
Gabriele Lami
- Rischio all'erosione costiera del settore meridionale della costa molisana** p. 75 - 90  
Aucelli Pietro P.C., Di Paola Gianluigi, Rizzo Angela, Roskopf Carmen M.
- Utilizzo del modello XBeach come strumento di analisi dell'erosione costiera in seguito a eventi di mareggiata** p. 91 - 106  
Silvia Unguendoli, Aguzzi Margherita, Nunzio De Nigris, Maurizio Morelli e Tiziana Paccagnella
- Prime indagini per la valutazione del Beach Litter lungo le spiagge della costa di Pozzallo (Ragusa)** p. 107 - 114  
Antonino Duchi, Monica Giampiccolo, Giuseppe Scaglione
- Sviluppo di un DSS integrato per il monitoraggio dell'ambiente costiero** p. 115 - 128  
Michele Greco, Giovanni Martino, Annibale Guariglia, Lucia Trivigno, Angela Losurdo, Vito Sansanelli
- La spiaggia di Savona: l'evoluzione storica, la situazione attuale, gli scenari futuri** p. 129- 136  
Giorgio Berriolo

**Gruppo Nazionale per la  
Ricerca sull'Ambiente Costiero**

ISSN 1129-8588

## Il regime concessorio delle spiagge italiane e il servizio di salvataggio in una prospettiva europea

Dario Giorgio Pezzini

Società Nazionale di Salvamento Via Luccoli 24/4 - Genova, e-mail: dpezzini@alice.it

### Riassunto

L'articolo si propone di rilevare, in una prospettiva europea, quei tratti che caratterizzano il servizio di salvataggio presente sulle spiagge italiane. In Italia questo servizio è stato associato alle concessioni demaniali commerciali: la quasi totalità dei bagnini di salvataggio sono dipendenti di stabilimenti balneari privati. Inoltre, questa è una seconda peculiarità italiana, l'autorità competente sulle spiagge è stata esercitata dalle Capitanerie di Porto. Solo a cavallo del secolo c'è stato un parziale passaggio di consegne tra Stato e Regioni, non sempre efficace e fruttuoso.

Tutto ciò ha prodotto a sua volta alcune conseguenze:

- la mancanza di una regolamentazione uniforme sull'intero litorale
- le spiagge libere, non assentite in concessione, sono rimaste sguarnite del servizio di salvataggio creando una dualità, praticamente unica nell'Europa occidentale, tra spiagge private, aperte ad un pubblico pagante, pulite e sorvegliate, e spiagge libere, in pratica abbandonate a se stesse
- in ciascun stabilimento balneare il bagnino di salvataggio è un operatore autonomo separato dagli altri bagnini, dipendenti degli stabilimenti limitrofi
- la geografia balneare ripete un dualismo caratteristico tra Nord e Sud: sui litorali del nord e centro Italia, teorie talora lunghissime di postazioni di salvataggio sono intervallate da pochi, brevi tratti di spiaggia libera incustodita; mentre nel sud Italia, poche concessioni balneari sussistono a fronte di lunghissimi tratti di spiaggia libera.

**Parole chiave:** spiagge, spiagge libere, organizzazione del servizio di salvataggio, segnaletica di sicurezza, diritto della navigazione, demanio marittimo

### Abstract

*The paper describes, from a comparative european view, the features marking out the lifeguarding service on italian beaches. In Italy, lifeguards are practically present only in the numerous, private bathing establishments. Moreover, this a second important feature, the concession of services on the beach and the beach authority itself have been exercised by the State through the Coast Guard. Only at the beginning of our century these roles have been partially entrusted to Regions.*

*All this has provoked some relevant consequences:*

- *the absence of a uniform rule on the entire coastline;*
- *a dualism between well controlled private beaches and neglected free beaches;*
- *the lifeguard service is centered upon a unique rescuer, employee of a private enterprise, who does not operate in a collective team;*

- *the geography of marine recreation tourism characterizes Italy with a typical dualism between North and South: in the northern and central regions, long theories of lifeguard posts are at intervals with brief, scarce unguarded free beaches; in the southern regions, on the contrary, long, unattended tracts of free beach are spaced out by rare, guarded bathing establishments.*

**Key word:** *beach, free beach, lifeguarding service, beach safety signals, coastline law, coast state property law.*

## Introduzione

Chiunque lavori nell'ambito del turismo balneare difficilmente si rende conto della specificità italiana, in merito all'organizzazione del servizio di sorveglianza e salvataggio sulle spiagge, se non è in grado di vedere ciò che avviene oltre i confini nazionali nell'Europa occidentale. Questa specificità dipende da alcune anomalie - rispetto a ciò che è stato fatto in altri paesi europei - legate precipuamente a due fattori: il regime concessorio delle spiagge e la loro gestione amministrativa, affidata per lunghissimo tempo alle Capitanerie di Porto / Guardia Costiera. Il successivo trasferimento di parte delle loro attribuzioni alle Regioni, a cavallo del secolo passato, ha trovato Regioni e Comuni impreparati a gestire i nuovi compiti.

## Il caso francese come paradigma di confronto

La Francia presenta uno sviluppo costiero ragguardevole (5.853 Km. di costa), lungo tre lati (Manica - Mare del Nord, Atlantico e un lungo tratto di costa sul Mediterraneo che accoglie il 38% del turismo balneare francese, Bavoux, 1997). Il servizio di sorveglianza e salvataggio sulle spiagge offre un ottimo termine di paragone perché, con un'organizzazione spartana del servizio, si situa all'estremità di un *continuum* che vede, all'estremità opposta, paesi che, come la Germania o il Portogallo, utilizzano formule organizzative più liberali. Su questo *continuum* si possono collocare pressoché tutte le altre esperienze europee, eccettuata l'Italia. I bagnini francesi (*maîtres nageurs sauveteurs*) ricevono, dopo un impegnativo esame (e un serissimo corso che li impegna per circa un anno), un brevetto di stato (*Brevet National de Sécurité et de Sauvetage Aquatique*, BNSSA) che deve essere rinnovato, dopo un corso di aggiornamento e un esame ogni cinque anni, in un centro riconosciuto. Assunti dai comuni per concorso, lavorano continuativamente sulle spiagge libere sorvegliate, nelle piscine pubbliche o private o nei rari stabilimenti balneari. Anche i vigili del fuoco e la polizia possono conseguire titoli analoghi ed essere incaricati del servizio (*Fédération nationale des métiers de la natation et du sport*, 1999).

Il regime concessorio sulle spiagge vigente in Francia è molto rigoroso, protettivo del patrimonio paesaggistico e della libertà di accesso alle spiagge: la spiaggia è un bene pubblico. L'uso libero e gratuito ne costituisce la destinazione fondamentale (anche se allo stesso titolo di altre attività che, come la pesca, la navigazione o la maricoltura utilizzano le risorse marine, cfr. art. 30 della Legge n. 86 del 03/01/1986, più volte rinnovata, detta "*loi littorale*", "legge del litorale"). Non è possibile costruire entro i 100 m. dalla fine della spiaggia su tutto il territorio nazionale. Fanno eccezione le spiagge "cittadine" (come per esempio quella di Nizza), o quando la costruzione di un edificio sia motivata da interessi pubblici prevalenti (come nel caso della costruzione di un faro o di strutture portuali). Alla spiaggia "si ha libero e gratuito accesso": "accesso" indica non solo l'ingresso, ma anche la facoltà di fermarsi in qualsiasi punto collocandovi le proprie attrezzature da spiaggia. Le rarissime concessioni private, a scopo commerciale (cioè, in pratica, gli "stabilimenti balneari" francesi), non intaccano questo diritto. Esse, infatti, non possono sfruttare che il 30% della superficie concessa e non possono occupare con le loro attrezzature un fronte mare continuo. Il regime giuridico cui sono assoggettati gli stabilimenti balneari francesi è molto simile a quello delle nostre "spiagge libere attrezzate" (Pezzini, 2005). Un cartello che indichi una spiaggia come "privata" o porre un divieto di accesso alla spiaggia sono, per la legge francese, degli illeciti. Inoltre, gli stabilimenti balneari (che solo con una buona dose di fantasia un italiano qualificherebbe come tali) devono collocarsi nella parte più lontana dalla battigia (Pitron e Jolivet, 2007 e Fig. 1).



Figura 1. Uno “stabilimento balneare” francese (Saintes-Maries-de-la-Mer, Camargue, Francia).

Le concessioni demaniali sono in totale qualche centinaio, disperse sull’intero territorio nazionale. La totalità delle spiagge è quindi in regime di “spiaggia libera”, non intaccata nella sua fruibilità che da poche concessioni balneari che occupano una porzione minima del litorale. Sulle spiagge il sindaco di ciascuno degli 883 comuni costieri ha l’obbligo di delimitare una o più zone sorvegliate individuando “quella parte del litorale che presenta una garanzia sufficiente per la sicurezza dei bagnanti e le attività nautiche” (Loi litorale [Legge litorale], 1986, art. 31)

Sulla costa adatta alla balneazione troviamo la seguente tipologia di spiagge:

- *spiagge libere sorvegliate* (“*amenagées*”);
- *spiagge libere non sorvegliate ma non vietate alla balneazione* (le persone possono fare il bagno, anche se a proprio rischio: su questo tipo di spiaggia il comune ha solo l’obbligo di informare il pubblico dell’assenza del servizio di sorveglianza e di mettere comunque a disposizione degli utenti i mezzi per allertare eventualmente i soccorsi di emergenza);
- *spiagge pericolose*, sulle quali vige il divieto di bagnarsi.

La polizia municipale dei comuni rivieraschi esercita la propria competenza “*sulla riva del mare fino al limite delle acque*” (art. 3<sup>2</sup> del Codice dei Comuni): una speciale polizia municipale è addetta al controllo della balneazione e delle attività nautiche (*police de baignade et des activités nautiques*), sotto il diretto controllo del sindaco, competente fino al limite dei 300 m. dalla battigia. Oltre i 300 m la competenza è, invece, del prefetto marittimo, cioè ricade sotto il controllo diretto dello stato (Pitron e Jolivet, 2007).

Le zone assegnate alla balneazione sono delimitate e separate da altre attività marittime. La delimitazione dello specchio acqueo balneabile (*délimitation de la baignade*) è obbligatoria sia lungo la riva che in mare per tutta la zona che ricade sotto la responsabilità diretta del sindaco:

- la zona sottoposta alla sorveglianza è delimitata, lungo la battigia da due gagliardetti (*fanions*) di colore blu scuro, collocati su aste bianche, piantati nella sabbia (o su boe prospicienti la riva). Sulle aste un cartello segnala, in più lingue, che il bagno è sorvegliato (Fig. 2)
- sul resto della spiaggia il bagno è proibito

- in profondità, cioè in mare, la zona riservata al bagno è delimitata invece da grandi boe gialle collocate a 300 m. dalla battigia. Altre boe (di colore rosso o arancio) circoscrivono, entro quella del bagno, la zona riservata a chi non sa nuotare (*petit bain*); un altro festone di boe (piccole e gialle) delimita lo specchio di mare dove gli *engins de plages* (i natanti da spiaggia: canoe, kayak, ecc.) non sono comunque ammessi. Infine un corridoio di lancio (*chenal traversier*), circoscritto da boe di diversa fattura (cilindriche a destra, coniche a sinistra), serve alle imbarcazioni a motore o a vela per prendere il largo nella zona del bagno regolamentata (*Fédération nationale des métiers de la natation et du sport*, 1999 e Fig. 3).

Il significato delle bandiere utilizzate sulla spiaggia è stabilito da un decreto statale, ripreso dalle ordinanze municipali, ed è uniforme su tutto il territorio francese. Un cartello che riporta i significati delle bandiere è esposto sulla via d'ingresso alla spiaggia. Una qualunque delle bandiere issata sul pennone indica che la spiaggia è comunque sorvegliata (nessuna bandiera significa invece che il servizio è assente). Il significato, univoco su tutto il territorio nazionale, è il seguente:

- *bandiera verde*: assenza di pericoli
- *bandiera gialla*: attenzione! E' pericoloso fare il bagno
- *bandiera rossa*: è vietato fare il bagno (Fig. 4).



Figura 2. Il tratto sorvegliato, dove è possibile fare il bagno, è compreso tra due bandiere blu; sul litorale limitrofo la balneazione è vietata (Lacanau, Aquitania, Francia).



Figura 3. Mappa della zona riservata alla balneazione (Saintes-Maries-de-la-Mer, Camargue).



Figura 4. Significato delle bandiere (Francia).



Figura 5. Divieto di balneazione su un tratto di litorale (Francia, Mediterraneo).

L'unica costruzione ammessa, un casotto all'entrata dell'arenile, ospita la direzione della spiaggia, l'infermeria, i servizi igienici, un punto d'informazione per gli utenti. Uno o più cartelli danno indicazioni generali sulla gestione dell'arenile e del bagno, sulla qualità e la temperatura dell'acqua, l'ora e l'escursione delle maree, ecc. In particolare, sono indicati con precisione anche i pericoli per la balneazione presenti sulla spiaggia con l'ausilio di un'apposita mappa.

I bagnini si avvicendano in squadre di quattro membri nel corso della giornata, di regola affiancati da vigili del fuoco o da poliziotti. Su molte spiagge, la squadra è formata da due bagnini (*maitres nageurs*), da un pompiere e un poliziotto, su altre l'incarico del servizio è affidato alla *Société de sauvetage en mer*.

Il regime francese esemplifica piuttosto bene ciò che avviene nella maggioranza dei paesi europei che, in un panorama comunque variegato per le particolarità di ordinamenti giuridici diversi, presentano le stesse tendenze di fondo e gli stessi principi informativi:

- tutto il litorale – spiagge comprese – è assoggettato allo stesso regime giuridico in un quadro nazionale uniforme;
- la spiaggia è un bene pubblico cui tutti hanno accesso: le spiagge sono “libere”;
- l'accessibilità alla spiaggia non indica solo un diritto di ingresso, ma anche quello di fermarsi su qualsiasi punto e di impiantarvi la propria personale attrezzatura balneare
- questo diritto di utilizzare una spiaggia a scopo balneare, può essere limitato solo nel caso in cui lo stato abbia un interesse prevalente (legato alla difesa o alla tutela di altre attività che, come la pesca o la navigazione, sono ritenute altrettanto meritevoli di tutela), ma anche per ragioni di ordine pubblico: quando sia vietata la balneazione perché, per esempio, la sicurezza degli utenti è messa in pericolo dalle caratteristiche morfologiche di un litorale o dalle condizioni meteomarine (Fig. 5);
- le concessioni private a scopo commerciale, gli stabilimenti balneari, non intaccano se non minimamente il diritto alla spiaggia come bene pubblico, cioè “di tutti”;
- lo Stato fa obbligo alle autorità municipali di tutelare la sicurezza e la salute degli utenti delle spiagge che ricadono nella loro competenza territoriale, organizzando anche il servizio di salvataggio;
- il servizio di salvataggio è “collettivo”: gestito da una squadra di bagnini, integrato nell'organizzazione complessiva dell'intera spiaggia, sotto un'unica direzione.

### **Formule organizzative: Europa**

Quanto ai principi generali del diritto concessorio e all'organizzazione collettiva del servizio di salvataggio sulle spiagge, le differenze tra i paesi europei occidentali sono di scarsa rilevanza, e ciò che li differenzia è, in pratica, solo una diversa “formula organizzativa” utilizzata per gestire il servizio. La *formula organizzativa* descrive la competenza specifica di una squadra di bagnini di salvataggio su un tratto di fronte mare: in pratica, indica il *settore di sorveglianza* assegnato a una squadra di bagnini (Pezzini, 2005). In Francia, per esempio, una squadra di 4 bagnini deve controllare un breve tratto, racchiuso tra due *fanions*, sul quale gli utenti possono fare il bagno. Gli stessi bagnini devono far rispettare il divieto di bagnarsi su tutto il resto della spiaggia; un'amministrazione comunale può comunque disporre più ingressi alla spiaggia replicando il modulo organizzativo su più punti del litorale.

Quella francese rappresenta senza dubbio la sistemazione più restrittiva nel panorama dei paesi dell'Europa occidentale. All'estremo opposto, più “liberale”, troviamo formule organizzative che, come quelle utilizzate in Portogallo o in Germania, prevedono la possibilità per gli utenti di fare il bagno sull'intera spiaggia, suddivisa in *settori di sorveglianza* contigui. Ciascun settore (di 400 m) è controllato da una squadra di 2 bagnini in Portogallo e di 4 (in Germania). Tutti gli altri sistemi europei s'inseriscono tra questi due estremi: quello più restrittivo, francese (dove è permesso fare il bagno solo nella zona compresa tra i due *fanions*) e quelli più permissivi, sul modello portoghese o tedesco. dove si può fare il bagno lungo tutto il litorale. (Fig. 6 e Fig. 7).



**Figura 6.** Playa do Rochas, Algarve, Portogallo. Si noti la posizione, anche qui arretrata, degli stabilimenti balneari.



**Figura 7.** Isola di Ruegen, Binz, Germania (Mar Baltico): l'intera spiaggia è affidata alla DLRG (Deutsche Lebensrettungsgesellschaft), la società di salvamento tedesca, che dispone una postazione di salvataggio ogni 400 m.

Sulla spiaggia di S. Lorenzo (Gijon, Spagna, Mar Cantabrico), per esempio, l'intera spiaggia, con un fronte mare complessivo di 1800 m (a bassa marea) è sorvegliato da 3 postazioni di salvataggio contigue. Ciascuna postazione prevede l'impiego continuo di due bagnini su una postazione sopraelevata, e di altri "itineranti" cui è assegnato il compito di sorvegliare più da vicino i bagnanti e di far rispettare il regolamento della spiaggia (l'intera squadra è formata da 28 membri). Anche in questo caso tre bandiere indicano una regolamentazione diversa del bagno: quella verde (assenza di pericolo) liberalizza il bagno su tutto il fronte mare; quella gialla indica condizioni pericolose, ma non così pericolose da vietare la balneazione, indicate invece dalla bandiera rossa.



**Figura 8.** Spiaggia di San Lorenzo, Gijón, Asturias (Spagna): la bandiera gialla indica l'unico tratto in cui si può fare il bagno.



**Figura 9.** Bournemouth, Dorset (Inghilterra): bagnina itinerante nella tipica divisa "Commonwealth" (maglietta gialla, pantaloncini rossi).

La differenza della formula organizzativa spagnola, rispetto a quella portoghese o tedesca, sta nel fatto che, quando le condizioni del mare sono troppo pericolose, viene delimitato solo un breve tratto sicuro sul quale i bagnanti possono continuare a fare il bagno (troveremo in questo caso, sulla spiaggia, bandiere rosse su tutto il litorale con l'eccezione di un breve tratto indicato da una bandiera gialla) (Fig. 8). La formula organizzativa utilizza, per così dire, il sistema portoghese-tedesco, quando il mare non è pericoloso, e quello francese,

quando le condizioni diventano preoccupanti. In ogni caso, comunque, condizioni del mare proibitive possono far scattare la bandiera rossa su tutto il fronte mare e proibire ovunque la balneazione.

A Bournemouth, nel Dorset, come in generale in Gran Bretagna, vengono identificati sulla spiaggia i punti non pericolosi e maggiormente frequentati dai bagnanti dove sono collocate efficientissime postazioni di salvataggio con bagnini fissi ed itineranti sulla spiaggia. D'altra parte una contea può decidere di non sorvegliare una spiaggia avendo in questo caso, come accade in Francia, solo l'obbligo di segnalarlo agli utenti e di garantire comunque l'intervento dei mezzi di soccorso in caso di emergenza (Fig. 9).

### **Il caso italiano: vizi privati, pubbliche virtù**

Sulla carta, il caso italiano non fa eccezione all'Europa: le spiagge fanno parte del demanio marittimo dello Stato (art. 822 del Codice Civile, art. 28 del Codice della navigazione), sono un bene pubblico al quale tutti hanno accesso, non sono appropriabili da privati (L. D'Ovidio et al., 2000, anche se qualche tentativo di legalizzare uno stato di fatto esistente, e di vendere le spiagge ai privati, non è mancato, soprattutto con l'idea di far cassa per uno Stato che vanta un debito pubblico imponente). *De facto*, interi litorali, soprattutto al centro e al nord, sono diventati, per le innumerevoli concessioni balneari esistenti (solo quelle "di stabilimento balneare" sono 30.000), lunghissime teorie di contigui "bagni", "lidi", "chalet"... a seconda del nome con cui vengono indicati gli stabilimenti balneari nelle diverse regioni. Ciò che appare agli occhi di un osservatore straniero non è proprio ciò che noi siamo abituati a vedere. Così ci descrive, per esempio, quello che è sicuramente un osservatore competente, che di spiagge se ne intende sicuramente: *Sulle spiagge del Mediterraneo, ma soprattutto in Italia, sono presenti arredi balneari, inclusi chioschi, caffè, baracche, passerelle, tavoli e ombrelloni fissi che sostengono uno sfruttamento intensivo, fortemente commercializzato delle spiagge. Nel resto del mondo ciò viene visto come una non necessaria accozzaglia di cose che distruggono e rovinano l'ambiente e che sovraorganizzano le attività balneari sulla spiaggia* (Bird, 1996, p. 218 e Fig. 10).

Le spiagge libere, su molti litorali del nord e il centro Italia, sono in pratica scomparse: sono rimaste "libere" solo le spiagge di difficile accesso, o quelle che, per varie ragioni, sono poco sfruttabili commercialmente. La situazione in gran parte dei litorali del sud è praticamente opposta: la minore affluenza di turisti, concentrata in una stagione balneare troppo breve (talvolta ridotta ad un solo mese tra luglio e agosto), ha reso non così appetibili le spiagge da parte dei privati e i Comuni si sono trovati, in un periodo di magre risorse finanziarie, a dover gestire lunghissimi litorali di spiagge libere – spesso misurabili in km - senza i mezzi economici e le competenze necessarie per farlo.

Le concessioni demaniali sono state assegnate, a trattativa privata, dalle Capitanerie di Porto, prima, e poi, dagli inizi di questo secolo, dai comuni. Il concessionario di uno stabilimento balneare può occupare con le proprie attrezzature l'intera spiaggia concessa, con un limite di 5 m (!) dalla battigia, riservata al libero transito (chiunque vi può camminare ma non può fermarsi); interi litorali sono stati "chiusi" – famigerato il muro di Ostia – e la questione dei "varchi", capace di garantire un libero accesso alla spiaggia, ha impegnato le Capitanerie di Porto per anni nel tentativo di imporsi su riottosi proprietari di stabilimenti balneari. Su alcune spiagge i concessionari avevano, infine in aggiunta, disposto un biglietto d'ingresso che eliminava del tutto anche la residua libertà teorica di accesso, quando uno stabilimento balneare o una lunga teoria ininterrotta di stabilimenti occupavano l'intero litorale. La concessione inoltre può essere ceduta in gestione, venduta, lasciata in eredità ... una somma di facoltà attribuite al concessionario che, assieme al *rinnovo automatico delle concessioni* (previsto dalla legge n. 8/2001, art. 10) rendeva i concessionari proprietari di fatto di grandi tratti del litorale italiano. Come è noto, il quadro ha cominciato a cambiare negli ultimi 10 anni in seguito ad una direttiva europea: la cosiddetta *direttiva Bolkensein*. Affronteremo qui, tuttavia, solo il problema del servizio di salvataggio: in Italia il servizio è stato associato alle concessioni demaniali degli stabilimenti balneari e, per lunghissimi decenni (dal 1929), gli unici bagnini presenti sulla spiaggia sono stati bagnini "privati" (cioè dipendenti da datori di lavoro privati), ciascuno operante all'interno e per conto di uno stabilimento balneare (C. Angelone et al., 2002; Cianchini, 2001; Corsini, 2004; Pezzini, 2005).

### Formule organizzative del servizio di salvataggio in Italia

Gli obblighi primari di un concessionario che, di fatto, si sostituisce allo Stato in questi servizi, consistono nel pagare un canone, effettuare la pulizia della spiaggia e dello specchio acqueo antistante la concessione e garantire un servizio di salvataggio ai propri utenti, conformemente alle prescrizioni delle ordinanze di sicurezza balneare delle Capitanerie di Porto. Sui tratti di spiaggia libera - in concessione ai comuni - graverebbero in teoria gli stessi obblighi, ma il Comune può sottrarsene collocando semplicemente un cartello sull'arenile con il quale indica l'assenza del servizio di salvataggio e che non c'è nemmeno la cartellonistica e quella segnaletica minima prevista invece per le spiagge assentite in concessione a stabilimenti balneari. Questa facoltà concessa ai comuni ha prodotto, in pratica, due tipi di spiaggia: quelle "private", cioè in concessione a privati ma aperte al pubblico (pulite e sorvegliate, ma a pagamento), e quelle libere (gratis) che, nella quasi totalità, sono abbandonate a se stesse. Le spiagge libere non sono spiagge di tutti, ma spiagge di nessuno, dove si verificano la maggior parte degli episodi di annegamento (Pezzini, 2001; 2005; Funari e Giustini 2011; Funari et al., 2012).

Ciascun stabilimento balneare deve avere un proprio bagnino che assicuri il servizio di salvataggio ai propri clienti: questo è stato il cardine del sistema di sorveglianza in Italia per molti decenni, fin dall'origine (1929). Questo principio organizzativo viene chiamato, con un'espressione toscana, "sorveglianza bagno per bagno", cioè ogni stabilimento balneare ha un proprio bagnino.

A differenza dei paesi europei, dove il servizio è organizzato collettivamente con una squadra di soccorritori per tutta la spiaggia, in Italia, il servizio s'incentra su un solo operatore di salvataggio che sorveglia autonomamente solo una piccola porzione del litorale. Col tempo, tuttavia, a cominciare dalla fine degli anni '80, a questa soluzione - assurda, quando gli stabilimenti balneari sono contigui per chilometri (Fig. 11) - se ne sono affiancate altre che si basano su un principio organizzativo diverso: *la sorveglianza per settori* (Pezzini, 2001).



Figura 10. Tonfano, Pietrasanta (Versilia).



Figura 11. Marina di Pietrasanta (Versilia): ogni pattino rivela una postazione di salvataggio, una ogni 30 m circa.

Ciascuna ordinanza balneare (di fonte regionale o proveniente dalle Capitanerie di Porto) stabilisce infatti un settore massimo di fronte mare oltre il quale un solo bagnino non è più sufficiente. Se uno stabilimento balneare supera per estensione il settore di sorveglianza prescritto, deve aggiungere una postazione di salvataggio per ogni settore in più (o per la sua frazione). Ad esempio, l'ordinanza di sicurezza balneare di Viareggio (2015), prevede un settore di sorveglianza massimo di 80 m, gli stabilimenti balneari con fronte mare da 81 m a 160 m devono disporre due postazioni di salvataggio, da 161 m a 240 m 3 postazioni di salvataggio, ecc.

Le ordinanze hanno cominciato inoltre ad assegnare ai concessionari la facoltà di consorziarsi tra di loro sostituendo la sorveglianza "bagno per bagno" con quella per settori, che possono comprendere anche più

stabilimenti limitrofi. Questa soluzione che, nei primi anni '80, era limitata alle ore in cui i bagnini andavano a mangiare (così chiamata “*la bandiera gialla*”, di solito, dalle 13,30 alle 15,30) è stata poi estesa all'intero orario di balneazione (“*l'isola*”, come è stata denominata dagli inventori del sistema, gli stabilimenti balneari di Lido di Camaiore, Lucca, alla fine degli anni '80). Così, l'ordinanza C.P. di Viareggio del 2015 stabilisce che vi debba essere almeno una postazione di salvataggio ogni 80 m., lasciando liberi i concessionari di organizzare la sorveglianza nel rispetto di questa norma. Gli stabilimenti balneari che insistono sullo stesso settore possono gestire il servizio con propri dipendenti (con un bagnino per ogni “bagno”), oppure, consorziandosi con i concessionari limitrofi e utilizzare l'isola come sistema organizzando turni di sorveglianza reciproca (Pezzini, 2001; 2007).

Oltre a queste soluzioni sono comparsi i primi *piani collettivi*, prima sull'Adriatico (anni '70), e poi sul Tirreno e il Mar Ligure alla fine degli anni '90 (Marina Di Carrara e Marinella di Sarzana, entrambe 1997). Con un “piano collettivo”, autorizzato dalla Capitaneria di Porto territorialmente competente, l'associazione degli stabilimenti balneari assegna il servizio dell'intera spiaggia a un terzo gestore, per esempio, una cooperativa di bagnini. Con questa formula l'Italia si è avvicinata di molto all'Europa e, in particolare, allungando i settori di sorveglianza e integrando le scarse risorse pubbliche con quelle private, con i piani collettivi sono state protetti dal servizio anche tratti di spiaggia libera che, da sempre, erano incustoditi. Il piano collettivo è una coperta che può essere allungata su tutto un litorale senza fare distinzione tra le spiagge assentite in concessione a stabilimenti balneari privati e quelle pubbliche (Pezzini, 2001).

Tutte queste formule organizzative sono ancora attuali e uno stabilimento balneare può decidere liberamente quale utilizzare: se gestire in proprio il servizio, sorvegliare per settori consorziandosi con gli stabilimenti limitrofi o aderire ad un piano collettivo.

### **La mancanza di una legge del litorale e la pluralità delle fonti normative**

In Italia manca una *loi littorale* o una *ley de costas*, in grado di uniformare la legislazione vigente sulle spiagge su tutto il territorio nazionale, originata invece da più fonti normative talora contrastanti (Capitanerie di Porto, Regioni, Comuni). Il raccordo è fornito da poche, scarse norme del Codice della Navigazione del 1942, emesso in un periodo in cui lo sviluppo impetuoso del turismo balneare era di là da venire. (D'Ovidio et al., 2000; Hall e Page, 2006; Osservatorio nazionale del turismo, 2003; Vallega, 1990). Ad una regolamentazione già parzialmente diversa di Capitanerie di Porto talvolta limitrofe si è sovrapposta quella delle Regioni e dei Comuni, che non sono state da meno nel complicare le cose. Tutti questi enti possono, infatti, emettere ordinanze balneari, e la competenza esclusiva delle Capitanerie in merito alla sicurezza della balneazione, che dovrebbe essere un compito dello Stato, è continuamente messa in forse. Così, per esempio, risultano difformi, da regione a regione, l'inizio del periodo e il termine *ad quem* in cui la sorveglianza delle spiagge deve essere garantita, i settori di sorveglianza (da 2 bagnini per 80 m previsto da alcune ordinanze di sicurezza balneare in Sicilia ad 1 per 220 m nell'ex Ordinanza Regionale Emilia Romagna 2015!), l'orario del servizio di salvataggio ecc. Le regioni, infatti, pressate dalle associazioni dei balneari, hanno cercato, riuscendovi, di comprimere il periodo e l'orario del servizio nonché ad allargare i settori di sorveglianza (in Toscana - una regione in cui le spiagge sono affollate dai primi di maggio fino ad ottobre - il periodo in cui vige l'obbligo del servizio va dal 15 giugno al 15 di settembre). Questi provvedimenti hanno avuto l'unico scopo di ridurre l'impiego dei bagnini sulle spiagge e di alleggerire i concessionari dai costi di un servizio subito da molti di loro come un'inutile corvée.

Non esiste una cartellonistica chiara e uniforme in grado di segnalare i divieti e i pericoli presenti su una spiaggia (con la parziale eccezione della Toscana e la provincia di La Spezia, Pranzini 2015, dove sono state utilizzate soluzioni europee) e l'unico obbligo di un concessionario è quello di esporre “*l'ordinanza*”, un documento - scritto in burocratese - che nemmeno gli italiani leggono o comprendono (Fig. 12).

L'obbligo di segnalare i pericoli sulle spiagge, previsto comunque dalle ordinanze, è puramente cartaceo. L'esempio delle bandiere - che sono, per la loro efficacia, il segnale più importante su tutte le spiagge del mondo



Figura 12. Affissione dell'Ordinanza di sicurezza balneare, un documento pressoché incomprensibile per l'utente della spiaggia

- può far comprendere la distanza che ci separa dall'Europa (Pezzini, 2001). Se è vero che tutte le ordinanze prevedono che un cartello apposito spieghi, in più lingue, il significato delle bandiere in uso su una spiaggia, è anche vero che il loro significato può essere difforme da un tratto di spiaggia all'altro. La *bandiera rossa* non indica il divieto di fare il bagno (come in pressoché tutto il mondo), ma solo che è pericoloso farlo, lasciando libero il bagnante di fare come vuole; talora essa indica l'assenza del servizio di salvataggio (in tutta Europa la presenza di una bandiera qualunque segnala invece la presenza del servizio). Un bagnino può, e deve, soltanto richiamare l'attenzione dei recalcitranti indicando loro il pericolo, ma non può trattenerli dall'entrare in acqua. Il bagno - a eccezioni dei porti, sulla rotta delle navi e in pochi altri punti indicati dalle ordinanze - può essere fatto ovunque, in qualsiasi condizioni del mare, mettendo a rischio la vita propria e quella dei soccorritori, professionali o improvvisati (in Italia, ogni anno, annegano circa 10 persone nel tentativo di salvare qualche sprovveduto cfr. Funari et al., 2012). Inoltre, poiché non esiste un'autorità che ordina di issare la bandiera rossa, su molti tratti di litorale possono comparire bandiere di diverso colore a seconda del difforme giudizio espresso dai bagnini: rosse o gialle, per esempio.

Il significato della *bandiera gialla* varia da regione e regione e in alcune indica - come in Liguria o in Sardegna - "vento forte" (col conseguente divieto di aprire gli ombrelloni o di locare i natanti); altrove indica invece, in orari predeterminati, una riduzione della sorveglianza (un "*affievolimento*", come in burocratese dicono le ordinanze), cioè il passaggio da una organizzazione del servizio "bagno per bagno" ad una organizzazione "per settori"

La presenza simultanea delle *bandiere rossa e gialla* indica, in certe località, l'assenza della sorveglianza in orari determinati (per una ironia della sorte questi due colori delimitano in Gran Bretagna e nei paesi ex Commonwealth il tratto di spiaggia sorvegliato dove si può fare il bagno in sicurezza). Così, per esempio, questo segnale può significare che, negli orari dalle 8,00 alle 9,30 e dalle 19,00 alle 20,00, pur essendo aperto lo stabilimento balneare, il bagnino non c'è (ex Ordinanza di sicurezza balneare, CP Viareggio 2016).

Diversamente, nella vicina La Spezia, il servizio comincia e finisce con l'apertura e la chiusura dello stabilimento (dalle 9,00 alle 19,00). D'altra parte, in orari diversi, per esempio alle 14,00, anche se issate assieme, ciascuna delle bandiere può conservare il proprio significato ed indicare una cosa diversa: per esempio, che la sorveglianza è ridotta (gialla) e che è pericoloso fare il bagno (rossa).

Alcune ordinanze prevedono l'uso della *bandiera bianca* - non utilizzata su nessuna spiaggia del mondo - per indicare le buone condizioni meteomarine su una spiaggia sorvegliata.

## Conclusioni

Questa brevissima descrizione delle disposizioni vigenti in Italia rivela alcuni dati eclatanti del servizio di salvataggio:

- una difformità evidente con il resto d'Europa (almeno quello ad ovest dell'Italia);
- una regolamentazione difforme da località a località, talvolta limitrofe, anche su questioni essenziali relative alla sicurezza in mare dei bagnanti;
- la pluralità di formule organizzative del servizio anche sullo stesso litorale;
- la quasi inesistenza di una segnaletica capace di rendere chiaro il regolamento di una spiaggia e i pericoli di un litorale agli utenti italiani o stranieri;
- il servizio di salvataggio quasi esclusivamente associato a concessioni private;
- il forte dualismo tra spiagge private, a pagamento, e spiagge libere incustodite.

Ciò che sta dietro a questa situazione, poi, è chiarissimo: tutti i provvedimenti degli ultimi decenni, anche quelli che hanno preso, quasi per caso, una direzione europea (come nel caso del servizio collettivo di salvataggio: com'è noto, virtù pubbliche originano talvolta da vizi privati), sono stati presi per impulso e pressione di gruppi di interesse – le associazioni dei balneari - che hanno trovato nelle Regioni sponde compiacenti, con la sola finalità di ridurre i costi del servizio di salvataggio per i concessionari privati.

Una maggiore tutela pubblica a protezione della sicurezza degli utenti, in un paese che fa del turismo balneare un'importantissima risorsa economica, sarebbe auspicabile su tutte le spiagge, pubbliche o private, del Nord o del Sud, senza alcuna distinzione, perché la vita, e la morte, sono uguali per tutti.

## Bibliografia

- Angelone C. et al., 2002. *La gestione del demanio marittimo: dallo stato alle regioni ai comuni*. Giuffrè, Milano.
- Bird E.C.F., 1996, *Beach Management*. J. Wiley & Sons, New York.
- Bavoux J. J., 1997, *Les littoraux français*. Armand Colin, Parigi.
- Cianchini R., 2001, *La nuova disciplina del demanio marittimo*. Maggioli editore, Milano.
- Corsini B., 2004, *L'impresa balneare*. Hoepli, Milano.
- Fédération national des métiers de la natation et du sport, 1999, *Sauveteur aquatique, Réglementation de baignade*. Parigi.
- D'Ovidio L., Pescatore G., Tullio L., 2000. *Manuale di diritto della navigazione*. Giuffrè, Milano. 834 pp.
- Funari E., Giustini M., 2011. *Annegamento in Italia: epidemiologia e strategia di prevenzione*. Rapporti ISTISAN (Istituto Superiore di Sanità), 11/23.
- Funari E., Giustini M, Pezzini D. G., 2012. *Annegamento e pericoli della balneazione*. Rapporti ISTISAN, 12/23.
- Hall C. M., Page S. J., 2006. *The Geography of Tourism and Recreation*. Routledge, Londra, New York. 400 pp.
- Osservatorio nazionale del turismo, 2003, *Il turismo balneare in Italia*. Roma
- Pezzini D. G., 2001, *Bandiera rossa!* Società Nazionale di Salvamento, Genova.
- Pezzini D. G., 2005, *Manuale di salvamento*. Società Nazionale di Salvamento, Genova.
- Pezzini D. G., 2007, *Lezione sull'ordinanza di sicurezza balneare*. Società Nazionale di Salvamento, Genova
- Pitron F., Jolivet V., 2007. *La gestion du littoral et des espaces marins*. Librairie Générale de droit et de Jurisprudence, Paris.
- Vallega A. (a cura di), 1990, *Manuale per la difesa del mare e della costa*. Edizioni Fondazione G, Agnelli, Torino.

**Ricevuto il 20/09/2016; accettato il 20/02/2017**



## La gestione dei materiali legnosi spiaggiati sugli arenili. L'esperienza di Marina di Carrara

Giuseppe Bruschi, Alessandra Pacciani

Comune di Carrara – Settore Ambiente e-mail [giuseppe.bruschi@comune.carrara.ms.it](mailto:giuseppe.bruschi@comune.carrara.ms.it)

### Riassunto

Partendo dal presupposto che il materiale eterogeneo che viene spiaggiato a seguito delle mareggiate è un materiale, e non aprioristicamente un rifiuto, è possibile trovare forme di gestione alternative al mero smaltimento.

L'evoluzione e l'analisi della normativa esistente, unitamente ad una fitta corrispondenza tra enti centrali e periferici, ha permesso di riconoscere che il legname spiaggiato può essere considerato una risorsa. Specialmente i grossi quantitativi di legname offrono la possibilità di essere gestiti come materia riutilizzabile, diminuendo così i costi generali di gestione dei rifiuti urbani per le pubbliche amministrazioni.

Questa nuova lettura ha permesso al Comune di Carrara di gestire il legname spiaggiato a seguito delle mareggiate come materia prima, attraverso due differenti approcci:

- 1) è stata emessa un'Ordinanza Sindacale (n° 112 del 2/3/2016) con la quale si permette ai cittadini di approvvigionarsi dei materiali legnosi naturali per il riutilizzo anche come combustibile negli impianti termici privati;
- 2) dove la presenza di tronchi e legnami di grosse dimensioni è stata notevole e pertanto appetibile da un punto di vista commerciale, si è concesso a ditte specializzate nella produzione di cippati di prelevare il legname come materia prima, con notevoli risparmi da parte della pubblica amministrazione rispetto al tradizionale smaltimento come rifiuto.

Parole chiave: riutilizzo, rifiuti, legname, gestione spiagge

### Abstract

*The evolution and analysis of the existing legislation, together with a series of correspondence between the central and local authorities, permitted to establish that the wood transported to beaches from storm, is to be considered as a resource. Especially the large quantities of wood can be managed as reusable material, reducing the overall costs of waste management.*

*This new interpretation allowed the Municipality of Carrara to manage the beached wood as raw material, through two different approaches:*

- 1) *it was allowed citizens to pick up natural wood materials for reuse as fuel also in private thermal plants;*
- 2) *where the presence of larger timbers was significant and therefore desirable from a commercial point of view, companies were allowed to pick up the wood as a raw material, with considerable savings.*

*Keywords: Reuse, trash, wood, beach management*

## Introduzione

Il litorale di Marina di Carrara è quello più settentrionale della Regione Toscana e risulta in continuità con le spiagge liguri, costituendo una piccola unità fisiografica di circa 4,5 km che va dalla foce del Fiume Magra fino al Porto di Marina di Carrara (Fig. 1). In questo tratto di costa la dinamica del litorale è determinata essenzialmente dalla presenza del Fiume Magra e dal suo apporto solido.

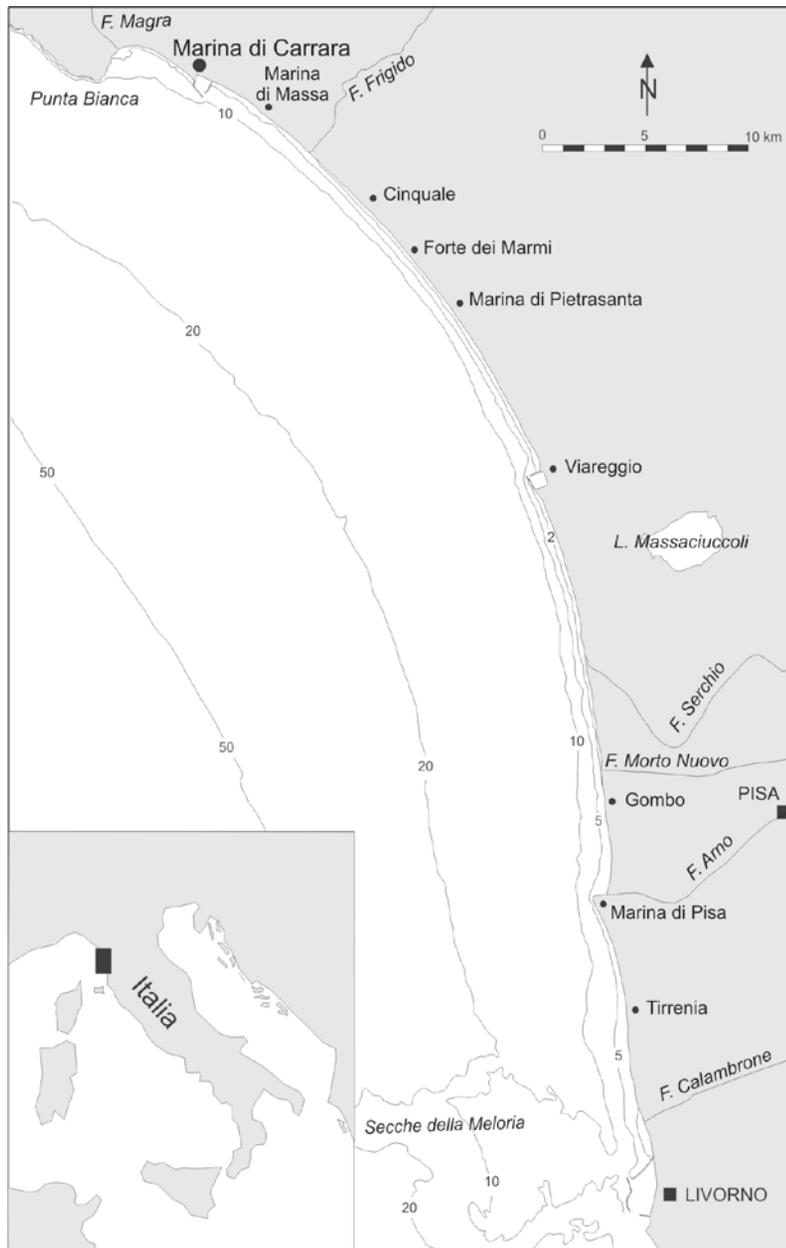


Figura 1. Area di studio.

Il tratto ligure, nelle immediate vicinanze della foce del Fiume Magra, è soggetto a profondi fenomeni di erosione costiera che hanno portato alla costruzione di difese rigide lungo tutto il tratto. La parte toscana ha evidenziato problemi di erosione solo nella porzione più settentrionale, a confine con la Regione Liguria, dove negli ultimi anni sono stati eseguiti interventi di ripascimento e la costruzione di opere soffolte in geocostruttori. Per approfondimenti sulla situazione morfodinamica di questo tratto di litorale si rimanda ai

lavori di Aiello et al, 1976; Anfuso et al., 2011; Ferri et al, 2008 e Pranzini, 2004.

Il bacino del Fiume Magra è un bacino interregionale di circa 1.700 km<sup>2</sup> e comprende essenzialmente la Valle del Fiume Vara, interamente in territorio ligure, e l'alta Valle del Magra in territorio toscano. I due rami confluiscono a S. Stefano Magra in Liguria e da qui il fiume scorre in territorio completamente ligure fino alla foce.

Il bacino idrografico del Fiume Magra presenta nelle sue parti più elevate e scoscese una vegetazione boschiva piuttosto diffusa. Di fatto circa i 2/3 della superficie totale del bacino è coperta da boschi, mentre il restante 1/3 è utilizzato da forme di agricoltura di vario grado d'intensità.

La presenza di questo grande bacino idrografico intensamente boscato immediatamente alle spalle del litorale in esame, determina l'insorgere di fenomeni legati al trasporto e deposizione di materiali vegetali.

Il litorale di Marina di Carrara è frequentemente colpito dal cosiddetto "lavarone" ossia lo spiaggiamento di detriti vegetali di origine continentale. Questo fenomeno che si evidenzia negli ultimi anni è legato alla manutenzione del reticolo idrografico minore che ormai avviene esclusivamente attraverso processi meccanizzati di trinciatura della vegetazione.

Inoltre, a ridosso di eventi alluvionali importanti che interessano il bacino del Magra, si assiste alla deposizione di ingenti quantità di legname sul litorale (Figg. 2 e 3). Gran parte del legname è trascinato nella rete idrografica da eventi franosi che interessano la copertura boschiva che caratterizza gran parte dei versanti del bacino, ma una parte del legname deriva anche dalla manutenzione in alveo che in alcuni casi è eseguita senza l'asportazione del legname stesso.



Figura 2. Esempio di deposizione di ingenti quantità di legname sul litorale.

Queste situazioni necessitano di interventi immediati di pulizia delle spiagge, specialmente se si manifestano nei periodi estivi, in quanto la pulizia è uno dei principali requisiti richiesti dai turisti (Valentina Marin et al., 2009; Williams & Micallef, 2009).



Figura 3. Esempio di deposizione di ingenti quantità di legname sul litorale.

### Quadro normativo di riferimento

La tematica della gestione del legname spiaggiato necessita di un'attenta lettura ed analisi della normativa vigente in materia di rifiuti e loro riutilizzo e della sua recente evoluzione. I concetti e le definizioni principali sono sicuramente da ricercare nella Parte IV del D.lgs 152/2006, il Testo Unico Ambientale. La definizione propria di rifiuto viene data dal D.Lgs 152/06 all'art. 183, comma 1, lettera a) che così recita: *rifiuto: qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi*. Lo stesso art. 183, comma 1, lettera r) riporta, inoltre, la definizione, utile al nostro studio, di riutilizzo: *qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti o componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti*. L'art. 184, comma 2, lettera d) del D.Lgs 152/06, Parte IV, stabilisce che sono rifiuti urbani i rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacuali e sulle rive dei corsi d'acqua. Sempre all'interno della Parte IV del D.lgs 152/2006, al successivo art. 185, comma 1, lettera f) vengono escluse dal regime dei rifiuti: *le materie fecali, se non contemplate dal comma 2, lettera b), paglia, sfalci e potature, nonché altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso utilizzati in agricoltura, nella selvicoltura o per la produzione di energia da tale biomassa mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana*.

A partire dal 2014 vi sono state importanti prese di posizione da parte di organi tecnici e modifiche alla normativa sui rifiuti che hanno chiarito lo status dei materiali spiaggiati. Nel gennaio 2014 è intervenuto sull'argomento l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Nella nota prot. n° 1128 del 09/01/2014 (All. 1), in risposta alle richieste della Regione Liguria per la situazione determinatasi a seguito di una forte mareggiata, ISPRA sottolinea la possibilità di escludere che la combustione del materiale legnoso

spiaggiato in impianti termici civili di cui al Titolo II della Parte quinta del D.Lgs 152/06 possa dar luogo ad impatti ambientali superiori a quelli derivanti dall'utilizzo di biomasse di altra provenienza. Il 20/08/2014 è stato pubblicato il D.L. 91/2014 convertito nella Legge n. 116 dell'11 agosto 2014. Questo intervento ha modificato l'art. 183, comma 1, lettera n) del D.Lgs 152/06 introducendo la seguente dicitura specifica per la gestione dei materiali spiaggiati: *(..omissis..). Non costituiscono attività di gestione di rifiuti le operazioni di prelievo, raggruppamento, cernita e deposito preliminari alla raccolta di materiali o sostanze naturali derivanti da eventi atmosferici o meteorici, ivi inclusi mareggiate e piene, anche ove frammisti ad altri materiali di origine antropica effettuate, nel tempo tecnico strettamente necessario, presso il medesimo sito nel quale detti eventi li hanno depositati.* Nel settembre del 2014 la Direzione Generale di ARPAT con nota prot. n° 63710 del 24/09/2014 (All. 2), risponde ad un quesito posto dal Settore Ambiente del Comune di Carrara in merito alla gestione dei materiali legnosi. Nella suddetta risposta, ARPAT stabilisce che, come introdotto dalle modifiche apportate con il D.L. 91/2014, *a seguito dell'operazione di cernita si creerà un deposito di solo legno, che è un bene e non un rifiuto, ed un deposito temporaneo di altro materiale di origine antropica che permane rifiuto, e come tale andrà gestito. La raccolta finale del legno, separato da tutto il resto, pertanto non si configura come attività di gestione dei rifiuti.*

### **Legname spiaggiato come materiale riutilizzabile**

Innanzitutto occorre partire dal presupposto che il materiale eterogeneo che viene spiaggiato a seguito di forti mareggiate è un materiale, e non aprioristicamente un rifiuto, al quale dovremo attribuire una definizione a seconda della tipologia e della possibilità di essere utilizzato o meno.

A questo proposito occorre fare chiarezza rispetto a quanto riportato all'art. 184, comma 2, lettera d) del D.Lgs 152/06, ossia che sono rifiuti urbani *i rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacuali e sulle rive dei corsi d'acqua.* Questo comma, spesso nel passato erroneamente portato ad esempio per dimostrare che i materiali presenti sulle spiagge sono rifiuti, in realtà assegna semplicemente lo status di rifiuti solidi urbani ai rifiuti presenti sulle spiagge e non sentenzia che tutti i materiali presenti sulle spiagge sono rifiuti. Pensare che tutti i materiali, anche di valore, portati sulle spiagge a seguito di mareggiate diventino automaticamente dei rifiuti implicherebbe delle conseguenze difficilmente spiegabili, ad es., le barche che durante le mareggiate rompono gli ormeggi e si spiaggiano dovrebbero essere trattate come rifiuti solidi urbani o riconsegnate ai legittimi proprietari?

La definizione di rifiuto data dal D.Lgs 152/06 all'art. 183, comma 1, lettera a) ossia *qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi* permette di distinguere i materiali presenti sulle spiagge in due categorie:

- 1) saranno rifiuti solidi urbani tutti i materiali presenti sulle spiagge non riutilizzabili in nessun modo (ad es. plastiche, lattine, legname che per quantità e qualità non è riutilizzabili, etc.).
- 2) non saranno rifiuti i materiali presenti sulle spiagge per i quali viene individuato un preciso riutilizzo, che saranno pertanto considerati materiali riutilizzabili (ad es. legname riutilizzabile per qualità e quantità, oggetti di valore etc.).

Nell'ottica di quanto espresso dall'art. 180bis del D.lgs 152/2006, che prevede l'impegno delle pubbliche amministrazioni a promuovere iniziative dirette a favorire il riutilizzo dei prodotti, si ritiene che il materiale legnoso presente sulle spiagge, per la sua origine naturale e per l'intrinseca possibilità di essere riutilizzato con lo scopo di produrre energia termica, non rientri nel campo di applicazione dei rifiuti, così come previsto anche dall'art. 185 comma 1, lettera f) del D.lgs 152/2006 che esclude dal regime dei rifiuti: le materie fecali, se non contemplate dal comma 2, lettera b), paglia, sfalci e potature, nonché altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso utilizzati in agricoltura, nella selvicoltura o per la produzione di energia da tale biomassa mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana.

Assumendo lo stesso principio e le stesse considerazioni che sostengono l'estraneità di alcune tipologie di materiale legnoso spiaggiato dalla definizione di rifiuto, si ritiene invece che gli altri materiali presenti sulle

spiagge e residuali dalle attività di raccolta dei materiali legnosi, di natura diversa da questi ultimi, quali ad esempio plastiche, lattine, carta, vetro ed eventuali rottami, siano da considerarsi indesiderati e pertanto debbano seguire il normale ciclo di raccolta ed avvio a recupero e/o smaltimento dei rifiuti urbani, come definiti dall'art.184 comma 2 lettera d).

La visione generale dell'argomento sopra riportato risulta perfettamente in linea con le citate note ISPRA prot. n° 1128 del 09/01/2014 ed ARPAT Direzione Generale prot. n° 63710 del 24/09/2014, oltre a rispettare lo spirito del D.Lgs 152/2006, che pone come obiettivo principale di qualsiasi azione la diminuzione della quantità dei rifiuti attraverso il riuso, riutilizzo etc.

### **Esempi di gestione del materiale legnoso spiaggiato**

Per i materiali legnosi presenti sulle spiagge si possono aprire i seguenti scenari di gestione:

- 1) i cittadini, a seguito di una regolamentazione da parte della pubblica amministrazione, potrebbero approvvigionarsi dei materiali legnosi per il riutilizzo anche come combustibile negli impianti termici privati. La citata nota ISPRA (All. 1) sottolinea che, in relazione all'origine naturale del materiale, si ritiene di escludere che la combustione in impianti termici civili di cui al Titolo II della parte quinta del D.Lgs 152/2006 possa dar luogo ad impatti ambientali superiori a quelli derivanti dall'utilizzo di biomasse di altra provenienza.
- 2) Se la quantità di tronchi e legnami di grosse dimensioni è tale da rendere il loro utilizzo economicamente vantaggioso come materia prima per cippati od altri utilizzi, è possibile far prelevare il legname da ditte specializzate senza esborsi da parte della pubblica amministrazione.
- 3) Nel caso il materiale legnoso sia scarso e/o in forme non utilizzabili (materiale minuto o mescolato ad altri materiali etc.), è chiaro che non si può applicare il principio del riutilizzo e pertanto siamo di fronte ad un rifiuto da avviare a recupero/smaltimento a norma di legge.

La raccolta sull'arenile di Marina di Carrara viene eseguita dai gestori degli stabilimenti balneari, che depositano il legname prelevato dalle spiagge in appositi scarrabili messi a disposizione dal gestore del servizio di raccolta e spazzamento, AMIA Spa; il successivo trasporto e conferimento ad impianto autorizzato per il recupero/smaltimento è a carico del Comune di Carrara in quanto trattasi di RSU, così come definiti all'art. 184, comma 2, lettera d) del D.Lgs 152/06.

Questo tipo di gestione determina dei costi elevati dovuti al trasporto ed allo smaltimento del materiale legnoso come rifiuto. Ad esempio, nel dicembre 2009, a seguito di un evento alluvionale sono state depositate sulla spiaggia oltre 300 ton di legname, successivamente smaltito come rifiuto.

Nel 2015, in virtù dell'evoluzione normativa, si è ritenuto che la grande quantità di legna di grosse dimensioni presente, fosse appetibile alle aziende che producono legname cippato per vari usi, escludendo pertanto il materiale dal campo di applicazione della normativa sui rifiuti.

L'operazione è stata condotta dalla società di proprietà del Comune di Carrara, AMIA Spa, che ha preso accordi con un'azienda produttrice di cippati per l'utilizzo come combustibile per impianti a biomasse. La ditta ha prelevato il legname in un sito dove era stato portato dai balneari e lo ha trasportato al proprio impianto di cippatura, il tutto a costo zero per l'amministrazione comunale.

Considerando che l'azienda di cippati ha prelevato circa 100 tonnellate di legname e che il prezzo relativo al trasporto e smaltimento dello stesso come rifiuto è di € 226,00 a tonnellata, si è avuto un risparmio di circa 22.660 Euro.

Il Comune di Carrara ha inoltre permesso e regolarizzato il prelievo del legname spiaggiato da parte dei cittadini attraverso l'emanazione dell'ordinanza sindacale n° 112 del 02/03/2016 (prot. 15632).

L'ordinanza, riportata nell'allegato 3, prevede la possibilità di prelievo non ai fini di lucro del legname naturale presente sulla spiaggia, con la conseguenza di ottenere una sensibile riduzione del volume di materiale da gestire.

Resta inteso che tutto il materiale che residua dalle attività di riutilizzo cui sopra, quando raccolto per lo smaltimento deve essere trattato come rifiuto solido urbano.

Allegato 1



Spett.le  
Ministero dell'Ambiente e della Tutela  
del Territorio e del Mare  
Direzione Generale per la Tutela del  
Territorio e delle Risorse Idriche  
Direttore Generale  
Avv. Maurizio Pernice  
Via C. Colombo, 44  
00147 ROMA

**Oggetto: Materiale ligneo a seguito di eventi meteo.**

In riferimento alla richiesta della regione Liguria, trasmessa da codesto Ministero all'ISPRA via e-mail il 7 gennaio u.s., si rappresenta quanto segue.

Il materiale ligneo naturale, depositato sui litorali a seguito di eventi meteorologici intensi e mareggiate, previa ispezione visiva da parte della Polizia Municipale, nell'ambito delle attività di controllo ambientale ai fini della verifica dell'assenza di materiali estranei, potrà essere messo a disposizione dei cittadini per il suo successivo riutilizzo per uso privato.

Attesa l'origine naturale del materiale di che trattasi, si ritiene di poter escludere che la combustione in impianti termici civili di cui al Titolo II della Parte quinta del d.lgs. n. 152/2006, possa dar luogo ad impatti ambientali superiori a quelli derivanti dall'utilizzo di biomasse di altra provenienza.

Ai fini organizzativi, si potrebbe prevedere l'emanazione di una specifica Ordinanza del Sindaco che disciplini la materia, indicando le modalità con le quali il materiale ligneo viene messo a disposizione dei cittadini.

Per il materiale eventualmente non riutilizzabile si provvederà successivamente di conseguenza in relazione alla sua natura.

Non si ritiene, invece, opportuno, sotto il profilo ambientale e della tutela della salute, sottoporre il materiale ligneo ad abbruciamento in situ, anche in considerazione dell'elevata produzione di particolato e di altre sostanze nocive prodotte dalla combustione della legna in condizioni non ottimali.

**Il Direttore Generale**  
**Dott. Stefano Laporta**



## Allegato 2



ARPAT – Direzione generale  
Via N. Porpora, 22 - 50144 Firenze  
tel. 055.32061 - fax 055.3206324  
[www.arpat.toscana.it](http://www.arpat.toscana.it) - [urp@arpat.toscana.it](mailto:urp@arpat.toscana.it)  
p.iva 04686190481

n. prot. cl. DV.01/259.6 del 19/09/2014  
a mezzo: pec

Alla c.a. Ing. Franco Fini  
Responsabile del Settore Ambiente  
del Comune di Carrara

e p.c. Dott. Edo Bernini  
Direttore Generale delle Politiche  
Ambientali, Energia e Cambiamenti  
Climatici della Regione Toscana  
Dott.ssa Renata Laura Caselli  
Responsabile del Settore Rifiuti e  
Bonifiche dei Siti Inquinati della  
Regione Toscana  
Dott.ssa Arch. Teresa Zattera  
Responsabile del Settore Ambiente-  
Energia della Provincia di Massa  
Carrara

**Oggetto: risposta alla richiesta di chiarimento sulla gestione dei materiali legnosi spiaggiati a seguito di mareggiate e di eventi meteorici.**

In merito al quesito posto da codesto Comune<sup>1</sup>, circa la gestione del materiale legnoso depositato sulle spiagge a seguito di mareggiate, si precisa quanto segue:

il DL 91/114<sup>2</sup>, sembra fare chiarezza sulla controversa questione che dava adito a dubbie interpretazioni sull'applicabilità dell'art. 185 comma 1 lett f) al legno spiaggiato frammisto ad altro materiale. L'applicabilità poteva infatti giustificarsi solo per determinati utilizzi finali del legno espressamente individuati (utilizzo in agricoltura, combustione ecc), ma non per le operazioni pregresse, tipo la cernita del legno dal materiale di origine antropica, che pertanto sarebbero rimaste non coperte dall'esclusione.

<sup>1</sup>Vostra nota del 12/06/2014 prot. 1258/SA (prot. ARPAT 41279 del 19/06/2014)

<sup>2</sup>Convertito in legge n°116 dell'11 agosto 2014





Il DL n°116 apporta modifiche all'articolo 183 "Definizioni" del D.Lgs. 152/2006, in particolare alla definizione di **gestione** (comma 1, lettera n), mediante l'aggiunta del seguente periodo "*...non costituiscono attività di gestione dei rifiuti le operazioni di prelievo, raggruppamento, cernita e deposito preliminari alla raccolta di materiali e sostanze naturali derivanti da eventi atmosferici e meteorici, ivi incluse mareggiate e piene, anche ove frammisti ad altri materiali di origine antropica effettuate, nel tempo tecnico strettamente necessario, presso il medesimo sito nel quale detti eventi li hanno depositati...*".

Secondo la lettura di ARPAT, dalle modifiche normative introdotte si desume che il legname frammisto a materiale di origine antropica è **rifiuto**; tuttavia non costituiscono attività di gestione dei rifiuti le operazioni di prelievo, raggruppamento, cernita e deposito, preliminari alla raccolta di tale materiale. A seguito dell'operazione di cernita si creerà un deposito di solo legno, che è un bene e non un rifiuto, ed un deposito temporaneo di altro materiale di origine antropica che permane rifiuto, e come tale andrà gestito. La raccolta *finale* del legno, separato da tutto il resto, pertanto non si configura come attività di gestione dei rifiuti.

Si ribadisce che, a nostro avviso, solo le operazioni preliminari sono escluse espressamente dalla gestione rifiuti ad opera della lettera n). dell'art. 183, mentre la raccolta successiva dipenderà dalla natura del materiale.

Le operazioni preliminari alla raccolta finale devono durare "*un tempo tecnico strettamente necessario*", una volta superato il quale queste tornano ad essere attività di gestione di rifiuti. Per la quantificazione del "*tempo tecnico strettamente necessario*", onde evitare l'abbandono dei rifiuti, si ritiene che sia opportuno che l'Ente competente si doti di un atto che individui le modalità di gestione di questa procedura, e ne definisca tempi e condizioni (ad esempio una settimana per fenomeni di mareggiata o prima dell'inizio della stagione balneare per i materiali depositati sulle spiagge durante l'inverno).

Cordiali saluti

*Andrea Poggi*<sup>3</sup>  
Direttore tecnico ARPAT

AP/ac00658

<sup>3</sup> Documento informatico sottoscritto con firma digitale ai sensi del D.Lgs 82/2005. L'originale informatico è stato predisposto e conservato presso ARPAT in conformità alle regole tecniche di cui all'art. 71 del D.Lgs 82/2005. Nella copia analogica la sottoscrizione con firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile secondo le disposizioni di cui all'art. 3 del D.Lgs 39/1993.

ARPAT – Direzione generale  
Via N. Porpora, 22 - 50144 Firenze  
tel. 055.32061, fax 055.3206324 - p.iva 04686190481  
www.arpat.toscana.it - urp@arpat.toscana.it

## Allegato 3



COMUNE DI CARRARA  
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile

Prot. n° 15632

Ord. n° 112/16

## IL SINDACO

**Considerato** che, a causa di eventi meteorici intensi e mareggiate, sull'arenile di Marina di Carrara si trova frequentemente depositato del legname;

**vista** la nota di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) del 9/01/2014 (prot. n° 0001128) con la quale, relativamente al legname depositato sui litorali a seguito di eventi meteorologici intensi e mareggiate, ha sottolineato di poter escludere che la combustione in impianti termici civili di cui al titolo II della parte quinta del D.Lgs 152/06, possa dar luogo ad impatti ambientali superiori a quelli derivanti dall'utilizzo di biomasse di altra provenienza;

**visto** l'art. 183, lett. n, del D.Lgs 152/06 e succ. mod. ed int. dove si stabilisce che non costituiscono attività di gestione di rifiuti le operazioni di prelievo, raggruppamento, cernita e deposito preliminari alla raccolta di materiali o sostanze naturali derivanti da eventi atmosferici o meteorici, ivi inclusi mareggiate e piene, anche ove frammisti ad altri materiali di origine antropica effettuate, nel tempo tecnico strettamente necessario, presso il medesimo sito nel quale detti eventi li hanno depositati;

**vista** la nota di ARPAT del 19/09/2014 (prot. n° 63710) con la quale, oltre ad indicazioni sulla gestione dei materiali spiaggiati, si indica che la raccolta finale del legno, separato da tutto il resto, non si configura come attività di gestione rifiuti;

**ritenuto** pertanto che il legname accumulato sulla spiaggia di Marina di Carrara può essere considerato una risorsa per i cittadini;

**vista** l'Ordinanza Balneare n° 1 del 23/04/2014;

**visto** l'art. 50 e 7 bis del D.Lgs 267/00;

## DISPONE

Che i concessionari di zone demaniali marittime permettano il prelievo da parte dei privati cittadini del materiale ligneo accumulato sulle spiagge di Marina di Carrara ogni anno nel periodo compreso tra il 1 Novembre ed il successivo 31 Marzo fino alla revoca della presente Ordinanza. I concessionari potranno comunque in ogni momento, previa la predisposizione delle opportune misure di sicurezza, provvedere al prelievo del legname ed alla pulizia dell'arenile;

## AUTORIZZA

i cittadini alla raccolta ed al prelievo del materiale ligneo naturale accumulato sulle spiagge di Marina di Carrara a seguito di eventi meteorici intensi e mareggiate,

nel rispetto delle seguenti prescrizioni:

- la raccolta è limitata esclusivamente al materiale ligneo naturale già divelto, accumulato sulla spiaggia;
- la raccolta è finalizzata all'uso personale e non dovrà avere scopi di lucro;
- la responsabilità, anche verso terzi, della raccolta e del trasporto del legname resta a carico di chi effettua le operazioni tenendo indenne l'Amministrazione da eventuali richieste di risarcimento danni;

Piazza 2 Giugno 1, 54033 Carrara (MS)  
Tel. 0585 71227 – Fax 0585 757490

- la raccolta della legna potrà avvenire esclusivamente in orario diurno;
- gli interventi di raccolta sono consentiti ogni anno nel periodo compreso tra il 1 Novembre ed il successivo 31 Marzo fino alla revoca della presente Ordinanza;

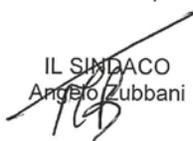
Le violazioni a quanto previsto dalla presente ordinanza sono punite, ove non costituiscano reato e non siano sanzionate da leggi, decreti o regolamenti di altra natura, con il pagamento della sanzione amministrativa da € 25,00 a € 500,00 (art. 7 bis D.Lgs 267/2000 e succ. mod. ed int.).

La Polizia Municipale e le altre Forze di Polizia operanti sul territorio sono incaricate della vigilanza e del controllo sul rispetto e l'esecuzione della presente ordinanza.

Rimette copia del presente provvedimento alla Capitaneria di Porto di Marina di Carrara; al Settore Ambiente della Provincia di Massa-Carrara; all'ARPAT di Massa-Carrara; al Settore Ambiente del Comune di Carrara; all'U.O. Demanio Marittimo del Comune di Carrara; all'Az. USL n° 1 di Massa-Carrara U.F. Igiene Pubblica e Nutrizione; al Comando di Polizia Municipale.

Carrara li, 2 marzo 2016

IL SINDACO  
Angelo Zubbani



*Al presente provvedimento è ammesso ricorso gerarchico al Prefetto entro 30 giorni dalla pubblicazione dell'ordinanza; è ammesso ricorso al T.A.R. entro 60 giorni ed al Presidente della Repubblica entro 120 giorni dall'esecutività dell'ordinanza.*

*Informazioni relative al presente atto possono essere richieste al Settore Ambiente del Comune di Carrara.*

**Bibliografia**

- Aiello E., Bartolini C., Caputo C., D'Alessandro L., Fanucci F., Fierro G., Gnaccolini M., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Piccazzo M., Pranzini E., 1976. *Il trasporto litoraneo lungo la costa toscana fra la foce del Fiume Magra ed i Monti dell'Uccellina*. Boll. Soc. Geol. It., 94: 1519-1571.
- Anfuso G., Pranzini E., Vitale G., 2011. *An integrated approach to coastal erosion problems in northern Tuscany (Italy): Littoral morphological evolution and cell distribution*. Geomorphology, 129: 204-214.
- Ferri S., Pelliccia F., Pranzini E., Rizzo M., Vitale G., 2008. *Prima risposta della spiaggia di Marina di Carrara ad un ripascimento artificiale non protetto*. Studi costieri, 15: 3-20.
- Pranzini E., 2004, *Caratteristiche morfologiche e sedimentologiche di una zona di convergenza del trasporto litoraneo (Versilia, Toscana)*. Studi costieri, 8: 135-149.
- Marin V., Palmisani F., Ivaldi R., Dursi R., Fabiano M., 2009. *Users' perception analysis for sustainable beach management in Italy*. Ocean & Coastal Management, 52: 268-277.
- Williams A. T., Micallef A., 2009. *Clean beaches are one of the top five preferences for tourist around the world*. Beach management: principles and practice. London: Earthscan Publishers.

**Ricevuto il 28/07/2016; accettato 10/03/2016**

## **Tourism-Atlas: strategie di sviluppo e gestione delle trasformazioni indotte dal turismo in destinazioni sia consolidate che emergenti**

**Luca Emanuelli, Gianni Lobosco**

Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Architettura, Centro di Ricerca Sealine, Via della Ghiara, 36, 44121 Ferrara, e-mail [gianni.lobosco@unife.it](mailto:gianni.lobosco@unife.it); [luca.emanuelli@unife.it](mailto:luca.emanuelli@unife.it)

### **Riassunto**

Il presente lavoro riporta i primi risultati del progetto *Tourism-Atlas*, una piattaforma internazionale di ricerca sul tema dello sviluppo sostenibile dei sistemi turistici, che ha come scopo costituire un Atlante *dinamico* delle trasformazioni indotte dal turismo sull'ambiente e il paesaggio.

T-Atlas nasce dall'esigenza di far confluire le esperienze di progettazione più significative in questo campo a livello internazionale. Avvia un processo di indagine dei territori turistici, delle loro modalità di trasformazione e degli approcci che ne affrontano la gestione in chiave strategica.

Attraverso la comparazione di diversi casi studio, in ambiti turisticamente sia consolidati che emergenti, si delinea un panorama di azioni e soluzioni volte a iscrivere la pianificazione locale in più complesse ed estese dinamiche globali, proprie del fenomeno turistico.

Il primo caso di studio riguarda il confronto tra la proposta di riorganizzazione del lungomare di Cattolica e il piano per l'uso della spiaggia lungo il *waterfront* di Valona. Entrambi affrontano il tema dei servizi come occasione per ripensare l'assetto della spiaggia in continuità con lo spazio urbano.

Il secondo esempio tratta il tema infrastrutturale delle reti di mobilità via mare e le ricadute che queste possono avere puntualmente sull'assetto delle spiagge. Si parte dalla proposta di riconversione del Mississippi a Gabicce Mare per arrivare alla strategia elaborata per la costa sud dell'Albania in cui si cerca di indirizzarne il processo di transizione turistica in chiave sostenibile, regolando a scala territoriale accessibilità e uso delle spiagge.

All'interno del programma *Tourism-Atlas* (T-Atlas), queste ricerche hanno contribuito, con altre in fase di redazione, a rafforzare la convinzione che ogni territorio turistico, a prescindere dal grado di maturità, è infine un territorio *in transizione* e come tale deve essere approcciato strategicamente in fase di progetto.

**Parole chiave:** atlante, paesaggio, pianificazione, infrastrutture, turismo

### **Abstract**

*The work focuses on the early results of the Tourism-Atlas (T-Atlas), an international research platform investigating sustainable development of tourism systems and the territorial changes induced by the tourism on the environment and landscape. This contribution aims at showing how the comparison between design experiences -in both established and emerging contexts- might contribute to finding more effective and sustainable strategies for addressing touristic evolution in a supra-regional perspective.*

*In the first comparison we face the topic of urban seafronts, outlining in which way they can act as service aggregators in different urban situations, generating a new kind of public space able to organize, at the same time, the beach's functions and uses. Describing the projects for Cattolica (Italy) and Vlora (Albania), we stress the*

*importance of involving and integrating tourism facilities in the urban environment transformation in order to avoid any detachment between them and the rest of the city.*

*In the second case we analyse the accessibility issue as a key factor for addressing a regional touristic model and balance tourists flows among different areas. We start illustrating the proposal for the “Mississippi” pier reuse in Gabicce (Italy) and the strategic process that brought to the idea of a seaway network that succeed in exploiting the touristic potential of several similar spots along the Italian Adriatic littoral. Then we show how this concept has been used for the southern Albanian Riviera planning proposal.*

*By these comparisons, we aim at demonstrating how -working on some invariants as services, accessibility and sustainability thresholds of visitor flow - is possible to outline a range of actions and solutions which can be effective both in contexts where the hospitality model has reached a deadlock, and where the future conditions are extremely uncertain and dynamic.*

*If the comparison between emerging and established destinations is therefore useful from a methodological point of view, at the same time, it highlights, regardless of the context, a basic consideration that is one of the T-Atlas major theoretical outcomes: every touristic territory is ultimately an in-transition area.*

**Keywords:** *tourism, atlas, landscape, infrastructure, services, planning*

### **Premessa**

*Tourism-Atlas* (i.e. T-Atlas) è un programma congiunto tra gruppi di ricerca delle Università di Ferrara (Centro di Ricerca Sealine, Dipartimento di Architettura, da qui in avanti *Sealine*) in Italia, Wageningen (Landscape Architecture Group) in Olanda, UPC- BarcelonaTech e UMA- AndalucíaTech (Istituto Hábitat, Turismo, Territorio) in Spagna e Cornell University (Department of Landscape Architecture) negli Stati Uniti: una piattaforma scientifica finalizzata alla costituzione di un Atlante “dinamico” delle trasformazioni indotte dal fenomeno turistico sull’ambiente urbano e il paesaggio.

L’obiettivo è avviare un processo di indagine dei territori turistici, delle loro modalità di evoluzione e degli approcci progettuali, alle diverse scale, che ne affrontano la gestione in chiave strategica, partendo dagli impatti “fisici” che il fenomeno turistico genera sul paesaggio. Sebbene, ad esempio, nell’ambito degli studi urbani e sociologici il tema abbia assunto da qualche decennio un ruolo di primo piano (Mathieson e Wall 1982; Ryan, 1991; Hall, 1994; Shaw e Williams, 1994), nel campo dell’architettura e del paesaggio si assiste, con qualche eccezione (Goula et al. 2012; Pié i Ninot e Rosa Jiménez, 2013; Martí Manrique, 2014), ad una certa reticenza e ritardo nel riconoscimento delle sue potenzialità e ricadute in termini scientifici. Obiettivo generale della proposta è colmare questo “gap” creando il primo nucleo di una rete in grado di operare a livello di ricerca teorica e applicata in tal senso.

Più nello specifico, il programma T-Atlas agisce da collegamento tra le realtà locali che pianificano e intervengono sul territorio in funzione del turismo e i processi più complessi che a scala globale ne determinano forme ed evoluzione.

Secondo le stime del *World Travel & Tourism Council* (WTTC, 2015) il settore turistico contribuisce al 10% circa del PIL mondiale ed è in costante crescita. Come tale risponde a logiche altamente competitive che vedono confrontarsi grandi operatori privati (*tour operators*, catene alberghiere, *developers* di infrastrutture portuali, compagnie aeree, ecc.) su un mercato sempre più vasto. Le stesse località e interi territori si sfidano per attrarre investimenti e visitatori ed intercettare i flussi legati a nuovi tipi di utenze. Perfino la nascita di alcuni grandi poli del turismo europeo è storicamente legata a politiche di competizione e bilanciamento territoriale, come ad esempio la cosiddetta “*Mission Racine*” - ufficialmente *Mission interministérielle d’aménagement touristique du littoral du Languedoc-Roussillon* - che, tra gli anni ‘60 e ‘80, ha portato alla realizzazione di 5 *new towns* (o *unités touristiques*) nel sud della Francia. Tra gli scopi principali della missione: intercettare i flussi turistici in uscita verso la Spagna di una classe media alla ricerca di mete più economiche; arrestare lo sviluppo urbano in Costa Azzurra, ridare slancio all’occupazione in una regione fortemente colpita dalla crisi del settore viti-vinicolo (Racine, 1980).

In molti altri contesti, lo sviluppo turistico non ha seguito processi altrettanto lineari e pianificati. Il modello balneare, specialmente in Italia, si è affermato e perfezionato sulla base di un'economia legata all'iniziativa personale e/o familiare, a medio-piccoli investimenti la cui sommatoria è stata capace di generare veri e propri distretti di valenza internazionale, come il caso della Riviera Romagnola (Dallari, 2007; Savelli, 2001).

L'avvento del mercato globale ha esposto, negli ultimi decenni, il settore turistico a "fattori di rischio" economici e geopolitici localmente incontrollabili, in grado di determinare ampie fluttuazioni e spostamenti repentini nella scelta delle destinazioni (Sönmez & Graefe, 1998; Hall, 2010). Si pensi al recente impatto dell'instabilità politica in Medio Oriente e Nord Africa, a come questo abbia influito sull'abbandono almeno temporaneo di alcune località emergenti favorendone altre alternative, o il ritorno a mete più sicure e "classiche". Territori che nel tempo si erano organizzati per un tipo di turismo preciso e codificato, si trovano ora a fronteggiare modifiche radicali nel tipo e nella quantità di turisti. Città come Venezia, Barcellona o aree estremamente fragili e compresse morfologicamente come le Cinque Terre in Liguria, hanno visto crescere esponenzialmente il numero di turisti in pochi anni; questo ha messo in crisi una serie di sistemi infrastrutturali, economici ed ambientali tanto da portare ad ipotesi come il "numero chiuso" o il controllo degli accessi.

Le ricadute visibili di queste molteplici dinamiche sono tuttavia estremamente locali e spesso difficilmente gestibili da organi amministrativi - metropolitani o regionali - distanti. Governare l'impatto di queste fluttuazioni sui sistemi costieri e le città richiede strategie che a livello di pianificazione e progettazione siano in grado di fronteggiare l'indeterminatezza connaturata al fenomeno turistico. T-Atlas si propone, perciò, come uno strumento per monitorare e studiare tali processi in aree geografiche esemplari - destinazioni consolidate ed emergenti - inquadrandole in una prospettiva internazionale. Un metodo comparativo attraverso il quale definire buone pratiche di pianificazione e linee guida di intervento in contesti più o meno "maturi" turisticamente, ma che presentino criticità ricorrenti anche se differite nel tempo (Emanueli, 2016).

Tali "invarianti" sono alla base del progetto e permettono di analizzare il livello di avanzamento di un contesto turistico e corrispondono alle tre componenti principali che ne determinano la competitività sul mercato: paesaggio, sistema ricettivo ed infrastrutture.

Con il termine *paesaggio* si intendono tutte quelle azioni di gestione e modificazione del territorio che contribuiscono a costruire nel tempo l'immagine di un luogo influenzando direttamente sulla sua attrattività. Il *sistema ricettivo* comprende i servizi ed è valutato sulla base del grado di diversificazione, la capacità di destagionalizzazione dell'offerta ricettiva, l'apertura dei servizi turistici alle comunità residenti. Le *infrastrutture* determinano il livello di accessibilità al sistema turistico in termini di mobilità, approvvigionamento idrico, energetico e di gestione dei cicli, soprattutto in funzione delle dinamiche estremamente incostanti a cui sono spesso sottoposti questi territori in termini di presenze.

Nell'ambito del progetto, il rapporto tra queste componenti viene indagato partendo da situazioni specifiche. Seguendo il concetto di "*Research through Design*" (Lenzholzer et al., 2013), la costruzione del T-Atlas avviene per sommatoria di esperienze applicative e progetti elaborati in risposta a questioni concrete. L'apparato interpretativo dei territori presi in esame si configura attraverso il progetto che, a sua volta, diventa campo di sperimentazione, confronto e verifica per idee già applicate in altri contesti.

Nei prossimi paragrafi presenteremo due esempi di questo procedimento, andando ad analizzare alcune esperienze di *Sealine* in Italia e in Albania e mettendo in luce come le riflessioni sul modello turistico Romagnolo abbiano informato le scelte progettuali in ambiti turisticamente emergenti.

Il primo riguarda il confronto tra la proposta di riorganizzazione del Lungomare Rasi-Spinelli a Cattolica (località balneare in provincia di Rimini) e il piano per l'uso della spiaggia lungo il *waterfront* di Valona. Entrambi affrontano il tema dei servizi come occasione per ripensare l'assetto della spiaggia in continuità con lo spazio urbano.

Il secondo esempio tratta, invece, il tema infrastrutturale delle reti di mobilità via mare lungo la costa e le ricadute che queste possono avere puntualmente sull'assetto delle spiagge. Si parte dal caso studio di riattivazione del pontile Mississippi a Gabicce Mare, nella Marche, all'interno di un più ampio network di approdi sul litorale Romagnolo e Marchigiano; quindi si presenta la strategia elaborata per la costa sud

dell'Albania da Valona a Saranda in cui si cerca di indirizzarne il processo di transizione turistica in chiave sostenibile, regolando a scala territoriale accessibilità e uso delle spiagge.

All'interno del programma T-Atlas, questi casi studio contribuiscono, con altri in fase di redazione, a delineare le potenzialità del bacino Adriatico-Ionico come campo di sperimentazione privilegiato per nuovi scenari di sviluppo turistico. La compresenza di territori turisticamente consolidati ed emergenti in un'area dall'estensione geografica così ridotta e dalle caratteristiche paesaggistico-ambientali tanto varie, prefigura ampie possibilità di estendere la logica degli interventi locali ad una scala macro-regionale, creando di conseguenza le basi per reagire in modo più efficiente e sistemico ai cambiamenti.

### Aggregatori di servizi condivisi: le esperienze di Cattolica e Valona

Le proposte per Cattolica e Valona si confrontano entrambe con il tema del riassetto paesaggistico del *waterfront*, affrontando le istanze legate all'integrazione della spiaggia nello spazio pubblico urbano. Nei due casi si è lavorato all'idea di lungomare come dispositivo organizzatore e aggregatore di servizi con l'obiettivo di condizionare gli usi e la percezione del limite tra mare e città (Emanuelli e Di Giulio, 2010). Le finalità comuni alle due esperienze sono state:

- valorizzare la passeggiata lungomare ordinando accessibilità, percorsi e volumi per enfatizzare il rapporto visivo, costante e senza ostacoli, con il mare;
- razionalizzare i servizi alla spiaggia e le attrezzature balneari secondo un *layout* mirato alla diversificazione delle funzioni e delle situazioni fruibili, creare una gerarchia all'interno di un sistema per sua natura lineare;
- fare del lungomare un volano per l'aggiornamento del sistema ricettivo, uno spazio a disposizione di investimenti per servizi complessi a scala urbana; in grado di prolungare il periodo di utilizzo durante l'anno della spiaggia da parte di turisti e residenti.

Alla base dei due progetti sta l'intenzione di fornire agli operatori pubblici e privati un sistema adattabile a diversi scenari di evoluzione dell'offerta turistica locale in funzione di scelte strategiche più ampie sulla tipologia di utenti e sui modelli gestionali che si intendono e/o devono applicare.

Nel caso di Cattolica questo proposito si è concretizzato in una sorta di *contenitore/programma* su cui ipotizzare alternative d'uso, gestione e dimensionamento, sia degli spazi pubblici che delle funzioni (Fig. 1).

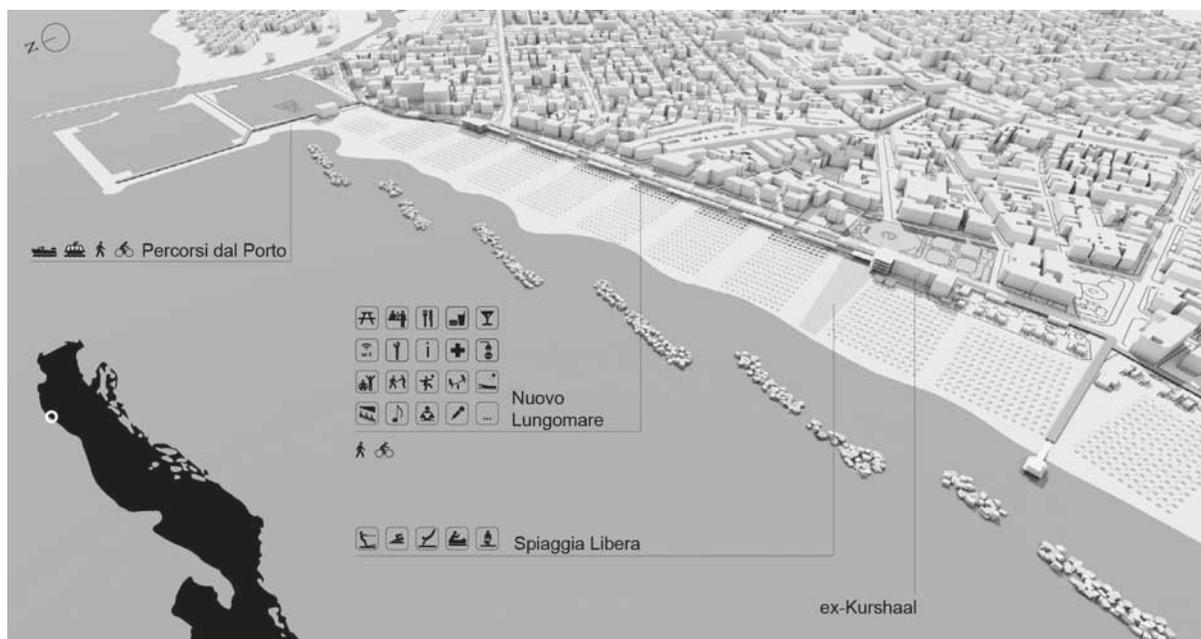


Figura 1. Veduta complessiva della proposta per il Lungomare Rasi-Spinelli di Cattolica.

La caratterizzazione urbana della spiaggia è un argomento delicato per gran parte delle località turistiche della costa romagnola. In un territorio denso e completamente antropizzato come la Riviera, paradigma italiano del turismo di massa, le stesse logiche che ne hanno determinato lo sviluppo edilizio sono state applicate alla spiaggia: continuità, ripetizione, parcellizzazione, omologazione estrema e pragmatica consacrazione di ogni metro quadro disponibile all'ospitalità.

Un modello sofisticato, per molti aspetti vincente (basato sulla sequenza spiaggia di ombrelloni, servizi alla balneazione, cabine, ristoranti, alberghi, ecc.) e che per la sua complessità ha richiesto, prima di altrove, strumenti normativi e di regolamentazione per gestire un sistema comunque frammentato in mille concessioni, competenze, sovrastrutture. È rimasto però un vuoto di progettualità: nel senso che non si è potuto aggiornare o mettere in discussione il modello in quanto sovra-strutturato, sovra-normato ed in fine bloccato (Lobosco, 2010).

A fronte di cambiamenti anche epocali nei tipi e nelle forme di turismo, le risposte sono state parziali, precarie e guidate dalla logica del continuo aggiustamento. Limitandosi all'esempio delle spiagge, si assiste ad una eccessiva dispersione di risorse dovuta alla necessità di rincorrere le esigenze dei turisti o le ultime novità in fatto di ospitalità. Ogni operatore affronta autonomamente questi investimenti con capacità di spesa ridotta e quindi attestandosi su standard qualitativi medio-bassi. Il risultato è la replica diffusa di soluzioni temporanee e presto obsolete che contribuiscono a generare una sorta di paesaggio della perenne precarietà che si rinnova ogni anno.

Contro questa tendenza, lo scenario prospettato per Cattolica cerca invece di aggregare, ottimizzare ed accorpare alcuni servizi in un sistema urbano unitario per farne crescere dimensioni, qualità e richiamo.

L'attuale conformazione del Lungomare Rasi-Spinelli, che collega il porto all'edificio ex-Kurshaal, presenta un dislivello variabile tra spiaggia e percorso pedonale. Una caratteristica, quasi unica per una località della Riviera romagnola, che apre diverse possibilità di interpretazione del limite tra spiaggia e città. Ora è risolto alla stregua di un retro degli stabilimenti balneari: una lunga cortina di servizi, cabine, attrezzature più o meno provvisorie, si frappone quasi senza soluzione di continuità alla vista del mare dal lato città.

Il progetto accentua leggermente questo ambiguo scarto di quota e lo rende sistemico. Ne risulta la possibilità di prevedere, su due livelli, un doppio slittamento: dello spazio pubblico verso la spiaggia e dei servizi alla spiaggia verso la città.

Alla quota di un metro e trenta sul livello stradale è impostato, lungo i quasi cinquecento metri di lungomare, il percorso ciclo-pedonale: un'ampia *promenade* di 20 metri aperta sull'orizzonte da cui è possibile accedere alle attività sottostanti attraverso una serie di patii che punteggiano il tragitto.

Al livello inferiore, poco sotto la quota dell'arenile, si recupera spazio sufficiente per riorganizzare nuovi e vecchi servizi, guadagnando una fascia ulteriore di spiaggia (di circa 20 metri) agli stabilimenti (Fig. 2).

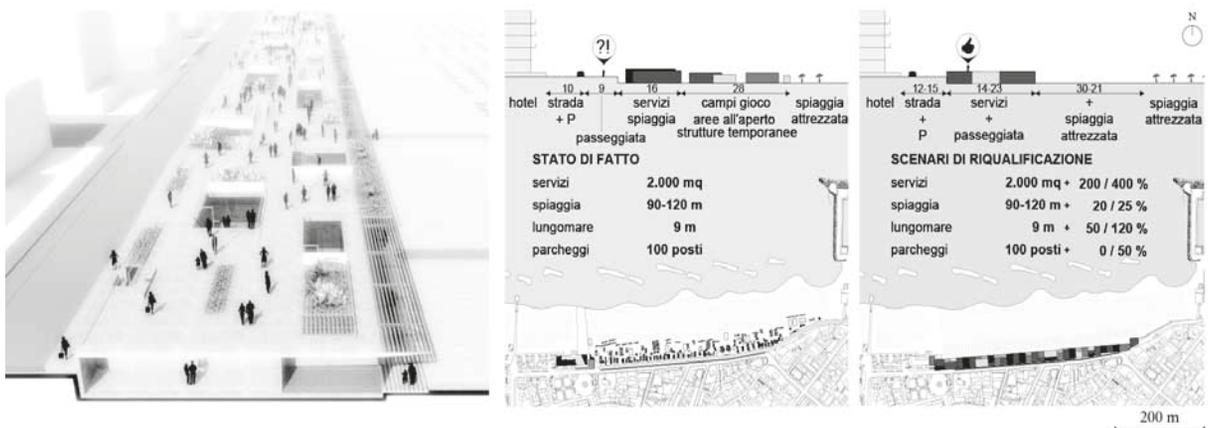


Figura 2. Sezione prospettica e, a destra, planimetrie del lungomare prima e dopo l'intervento.

Il sistema prevede una casistica di spazi differenti nell'uso e nel rapporto che possono avere con l'esterno: rispetto alla spiaggia, la strada e la passeggiata soprastante. In questo senso i patii svolgono una funzione cruciale nel determinare il grado di adattabilità del progetto al programma funzionale. La loro posizione, distanza reciproca e dimensionamento sono calibrati in modo tale da supportare diverse configurazioni planimetriche garantendo sempre illuminazione, ventilazione e visibilità dalla passeggiata. Inoltre, le loro generose dimensioni dilatano lo spazio a disposizione dei vari esercizi e ne consentono l'utilizzo in diversi periodi dell'anno al riparo da vento e sabbia. Il progetto mette quindi in campo una serie di accorgimenti per avere al di sotto della passeggiata uno spazio fluido, configurabile secondo diverse esigenze e adattabile. In località di questo tipo la spiaggia, e in particolare le attività ad essa collegate, sono spesso percepite come spazi dedicati al turista, modellati su un'esperienza transitoria, stagionale, di breve durata. L'ipotesi di riqualificazione del Lungomare Rasi-Spinelli cerca invece di accentuare il senso di appartenenza della comunità residente al luogo: un esempio di come la spiaggia e le strutture che vi insistono possano diventare un valore aggiunto, anche in termini di servizi, alla vita cittadina.

Lo stesso concetto di fondo ha indirizzato la proposta elaborata per il piano d'uso delle spiagge e dello spazio marittimo nella baia di Valona, una città di circa 140 mila abitanti nel sud dell'Albania che ha conosciuto dopo il 1990 (anno della caduta del regime comunista di Hoxha) un rapido quanto caotico sviluppo urbano e una significativa crescita del settore turistico (Guri, 2016).

Valona è capitale di un distretto regionale ben più ampio, la porta di ingresso alla Riviera meridionale dell'Albania, un'area che concentra gran parte dei flussi turistici interni e dall'estero. Questa sua valenza strategica ha spinto il Ministero dello Sviluppo Urbano e del Turismo albanese ad attuare un piano di rigenerazione del comparto cittadino (Nepravishta et al., 2014) a partire dalla sistemazione della *waterfront promenade*, per la quale è stato indetto nel 2014 un concorso internazionale di progettazione vinto dallo studio belga Xaveer De Geyter Architects (XDGA). Obiettivo dichiarato della competizione era creare uno spazio pubblico capace di aumentare il potenziale turistico della città attraendo investimenti privati di piccola e media entità per lo sviluppo di servizi specifici.

Il ruolo del Centro di Ricerca Sealine durante la fase di redazione definitiva del *masterplan*, è stato quello di consulenza per la pianificazione degli usi e delle attività sulla spiaggia. Questa tematica, non sviluppata in sede concorsuale, è stata ritenuta dall'amministrazione e dai progettisti belgi fondamentale per garantire l'effettivo funzionamento del sistema paesaggistico ideato in fase preliminare (Emanuelli e Lobosco, 2016). L'esigenza era assicurare un'effettiva corrispondenza tra gli spazi pubblici definiti dalla *promenade* e i servizi e le funzioni a supporto della balneazione su lato mare controllando le visuali e preservando il rapporto immaginato dal progetto tra il nuovo percorso e le spiagge.

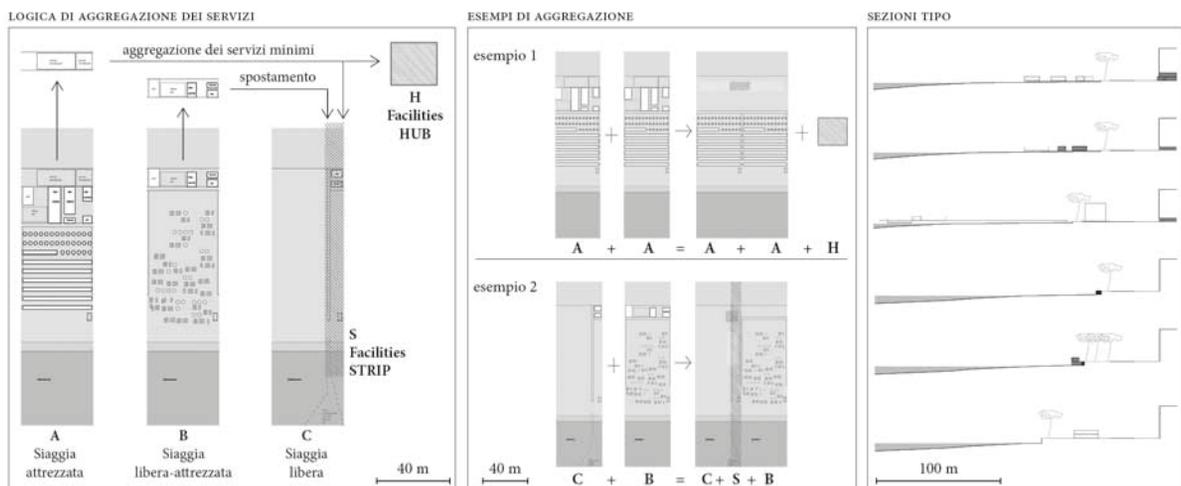


Figura 3. Diagramma delle tipologie di spiaggia e loro possibili aggregazioni.

Il compito era quello di fornire delle linee guida che si potessero adattare a diversi scenari alternativi, dovuti all'incertezza sulla proprietà di alcune aree e sull'effettiva realizzazione di alcuni interventi infrastrutturali legati all'accessibilità carrabile, che avrebbero richiesto una revisione almeno parziale del *masterplan*.

Tale indeterminazione è stata assunta come occasione per sviluppare uno strumento capace di controllare diverse previsioni di "affollamento" della spiaggia combinando 5 diversi tipi di destinazione d'uso secondo una sequenza variabile e adattabile a quanto sarebbe avvenuto sulla *promenade*.

Si è partiti dall'analisi dei modelli di spiaggia che caratterizzano le località turistiche della Riviera Romagnola (Emanuelli, 2010) per cui sono state identificate tre tipologie e studiati punti di forza e criticità legati ad impatto visivo delle strutture, modelli gestionali e ricadute economiche: spiaggia "attrezzata", spiaggia "libera-attrezzata" e spiaggia "libera".

La semplice trasposizione di questi modelli non avrebbe soddisfatto due delle condizioni strategiche alla base del progetto: massimizzare la veduta del mare dalla passeggiata, posta ad una quota solo leggermente superiore; e definire in corrispondenza dei punti di interesse individuati da *masterplan* quegli aggregatori di servizi che oltre alla spiaggia potessero rivolgersi alla città.

Tali tipologie sono state rielaborate eliminando le volumetrie e le funzioni incongrue con gli obiettivi di progetto (Fig. 3). Queste sono servite per definire gli ulteriori due dispositivi che supportano il sistema e funzionano da aggregatori di servizi condivisi: le *facilities strip* e i *facilities hub*.

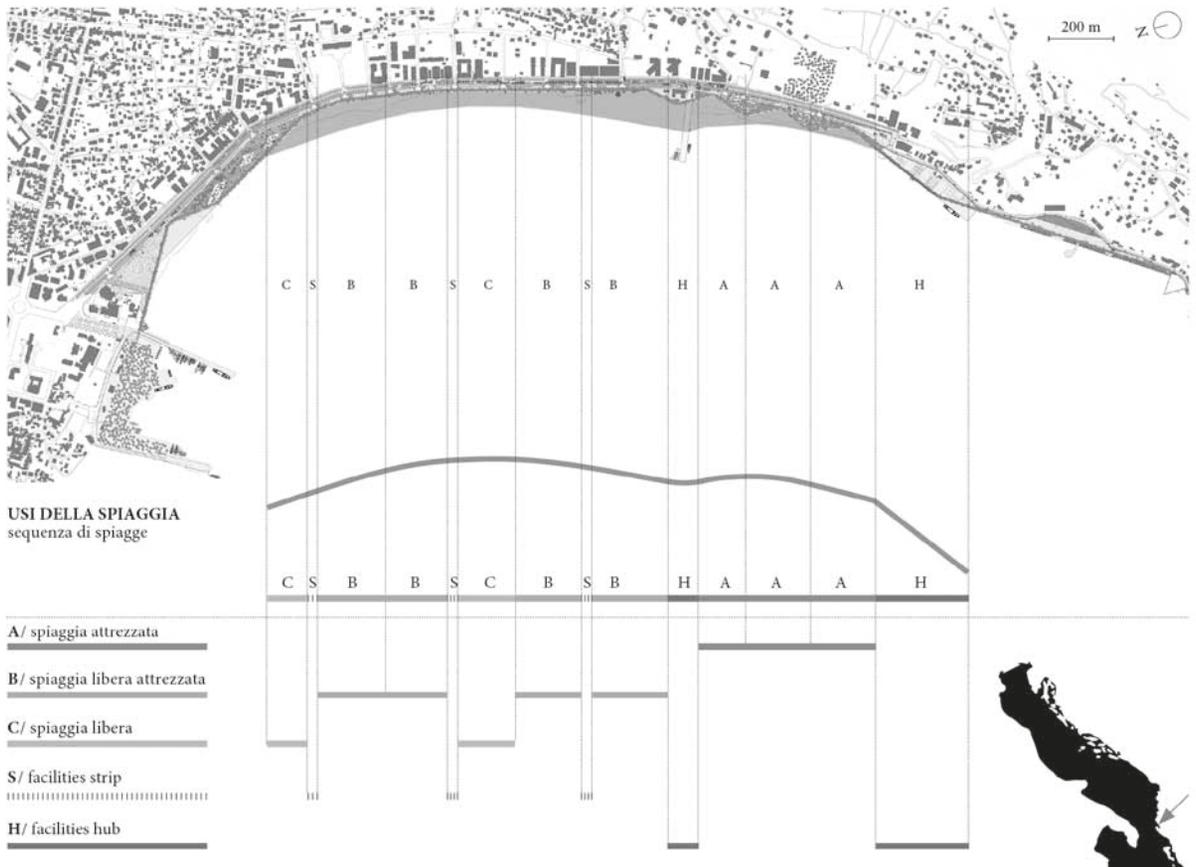


Figura 4. Uno dei possibili scenari di organizzazione della sequenza di spiagge.

Le prime corrispondono ad una sorta di fascia iper-attrezzata perpendicolare alla costa, della larghezza minima di 8 metri. Vi trovano collocazione le piccole strutture fisse o temporanee ad uso dei bagnanti

(depositi, cabine, bagni, docce, bar, ecc.) e le aree dedicate allo svago. Potendo configurarsi anche come leggeri pontili (in quanto la baia è molto protetta dalle correnti e le escursioni di marea sono minime) consentirebbero la creazione di approdi e favorirebbero gli sport acquatici. Gli *hub* sono, invece, destinati ad ospitare servizi di carattere più strutturato che richiedono un grado maggiore di sofisticazione; possono integrare l'offerta degli stabilimenti balneari come degli alberghi. Esercizi specializzati legati alla ristorazione, al benessere, al *loisir* nonché alla cultura in grado di funzionare per gran parte dell'anno e che possono godere di un affaccio privilegiato sul mare.

Le risultanti possibili combinazioni di questi 5 elementi (i.e. *organized beach*, *free-equipped beach*, *free beach*, *facilities strip* e *facilities hub*) lungo gli oltre 2 km di costa presi in esame sono state determinate incrociando le indicazioni del *masterplan* generale con quelle derivate dalla proposta elaborata per la pianificazione dello spazio marittimo della baia (Fig. 4). Si è voluto collegare, sia visivamente che funzionalmente, le destinazioni d'uso del litorale alle attività turistiche e ricreative previste a mare (zone di transito e ormeggio, campi boe, aree per immersione, balneazione, attività ricreative sull'acqua, ecc.) evitando interferenze: organizzando i punti di ingresso e uscita per le attività sportive in corrispondenza delle *strip*, mentre le fermate del metrò via mare presso gli *hub*.

Ciò ha ridotto ulteriormente i gradi di libertà per definire la sequenza dei vari tipi di spiaggia, ma senza dubbio ha aumentato il potenziale di sviluppo dei servizi ed arricchito il programma funzionale della spiaggia. La proposta per Valona mutua dall'esperienza di Cattolica l'idea di lungomare come volano per dare impulso alla programmazione e all'integrazione di servizi rivolti sia al turismo che alla città. Nei due casi, con diverse strategie e in contesti differenti, il progetto si occupa di sviluppare una struttura urbana in grado di ospitare servizi di maggiore dimensione, specializzazione e qualità.

### **Infrastrutture puntuali e reti alternative di mobilità: dal caso applicativo di Gabicce Mare alla proposta per la Riviera albanese**

Con le proposte per Gabicce e la Riviera sud dell'Albania, l'attenzione di questo contributo si sposta dal tema dei servizi a quello delle infrastrutture, per esaminare come insieme contribuiscano a indirizzare la vocazione turistica di un territorio.

Lo studio per la riconversione funzionale del pontile Mississippi di Gabicce ha richiesto un ragionamento sia a scala urbana che sovra-comunale portando all'ipotesi di collegare, attraverso la mobilità via mare, questa struttura ad un sistema più ampio composto da altri punti di interesse sulla costa. La stessa idea di accessibilità è stata proposta per la Riviera albanese e utilizzata come dispositivo strategico per gerarchizzare i flussi di visitatori verso le sue spiagge, controllarne l'affollamento e gli usi.

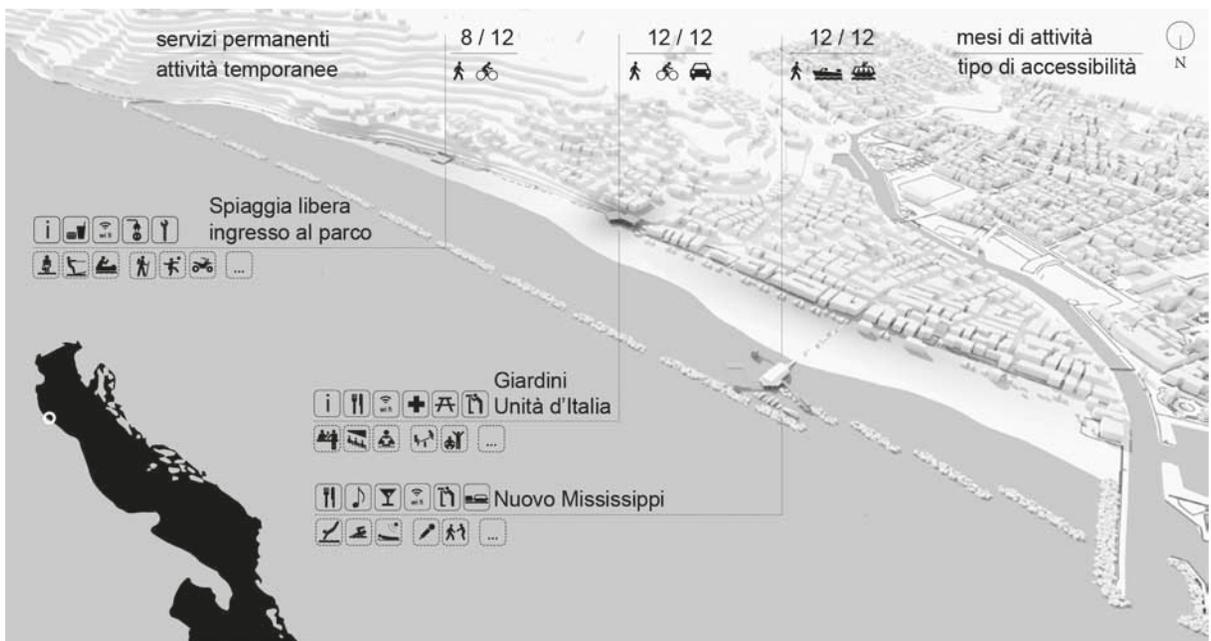
I due progetti partono da presupposti e scale diverse per definire entrambi specifici criteri di relazione tra servizi ed infrastrutture.

Il Mississippi, ideato alla fine degli anni '50, era un Ristorante Bar Night Club (o Dancing) punto di riferimento della vita mondana e turistica della Riviera Romagnola soprattutto negli anni '60. Dopo qualche decennio di conduzioni "sfortunate", la struttura di proprietà del demanio ha chiuso ed è passata in gestione all'Amministrazione del Comune di Gabicce Mare; questo ha commissionato (attraverso la società partecipata S.I.S. Spa) a *Sealine* di definire possibili scenari per un suo riutilizzo e per la riqualificazione del lungomare. La piattaforma e il pontile del Mississippi, in posizione quasi baricentrica rispetto al lungomare cittadino, marciano in qualche modo una sorta di anomalia nel paesaggio ripetitivo e nella topografia piatta e costante di questo tratto settentrionale di costa adriatica. Poco oltre, infatti, emerge il promontorio di Gabicce Monte caratterizzato da coste alte e rocciose, la spiaggia si restringe costretta tra il mare e la paleo-falesia costiera. Tutto si comprime: alberghi, strade, passeggiata lungomare e stabilimenti balneari. Il Mississippi sembra voler uscire da questa logica con un tentativo di guadagnare spazio e un punto di vista privilegiato, differente, sulla costa.

Una presenza forte che conserva una sua aura, a prescindere dalla funzione che assume, e perciò ben si presterebbe ad un uso plurale, dove far coesistere attività differenti anche mutevoli nel tempo.

Oltre la spiaggia, gli spazi sempre più compressi rendono particolarmente difficile intervenire in modo unitario su percorsi e strutture turistiche. Per questa ragione, azioni veramente incisive possono essere attuate solo puntualmente replicando, secondo diverse modalità, la logica dell'aggregatore di servizi. Si è quindi deciso di accelerare il processo di potenziamento del lungomare basandosi sull'introduzione di ulteriori elementi catalizzatori collocati in zone nodali della costa che con il Mississippi creassero una rete di spazi riconoscibili a scala urbana e in grado di assolvere due funzioni principali (Fig. 5):

- migliorare qualità e offerta dei servizi alloggiando, al contempo, funzioni pubbliche permanenti e spazi tematizzabili a disposizione delle strutture turistiche (come stabilimenti, alberghi, ecc.);
- connettere zone della città e del territorio attualmente slegate fra loro operando come polarità di una rete multi-modale di percorsi pedonali, ciclabili e via mare.



**Figura 5. Veduta complessiva della proposta per Gabicce.**

Un mix di infrastruttura e servizi il cui scopo è quello di unificare l'esperienza urbana sia scandendo i percorsi esistenti paralleli alla costa, che introducendo la possibilità di nuove connessioni trasversali dal mare, dal lungofiume e verso il centro città.

Il primo di questi contenitori, in corrispondenza della spiaggia libera di levante, fornisce attrezzature alla balneazione e una serie di dotazioni specifiche legate alla sua funzione di nuovo ingresso ai sentieri del Promontorio e del Parco Naturale del Monte San Bartolo.

Il secondo intervento, presso i Giardini Unità d'Italia, è volto a risolvere il salto di quota tra la spiaggia e l'area più panoramica della città, caratterizzandone l'uso con spazi culturali e per eventi.

Infine il Mississippi (Fig. 6), che si configura come una nuova porta di accesso alla città dal mare e che diventa una sorta di supporto a cui agganciare ulteriori strutture temporanee e permanenti a servizio della balneazione e della mobilità. Si tratta di piattaforme, attrezzature, pontili e piccoli volumi dalle finalità diverse specializzati nell'incrementare le prestazioni dell'edificio rendendolo fruibile tutto l'anno e capaci di parzializzarne gli spazi come la gestione.

In questo modo sarà possibile prevedere un uso costante della struttura senza impegnare necessariamente tutti gli ambienti. Alcuni elementi, come la piscina-solarium galleggiante, possono essere aggiunti solo in estate a servizio della balneazione andando ad ampliare l'offerta degli stabilimenti su questo tratto di lungomare. Il molo galleggiante a ridosso della scogliera esistente, fornendo un approdo protetto per imbarcazioni a basso pescaggio, farebbe del Mississippi un punto raggiungibile via mare anche con sistemi di trasporto condiviso (battelli, vaporetto, water-taxi, ecc.) gestiti da privati e attivabili nel periodo estivo a fini turistici. Un accesso alla città dal mare che diventa ancora più interessante per *bypassare* il traffico cittadino e potenziare il sistema dei parcheggi di attestamento alla città per raggiungere la spiaggia sfruttando la navigabilità del Fiume Tavollo. Un modo per aumentare le zone pedonali durante la stagione turistica e i week-end, recuperando spazi alla vita cittadina e alle attività commerciali.



Figura 6. Il progetto di riuso del Mississippi e suo ruolo nel nuovo sistema di collegamenti a scala urbana.

In questo modo, ripensando il Mississippi, si è potuta delineare una strategia a scala urbana basata sulle nodalità che ha ispirato lo studio circa la fattibilità di una rete più ampia di collegamenti via mare che comprendesse una serie di altri punti sulle coste romagnola e marchigiana.

Qui esiste, infatti, una ricca casistica di possibili interessanti approdi per imbarcazioni private e per il trasporto turistico (soprattutto nei porti e nelle darsene cittadine); a questi si sommano altri luoghi dove l'attracco è possibile, ma a cui non corrisponde un'offerta di servizi tale da renderli attrattivi a scala più ampia. Molti di questi sono frequentati dalla popolazione locale per la particolarità della posizione o la specificità dei servizi offerti, ma poco conosciuti altrove. Ancora, altri punti sul litorale sono invece attualmente irraggiungibili dal mare ma, con un minimo di infrastrutturazione, facilmente iscrivibili all'interno di una rete più vasta (Fig. 7).

In questo scenario, la costa si presenta come un contenitore unico di occasioni in cui è possibile attivare una rete di approdi intervenendo per punti secondo vari gradi di complessità e facendo fronte a diverse tematiche: visibilità, accessibilità, potenziamento o creazione di servizi e strutture. Le azioni ipotizzate vanno dal semplice recupero di strutture esistenti alla creazione ex-novo di servizi in punti strategici. Un approccio *site-specific* basato in fase preliminare su indirizzi e criteri (da fornire ad amministrazioni locali, enti pubblici e privati) circa l'adeguatezza alla rete dei luoghi prescelti considerando: impatto sul paesaggio, vicinanza ad altri punti della rete, fattibilità tecnica ed economica degli interventi.

Questa metodologia è stata successivamente utilizzata ed affinata nell'ambito del progetto *Reactive Riviera* redatto da *Sealine* in collaborazione con Metropolis e Polis University di Tirana, per indirizzare lo sviluppo turistico del tratto di costa meridionale dell'Albania tra Valona e Saranda, meglio conosciuta come Riviera albanese.

Un territorio che negli ultimi vent'anni ha visto crescere esponenzialmente il turismo interno (esclusivamente

balneare) e ha subito le prevedibili conseguenze di uno sviluppo edilizio veloce e incontrollato particolarmente sulle coste e nei centri maggiori. Soprattutto le caratteristiche morfologiche e lo scarso livello di infrastrutture ne hanno però in gran parte preservato il paesaggio.

azioni	casi			linee guida
	 Ravenna	 Vallugola	 Portonovo	Interventi legati alla maggiore segnalazione dei luoghi o alla loro valorizzazione mediante inserimento all'interno di reti tematiche.
	 Senigallia	 Gabicce Mare	 Rimini	Interventi minimi legati all'accessibilità di strutture esistenti, ben conosciute ed in gran parte già funzionanti o facilmente riattivabili.
	 Rimini	 Conero	 Ravenna	Interventi legati all'accessibilità di strutture esistenti, già attrattive per posizione, mediante loro riconversione in servizi turistici.
	 Porto San Giorgio	 Pesaro	 Numana	Interventi mirati alla creazione di dispositivi ricettivo-turistici che richiedano la presenza di ulteriori servizi per valorizzare il rapporto con il mare.

Figura 7. Linee guida strategiche per l'attivazione di un network di approdi a scala territoriale.

Nel panorama mediterraneo è senza dubbio una delle mete turistiche emergenti e, potenzialmente, dalle prospettive di crescita più interessanti in termini di presenze dall'estero.

Sulla base di questi presupposti, il Governo ha promosso una serie di iniziative per individuare un modello di crescita sostenibile che bilanciassero ricadute economiche e ambientali.

Il lavoro di *Sealine* è partito dal confronto con altri territori che hanno subito una simile evoluzione (come ad esempio la costa Ligure di levante): da aree rurali punteggiate di piccoli borghi a zone di estrema concentrazione e affollamento stagionale. Questo ha portato a individuare il tema delle infrastrutture e dei trasporti come l'elemento essenziale e in prospettiva più problematico da gestire; quello su cui operare per indirizzare il processo di transizione turistica verso un sistema policentrico bilanciato e allo stesso tempo reattivo alle mutazioni degli scenari turistici internazionali.

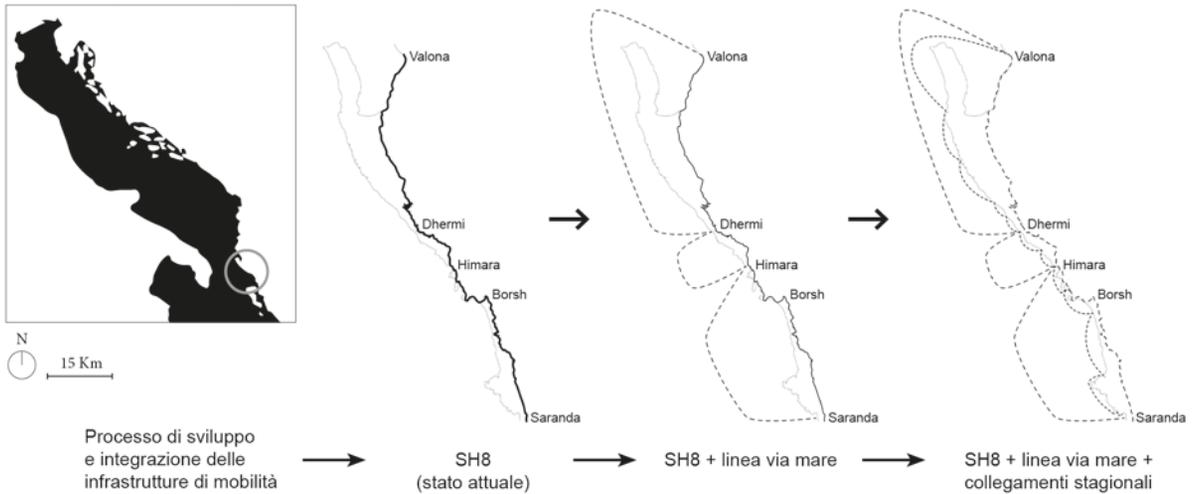
L'analisi delle criticità, delle ambizioni e delle potenzialità del tessuto economico locale ha portato a concentrarsi in particolare su una strategia immediatamente operativa, in grado di guidare in parallelo lo sviluppo delle dotazioni turistiche secondo una logica di differenziazione puntuale dell'offerta (Lang e Lobosco, 2016).

La proposta prevede di migliorare l'accessibilità al territorio attraverso l'implementazione di una rete capillare di mobilità via mare da affiancare all'esistente nonché unica strada che attualmente serve tutte le località (Fig. 8). Un sistema più leggero, economico, adattabile e velocemente realizzabile che può essere attivato con minimi interventi sugli approdi esistenti. Si configura come più flessibile ai flussi stagionali, permettendo di controllare le presenze soprattutto nelle aree più sensibili dal punto di vista ambientale come ad esempio alcune spiagge che rappresentano l'attrattiva principale del territorio. Altri punti del litorale sono ad oggi invece completamente inaccessibili: una volta messi in rete potrebbero aprire nuovi itinerari di visita, "scaricando" le destinazioni più affollate.

Il nuovo network si compone di tre tipi di collegamento che corrispondono ad altrettante modalità di visita della costa; ad essi sono stati associati, nei punti di approdo sulla spiaggia, servizi a diverso grado di sofisticazione.

Il primo e più importante livello di collegamento avviene tra le maggiori località costiere dove sono presenti

le spiagge urbane più frequentate e l'attuale situazione di parcheggi e dotazioni alla spiaggia non è adeguata per la compresenza di arrivi giornalieri numerosi e di un turismo invece più stanziale abbastanza significativo. Qui vengono ripensati i servizi lungomare e, presso le zone di approdo, previste delle aree di inter-modalità tra la strada panoramica e i collegamenti via mare, in modo da spostare una parte dell'utenza su altre spiagge altrimenti non sfruttate.



**Figura 8. Diagramma dell'evoluzione del sistema di mobilità con l'integrazione dei percorsi via mare.**

Il secondo livello di mobilità riguarda, infatti, il collegamento tra i centri maggiori e le spiagge "satellite" circostanti che si distinguono in due ulteriori categorie: quelle associate ai borghi minori vengono dotate di piccoli approdi, servizi minimi alla balneazione ed attività commerciali; per le spiagge più isolate e paesaggisticamente interessanti, si prevede unicamente l'accesso via mare e una permanenza al massimo giornaliera, precludendo ogni possibilità di accesso carrabile. Il servizio di collegamento potrà essere fornito stagionalmente da imbarcazioni private.

Il terzo ed ultimo livello di collegamento punta sulle imbarcazioni da diporto e studia la progressiva implementazione e realizzazione di porti a basso impatto ambientale e reversibili: i *detached ports* (i.e. "porti diffusi"), un modello di infrastrutturazione più leggera e sostenibile rispetto al classico *marina*, costituito da campi boe in acqua con a supporto servizi minimi sulla terraferma. Per definire la localizzazione e il dimensionamento di tali strutture è stato condotto uno studio delle condizioni meteo-marine del litorale, che ha permesso poi di identificare le soluzioni più appropriate rispetto la morfologia costiera e la tipologia dei fondali.

La proposta, sviluppata in parallelo al sistema di mobilità via mare, individua poi una serie di interventi sull'entroterra per lo sviluppo di una ricettività alternativa agli alberghi o alle seconde case, come ad esempio campeggi ed ostelli. O ancora, servizi destinati ad ospitare attività ricreative, culturali e favorire la pratica sportiva assieme alla scoperta del territorio.

In generale, la proposta punta a definire una strategia d'uso del territorio e delle spiagge che determini una vocazione differente delle diverse destinazioni a seconda del tipo di accessibilità; al contempo, mira a preservare il valore paesaggistico di un litorale ancora non compromesso dall'edificazione o da grandi infrastrutture costiere. A fronte di un sviluppo turistico spesso repentino e difficilmente controllabile in contesti emergenti come questo, il fattore tempo diventa fondamentale: una soluzione subito operativa, attivabile in tempi brevi con investimenti contenuti e strutture in gran parte reversibili, si presta più di altre a indirizzare fin da subito la crescita turistica su scenari di sviluppo sostenibile (Fig. 9).

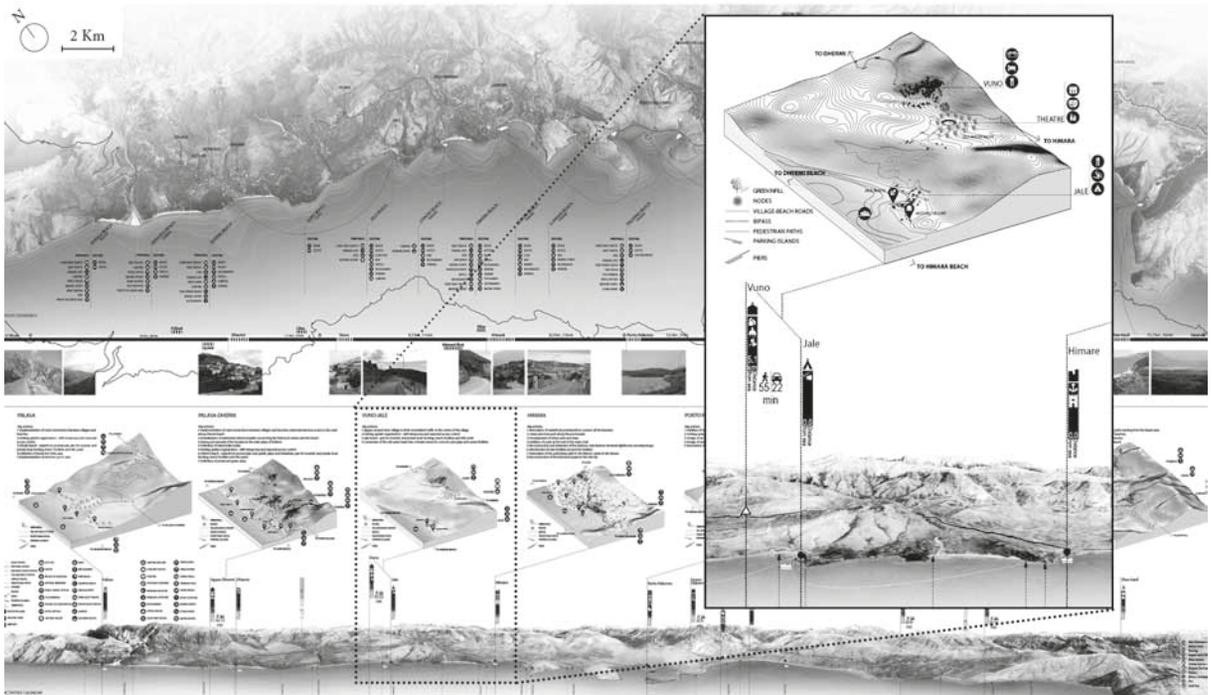


Figura 9. Tavola di progetto generale della proposta 'Reactive Riviera' (Sealine e Metropolis).

Il progetto *Reactive Riviera*, così come quello per Gabicce, partendo da presupposti diversi individuano nella mobilità il *driver* per mettere a sistema le risorse territoriali e determinare puntualmente il livello e la tipologia dei servizi che si propongono al turista.

Entrambe le proposte richiedono però un approccio integrato alla *governance* degli scenari di sviluppo, un regia a scala vasta che consenta di superare le limitate logiche locali per fare rete e rivolgersi a un mercato sempre più vasto e competitivo (Emanuelli, Lobosco, 2015).

## Conclusioni

Il presente contributo dimostra come la comparazione tra esperienze progettuali in contesti turistici consolidati ed emergenti possa contribuire all'individuazione di strategie più efficaci di gestione delle ricadute fisiche del fenomeno turistico.

Il primo caso studio ha trattato il tema del lungomare come aggregatore di servizi indagando come questo dispositivo, in situazioni urbane diverse, possa contribuire a generare un nuovo tipo di spazio pubblico, in grado di organizzare al contempo le funzioni e gli usi della spiaggia. È stata sottolineata l'importanza di coinvolgere e integrare le strutture turistiche nella trasformazione urbana evitando lo scollamento tra queste e il resto della città. È stato messo in evidenza come un progetto unitario e coordinato possa supportare forme di gestione più efficienti per aumentare la qualità dei servizi, la loro capacità di aggiornare l'offerta turistica e prostarla nel tempo.

Le ricadute di tali esperienze in ambito europeo sono tanto più significative se si considerano, ad esempio, le direttive comunitarie in materia di libera concorrenza nel mercato unico, in particolare circa l'assegnazione competitiva delle concessioni demaniali (direttiva 2006/123/CE). In questo quadro la definizione di una visione unitaria del lungomare è assolutamente necessaria da un lato per attrarre gli investimenti e dall'altro per determinare il modello di sviluppo verso il quale tendere.

Nel secondo caso abbiamo analizzato il tema dell'accessibilità come fattore chiave per indirizzare la vocazione

turistica di un territorio e bilanciare i flussi turistici tra le sue zone. I due esempi messi a confronto ne chiariscono le potenzialità sia in un contesto che necessità di rinnovamento, che in un'area per cui tutto è ancora da fare. La logica che guida entrambe le proposte è spostare l'infrastrutturazione legata alla mobilità sul mare definendo un sistema più leggero, economico e adattabile.

La creazione di reti locali per gestire i flussi e distribuire i turisti può essere inscritta in una più ampia programmazione che a livello europeo chiede alle regioni (ad esempio dell'area Adriatico-Ionica) di individuare nuovi itinerari di fruizione turistica transnazionali. Il potenziamento di sistemi locali è dunque essenziale per massimizzare e sfruttare le ricadute di tali operazioni a scala più vasta.

Lavorando su alcune invarianti come i servizi, l'accessibilità e le soglie di sostenibilità dei flussi di visitatori è possibile determinare un approccio valido sia in condizioni di stallo del modello ricettivo (i.e. la Riviera romagnola), che in condizioni di estrema incertezza e dinamicità (i.e. la Riviera albanese).

Le ricerche e gli studi presentati in questo contributo fanno riferimento alla specifica area geografica Adriatico-ionica, esemplare per il tipo di territori coinvolti. Come parte del progetto T-Atlas, queste indagini contribuiscono a delineare un panorama di azioni e soluzioni volte a iscrivere la pianificazione locale in più complesse ed estese dinamiche globali, proprie del fenomeno turistico.

Se la comparazione tra destinazioni emergenti e consolidate è dunque utile dal punto di vista metodologico - per capire le implicazioni di alcune scelte strategiche in situazioni diverse e trarne insegnamento -, allo stesso tempo mette in luce una considerazione di fondo valida a prescindere dal contesto.

Uno dei risultati fino ad ora più evidenti della costruzione del T-Atlas è, infatti, la constatazione che ogni territorio turistico, a prescindere dal suo grado di maturità, è infine un territorio *in transizione*.

Riteniamo che su questa consapevolezza si debbano misurare le proposte di sviluppo locale; che sia importante lasciare ampi margini di libertà e progettare sistemi il più possibile adattabili, pur definendo in maniera chiara lo scenario urbano, paesaggistico e ambientale all'interno del quale iscriverli.

## Bibliografia

- Dallari F., 2007, *Distretti turistici tra sviluppo locale e cooperazione interregionale*. In: Geografia del turismo. McGraw-Hill, Milano. pp.195-215.
- Emanuelli L., 2016, *Rivieras*. In: Albanian Riviera. An alternative model of Progress and Development for a Next Generation Albania. Botime Pegi, Tirana. pp. 26-29.
- Emanuelli L., 2010, *Dossier - Sviluppo della costa. Sealine*. Paesaggio Urbano, 1: I-XXX.
- Emanuelli L., Di Giulio R., 2010. *Speciale Sealine Brindisi*. Paesaggio Urbano, 5. pp. 75-90.
- Emanuelli L., Lobosco G., 2016. *hyperNatural Vlora*. In: Albanian Riviera. An alternative model of Progress and Development for a Next Generation Albania. Botime Pegi, Tirana. pp.40-43.
- Emanuelli L., Lobosco G., 2015. *Infrastrutture e turismo: nuove relazioni e strategie di riconversione*. Atti della XVIII Conferenza Nazionale SIU. Italia '45-'45. Radici, Condizioni, Prospettive. Venezia. pp.1572-1579.
- Goula M., Spanou I., Perez Rimpler P., 2012. *Tour-scapes or how to convert mature tourism destinations to complex sustainable landscapes: the strategy of the "second coast"*. Atti 6th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU): TOURBANISM, Barcelona. pp. 1-10.
- Guri, A., 2016, *The role of sustainable tourism in the economic development of Vlora District*. European Journal of Research and Reflection in Management Sciences, 4(4): 53-62.
- Hall C. M., 1994, *Tourism and politics: policy, power and place*. Wiley, USA..248 pp.
- Hall C. M., 2010, *Crisis events in tourism: subjects of crisis in tourism*. Current issues in Tourism, 13(5): 401-417.
- Lang T., Lobosco G., 2016. *Slow road to Butrinti. Time-based reflections for an emerging touristic territory*. In: Albanian Riviera. An alternative model of Progress and Development for a Next Generation Albania. Botime Pegi, Tirana. pp. 142-153.

- Lenzholzer S., Duchhart I., Koh J., 2013. *Research through designing in landscape architecture*. Landscape and Urban Planning. 113: 120-127.
- Lobosco G., 2010, *Hotels e spiagge*. Paesaggio Urbano, 1: XX-XXV.
- Martí Manrique P., 2014, *La estrategia de la segunda costa en la Costa del Sol Occidental: hacia un nuevo modelo de ordenación territorial del espacio turístico*. Atti VI Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo. Barcelona-Bogotá.
- Mathieson A., Wall G., 1982. *Tourism, economic, physical and social impacts*. Longman, University of Michigan. 208 pp.
- Nepравishta F., Meniku J., Devetakovic M., 2014. *Waterfront regeneration through PPPs: The case of Vlora, Albania*. Atti X International Miklós Iványi PhD & DLA Symposium Architectural, Engineering and Information Sciences. Pécs.
- Pié i Ninot R, Rosa Jiménez C. J., 2013. *Turismo líquido*. Universitat Politècnica de Catalunya, Iniciativa Digital, Barcellona. 372 pp.
- Racine P., 1980, *Mission impossible? L'aménagement touristique du littoral du Languedoc-Roussillon*. Midi libre, Montpellier. 293 pp.
- Ryan C., 1991, *Recreational tourism: A social science perspective*. Routledge, Londra. 227 pp.
- Savelli A., 2001, *La complessità come attrazione turistica: una ricerca sulla riviera adriatica dell'Emilia-Romagna*. Sociologia urbana e rurale. 5: 1000-1024.
- Shaw G., Williams A. M., 1994. *Critical issues in tourism: a geographical perspective*. Wiley-Blackwell, USA. 392 pp.
- Sönmez S. F, Graefe A. R., 1998. *Influence of terrorism risk on foreign tourism decisions*. Annals of Tourism Research. 25(1): 112-144.
- WTTC, 2015, *Travel & Tourism Economic Impact 2015*. WTTC Annual Report, Londra. 20 pp.

**Ricevuto il 07/09/2016; accettato 23/03/2017**



## Monitoraggio RPAS delle dune embrionali di Rosolina Mare (Alto Adriatico)

Yuri Taddia<sup>1</sup>, Corinne Corbau<sup>2</sup>, Elena Zambello<sup>1</sup>, Valentina Russo,  
Alberto Pellegrinelli<sup>1</sup>, Paolo Russo<sup>1</sup> e Umberto Simeoni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Ferrara, via Saragat, 1 – 44122 Ferrara,  
e-mail yuri.taddia@unife.it, elena.zambello@unife.it, alberto.pellegrinelli@unife.it paolo.russo@unife.it

<sup>2</sup>Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli Studi di Ferrara, via Saragat, 1 – 44122 Ferrara,  
e-mail corinne.corbau@unife.it, umberto.simeoni@unife.it, ing.valentinarusso@gmail.com

### Riassunto

In questo lavoro è presentato lo studio dell'evoluzione geomorfologica di un complesso sistema di dune embrionali nel litorale veneto, nel tratto compreso tra le località di Rosolina Mare e Porto Caleri. Il monitoraggio è stato eseguito per mezzo di un sistema aereo a pilotaggio remoto (RPAS). In particolare sono mostrati i risultati ottenuti dal confronto dei primi due rilievi eseguiti rispettivamente nei mesi di novembre 2015 e marzo 2016. L'acquisizione del dato aerofotogrammetrico è avvenuta utilizzando un DJI Phantom 2 ed un DJI Phantom 3, dotati di fotocamere in assetto nadirale. Le immagini sono state realizzate con una sovrapposizione pari a 80% nella direzione di volo e pari a 60% in quella trasversale. Allo scopo di georiferire le immagini nel sistema di riferimento internazionale ETRF2000(2008.0) sono stati disposti a terra appositi target, rilevati tramite strumentazione GNSS in modalità NRTK (Network Real Time Kinematic), ben visibili nelle immagini e che racchiudono l'area monitorata. Con l'elaborazione delle immagini acquisite è stato costruito un modello tridimensionale, sfruttando i principi della *Structure from Motion* (SfM) ed utilizzando il software Agisoft PhotoScan. Sono state ottenute sia le nubi dense di punti sia le ortofoto relative a ciascuno dei rilievi eseguiti. Inoltre, applicando un algoritmo basato sul riconoscimento delle pendenze, sono stati riconosciuti i punti appartenenti alla vegetazione. Dai modelli digitali di elevazione del terreno (DEM) sono stati ricavati i profili trasversali e longitudinali della spiaggia, la mappatura delle morfologie legate all'ingressione marina ed all'azione eolica; infine dal confronto dei DEM è stato computato il bilancio sedimentario dell'area.

**Parole chiave:** evoluzione geomorfologica, foredunes, Sistema Aereo a Pilotaggio Remoto (SAPR), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Structure from Motion (SfM), Agisoft PhotoScan

### Abstract

*This work concerns the study of the geomorphological evolution of a complex system of embryonic dunes in the Veneto coast between the towns of Rosolina Mare and Porto Caleri, by monitoring over time performed by the relief through a remotely piloted aircraft system (RPAS).*

*In particular it shows the results obtained from the comparison of the first two surveys carried out, in the months of November 2015 and March 2016.*

*The acquisition of the aerial photogrammetric data occurred performing some flights with a DJI Phantom 2 and a DJI Phantom 3 with cameras in nadir arrangement, ensuring an overlap equal to 80% in the flight direction and a 60% laterally. In order to refer our survey in the international reference system (frame) ETRF2000(2008.0), appropriate targets (well visible in the images) were placed on the ground in order to almost completely enclose the monitored area within them; these targets were detected by GNSS devices in NRTK mode (Network Real Time Kinematic).*

*The processing of captured images consisted in the reconstruction of a three-dimensional model using the principles of the Structure from Motion; the Agisoft PhotoScan software was used to perform this kind of process. Both the dense clouds of points and orthophotos relative to each survey performed were obtained.*

*In particular it has been possible to classify the points distinguishing between those actually belonging to the ground and those who are part of the vegetation by the application of an algorithm based on the slope detection. Digital terrain elevation models (DEMs) were then generated, from which it was possible to extract a lot of information, from the reconstruction of longitudinal and cross sections profiles to the mapping of marine ingression or eolic channels; through their comparison was possible to analyze changes in terms of erosion, sedimentation and wind provision.*

*Finally, thanks to high resolution orthophotos, it was possible to classify the various species of vegetation present, further information can improve the knowledge of the complex study of the subject dune system.*

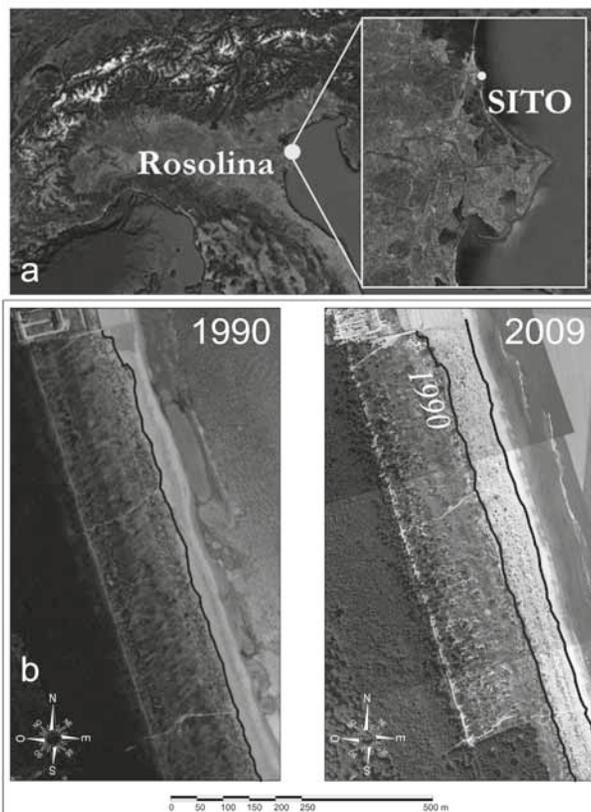
**Keywords:** *embryo dunes, geomorphological evolution, foredunes, Remotely Piloted Aircraft System (RPAS), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Structure from Motion (SfM), Agisoft PhotoScan*

### Premessa

L'ambiente costiero sabbioso è in rapida e continua evoluzione ed è facilmente influenzato da molti fattori naturali e antropici. Le spiagge presentano spesso un sistema di dune vegetate che svolge una moltitudine di diverse e preziose funzioni per l'ecosistema: protezione contro l'ingressione del mare durante le mareggiate; riserva di sedimenti per mitigare l'erosione degli arenili; nicchia ecologica per flora e fauna. In un contesto evolutivo naturale le avandune sono precedute da dune embrionali che presentano una elevata dinamica. Proprio a causa dell'importanza di queste ultime ed allo scopo di seguirne e comprenderne l'evoluzione, in questo studio si illustra una tecnica basata sulla fotogrammetria aerea da drone (Gonçalves e Henriques, 2015), tecnica innovativa ed a basso costo (Westoby et al, 2012).

Il sito oggetto del monitoraggio (Fig. 1) è la parte meridionale (3 km di lunghezza) di Rosolina Mare, nella zona di Porto Caleri. La spiaggia è ampia fino ad un centinaio di metri ed è delimitata verso terra da un'articolata fascia dunale, costituita da dune fossili stabilizzate, avandune vegetate e dune embrionali. L'ambiente retrodunale è caratterizzato dalla presenza di depressioni infradunali in cui le acque meteoriche si raccolgono consentendo lo sviluppo di una particolare vegetazione igrofila. Le dune stabilizzate sono ricoperte da una macchia di piante cespugliose che precede spazialmente le formazioni arboree, il bosco di leccio o le pinete di origine artificiale (Regione Veneto, 2011). L'appartenenza di questo tratto costiero al "Giardino Botanico Litoraneo" di Porto Caleri, esteso circa 23 ha, garantisce la conservazione ed evoluzione naturale di questi ambienti dunali.

Negli ultimi 50 anni il litorale meridionale di Rosolina Mare, in cui è situato il tratto di spiaggia in



**Figura 1. a) inquadramento geografico dell'area di studio; b) progredazione del limite delle dune embrionali nel periodo 1990-2009.**

esame, è stato caratterizzato da una significativa progradazione della linea di riva, con valori massimi di 5 metri all'anno e presenta pertanto un evidente avanzamento della linea di costa. In Figura 1 è possibile osservare l'avanzamento del limite delle dune embrionali nell'arco di circa venti anni, da fotografie aeree ed immagini satellitari; tipologie di indagine basate sul telerilevamento, spesso condotte con riferimento all'evoluzione della linea di costa, sono note in letteratura (Alesheikh et al, 2007). Tale fenomeno di progradazione è tutt'ora attivo.

### Tecnica di rilievo adottata

Allo scopo di rilevare e ricostruire la morfologia del sistema di dune, si è utilizzato il rilevamento aerofotogrammetrico da drone (Casella et al, 2016). Tale scelta è stata dettata dalle potenzialità offerte da tale tecnica quali la rapidità nell'acquisizione dei singoli fotogrammi, la possibilità di ottenere immagini ad elevatissima risoluzione (Wulder et al, 2004), con dimensioni del pixel a terra (o, più correttamente, di Ground Sample Distance) comprese tra 1 e 2 centimetri, nonché il basso costo. In particolare sono stati utilizzati un DJI Phantom 2 e un DJI Phantom 3 equipaggiati rispettivamente con fotocamere Panasonic Lumix DMC-GM1 con sensore RGB da 16 Megapixel e DJI FC300X con sensore RGB da 12 Megapixel.

L'intero rilievo è stato inquadrato all'interno del sistema di riferimento internazionale ETRF2000(2008.0), materializzato, in Italia, dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN): sono stati infatti disposti quattordici target (Fig. 2), distribuiti sul terreno in maniera tale da racchiudere pressoché completamente al loro interno la zona oggetto di studio (Fig. 3). I target, ben visibili nelle immagini aeree, sono stati rilevati con strumentazione GNSS in modalità NRTK (Network Real Time Kinematic). Le precisioni raggiungibili attraverso un rilievo cinematico "stop and go" con correzioni trasmesse in tempo reale da una rete di stazioni permanenti (in particolare quella ItalPoS) sono infatti sufficienti e pienamente compatibili con le precisioni di un modello tridimensionale da fotogrammetria aerea; viene in tal modo eliminata anche la necessità di un post-processing per la determinazione delle coordinate plano-altimetriche dei target.



Figura 2. Esempio di target.

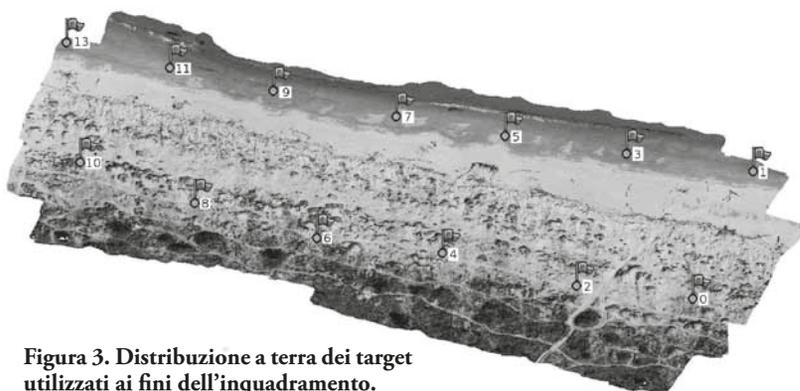


Figura 3. Distribuzione a terra dei target utilizzati ai fini dell'inquadramento.

Per eseguire l'acquisizione delle immagini, sono stati preparati opportuni piani di volo per ciascuna missione: a causa dell'estensione della zona, della quota di volo adottata (al fine di avere un GSD, come detto, compreso tra 1 e 2 centimetri) e dell'autonomia del drone legata alla capacità delle batterie, è stato necessario effettuare tre voli per ciascun rilievo. I principali parametri con cui è stato impostato ogni piano di volo sono i seguenti: quota di volo 40 metri, ricoprimento longitudinale 80%, ricoprimento trasversale 60%, velocità circa 3 m/s, fotocamera in assetto nadirale. Le impostazioni della fotocamera sono state invece modificate in funzione della luminosità al momento del volo.

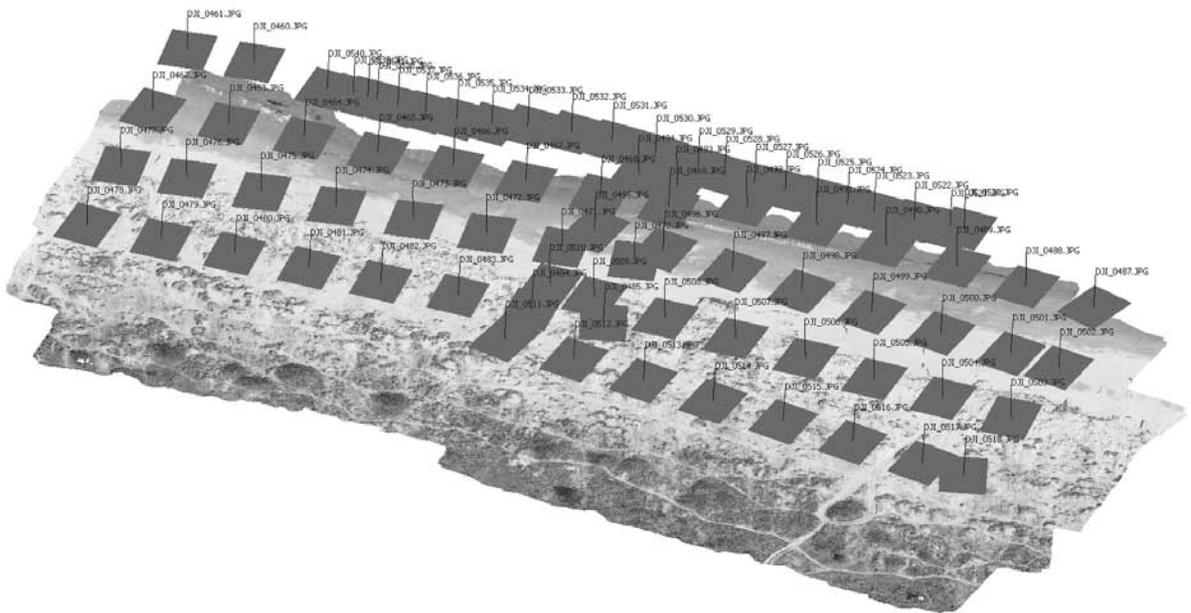
### Elaborazione delle immagini e ricostruzione del modello 3D

Acquisito l'intero set di immagini per il rilievo complessivo della zona oggetto del monitoraggio, le immagini sono state elaborate seguendo i principi della *Structure from Motion* (Mancini et al, 2013). Si tratta di un

insieme di tecniche sviluppate nell'ambito della disciplina della *computer vision*, implementate con successo all'interno della fotogrammetria digitale, con cui è possibile ricostruire una geometria tridimensionale mediante opportune sequenze di immagini (bidimensionali). Per effettuare questa operazione ci si è serviti del software Agisoft PhotoScan.

Il primo passo consiste nell'orientare i singoli fotogrammi nello spazio, in maniera tale da ricostruire la geometria della presa aerea (Fig. 4), sfruttando gli algoritmi di matching automatico e inserendo i Ground Control Points (GCPs), ovvero i target di coordinate note. Lo scarto quadratico medio (RMS) sull'orientamento è pari a 3.6 cm (valore minimo dei residui 1.1 cm, valore massimo dei residui 6.3 cm) per il rilievo di novembre e 1.9cm (residuo minimo 0.5 cm, residuo massimo 3.2 cm) per il rilievo di marzo.

Successivamente il software genera inizialmente una nube costituita dai soli punti omologhi individuati durante il matching stesso, mentre il risultato finale del processo di ricostruzione del modello tridimensionale consiste in una nuvola densa di punti (dense cloud) georeferenziata (Harwin e Lucieer, 2012) nello spazio. Tale nuvola di punti, tuttavia, segue fedelmente ciò che risulta visibile nelle immagini, compresa la vegetazione, la cui geometria va a falsare quella del terreno. Per eliminare questa problematica, è stato impiegato un algoritmo (presente all'interno del software Agisoft PhotoScan) in grado di riconoscere le variazioni di pendenza (slope detection) e procedere ad una classificazione di ciascun punto della nube, stabilendo se esso appartenga al terreno oppure no.



**Figura 4. Ricostruzione della geometria di presa.**

Tale algoritmo consiste di due fasi: nella prima, una volta individuate sul modello celle di prestabilite dimensioni (5 metri  $\times$  5 metri), vengono assunti come punti certamente appartenenti al terreno quelli di quota minima tra tutti i punti appartenenti ad ogni cella, costruendo, di fatto, un modello digitale di elevazione del terreno (DEM) di massima; nella fase successiva si procede a classificare come appartenenti al terreno tutti quei punti in cui la pendenza del modello non superi un valore prestabilito (soglia) rispetto a punti già classificati come terreno, ovviamente iniziando il processo sulla base dei punti individuati nella fase precedente (Fig. 5).

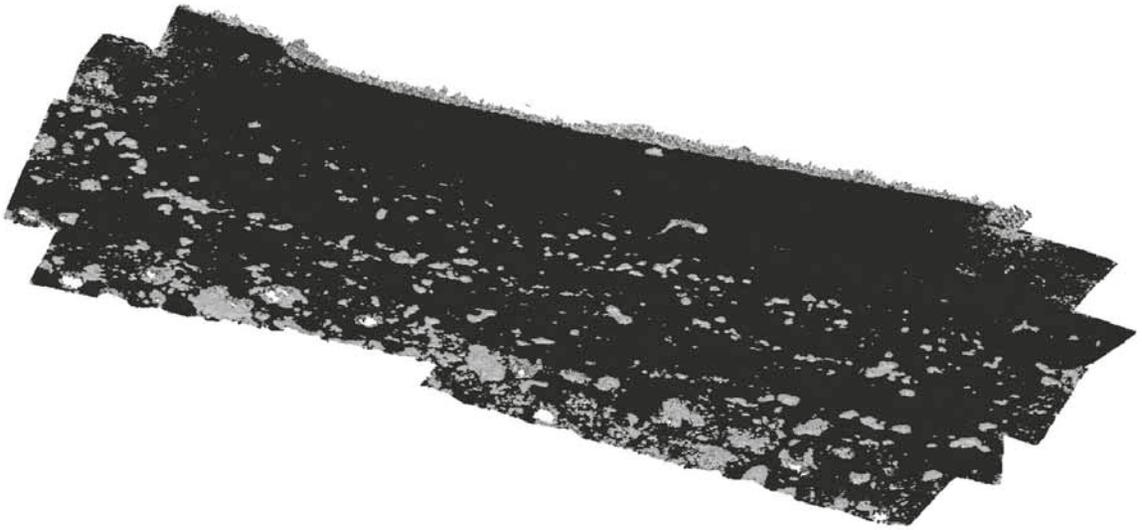


Figura 5. Classificazione dei punti appartenenti al terreno: in tonalità più scura i punti della classe “ground”, in tonalità chiara quelli non classificati.

### Generazione del Modello Digitale di Elevazione del terreno (DEM)

Per ricostruire un modello più fedele alla reale morfologia del sistema di dune, poiché in corrispondenza della vegetazione non è possibile avere informazioni circa il terreno sottostante dalla nube di punti, sono stati rilevati contemporaneamente alle fasi di volo e acquisizione delle immagini una serie di punti in corrispondenza della vegetazione. Il rilievo è avvenuto con le stesse modalità adottate per i target, quindi in NRTK. Il dato è stato quindi utilizzato per integrare il modello tridimensionale (Fig. 6).

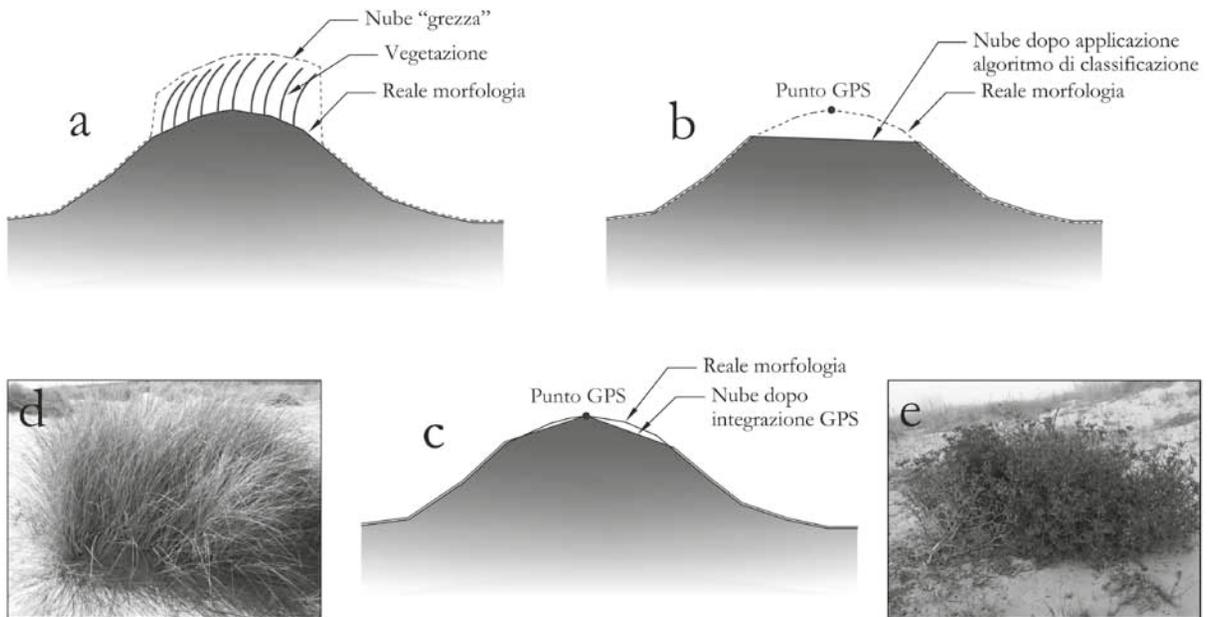


Figura 6. (a): Nuvola di punti “grezza”; (b): Applicazione dell’algoritmo di classificazione dei punti appartenenti al terreno; (c): Integrazione della nube con punti appositamente rilevati in NRTK in corrispondenza della vegetazione; (d): *Ammophila arenaria*; (e): *Echinophora spinosa*.

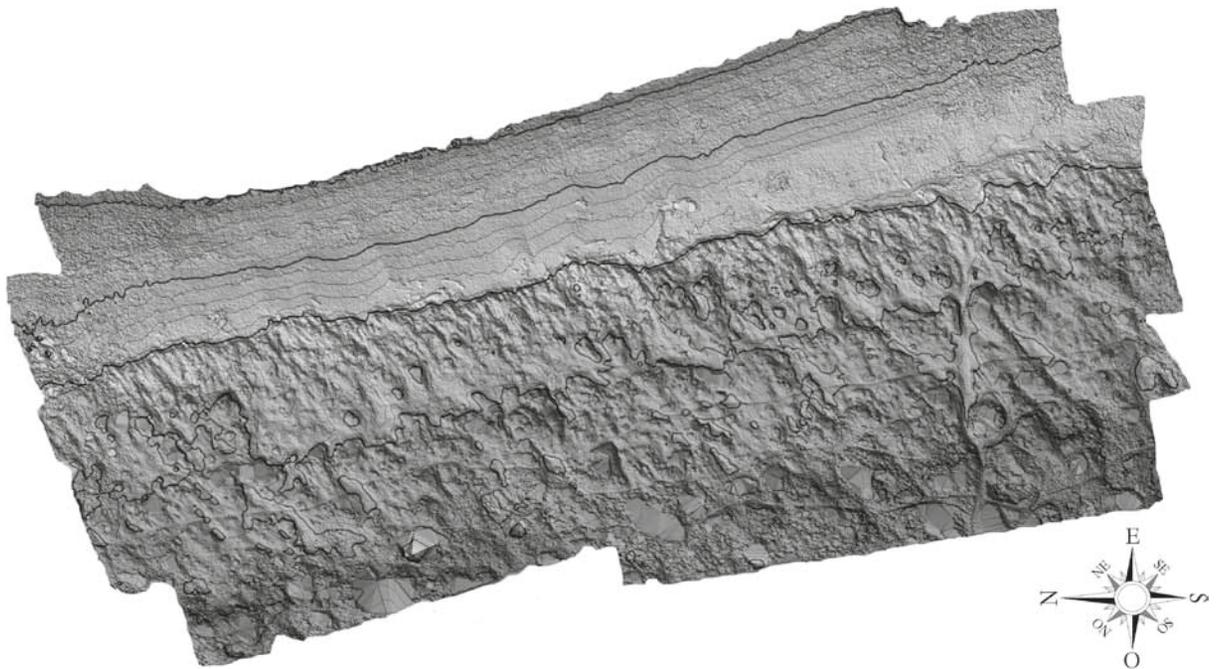


Figura 7. Modello Digitale di Elevazione del sistema di dune.

Da tale modello 3D è stato ricavato un Modello Digitale di Elevazione del terreno (DEM) con risoluzione del pixel pari a 4 cm, dal quale è possibile interpretare la morfologia del sistema di dune. Tale operazione è consistita dapprima nella creazione di una superficie attraverso una rete di triangoli (TIN) e successivamente nella generazione del DEM attraverso una procedura di interpolazione (Fig. 7). Il tutto è stato effettuato in ambiente GIS.

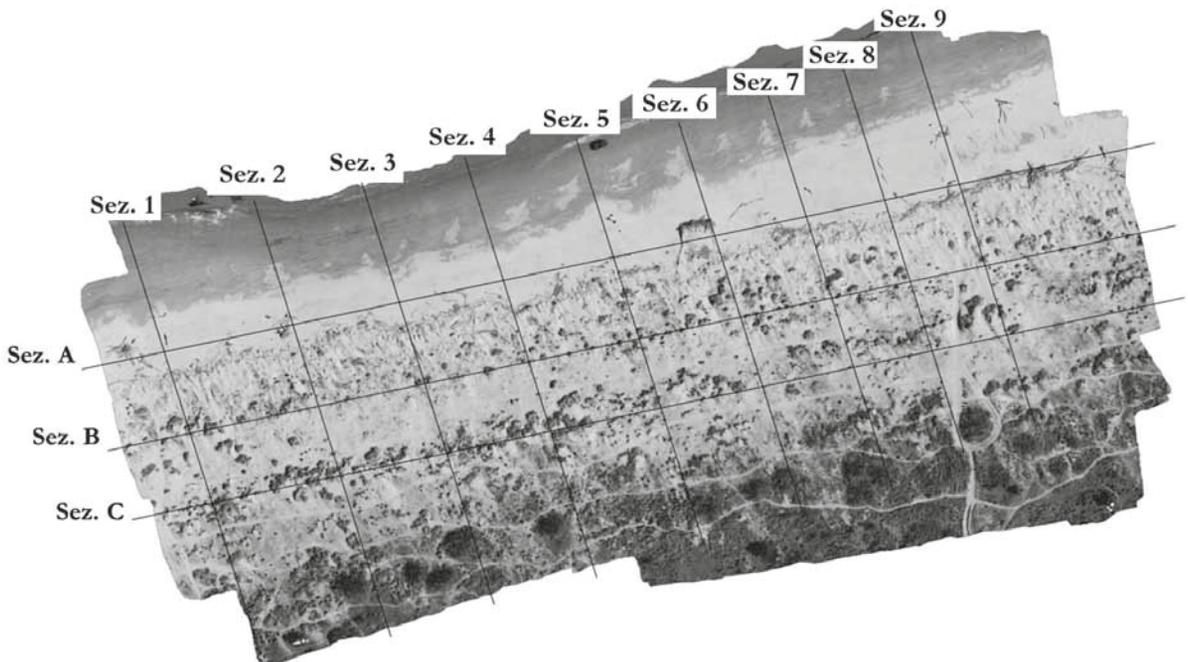


Figura 8. Sezioni longitudinali e trasversali in corrispondenza delle quali sono stati estratti i profili.

Utilizzando quest'ultimo modello, inoltre, è stato possibile estrarre i profili trasversali e longitudinali in corrispondenza di alcune sezioni (Fig. 8).

### Validazione del modello

Il modello di elevazione del terreno è stato validato, per accertarne l'accuratezza (Hugenholtz et al, 2013), attraverso il confronto delle quote in corrispondenza di un set di punti appositamente rilevati (Fig. 9). Ancora una volta il rilievo di tali punti è stato fatto contemporaneamente alle operazioni di volo ed in modalità NRTK, ovviamente in maniera del tutto indipendente rispetto ai punti già utilizzati per l'integrazione della nube. Il confronto è stato effettuato avvalendosi del software CloudCompare. Sono emersi alcuni effetti sistematici, tuttavia la precisione è risultata essere molto buona, con un valore di deviazione standard pari 3.1 cm.

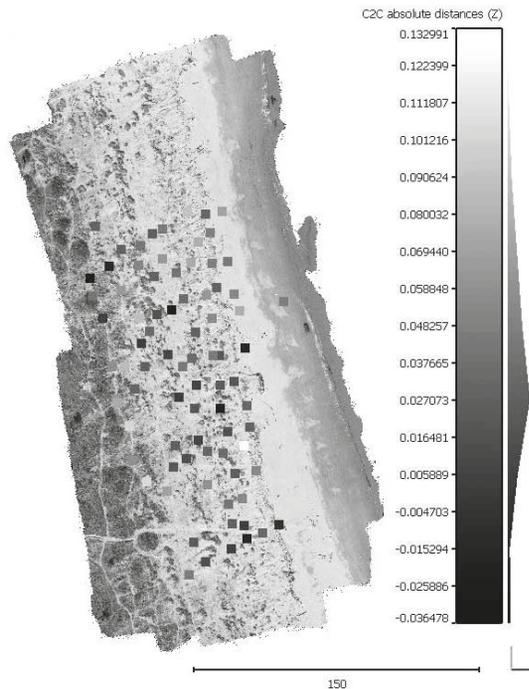


Figura 9. Validazione del DEM attraverso il confronto delle quote con un set di punti appositamente rilevato.

### Confronto tra i due DEM

Generati i modelli digitali di elevazione del terreno per entrambi i rilievi, eseguiti rispettivamente nei mesi di novembre 2015 e marzo 2016, dopo aver proceduto alla loro validazione, essi sono stati direttamente confrontati per analizzare le variazioni geomorfologiche del sistema di dune. Tale confronto è stato effettuato sia attraverso la realizzazione di una mappa contenente le indicazioni circa le differenze di quota (Fig. 10), sia attraverso la sovrapposizione dei profili tracciati in corrispondenza delle sopra citate sezioni trasversali e longitudinali (Fig. 11).

### Generazione delle ortofoto ad altissima risoluzione e mappatura della vegetazione

Dal modello tridimensionale, attraverso il set di immagini fotografiche acquisito durante i voli aerofotogrammetrici, è stato possibile elaborare ortofoto ad elevatissima risoluzione: si tratta di immagini dall'alto dell'intera zona monitorata, con risoluzione geometrica pari a 1-2 centimetri. Ciò ha permesso di realizzare una mappa delle differenti tipologie di vegetazione presente nell'ambiente costiero, unitamente alla classificazione dei materiali (ad esempio legnosi) depositati sulla spiaggia dal mare durante gli eventi di mareggiata (Fig. 12).

## Legenda

confronto\_marzo\_novembre

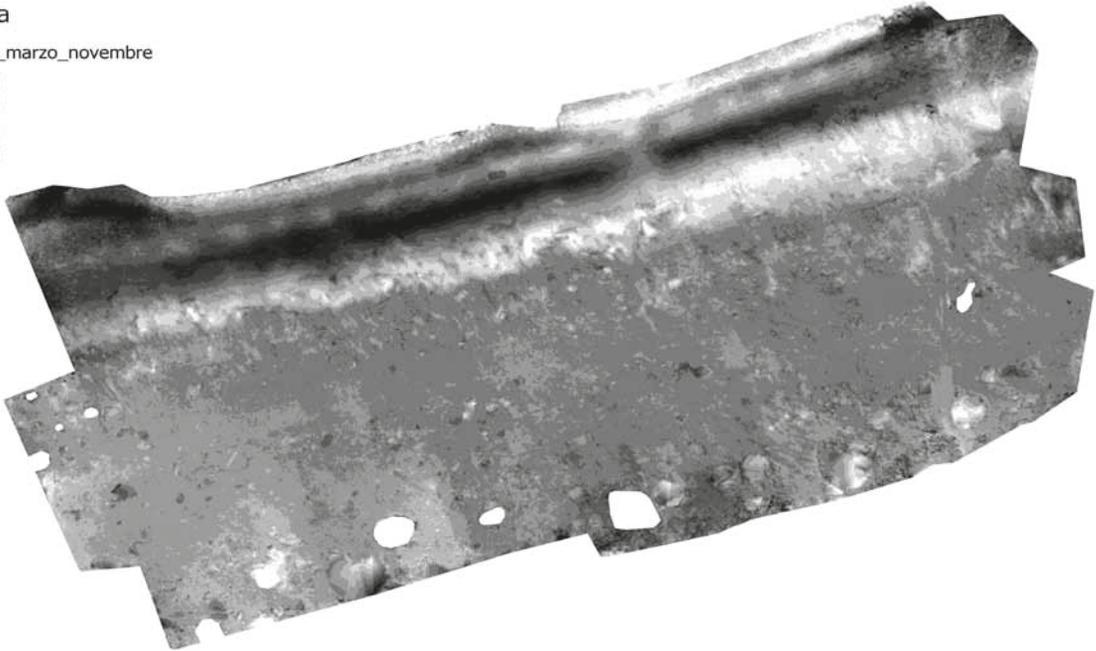
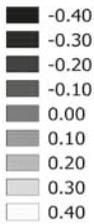


Figura 10. Confronto tra i modelli del terreno di novembre 2015 e marzo 2016.

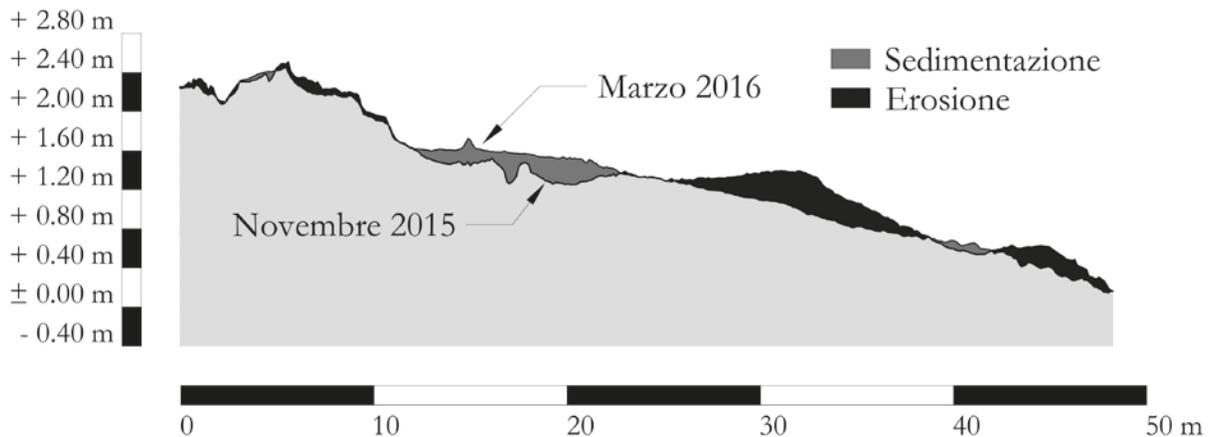


Figura 11. Esempio qualitativo di confronto tra i profili di novembre 2015 e marzo 2016.

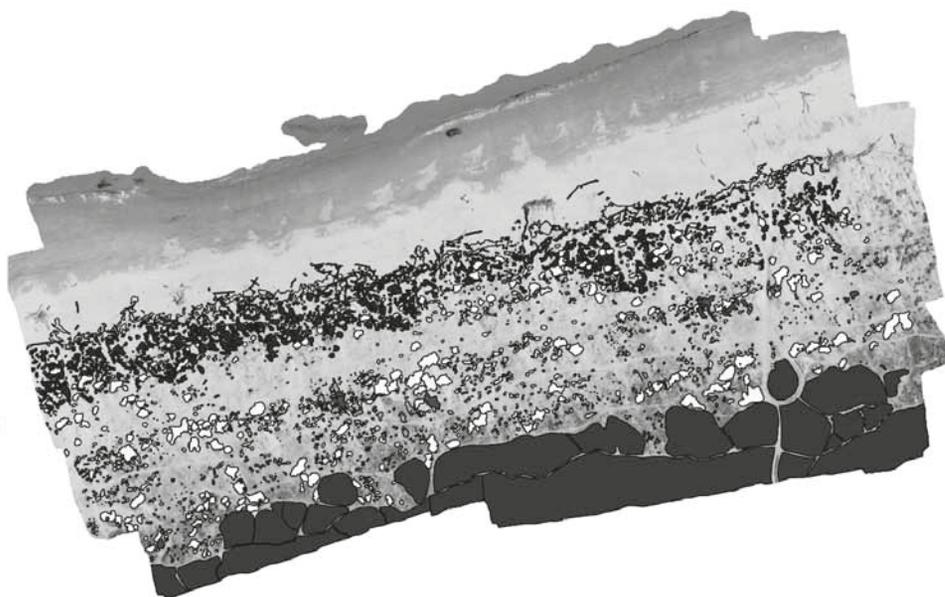
La conoscenza della distribuzione spatio-temporale della singola specie botanica consente una migliore caratterizzazione dei limiti di ogni stadio di crescita e formazione della duna e permette di meglio comprendere l'evoluzione del sistema.

### Primi risultati ottenuti

Da un punto di vista della tecnica di rilievo, il valore contenuto dei residui sull'orientamento (residuo massimo 6.3 cm, scarto quadratico medio massimo 3.6 cm) mostra come le precisioni raggiungibili attraverso l'impiego simultaneo della Structure from Motion e di strumentazione GNSS (in modalità NRTK) per l'inquadratura e l'integrazione dei dati mancanti nella nube di punti, siano compatibili con le dimensioni tipiche nella geomorfologia di un ambiente costiero dunale.

### Legenda

	Ammophila arenaria
	Arundo donax
	Biomasse spiagciate
	Cakile maritima
	Echinophora spinosa
	Eryngium maritimum
	Fiori gialli
	Inula crithmoides
	Legna
	Oenothera biennis
	Vegetazione arbustiva
	Xanthium orientale
	Altro



**Figura 12. Realizzazione di una mappa della vegetazione grazie alle ortofoto ad altissima risoluzione.**

L'analisi preliminare dei rilievi svolti ha rivelato la presenza di un complesso sistema di dune caratterizzato da:

- una parte superiore della spiaggia (circa 1.50-2.00 metri s.l.m.), costituita da isolate dune embrionali e dune coalescenti che si sviluppano lungo una sezione trasversale di circa 20-30 metri;
- una “depressione interdunale” di circa 10-20 metri;
- un secondo campo con una successione di avandune ben sviluppate.

I rilievi e le analisi condotte consentono di individuare nell'area delle dune embrionali 5 differenti zone (Fig. 13) caratterizzate dalla presenza di:

- 1) Dune embrionali poste ad una quota di circa 2 m sul l.m.m., a circa 50 metri della linea di riva, e coperte dalla prima vegetazione pioniera. Queste dune sono alte circa 0.4 m, con un'asse maggiore di circa 8 m ed una pendenza del fianco verso mare di circa 7°.
- 2) Dune embrionali vegetate dall'*Ammophila arenaria*, di dimensioni maggiori rispetto alle precedenti (asse maggiore 12 m, altezza 0.65 m) e una pendenza del fianco verso mare attorno a 6°. Successivamente si osserva una zona con scarsa vegetazione, ampia circa 15 m, caratterizzata da piccole increspature (ripples) eoliche.
- 3) Dune embrionali, ubicate a circa 85 m dalla linea di riva, relativamente stabilizzate dalla vegetazione; alte circa 0.60 m, con asse maggiore di circa 10 m e pendenza del fianco verso mare tra 6° e 9°.
- 4-5) Dune embrionali fissate dalla vegetazione con asse maggiore di 12-15 metri; altezza tra 0.70 m e 1.00 m e pendenza del fianco verso mare variabile tra 4° e 9°.

Inoltre i risultati mostrano che le dune embrionali più interne (gruppi 4 e 5) sono più strutturate e vegetate in confronto ai gruppi 1 e 2. D'altra parte risulta evidente come negli ultimi anni ci sia stata una progradazione della linea di riva. Si può quindi ipotizzare uno spostamento del sistema con la formazione di nuove embryo-dune. Infine, il bilancio dei sedimenti mostra una variazione pari a  $\pm 0.30$  m sulla spiaggia (bilancio negativo) e zone con dune incipienti (bilancio positivo), mentre si osserva stabilità o limitato accrescimento nella zona verso l'entroterra.

### Conclusioni

Questo studio mostra come i sistemi a pilotaggio remoto possano essere utilizzati con successo nel rappresentare la distribuzione spaziale di dune embrionali costiere e nel monitoraggio del loro sviluppo. Tale tecnica consente

infatti di coniugare la precisione di un rilievo aerofotogrammetrico con il basso costo derivante dall'impiego dei droni. La semplicità di utilizzo, la rapidità e l'estrema versatilità sono altri punti di forza di questo sistema.

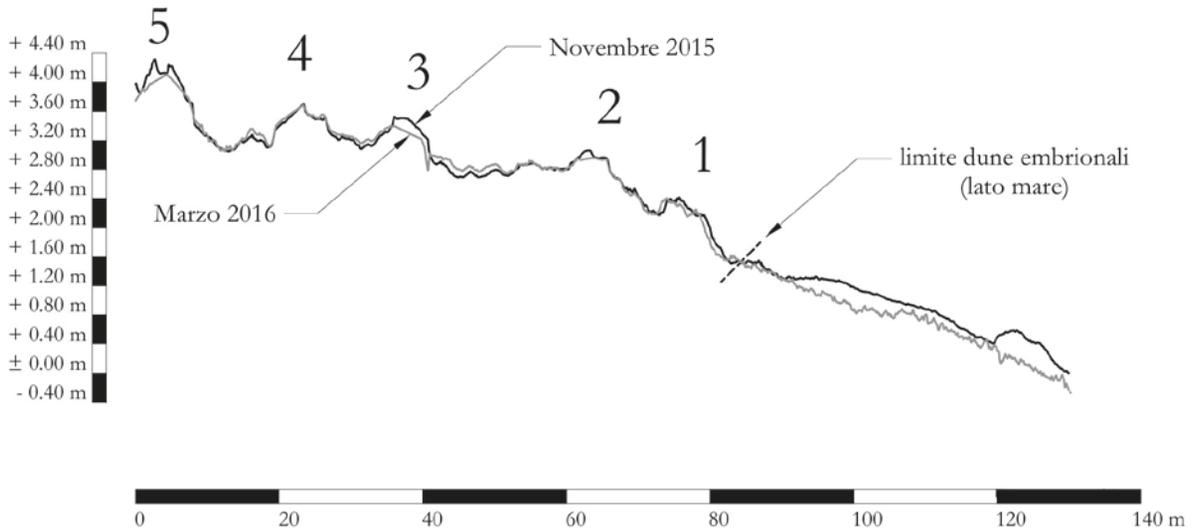


Figura 13. Confronto tra i rilievi effettuati lungo un profilo trasversale, con indicazione delle 5 differenti zone individuate.

Contrariamente ad un rilievo dei profili di sezioni trasversali con strumentazioni GNSS in modalità cinematica, la generazione di un modello di elevazione consente, a posteriori, l'estrazione di qualunque profilo in corrispondenza di qualsivoglia sezione. Inoltre l'impiego di sistemi a pilotaggio remoto non ha alcun impatto sull'ambiente costiero né sul sistema di dune, contribuendo a preservarne la loro completa integrità. Un altro significativo vantaggio di questo metodo è risultata essere la possibilità di ottenere informazioni sulla vegetazione (un fattore che influenza fortemente l'evoluzione delle dune costiere) grazie alla generazione di ortofoto ad elevatissima risoluzione.

L'uso delle ortofoto consente di raccogliere contemporaneamente dati di tipo fisico e biologico, nonché di analizzare la loro interazione, al fine di migliorare la gestione dei sistemi dunali costieri. Il nostro studio ha consentito una valutazione preliminare delle capacità di questa tecnica per la mappatura topografica e il rilevamento delle caratteristiche geomorfologiche delle dune embrionali.

## Bibliografia

- Alesheikh A. A., Ghorbanali A., Nouri N., 2007. *Coastline change detection using remote sensing. International Journal of Environmental Science & Technology*, 4: 61-66.
- Casella E., Rovere A., Pedroncini A., Stark Colin P., Casella M., Ferrari M., Firpo M., 2016. *Drones as tools for monitoring beach topography changes in the Ligurian Sea (NW Mediterranean)*. *Geo-Marine Letters*, 36: 151-163.
- Gonçalves J.A., Henriques R., 2015. *UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas*. *SPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104:101-111.
- Harwin S., Lucieer A., 2012. *Assessing the Accuracy of Georeferenced Point Clouds Produced via Multi-View Stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery*. *Remote Sensing*, 4: 1573-1599.
- Hughenoltz C. H., Whitehead K., W. Brown O. W., Barchyn T. E., J. Moorman B. J., LeClair A., Riddell K., Hamilton T., 2013. *Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): Feature detection and accuracy assessment of a photogrammetrically-derived digital terrain model*. *Geomorphology*,

194: 16-24.

- Mancini F., Dubbini M., Gattelli M., Stecchi F., Fabbri S., Gabbianelli G., 2013. *Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High-Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments*. Remote Sensing, 5: 6880-6898.
- Regione Veneto, 2011, *Rapporto Ambientale*. 01 VASROS Quadro Ambientale. 158 pp.
- Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds J.M., 2012. 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179: 300-314.
- Wulder M. A., Hall R. J., Coops N. C., Franklin S. E., 2004. *High Spatial Resolution Remotely Sensed Data for Ecosystem Characterization*. *BioScience*, 54: 511-521.

**Ricevuto il 30/08/2016; accettato 22/03/2017**



## **L'influenza delle strutture balneari per la programmazione d'interventi di difesa della costa: quale disciplina per le concessioni demaniali turistico ricreative?**

**Gabriele Lami**

Viale Italia n. 219, Livorno, e-mail gabrielelami68@gmail.com

### **Riassunto**

L'erosione costiera non è un fenomeno recente ma solo negli ultimi anni ha assunto particolare importanza per l'antropizzazione delle coste ed il loro utilizzo per finalità economiche.

L'impresa balneare, sviluppata sulla zona costiera, ha indotto la realizzazione di opere finalizzate alla riduzione dell'erosione, spesso contraddittorie e controproducenti.

L'adeguamento ai principi comunitari della disciplina normativa per le concessioni demaniali può essere strumento per una adeguata Gestione Integrata della Fascia Costiera (GIZC).

**Parole chiave:** Erosione costiera, concessioni demaniali, contendibilità, Gestione Integrata Fascia Costiera

### **Abstract**

*Coastal erosion is not a recent phenomenon but in the last years it has assumed particular importance due to the increase of the population on the coast and littoral exploitation for economical purposes.*

*Bathing and recreational tourism companies, developed on the coastal zone, have caused the realization to reduce or limit the erosion but they are often contradictory and have the opposite effect of the one expected.*

*The adaptation of the European Community's principles regarding the regulation for public concession may represent an useful instrument for Integrated Coastal Zone Management.*

**Keywords:** *Coastal erosion, public concession, public evidence, integrated Coastal Zone Management*

### **Gli interventi per la difesa della costa: l'evoluzione dei criteri per la loro realizzazione**

Le problematiche inerenti la difesa del litorale costiero dall'azione erosiva non sono una recente scoperta ma trovano le loro radici nelle previsioni della Legge del 20 marzo 1865, n.2248, Allegato F, di unificazione amministrativa del Regno di Italia poi seguita da specifiche disposizioni attuative degli anni successivi.

La filosofia sottesa alla normativa in materia si è evoluta nel corso del tempo, modificando l'approccio del legislatore alla soluzione delle diverse problematiche in materia, attraverso una prima disciplina normativa orientata ad individuare le modalità di finanziamento degli interventi (predisposta secondo la più stretta osservanza "liberale" della filosofia politica dell'epoca,) arrivando poi all'individuazione di una esigenza "pubblica" con cui giustificare gli interventi con oneri a carico anche della finanza pubblica, nell'obiettivo di perseguire una difesa degli abitati ed in particolare di opere ed infrastrutture pubbliche.

La modalità di intervento erano eseguite dal Ministero dei Lavori Pubblici, seguite poi dalle sezioni specializzate dell'Ufficio del Genio Civile Opere Marittime attraverso la costruzione di opere attualmente classi-

ficcate come “rigide” (scogliere, pennelli, radenti, massicciate di vario genere e tipologia) con l’obiettivo di contenere la: “*corrosione marina*” dei centri abitati, come riportava la Legge 5 gennaio 1953, n. 24 inerente la Riorganizzazione dei servizi relativi alle opere marittime (GU n.23 del 29-1-1953).

Nel corso dei primi del Novecento, iniziava anche l’utilizzo sempre più esteso delle spiagge per finalità di balneazione, già avvenuta in alcune località fin dalla seconda metà del secolo precedente, principalmente con opere di “facile sgombero”, quali cabine di legno e piccoli manufatti amovibili.

L’incessante utilizzazione delle aree demaniali per attività turistica, ha portato alla realizzazione di complessi immobiliari ed impianti ad uso balneare, sempre più estesi e di rilevante dimensione, anche con opere di difficile sgombero per lunghi tratti di litorale.

Il consolidarsi dell’uso turistico ricreativo e la sua crescita esponenziale dal secondo dopoguerra, hanno modificato gli obiettivi iniziali della sola difesa per gli abitati dalla “corrosione marina”, estendendo l’esecuzione degli interventi anche in zone in cui erano presenti attività balneari sviluppatesi nel frattempo che subivano gli effetti della riduzione delle spiagge assegnate per l’attività.

Si è quindi verificato un aumento esponenziale degli interventi finalizzati alla difesa della costa, ma utilizzando sempre opere “classiche” cioè interventi mediante pennelli, scogliere parallele emerse, sviluppando centinaia di chilometri di difese costiere ed altre opere comunque rigide.

L’esecuzione di questi interventi si è sviluppata secondo i rigidi schemi operativi in cui l’obiettivo era eliminare o ridurre il problema nel punto o zona in cui si verificava l’erosione, in una ottica di tipo “emergenziale” disconoscendo eventuali effetti collaterali conseguenti la realizzazione dell’intervento e senza una conoscenza della complessità e delle cause del fenomeno.

In pratica una sostanziale difformità da quella politica che nel corso degli anni si è sviluppata e viene denominata *Gestione Integrata della Fascia Costiera*, la quale impone con un approccio integrato alle problematiche della costa, di cui ormai da tanto tempo si discute ma spesso, e purtroppo per interessi di basso livello, non è attuata o viene applicata con ancora forti difficoltà.

Come è noto la definizione di gestione integrata della fascia costiera assume diversi significati ma nella sostanza che qui interessa è da intendere come attività che pianifichi di effettuare interventi di difesa costiera, con un approccio non per tamponare l’emergenza, ma previo sviluppo di studi, analisi e verifiche utili per comprendere il fenomeno e cercare di prevenirlo e realizzare interventi più efficaci riducendo gli effetti secondari derivanti dalla loro realizzazione.

La “maturazione” di un approccio coordinato al fenomeno dell’erosione costiera, con una visione possiamo definire integrata a 360° dello stesso, non è stato seguito da una parallela variazione delle disposizioni gestionali del demanio marittimo.

Se le capacità di comprensione del fenomeno erosivo dal punto vista scientifico, hanno fatto progressi di assoluto rilievo, altrettanto non è avvenuto per la disciplina inerente le modalità di utilizzo dei beni demaniali e delle spiagge in particolare, pur in presenza di uno sviluppo turistico molto rilevante.

La configurazione gestionale delle aree demaniali marittime ha sempre visto un atteggiamento di particolare attenzione da parte dell’ordinamento, per una serie di motivi sia di tipo militare (confine dello Stato) sia di tipo economico e fiscale (garanzia degli introiti per imbarco sbarco delle merci).

Il quadro regolatorio è stato quindi caratterizzato, fin dal Codice della Marina Mercantile, che dalla sua evoluzione del Codice della Navigazione, da una particolare attenzione finalizzata a rimarcare il potere di supremazia dello Stato nelle aree costiere, perseguita sia attraverso lo strumento giuridico per la disponibilità dei beni (la concessione) sia per la tipologia di organizzazione deputata alla gestione, incardinata in un corpo militare quale sono le Capitanerie di Porto.

Questa impostazione *filosofico politica* del sistema di regolazione, paradossalmente, ha favorito invece una gestione “statica” delle aree demaniali, in cui le modifiche e variazioni delle aree assentite o delle attività da svolgere hanno avuto una progressiva stabilizzazione anche in contrasto con gli obiettivi della normativa di settore.

In altre parole, la stabilità delle occupazioni delle aree demaniali marittime, per finalità turistico ricreative in particolare, è avvenuta non solo quale auspicio dei soggetti operanti nel settore, ma anche e soprattutto come conseguenza della struttura amministrativa che aveva la responsabilità della gestione stessa.

Tale apparato amministrativo, pur sollecitato ripetutamente fin dagli ultimi anni cinquanta (momento in cui iniziava lo sviluppo poi generalizzato dell'uso delle aree demaniali marittime per finalità turistiche nell'intera penisola) dall'allora Ministero della Marina Mercantile ad interventi non solo di prevenzione ma addirittura di repressione dei fenomeni di accaparramento di aree demaniali, manteneva una attenzione limitata ed episodica a quanto avveniva nelle zone costiere.

Esempio evidente di tale atteggiamento è ben rinvenibile con quanto avvenuto in particolare nelle spiagge della Versilia, dove si è assistito ad una modifica sostanziale delle strutture balneari con il passaggio da occupazioni in palafitte di legno ad uno sviluppo sempre più esteso di strutture immobiliari di rilevante dimensione, con muratura e occupazioni di arenile sempre più estese ed infrastrutturale.

Si è trattato di una attività di modifica dell'uso delle aree demaniali avvenuto alla luce del sole, possiamo ben dire, con tipologie di strutture ricadenti in fattispecie considerate di "difficile sgombero" per le quali la valutazione del successivo eventuale incameramento è stato progressivamente rimandato, spostando ad oggi un contenzioso i cui effetti "inquinano" le possibilità di una scelta politica oculata per la riorganizzazione della materia.

La disciplina normativa del Demanio marittimo ed in particolare di quello turistico, è quindi rimasta stabile per tutto il periodo di sviluppo e crescita dell'attività imprenditoriale come oggi la conosciamo, con regole che sono le medesime sia per impianti di modestissima entità sia per complessi immobiliari di assoluta rilevanza e dimensione.

L'impresa balneare, come tale qualificata solo nel passato recente, si è pertanto sviluppata con un sistema di «regolazione» assolutamente inadeguato all'evoluzione delle esigenze di offerta turistica ed alla rilevanza economica del comparto, caratterizzato altresì da quella che possiamo definire una sostanziale "staticità", risultata però molto apprezzata da tutti gli attori direttamente interessati.

Una staticità che ha investito in modo particolare la modalità di affidamento e prosecuzione dell'uso delle aree demaniali marittime, costantemente rinnovate, pur formalmente cessando i propri effetti, alle medesime persone e società che avevano la loro disponibilità, consentendo un trasferimento solo mediante cessione onerosa tra concessionario e subentrante in pratica mettendo un semplice "sigillo" su trattative private inerenti beni pubblici.

### **L'evoluzione legislativa del demanio marittimo: la relazione tra investimento ed utilizzo della concessione**

Questa stabilità, conseguenza di una gestione burocratico ministeriale delle concessioni avallata da un contesto politico istituzionale sempre più favorevole alla categoria, si evolve, passando per il riconoscimento del cosiddetto diritto di insistenza, fino ad una "legalizzazione sostanziale", attraverso un semplice quanto efficace intervento legislativo, mediante una modifica di un comma della disciplina normativa di regolazione dell'ambito turistico ricreativo che di fatto consentiva il rinnovo automatico ad ogni scadenza salvo l'eventuale revoca per motivi di pubblico interesse.

Con questo modesto intervento normativo, di fatto è stata introdotta quella certezza dell'affidamento che ormai l'intero settore balneare ricercava dai primi anni ottanta, momento in cui vi è il consolidamento dell'industria turistica come oggi la conosciamo e come tale espressamente qualificata dall'articolo 7 della Legge 23.03.2001 n. 135.

Un intervento che possiamo definire "chirurgico", modesto dal punto di vista legislativo, non una complessa riforma organica del settore, ma comunque ben riuscito, che stabilizza formalmente tutte le concessioni in essere, eliminando ogni possibile contendibilità, con il "sollevio" dei nuovi soggetti incaricati della gestione delle procedure amministrative, quali i Comuni, subentrati alle Capitanerie di Porto con l'applicazione delle c.d. Leggi Bassanini del biennio 1997 – 1998.

Quello che sembrava ormai una configurazione ineluttabile, ha però iniziato a “scricchiolare” prima sotto i colpi della giurisprudenza amministrativa e poi cadendo in modo inesorabile per effetto delle procedure di infrazione aperte dall'Unione Europea per l'incompatibilità della normativa vigente con i principi comunitari.

La Commissione Europea apre infatti una procedura di infrazione (n. 2048/2008), con una prima contestazione circa la compatibilità del diritto di insistenza con i principi di cui all'articolo 46 del Trattato (ora 49 del TFUE) riguardo alla libertà di stabilimento delle imprese nei territori dei paesi dell'Unione.

La procedura ha visto intervenire il Governo Italiano che ha cercato di contenere i danni con il D.L. 30/12/2009 N.194 convertito con modificazioni nella Legge 26/2/2010 n.25, eliminando la norma contestata dalla comunicazione europea, ma nel maggio del 2010, la Commissione ha reiterato la contestazione, rappresentando il contrasto delle residue disposizioni vigenti, in particolare il rinnovo automatico, anche con i contenuti della c.d. Direttiva Bolkestein 2006/123/CE recepita nell'ordinamento nazionale dal D. Lgs. 26 marzo 2010 n.59.

Il Governo Italiano quindi è stato costretto ad intervenire con la Legge 15.12.2011 n. 217 – Comunitaria 2010 - abrogando il rinnovo automatico delle concessioni demaniali marittime turistico ricreative.

Gli effetti dell'intervento dell'Unione Europea rendono possibile il recupero di un dinamismo nella gestione amministrativa delle concessioni, già contenuto in linea di principio nelle norme del Codice della Navigazione ma disattese dalle prassi operative sopra citate, che hanno portato ad un mezzo secolo di “*stabilità permanente*”. Il tanto bistrattato Codice della Navigazione, infatti, ostacolava l'occupazione stabile e permanente, favorendo appunto l'uso con strutture precarie e per periodi limitati in linea con gli obiettivi di salvaguardare la primazia statale dell'uso da parte di terzi dei beni demaniali.

Il disfavore per una occupazione permanente è rinvenibile nei contenuti di due importanti norme: la previsione della “concessione per atto formale” nel caso di durata superiore al quadriennio e per la realizzazione di immobili di difficile sgombero; nella possibilità dell'incameramento delle costruzioni realizzate su area demaniale, senza alcun corrispettivo, al momento della cessazione.

A prima vista possono non sembrare elementi di rilievo, ma rappresentano, unitamente alla libertà di ordinare lo sgombero *ad nutum* la dimostrazione della potestà autoritativa dello Stato nella gestione di beni che acconsente, con *bonario paternalismo* di rilasciare temporaneamente in uso ai terzi.

L'atto formale è un contratto oneroso, la cui redazione è di per sé complicata per le innumerevoli clausole di garanzia per la corretta conduzione della concessione, l'adempimento delle obbligazioni assunte e delle penalità, fino alla decadenza, in caso di mancato rispetto di tali limitazioni.

Analogamente, l'incameramento rappresenta un altro elemento di supremazia, laddove avviene senza alcun corrispettivo alla fine della concessione, salva la facoltà di demolizione.

Tale gestione delle aree demaniali, strutturata in modo “militare” era giustificata, in relazione al periodo storico in cui sono state introdotte, dall'esigenza di garantire la primaria funzione dei beni demaniali quali “confine di Stato”, dimostrazione di non tenere in alcuna considerazione la presenza di “attività imprenditoriali” in essere assentite sulle zone costiere.

Con l'eliminazione delle disposizioni normative che garantivano la “stabilità permanente”, avvenuta con le abrogazioni degli anni 2011 e 2012, si aprono le porte ad una nuova gestione amministrativa dei beni demaniali, fondata sulla “contendibilità” dei titoli di concessione, una dinamica completamente diversa dalle precedenti logiche gestionali.

La novità si manifesta foriera di importanti possibili conseguenze sul piano pratico, non con effetti solamente sulla gestione amministrativa, che non può fondarsi sulla precedente discrezionalità assoluta ma deve tenere comunque di conto di quanto insediato sulle aree costiere, soprattutto per quanto concerne la gestione integrata della fascia costiera.

Una prima conseguenza deriva dal fatto che la durata della concessione non è più legata ad un “automatismo” ma dovrà essere declinata secondo il principio comunitario tale da consentire tempi utili per l'ammortamento degli investimenti e la *giusta remunerazione del capitale investito*, come richiesto dalla comunicazione dell'allora Comunità Europea del 14 aprile 2000.

Si tratta di una possibilità di assoluto rilievo, che innova profondamente un quadro regolatorio che in precedenza non contemplava, come elemento di valutazione della concreta durata di una concessione, altro che la realizzazione di opere immobiliari destinate a permanere sulle spiagge, in cui la durata era calcolata in base al periodo necessario a comprendere anche la remunerazione del costo di costruzione del manufatto da incamerare. Ad oggi quindi, vi è la condizione per cui una concessione avrà una durata minima, qualora non vi siano investimenti o siano molto limitati al mantenimento di una condizione di normale impiego delle strutture e torna in piena efficacia la previsione legislativa circa la sua definitiva scadenza subordinando un nuovo rilascio ad una previa procedura di evidenza pubblica, i cui contenuti potranno essere adeguati alle condizioni e al contesto in cui la stessa si troverà ad operare.

Si tratta quindi di utilizzare in modo virtuoso questa possibilità che oggi viene offerta di una gestione dei titoli per l'uso dei beni demaniali e la loro contendibilità, in cui la previsione di una scadenza effettiva della concessione può essere una leva importante per una gestione condivisa e coerente con i nuovi indirizzi ambientali della fascia costiera.

Una prima considerazione che viene in evidenza è la possibilità di ripensare la localizzazione degli impianti balneari, da intendere come necessità di una difesa ad oltranza del luogo ove insiste l'erosione costiera.

Abbiamo visto che l'intervento per la difesa costiera si è evoluto da una motivazione di contenimento degli effetti sulle strutture pubbliche e degli abitati, ad una logica di difendere e tutelare l'ambiente e di garantire la disponibilità dei beni per lo svolgimento di attività balneari.

Con questa nuova impostazione gestionale, è proponibile di considerare l'opzione di una delocalizzazione delle imprese presenti in zone fragili, conseguenza di una analisi costi benefici tale da rendere pienamente antieconomico un intervento pubblico, oppure di rendere tale onere, in caso di volontà di mantenere la medesima collocazione, a carico del soggetto concessionario.

Gli investimenti sotto tale profilo potranno essere voci attive del quadro economico da considerare nella durata della concessione in cui concludere complessivamente il suo ammortamento, con il concessionario che diviene soggetto attivo nella possibile realizzazione di interventi di difesa della costa, con oneri a proprio carico, in opere validate dalle amministrazioni pubbliche.

Non solo, con una concessione che viene rilasciata per un periodo di tempo commisurato all'investimento, connessa ad una "durata predeterminata" dei titoli, anche le strutture da realizzare saranno necessariamente influenzate da tale condizione con la possibilità di valorizzare soluzioni tecniche per ogni esigenza di tipo ambientale e gestionale nel frattempo intervenuta.

Questo comporta anche di ripensare la disciplina delle costruzioni realizzate o da realizzare sulle aree demaniali marittime, considerando la loro demolizione e trasformazione in impianti di facile rimozione, compatibili con la configurazione della spiaggia in cui insistono, una opportunità.

Non solo, vi è l'ulteriore dimostrazione sia della obsolescenza della previsione dell'incameramento delle strutture realizzate sul demanio marittimo ma anche della sua inutilità ai fini oggi perseguiti di acquisire i beni costruiti per aumentare il gettito dei canoni demaniali.

Si dimostra in modo semplice il suo anacronismo in quanto non si tiene conto dell'evoluzione della tecnica costruttiva intervenuta nel corso del tempo che vede impianti di facile rimozione non solo più costosi ma anche più redditizi che non saranno mai incamerabili, perché non rispondenti al parametro legislativo che ne disciplina la materia. Altrettanto si evidenzia che è controproducente in quanto comporta l'assunzione di oneri necessari per la sua protezione dagli eventi meteo - marini, cui non ci sarà mai una compensazione in termini di entrate dal gettito dei canoni senza considerare la perdita dell'opportunità di poter effettuare il riposizionamento delle strutture balneari, in conseguenza della contendibilità delle concessioni.

Le novità intervenute confermano l'improcrastinabile esigenza di una rivisitazione della normativa demaniale turistico - ricreativa con una revisione radicale del Codice della Navigazione per adeguarlo sia come strumento per una efficace difesa della costa, ma anche tenendo conto che sulle aree costiere in poco più di mezzo secolo, si sono strutturate attività economiche di assoluto rilievo, tra cui l'impresa turistico balneare.

### **I potenziali riflessi per la gestione integrata della zona costiera: una prima conclusione**

Siamo in presenza di un'occasione di assoluto rilievo capace di rendere efficace una gestione integrata della fascia costiera che non ha ancora avuto una sua reale e concreta applicazione.

Come in precedenza illustrato, si rende disponibile uno strumento giuridico capace di unire sia l'esigenza di tutela ambientale delle fragili zone costiere, sia quello di garantire un corretto equilibrio con attività imprenditoriali di altrettanto rilievo ed importanza per l'economia nazionale e locale.

L'investimento nell'impresa balneare sarà sempre ammissibile, ma sarà possibile declinarlo in base alle condizioni fisiche dei luoghi, con la facoltà quindi di considerare sia modalità di realizzazione di strutture in armonia con le esigenze di tutela della costa, ma anche di pianificare l'esecuzione di interventi di protezione costiera a carico del soggetto beneficiario dell'uso dell'area demaniale, da riconoscere in ammortamento nella durata del titolo di concessione.

Ci sono già esempi di legislazioni regionali intervenute su obiettivi strategici di riqualificazione della fascia costiera, come per esempio la Regione Puglia, con la sostituzione obbligatoria di opere di difficile rimozione alla scadenza delle concessioni vigenti, ma al momento non ha avuto pratica attuazione per le progressive proroghe di concessione dal legislatore nazionale alle concessioni turistico ricreative.

Tutto questo non deve essere inteso come una riduzione del ruolo dell'imprenditore balneare, ma anzi è uno strumento con il quale consentire allo stesso, con le opportune valutazioni, di avere certezze, anche se per un periodo di tempo determinato, di una gestione economica di aree demaniali in quadro di conoscenza e di disciplina compiuta e soprattutto stabile.

La Legge di riforma del settore è occasione per inquadrare la nuova opportunità, eliminando quello che definirei uno "strabismo" (difesa della costa vs gestione dei beni demaniali) miope ed anacronistico che molta "politica" ha coltivato per interessi di scarso livello che si sono poi anche dimostrati inadeguati alle stesse finalità di chi li ha coltivati, visti i risultati conseguiti in Europa.

Lo sguardo deve essere rivolto ad una visione totalizzante della fascia costiera con un percorso da imboccare in modo "responsabile" per attenuare gli effetti, ormai accertati, di progressiva ulteriore crescita dell'erosione costiera e soprattutto per contenere le ulteriori conseguenze connesse ai cambiamenti climatici, di cui ormai è noto l'effetto sulla dinamica marina e la fascia costiera.

La responsabilità è di tutti i livelli di governo, sia nazionale che locale, con il primo chiamato a predisporre una normativa adeguata ed al passo con i tempi, come ci chiede la stessa Unione Europea dopo la "lezione" impartita dalla Sentenza della Corte di Giustizia del 16 luglio scorso, che offra non solo risposte alle categorie ma una revisione di strumenti normativi nati in epoca remota ormai inefficaci.

I governi locali, Regioni e Comuni, cui viene assegnato il compito di "pianificare" lo spazio costiero dovranno operare con logiche non più spartitorie e con l'uso del "goniometro politico elettorale" nell'assumere decisioni, ma sono chiamati ad adottare strategie con una visione in cui il miglioramento ed il consolidamento di attività sulle zone costiere e le spiagge in particolare, siano azioni concrete di politiche attive per la tutela dell'ambiente ma anche di sviluppo economico del territorio, dimostrando la capacità di sapere "governare" e non più "subire" i fenomeni sociali e naturali nell'interesse delle comunità locali e dell'intera Nazione.

**Ricevuto il 30/08/2016; accettato 17/05/2017**

## Rischio all'erosione costiera del settore meridionale della costa molisana

<sup>1</sup>Aucelli Pietro P.C., <sup>2</sup>Di Paola Gianluigi, <sup>1</sup>Rizzo Angela, <sup>2</sup>Roskopf Carmen M.

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università degli Studi di Napoli "Parthenope", Centro Direzionale, Isola C4, Napoli  
e-mail [pietro.aucelli@uniparthenope.it](mailto:pietro.aucelli@uniparthenope.it)

<sup>2</sup>Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise, C.da Fonte Lappone, Pesche (IS),  
e-mail [gianluigi.dipaola@unimol.it](mailto:gianluigi.dipaola@unimol.it)

### Riassunto

La costa molisana si estende per circa 36 km tra lo sbocco del canale Formale del Molino, a nord, e la foce del Torrente Saccione, a sud. Nel corso dell'ultimo secolo, l'evoluzione di questo tratto di litorale è stata fortemente controllata dall'erosione che ha portato al completo smantellamento dei delta a cuspidi dei Fiumi Trigno e Biferno. Ancora oggi questo fenomeno causa un arretramento articolato della linea di riva in diverse aree della costa molisana. È evidente che l'erosione costiera possa perdurare anche in futuro, specie se si tiene conto degli scenari di innalzamento del livello del mare ben noti in letteratura, esponendo le attività economiche e turistiche presenti sul litorale molisano a potenziali gravi danni. A tale scopo, il presente studio si propone di valutare il rischio all'erosione del settore compreso tra il promontorio di Termoli (CB) e il Torrente Saccione, particolarmente sensibile all'arretramento della linea di costa.

La metodologia adottata per il calcolo del rischio costiero è basata sulla valutazione di due indici sintetici. Il primo riguarda la stima della suscettibilità all'erosione (ISE) e permette di suddividere la costa analizzata in classi di suscettibilità all'erosione attraverso la correlazione lineare di quattro sub-indici che caratterizzano il sistema costiero in termini di morfologia della spiaggia e del sistema dunale, evoluzione della linea di riva ed effetto del clima ondosio. Il secondo indice analizza i beni potenzialmente esposti all'erosione attraverso la valutazione del valore socio-economico S (popolazione, grado di urbanizzazione e aree ad alto valore ecologico) e del danno potenziale D (in termini economici e di vite umane) la cui combinazione porta alla stima dell'indice del valore esposto Ex. L'indice del rischio all'erosione R è infine valutato attraverso il prodotto matriciale tra l'indice di suscettibilità e l'indice del valore esposto con l'individuazione di quattro diversi livelli di rischio.

L'applicazione di questa metodologia ha permesso di suddividere la costa meridionale del Molise in 33 settori a diverso livello di rischio all'erosione. In particolare, nelle classi R4 (rischio molto alto) e R3 (rischio alto) ricadono rispettivamente 2 km e 6 km di costa, corrispondenti al 15% e al 41% dell'area analizzata, localizzati principalmente a sud della foce del Biferno (Lido di Campomarino) e a sud del Porto di Campomarino (Nuova Cliternia). Questi settori costieri sono caratterizzati da un elevato valore socio-economico e ambientale data la presenza di infrastrutture turistiche (Campomarino Lido) e di aree ecologiche protette (SIC IT7222216 e SIC IT7222217). L'alto livello di rischio valutato per questi settori comporta dunque un elevato impatto sia sulle attività antropiche sia sulla conservazione della biodiversità e degli habitat dunali che ospitano diverse specie protette e a rischio estinzione.

I risultati ottenuti in questo studio mettono in evidenza la necessità di una gestione integrata del territorio, capace di tener conto non solo delle singole emergenze locali, ma anche dell'equilibrio globale della costa molisana. In questo contesto, la corretta manutenzione delle opere di difesa costiere presenti lungo il litorale

e la definizione di piani strategici per la difesa e il recupero delle dune, possono determinare un'importante diminuzione del valore di rischio e incrementare la capacità di resilienza dell'intero sistema costiero.

**Parole chiave:** suscettibilità all'erosione costiera, rischio all'erosione costiera, metodologia a indici, costa sabbiosa, litorale Adriatico

### **Abstract**

*The Molise coast extends for 36 km between the mouths of the Formale del Molino channel to the North and of the Saccione Stream to the South.*

*In the last century, the evolution of the Molise coast has been strongly influenced by erosion processes that have caused first the erosion of the Trigno and Biferno River deltas then widespread shoreline retreat. The Molise coast is still suffering erosion, which is actually causing the retreat of several coastal stretches.*

*This phenomenon is most likely to persist even in the future, especially when taking in account current sea level rise scenarios, exposing the economical and touristic activities to serious damages. The aim of this study is therefore to evaluate the erosion risk of the southern portion of the Molise coast, stretching from the Termoli promontory to the Saccione Stream mouth, a coastal zone characterized by intense shoreline evolution.*

*The methodology used for the overall estimation of coastal risk involves the evaluation of two synthetic indexes. The first concerns the evaluation of the susceptibility to erosion (ISE) obtained by the linear correlation of four sub-indexes, which characterize the coastal system in terms of morphologies of beach and dune systems, shoreline evolution and wave climate effect. The second index analyzes the exposure to erosion by means of a method that is based on the assessment of the socio-economic value  $S$  (population, degree of urbanization and high ecological value) and potential damage  $D$  (in economic terms and in human lives) whose combination leads to the estimation of the exposure value index  $Ex$ . Finally, the coastal erosion risk  $R$  is evaluated through the matrix product between susceptibility and exposure indexes. Based on obtained  $R$  values, the study area is divided into four risk classes.*

*The application of this methodology allowed dividing the southern coast of Molise in 33 sectors with different levels of erosion risk. In detail, 2 km and 6 km of the coastal area refer respectively to very high erosion ( $R4$  class) and high erosion risk ( $R3$  class). They correspond to 15 % and 41 % of the study area, respectively, and are mostly situated south of the Biferno River mouth (Lido di Campomarino) and south of the Campomarino harbor (Nuova Cliternia).*

*These coastal areas have a high socio-economic and environmental value due to the presence of tourist infrastructure (Campomarino Lido) and protected ecological areas (SCI IT7222216 and SCI IT7222217). Their high level of risk, therefore, has a high impact on both human activities and the biodiversity conservation of the dune systems that host protected and endangered species. The results obtained in this study have highlighted the need for an integrated territorial management that takes into account not only individual local needs and urgencies but also the global coastal equilibrium of the Molise coast. In this context, the proper maintenance of coastal defense structures along the littoral and the definition of strategic plans for the defense and recovery of dunes could contribute to an important risk value reduction and to the coastal system resilience increase.*

**Keywords:** coastal erosion susceptibility, coastal erosion risk, index-based assessment, sandy beach, Adriatic coast

### **Introduzione**

Le ricerche interdisciplinari sviluppatasi nell'ultimo ventennio hanno messo in evidenza che, a scala mondiale, gran parte delle pianure costiere è soggetta ad erosione ed inondazione costiera a causa dell'ingressione marina dovuta a fattori naturali (globali e locali) ed antropici. Basti pensare che attualmente il 10% della popolazione mondiale (634 milioni di persone) vive in aree comprese tra 0 m e 10 m sul livello del mare (Mc Granham et al, 2007), valore che sale fino al 75% nei paesi prospicienti il Mediterraneo (in Italia la percentuale è compresa tra il 60 e il 70%; Plan Bleu, 2005). L'IPCC (2014) ha messo in evidenza che il fenomeno del riscaldamento globale attualmente in corso porterà ad una sensibile risalita del livello del mare che potrà raggiungere, secondo

diversi autori (Overpeck et al., 2006; Rahmstorf, 2007; Pfeffer et al, 2008; Grinsted et al, 2010; Hansen e Sato, 2012), 1 metro o più nel corso di questo secolo, valore che però va ridimensionato per il Mediterraneo come mostrato da dati satellitari (Vigo et al., 2011). Altro effetto dei cambiamenti climatici globali è l'aumento di frequenza, intensità e distribuzione spaziale delle mareggiate, che potranno causare (e in parte già lo fanno) gravi conseguenze per le zone costiere basse già soggette ad inondazioni costiere o fluviali (Smith, 2013). Tra le conseguenze più evidenti dei cambiamenti climatici vi è l'erosione costiera, favorita dall'aumento dell'aggressività meteo-marina, dalla risalita del livello del mare e dalla forte diminuzione degli apporti sedimentari da parte dei corsi d'acqua (Klein e Nicholls, 1999). Data l'importanza e la fragilità di queste aree costiere si è sviluppata una forte sensibilità scientifica alle metodologie di valutazione del rischio costiero all'erosione, inteso come prodotto tra la suscettibilità costiera all'erosione, il danno atteso e il valore dell'elemento esposto (Crichton, 1999). A livello internazionale, numerosi strumenti sono stati sviluppati per la valutazione della Suscettibilità Costiera all'erosione (SC) dovuta ai cambiamenti climatici, considerando differenti scale spaziali e temporali. Le metodologie per la stima della suscettibilità si sono progressivamente evolute nel tempo e possono essere distinte in metodi ad indici e metodi basati su modelli dinamici (ETC/CCA Technical Paper - Ramieri et al, 2011). I metodi ad indici sono basati su specifiche variabili riferite a caratteristiche della zona costiera e risultano essere ampiamente utilizzati per la valutazione della SC. Essi si basano sulla stima semi-quantitativa e quantitativa delle caratteristiche fisico-geomorfologiche del sistema costiero (Del Río e Gracia 2009; Di Paola et al, 2011; Rangel-Buitrago e Anfuso, 2015). Il *Coastal Vulnerability Index* (Indice di Vulnerabilità Costiera), ideato dall'USGS negli anni novanta (Gornitz et al, 1994; Thieler et al, 1999), è il più noto indice di valutazione costiera ed è stato adeguatamente adattato a diversi contesti costieri mondiali (Diez et al, 2007; Ojeda-Zújar et al, 2009; Özyurt e Ergin, 2010). Per quanto riguarda i metodi basati su modelli dinamici, lo sviluppo, nel corso degli ultimi decenni, di modelli di simulazione e l'uso di sistemi informativi territoriali e geografici (SIT-GIS), hanno permesso di migliorare la valutazione della SC, dando la possibilità di ottenere mappature dettagliate delle aree maggiormente suscettibili a fenomeni di inondazione e di erosione marina (Mc Laughlin et al, 2002; Snoussi et al, 2008; Aucelli et al, 2016; Perini et al, 2016; Vousdoukas et al, 2016).

Per quanto riguarda la valutazione del danno atteso e del valore socio-economico degli elementi potenzialmente esposti ai rischi costieri, l'Agenzia Europea per l'ambiente (EUROSION, 2004) ha ideato una metodologia basata sul concetto che i cambiamenti forzati su un sistema costiero determinino pressioni consistenti sia sul contesto ambientale sia su quello sociale. I cambiamenti di queste condizioni hanno un impatto ambientale ed economico sugli ecosistemi, come per esempio l'alterazione della biodiversità, e quindi sulle caratteristiche sociali dell'intera comunità (Rogers e Greenaway 2005; Kristensen, 2004; Gabrielsen e Bosch, 2003).

Nel presente lavoro si è scelto di valutare il rischio all'erosione della costa meridionale della regione Molise, poiché caratterizzata dalla presenza di importanti aree d'interesse ecologico (SIC IT7222216 and SIC IT7222217), turistico (Campomarino Lido) ed urbanistico (Città di Termoli), utilizzando una metodologia ad indici, che si basa sulla stima alla suscettibilità all'erosione delle coste basse e sabbiose. Questa metodo, pur ispirandosi a precedenti modelli ad indici di valutazione della suscettibilità costiera applicati in diverse zone costiere (Del Río e Gracia, 2009; Özyurt e Ergin, 2010; Rangel-Buitrago e Anfuso, 2015) introduce elementi di novità e informazioni ad una scala di dettaglio maggiore.

### Area di studio

La costa molisana si estende per circa 36 km tra lo sbocco del canale del Formale del Molino, a nord, e la foce del Torrente Saccione, a sud (Fig. 1). Essa è riferibile ad un'unica grande unità fisiografica, delimitata a nord da Punta Penna e a sud da Punta Pietre Nere (Girardi et al, 1985). La presenza del promontorio di Termoli, che rappresenta un chiaro elemento di separazione, porta a suddividere il litorale molisano in due porzioni principali, dotati di elevata indipendenza per quanto riguarda il bilancio sedimentario e caratterizzati da una linea di costa orientata in direzione WNW-ESE e NW-SE (Aucelli et al, 2009). Il trasporto litoraneo ha un andamento prevalente nord-sud, come già osservato da Aucelli et al (2007).

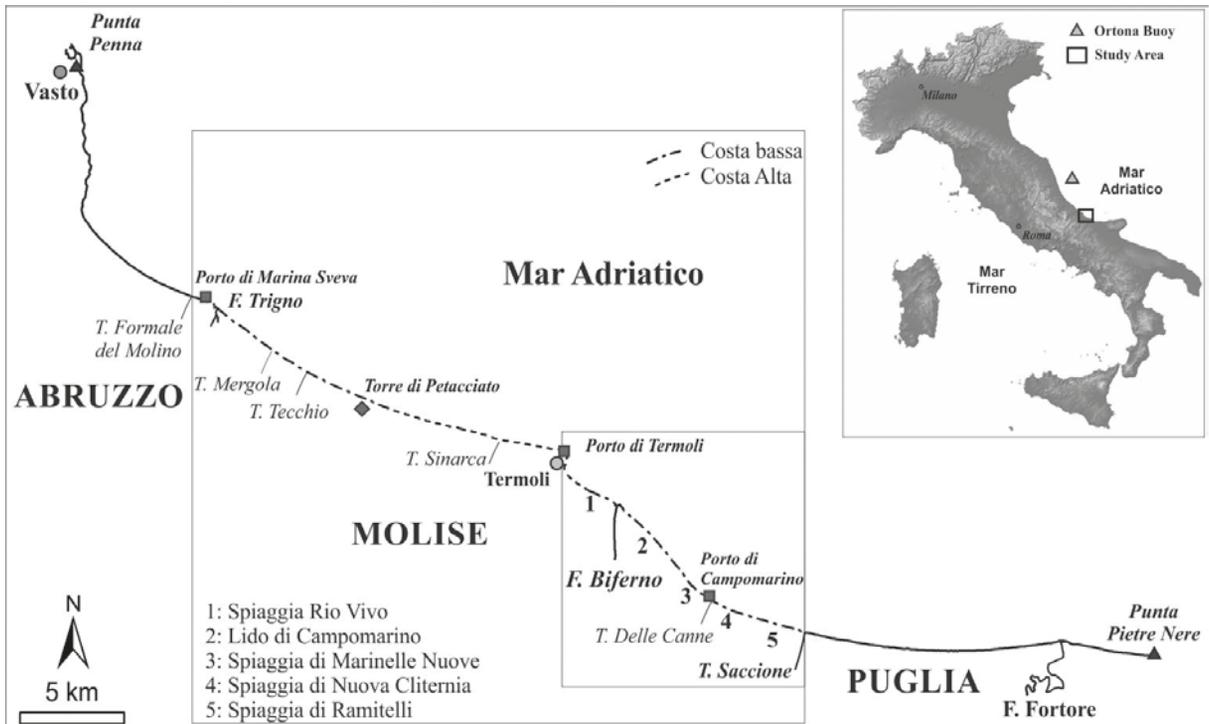


Figura 1. Costa adriatica tra Punta Penne e Punta Pietre Nere. Nel quadrato più grande è evidenziata l'area ricadente nel territorio della Regione Molise, in quello più piccolo l'area di studio.

Le spiagge molisane sono generalmente sabbiose e larghe da alcune decine di metri fino ad un massimo di circa 200 m. Verso l'interno sono delimitate da dune, dai rilievi terrazzati o collinari digradanti, dalle piane alluvionali costiere, o dai terreni interessati da strutture ed attività antropiche legate soprattutto all'occupazione edilizia e alla fruizione balneare. Il litorale molisano è fortemente esposto ai venti dei quadranti settentrionali (Maestrale, Tramontana e Grecale) e in particolare ai venti provenienti dal I e VIII ottante che rappresentano rispettivamente i venti prevalenti e dominanti di questo tratto della costa adriatica. A quest'ultimi sono associati valori di intensità molto elevati e in alcuni casi anche superiori ai 15 m/s, cui corrispondono ondate che superano i 5 metri di altezza (Aucelli et al., 2007). Il bilancio sedimentario della costa molisana dipende strettamente dagli apporti solidi dei fiumi Trigno e Biferno e dei torrenti Sinarca e Saccione, che rappresentano i maggiori corsi d'acqua che sfociano in essa (Fig. 1). I loro apporti solidi, tuttavia, sono di natura prevalentemente pelitico-sabbiosa, essendo le zone medio-basse dei rispettivi bacini idrografici impostati in prevalenza su terreni arenaceo-marnosi e pelitico-argillosi; essi sono quindi di utilità limitata per il ripascimento naturale del litorale. Nel corso degli ultimi cinquanta anni, i corsi d'acqua molisani hanno inoltre subito dei forti cambiamenti morfologici (Aucelli et al., 2011; Roskopf e Scorpio 2013; Scorpio et al., 2015) ed una progressiva riduzione di sedimenti (Scorpio et al., 2015) dovuta soprattutto alla costruzione di dighe (di Ponteliscione e di Chiauci rispettivamente sul fiume Biferno e sul fiume Trigno) insieme a numerosi interventi di sistemazione idraulica lungo i fiumi e i tributari, e all'attività di estrazione di inerti (Aucelli et al., 2004; Aucelli et al., 2006). Ciò ha causato un forte disequilibrio nel bilancio costiero e conseguente erosione costiera che si è concentrata soprattutto nei tratti costieri che includono le foci del Trigno e Biferno. È evidente che l'erosione costiera possa perdurare anche in futuro, specie se si tiene conto degli scenari di innalzamento del livello marino ben noti in letteratura, esponendo le attività economiche e turistiche impiantate sul litorale molisano a potenziali gravi danni. Questo studio si propone di valutare il rischio all'erosione del settore meridionale della costa molisana, compreso tra il promontorio di Termoli (CB) e il Torrente Saccione. (Fig. 1).

## Metodologia

La metodologia adottata per il calcolo del rischio costiero prevede la valutazione di due parametri attraverso un approccio ad indici: l'Indice di Suscettibilità all'Erosione Costiera (ISE) e l'Indice di Esposizione Costiera (IEC).

### *Indice di Suscettibilità all'Erosione costiera (ISE)*

Il nuovo indice proposto in questo lavoro (Indice di Suscettibilità all'Erosione – ISE) punta a caratterizzare la fascia costiera indagata e a suddividerla in classi di suscettibilità all'erosione attraverso la definizione e la combinazione lineare di alcuni indicatori morfologici. Sulla base delle valutazioni effettuate in numerosi lavori riguardanti la suscettibilità costiera (Mc Laughlin e Cooper, 2010; Özyurt e Ergin, 2010; Dominguez et al, 2009; Gornitz et al, 1994), e come già proposto da Pappone et al (2011), l'indice ISE viene definito attraverso la valutazione di quattro indicatori che caratterizzano il litorale in base alle morfologie della spiaggia e del sistema dunale, l'evoluzione della linea di riva e l'effetto del clima ondoso (Tab. 1).

**Tabella 1. Indicatori che costituiscono l'indice di suscettibilità all'erosione, con le rispettive variabili e classi di valutazione. IMS: Indice Morfologico della Spiaggia; IMS: Indice Morfologico della Duna; ELR: Indice di Evoluzione della Linea di riva; IR: Indice di Run-up costiero. ISE: Indice di Suscettibilità all'Erosione costiera; Per le restanti sigle si rimanda al testo, per \* vedi Equazione 9.**

Indici	Indicatori	1	2	3	4	5
IMS	SMP (se RTR $\leq$ 3)	Dissipativa	Intermedia			Riflettiva
		$\Omega > 5$	$4 < \Omega \leq 5$	$3 < \Omega \leq 4$	$3 < \Omega \leq 2$	$\Omega < 2$
	SMP (se RTR $>$ 3)	Ultra - dissipativa	Intermedia			Riflettiva
		$\Omega > 5$	$4 < \Omega \leq 5$	$3 < \Omega \leq 4$	$3 < \Omega \leq 2$	$\Omega < 2$
	EE	Ampiezza 5 ICZ o no erosione	Ampiezza 4 ICZ	Ampiezza 3 ICZ	Ampiezza 2 ICZ	Ampiezza $\leq 1$ ICZ
BS	$> 1$		1		Assenti	
IMD	EMD	$> 6$	$> 3$	$> 2$	$\geq 1$	$< 1$ oppure assente
	AMD	$> 100$	$> 75$	$> 50$	$> 25$	$< 25$ oppure assente
	SV	Completa con specie arboree	Completa con specie arbustive	Semi-completa senza dune fisse	Semi-completa senza duna embrionale	Incompleta oppure assente
ELR	TEB (m/anno)	$> 2$	$2 \div 1$	$1 \div -1$	$-1 \div -2$	$< -2$
	TEM (m/anno)	$> 2$	$2 \div 1$	$1 \div -1$	$-1 \div -2$	$< -2$
	TEL (m/anno)	$> 2$	$2 \div 1$	$1 \div -1$	$-1 \div -2$	$< -2$
IR	$R_{max}$ e $R_m$ (%)*	$0 \div 20$	$20 \div 40$	$40 \div 60$	$60 \div 80$	$80 \div 100$
<b>ISE</b>	<b>(%)</b>	<b><math>0 \div 20</math></b>	<b><math>20 \div 40</math></b>	<b><math>40 \div 60</math></b>	<b><math>60 \div 80</math></b>	<b><math>80 \div 100</math></b>

L'analisi spaziale degli indicatori e il relativo calcolo dell'ISE è stato effettuato in ambiente GIS attraverso l'uso dei Tool Spatial Analyst e 3D Analyst presenti in ArcGis 10 (ESRI) e del Digital Shoreline Analysis System (DSAS), un'estensione sviluppata dall'USGS (Thieler et al, 2009). La combinazione dei singoli indicatori

per il calcolo dell'indice di suscettibilità è stata eseguita attraverso la formula proposta da Rangel-Buitrago e Anfuso (2015):

$$ISE = \frac{\sum(S - n)}{n \cdot 4} \cdot 100 \quad (1)$$

Dove S rappresenta il punteggio associato ad ogni indicatore e n è il numero di indicatori utilizzati. Seguendo i criteri metodologici proposti in letteratura (Gornitz et al, 1997; Thieler et al, 1999), a ciascun indicatore viene assegnato un punteggio da 1 a 5, dove 1 indica il minimo contributo e 5 il contributo massimo.

#### *Indice Morfologico della Spiaggia (IMS)*

Le principali caratteristiche morfologiche, quali pendenza e sedimentologia della battigia, presenze di barre e ampiezza della spiaggia emersa, sono valutate attraverso l'Indice Morfologico della Spiaggia (IMS). Infatti, per la valutazione di questo indice sono state considerate tre variabili:

a) Stato Morfologico Predominante (SMP). Questo indicatore è valutato in differente modo a seconda del regime tidale dell'area studiata. In particolare Masselink e Short (1993) e successivamente Short (1996) propongono di valutare il Relative Tide Range, ossia il rango mareale (RTR) a partire dal valore di MSR (Main Spring Rate – variazione di marea) e dell' $H_b$  (altezza d'onda al frangimento, espressa in m):

$$RTR = \frac{MSR}{H_b} \quad (2)$$

In quest'ultima formulazione si è considerato che:

$$H_b = 0,39 \cdot g^{0,2} \cdot (T \cdot H_0^2)^{0,4} \quad (3)$$

dove  $H_0$  è l'altezza d'onda significativa media giornaliera (espressa in m), g la costante gravitazionale (espressa in  $\text{ms}^{-2}$ ), T il periodo associato a  $H_0$  (espresso in s) (Komar e Gaughan, 1972). Sulla base di  $H_b$ , del periodo dell'onda associato T e della velocità di caduta del sedimento calcolato come

$$w_s = 273 \cdot D50^{1,1} \quad (4)$$

(van Rijn, 1993; Benavente et al, 2015), si ottiene il valore di  $\Omega$  che dà informazione sullo stato morfologico della spiaggia per differenti RTR:

$$\Omega = \frac{H_b}{w_s \cdot T} \quad (5)$$

In base a questo parametro il termine SMP viene classificato come riportato in Tabella 1.

b) Esposizione all'erosione (EE). Questo indicatore si basa sulla valutazione della *Imminent Collapse Zone* (ICZ) proposta da Crowell et al (1999), definita come area soggetta a erosione imminente estesa verso terra dalla linea di costa per una distanza uguale a 5 volte il tasso di erosione annuale calcolato sul medio termine al quale vanno sommati 3 metri.

$$ICZ = 5 \cdot (ErosionRate) + 3 \quad (6)$$

Seguendo l'approccio proposto da Rangel e Anfuso (2015), l'ampiezza della spiaggia emersa è valutata come multiplo della ICZ. In questo modo, entrambi i parametri (ampiezza della spiaggia emersa (in m) e tasso di erosione a medio termine (in m/a) non sono calcolati in modo assoluto ma relativamente all'estensione della spiaggia stessa, che viene dunque considerata come naturale elemento di protezione (Tab. 1).

c) Barre sabbiose (BS), sommerse e/o emerse. Quest'ultimo termine è valutato considerando che la presenza di barre agisce come ostacolo fisico all'erosione, favorendo la dissipazione dell'energia del moto ondoso. L'indicatore viene classificato seguendo la proposta di Gracia et al (2009) che in assenza di altre informazioni valuta la semplice presenza di barre da foto aeree e/o rilievi batimetrici (Tab. 1).

### Indice Morfologico della Duna (IMD)

L'Indice Morfologico della Duna (IMD) viene utilizzato per valutare le principali caratteristiche morfologiche del sistema dunale, considerando che sistemi con un buono stato costituiscono una riserva di sedimenti in grado di alimentare la spiaggia antistante e quindi diminuiscono la suscettibilità all'erosione. Per la valutazione di questo indice vengono considerate tre variabili:

- a) Altezza media della duna (EMD) espressa in m e classificata secondo con Gracia et al (2009) (Tab. 1).
- b) Ampiezza media della duna (AMD), espressa in m e classificata modificando gli intervalli proposti da Garcia et al. (2009) in modo da adattarli anche a contesti microtidali (Tab. 1).
- c) Continuità della successione vegetazionale (SV) presente sul sistema dunale attivo. Un sistema è considerato "completo" quando è possibile individuare la seguente successione: la duna embrionale costituita da specie pioniere quali *Cakile maritima*, *Salsola kali*, l'avanduna costituito da *Ammophila arenaria*, *Pancratium maritimum* e la duna fissa costituita da specie arboree quali *Pinus pinaster*, *Pinus pinea* e *Quercus ilex* o da specie arbustive quali *Juniperus communis*, *Hippophae rhamnoides*. In questi casi il sistema è considerato a suscettibilità molto bassa o bassa. Un sistema è considerato a suscettibilità moderata quando la successione è semi-completa in quanto manca la duna fissa e la vegetazione dell'avanduna e della duna embrionale copre una superficie del 30-60 %. Un grado alto di suscettibilità è invece associato ai sistemi dunali con successione della vegetazione incompleta cioè in assenza del sistema embrionale e con l'avanduna molto limitata (Tab. 1).

### Indice di Evoluzione della linea di riva (ELR)

L'andamento della linea di costa è analizzato attraverso l'Indice di Evoluzione della Linea di Riva (ELR), espresso in m/a. Esso è calcolato come la somma pesata di tre variabili: trend evolutivo (espresso in m/a) a breve termine (TEB), corrispondente agli ultimi 10 anni, a medio termine (TEM), relativo agli ultimi 10-30 anni, e a lungo termine (TEL), corrispondente a un periodo superiore a 30 anni. Le singole variabili vengono valutate seguendo la classificazione proposta da Gornitz et al (1997) ed in seguito relazionati attraverso la seguente formula:

$$ELR = 0,65 \cdot TEB + 0,25 \cdot TEM + 0,10 \cdot TEL \quad (7)$$

### Indice di Run-up costiero (IR)

L'Indice di Run-up costiero (IR) valuta il potenziale run-up (espresso in m) che interessa un sistema spiaggia (Holman, 1986; Komar, 1998; Stockdon et al, 2006) e si calcola confrontando l'ampiezza del settore costiero potenzialmente soggetto all'azione del moto ondoso con l'ampiezza totale della spiaggia emersa. In questo lavoro è stata utilizzata la formulazione empirica di Stockdon et al (2006):

$$R_{up} = 1.1 \cdot \left( 0.35 \cdot \beta_f \cdot (H_s \cdot L_0)^{1/2} + \frac{[H_s \cdot L_0 \cdot (0.563\beta^2 + 0.004)]^{1/2}}{2} \right) \quad (8)$$

dove  $H_s$  = altezza significativa dell'onda in mare aperto per eventi di mareggiate superiori a 2 m di altezza,  $L$  = lunghezza dell'onda in mare aperto (calcolata come  $g / 2\pi T^2$ ), e  $\beta$  = pendenza della spiaggia intertidale. L'area interessata dal moto ondoso ( $L_{Rup}$ ) è valutata come rapporto tra il run-up stimato considerando i parametri dell'onda medi e massimi e la pendenza della spiaggia intertidale ( $L_{Rup} = Rup / \tan \beta$ ). Tale valore è successivamente confrontato con l'estensione massima della spiaggia emersa ( $L$ ), per ottenere il valore di  $I_{Rup}$  espresso in percentuale.

La formula che si propone per il calcolo di questo indice prevede di assegnare un peso maggiore (0,75) al valore di run-up ottenuto a partire da valori statistici medi del moto ondoso in quanto si ritiene che siano questi i processi che maggiormente influenzano l'evoluzione a breve termine di una spiaggia.

$$IR_{up} = \frac{0,25 \cdot R_{max} + 0,75 \cdot R_m}{L \cdot \tan \beta} \cdot 100 \quad (9)$$

### Indice di Esposizione Costiera (IEC)

Il valore socio-economico delle attività localizzate in una data area costiera e potenzialmente esposte all'erosione è valutato seguendo la metodologia proposta dall'Agenzia Europea per l'ambiente (EUROSION, 2004). Questo tipo di approccio considera quattro indicatori definiti sulla base della densità di popolazione e l'uso del suolo dei comuni ricadenti nell'area costiera analizzata (RICE - Radius of Influence of Coastal Erosion, definita come l'area che dista non più di 500 m dalla costa ed è posta a quote non superiori a 5 m sul livello del mare) e permette di calcolare l'indice socio-economico della costa (CSI), attraverso la seguente relazione:

$$CSI = P_{RICE} + U_{RICE} + E_{RICE} + U_{10km} \quad (10)$$

dove  $P_{RICE}$  è la popolazione residente nell'area RICE,  $U_{RICE}$  è la percentuale di area urbanizzata/industrializzata nell'area RICE,  $E_{RICE}$  è la percentuale di area ad alto valore ecologico compresa nell'area RICE, e  $U_{10km}$  è la percentuale di incremento di popolazione nell'area compresa in un raggio di 10 km dalla costa. L'uso del suolo è stato ottenuto attraverso l'utilizzo dei dati del progetto Corine Land Cover (CLC, 2001; 2012), mentre i parametri statistici relativi alla popolazione sono stati tratti dal dataset ISTAT (ISTAT, 2011). La Tabella 2 mostra i pesi assunti per ogni parametro, che sono stati classificati in accordo con Martinelli et al. (2010) e Benassai et al (2015).

Sulla base dei valori raggiunti da  $P_{RICE}$ ,  $U_{RICE}$ ,  $E_{RICE}$ ,  $U_{10km}$ , e in accordo con l'equazione (10), si è giunti alla valutazione del parametro CSI, dalla cui classificazione si ottiene il valore socio-economico (S), come mostrato in Tabella 3. In particolare, S4 corrisponde al livello più alto del valore socio-economico, S3 e S2 corrispondono a livelli medio-alti ed infine S1 corrisponde al livello minimo del valore socio-economico.

Il danno potenziale (D) rappresenta il valore sociale, economico e naturale dei beni situati nella zona costiera in termini di costi monetari o di vite umane. In questo lavoro, sono stati considerati i seguenti livelli di danno qui elencati in ordine decrescente:

D4 per aree urbane, con presenza d'infrastrutture permanenti e vie di comunicazione importanti;

D3 per piccoli agglomerati urbani, zone di protezione speciali, sia nazionali sia internazionali, edifici di interesse pubblico;

D2 per case sparse, zone rurali, strutture turistiche e ambienti dunali;

D1 per le aree naturali non protette.

L'indice di esposizione costiera ( $E_x$ ) indica la percentuale di perdita di un elemento o gruppo di elementi che potrebbe verificarsi. Questo parametro viene valutato come il prodotto matriciale tra il valore socio-economico (S) e il livello di danno potenziale (D) (Tab. 4).

**Tabella 2. Classificazione dei parametri PRICE, URICE, ERICE, U10km usati per la valutazione dell'indice CSI.**

Indici	0	1	2	3	4
$P_{RICE}$	<500	500 – 1500	1500 – 3000	3000 – 10000	>10000
$U_{RICE}$	<10%	10 – 20%	20 – 40%	40 – 60%	>60%
$E_{RICE}$	<5%	5 – 20%	20 – 30%	>30	-
$U_{10km}$	5%	5 – 10%	10 – 20%	>20%	-

**Tabella 3. Classificazione dell'indice socio-economico (CSI) per la definizione del valore socio-economico (S).**

	CSI			
	≤2	3 – 5	6 – 8	≥9
S	S1	S2	S3	S4

**Tabella 4. Calcolo dell'Indice di Esposizione Costiera (Ex), attraverso il prodotto matriciale tra l'indice del valore socio economico (S) e il livello di danno potenziale (D).**

	S4	S3	S2	S1
D4	E <sub>x</sub> 4	E <sub>x</sub> 4	E <sub>x</sub> 3	E <sub>x</sub> 2
D3	E <sub>x</sub> 4	E <sub>x</sub> 3	E <sub>x</sub> 2	E <sub>x</sub> 1
D2	E <sub>x</sub> 3	E <sub>x</sub> 2	E <sub>x</sub> 2	E <sub>x</sub> 1
D1	E <sub>x</sub> 2	E <sub>x</sub> 1	E <sub>x</sub> 1	E <sub>x</sub> 1

### Rischio all'Erosione Costiera

La commissione dell'Unione Europea (ISO/EC 2009) definisce il rischio come *la probabilità di conseguire danno o perdite (morti, feriti, perdita di mezzi di sussistenza, interruzione delle attività economiche o perdite ambientali), derivanti dall'interazione tra vulnerabilità e esposizione*. Il rischio è ottenuto attraverso il prodotto tra la Suscettibilità Costiera (da qui in poi H) e il valore dell'indice di esposizione costiera (E<sub>x</sub>). Il livello di rischio, valutato attraverso la matrice presentata in Tabella 5, è stato classificato come segue:

R4 (rischio molto alto): alto pericolo per vite umane e/o perdita permanente di strutture o attività sociali ed economiche;

R3 (rischio alto): gravi danni alla popolazione e/o perdita di strutture ed edifici;

R2 (rischio medio): perdita solo per le proprietà residenziali e alle infrastrutture;

R1 (rischio basso): possibili perdite, ma con bassi danni sociali ed economici.

**Tabella 5. Livello di Rischio Costiero (R) valutato attraverso il prodotto matriciale tra la pericolosità costiera (H) e il valore esposto (Ex).**

Rischio E <sub>x</sub> 4		Esposizione			
		E <sub>x</sub> 3	E <sub>x</sub> 2	E <sub>x</sub> 1	
Suscettibilità	H5	R4	R4	R3	R2
	H4	R4	R3	R2	R1
Erosione Costiera	H3	R3	R2	R2	R1
	H2	R2	R2	R1	R1
	H1	R1	R1	R1	R1

Al fine di valutare il rischio costiero all'erosione sono state indispensabili alcune indagini specifiche per l'applicazione dei diversi indici. Per quanto riguarda l'ISE, con una strumentazione DGPS della Trimble sono stati realizzati 10 profili topografici della spiaggia emersa, che sono stati poi agganciati ad altrettanti profili batimetrici ricavati da un rilievo con tecnologia multi-beam. Lungo ogni profilo sono stati prelevati dei campioni di sabbia sulla spiaggia intertidale sottoposte ad analisi granulometriche per l'individuazione del valore di D50.

Per quanto riguarda l'analisi dell'evoluzione della linea di costa ci si è avvalsi del confronto di ortofoto e foto aeree relativi al periodo 1954-2014. A tal fine è stato utilizzato il programma DSAS (Thieler et al., 2009), che ha permesso la valutazione dei trend di avanzamento/arretramento della linea di costa. I parametri riguardanti il regime meteo marino sono stati ricavati analizzando la serie storica registrata alla boa di Ortona, con dati ondametrici relativi al periodo 1989-2014. Per il calcolo del IEC è stata necessaria l'individuazione della copertura del suolo e delle maggiori aree ecologiche protette oltre che delle aree densamente abitate o sfruttate per uso turistico e/o economico, che è stata realizzata avvalendosi del Corine Land Cover per gli anni 2001 e 2012 (CLC, 2001; 2012) e della interpretazione di foto aeree e di ortofoto recenti, utili quest'ultime anche per la mappatura delle opere di protezione costiera e delle maggiori strutture marittime.

## Risultati

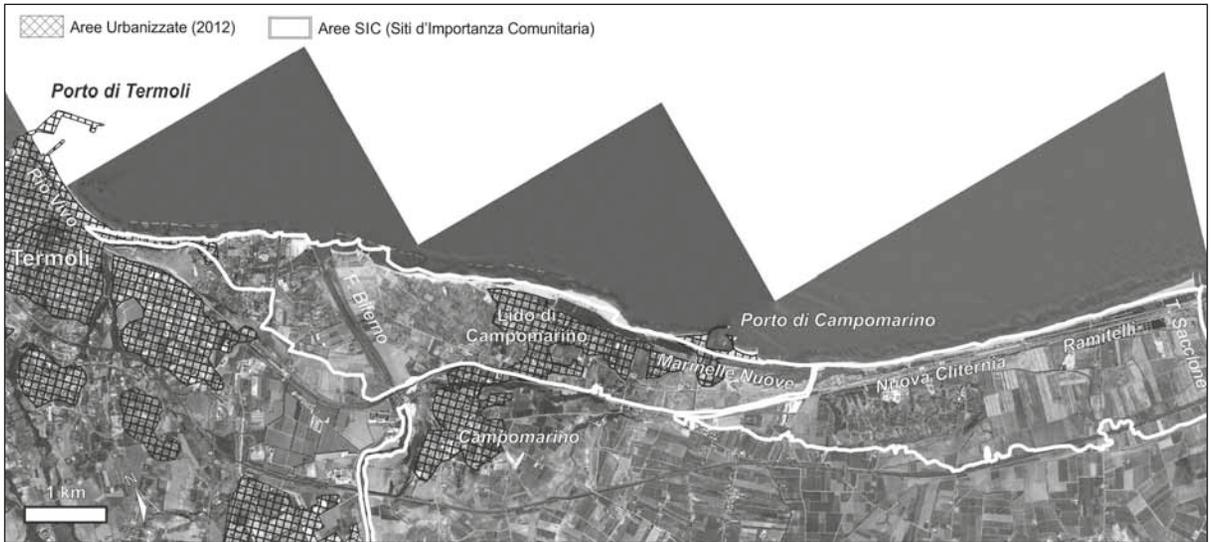
L'area presa in considerazione in questo studio si estende dalla città di Termoli alla foce del Torrente Saccione, al confine con la Regione Puglia, ed ha un'estensione di 20,8 km<sup>2</sup> (area RICE). Essa è caratterizzata da un'accentuata variabilità morfologica e sedimentologica, evidenziata dai profili di spiaggia realizzati, che condizionano notevolmente l'effetto del run-up lungo costa. In particolare, il tratto studiato è caratterizzato da spiagge riflessive aventi pendenze della battigia superiori all'1%, un'ampiezza della spiaggia emersa compresa tra 23 m (Nuova Cliternia) e 60 m (Marinelle Nuove) e una granulometria della zona intertidale costituita generalmente da sabbia grossolana-media (con valori di *f* che variano tra 1 e 1,5). Il sistema dunale risulta in parte compromesso nel tratto di litorale tra Rio Vivo e Marinelle Nuove, e solo sulle spiagge meridionali esso è più ampio di 20 m e alto anche 3 m. Per quanto riguarda la tendenza evolutive della linea di costa, notevolmente condizionata dalla costruzione di opere di mitigazione che coprono la totalità di alcuni zone (Lido di Campomarino e Marinelle Nuove) e sono completamente assenti in altri (Ramitelli), essa mostra una sostanziale stabilità, ad eccezione per le spiagge di Lido di Campomarino, dove si registra una tendenza erosiva a lungo termine di -2,7 m/anno (Tab. 6).

**Tabella 6. Caratteristiche principali delle spiagge meridionali della costa molisana.**

Zone costiere	Spiaggia		Duna			Evoluzione Linea di Riva			ID50 (Ø)	Opere (%)	Clima ondososo	
	Pendenza Battigia	Ampiezza (m)	Presenza/ Altezza (m)	Lunghezza (m)	Breve (m/anno)	Medio (m/anno)	Lungo (m/anno)	H <sub>0</sub> (m)			T <sub>0</sub> (s)	
Rio Vivo	0,10	37,7	Prevalentemente assente/<1	<5	0,2	0,6	0,1	1,1	75	3,5	6,6	
Lido di Campomarino	0,11	45,5	Prevalentemente assente/<1	<10	-0,9	-2,2	-2,7	1,5	100			
Marinelle Nuove	0,12	60,0	Prevalentemente assente/<1	<10	0,1	1,6	0,3	1,5	100			
Nuova Cliternia	0,13	22,6	In parte assente/2 ÷ 3	23	-0,2	-0,7	0,1	1,5	30			
Ramitelli	0,16	26,6	Presente/2 ÷ 3	61	1	0,6	0,5	1	0			

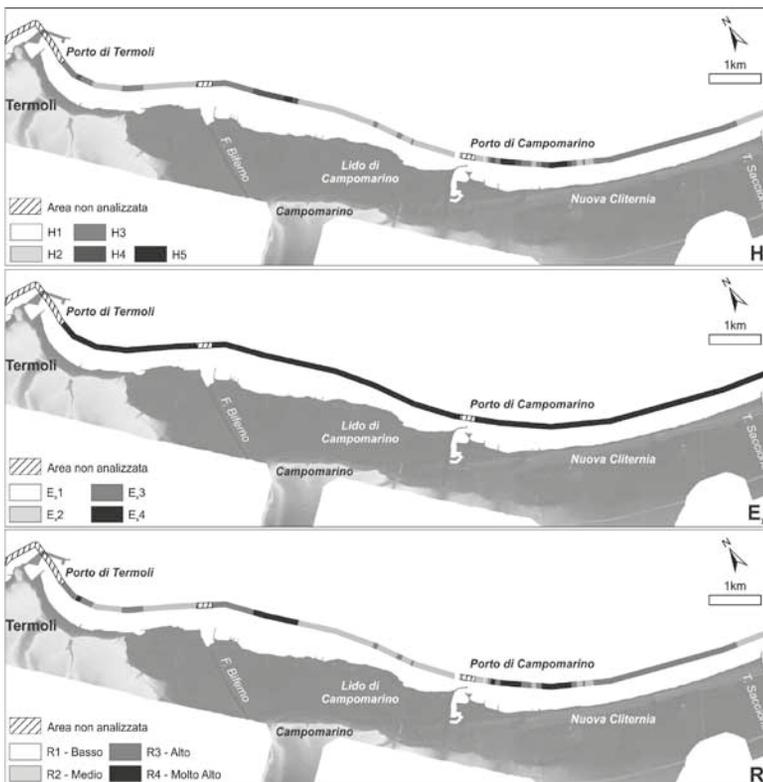
Questi dati hanno permesso di suddividere il tratto costiero in 5 classi di suscettibilità, con zone in classi H4 e H5 pari a 2 km, corrispondenti al 15% del tratto costiero analizzato (Fig. 3). Inoltre, l'area RICE è caratterizzata da ampie aree urbanizzate, specie tra il centro urbano di Termoli e il Lido di Campomarino, che occupano 10,4 km<sup>2</sup> (pari alla metà dell'intera area di studio). Anche le zone ad alto valore ecologico rappresentano una porzione sostanziale dell'area studio pari al 72% (15,0 km<sup>2</sup>) (Fig. 2). In particolare l'area è caratterizzata dalla presenza di due aree SIC estremamente importanti: Foce Biferno – Litorale di Campomarino (IT7222216) e Foce Saccione – Bonifica Ramitelli (IT7222217) (Regione Molise, 2016).

Entrambi i siti presentano un numero considerevole di habitat con elevato grado di conservazione e naturalità e costituiscono un'area ecologicamente importante per molte specie di ornitofauna e per la presenza della *Testudo Hermannii* (Tartaruga di Terra) ed della *Emys Orbicularis* (Testuggine palustre Europea), entrambe specie in declino nel territorio molisano (Berardo et al., 2015). Questo fa sì che per il tratto costiero esaminato l'Indice di esposizione costiera E<sub>x</sub> sia estremamente alto (Fig. 3).



**Figura 2.** Tratto del litorale molisano compreso tra il promontorio di Termoli e il Torrente Saccione, con evidenziate le aree urbanizzate e le aree SIC.

Il calcolo del rischio costiero, basato sulla combinazione lineare della indice di suscettibilità e dell'indice di esposizione, ha permesso la suddivisione della costa meridionale del Molise in 33 segmenti. In particolare, 2 km e 6 km di costa ricadono rispettivamente nelle classi R4 (rischio molto alto) e R3 (rischio alto, corrispondenti al 15% e al 41% dell'area indagata, con aree maggiormente compromesse localizzate a sud della foce del Biferno (Lido di Campomarino) e a sud del Porto di Campomarino (Nuova Cliternia), mentre meno dell'1% ricade nella classe R1 (Fig. 3).



**Figura 3.** Suscettibilità (H), esposizione (E) e rischio (R) costiero all'erosione del settore meridionale della costa molisana.

## Discussione e conclusioni

La valutazione del rischio costiero all'erosione è stata effettuata attraverso l'applicazione di una metodologia ad indici che prevede la stima di due parametri: l'indice di suscettibilità all'erosione (ISE – H) e l'indice di esposizione costiera (IEC - E<sub>x</sub>). Per quanto riguarda l'indice di suscettibilità ISE, esso è basato sulla valutazione di indicatori che permettono la caratterizzazione fisica delle coste basse sabbiose, escludendo dunque dalla valutazione le variabili che caratterizzano i sistemi di costa alta. Tali indicatori sono stati scelti partendo dal principio che un buon indice deve essere composto da un numero di indicatori non elevato in modo da garantire la sua applicabilità ed evitare problemi di ridondanza di informazioni (Cooper and Mc Laughlin, 1998; Williams e Davies 2001; Villa e McLeod, 2002). Inoltre, a differenza di altri indici proposti in letteratura (Abuodha e Woodroffe, 2006; Özyurt e Ergin, 2009; 2010), sono stati esclusi parametri la cui variabilità dipende dalla scala spaziale analizzata, quale ad esempio l'innalzamento del livello del mare, in modo da rendere l'indice applicabile a scala regionale.

La metodologia proposta è stata usata in una zona costiera caratterizzata da una consistente presenza antropica e occupata da estese aree ecologiche di interesse comunitario, risultando quindi un'area con un potenziale di rischio all'erosione molto alto. Lo studio effettuato ha mostrato che più del 50% del litorale indagato ricade nelle classi di rischio alto e molto alto (R3 o R4) e ha permesso di individuare alcune aree (a sud del Porto di Campomarino e tra il Lido di Campomarino e la foce del fiume Biferno), che andrebbero indagate in modo mirato allo scopo d'individuare delle strategie di mitigazione. Inoltre, lo scenario di rischio emerso dallo studio potrebbe aggravarsi tenendo conto dell'effetto dell'innalzamento del livello del mare dovuto ai cambiamenti climatici in corso. Considerando l'elevato valore economico-ambientale del litorale molisano, caratterizzato da attività turistiche e da aree ecologiche importanti per la presenza di specie protette, appare fondamentale una gestione integrata del territorio, capace di tener conto non solo delle singole emergenze locali, ma dell'equilibrio globale della costa. In questo contesto, la corretta manutenzione delle opere di difesa costiere presenti lungo il litorale e la definizione di piani strategici per la difesa e il recupero delle dune, possono determinare un'importante diminuzione del valore di rischio e incrementare la capacità di resilienza dell'intero sistema costiero. Rispetto ad altre metodologie applicate per la valutazione del rischio costiero, come ad esempio quelle proposte da Pappone et al (2011), Santos et al (2013) e Rangel-Buitrago e Anfuso (2015), l'approccio presentato ha il vantaggio di non suddividere l'area da analizzare in segmenti con lunghezza prestabilita, ma di definirli attraverso una segmentazione automatica in ambiente GIS basata sull'elaborazione dei singoli indicatori rendendo l'analisi il più oggettiva possibile. Il metodo proposto, inoltre, non richiede intense e approfondite analisi di campo, ma si basa prevalentemente su dati ottenibili tramite fotointerpretazione e analisi dei dati. Infine, si adatta bene a studi a scala regionale riguardanti aree caratterizzate da spiagge sabbiose a differenza di quella del CVI di Gornitz et al (1994) che viene proposta per studi a scala di macroregioni. L'approccio ad indici resta utile per individuare aree costiere caratterizzate da criticità e che dunque necessitano di ulteriori analisi attraverso modellazioni e elaborazioni di dettaglio.

## Bibliografia

- Abuodha P., Woodroffe C.D., 2006. *Assessing vulnerability of coasts to climate change: a review of approaches and their application to the Australian coast*. In: Woodroffe C.D., Bruce E., Puotinen M., Furness R.A. (eds), GIS for the Coastal Zone: a selection of Papers from CoastGIS, 2006. Australian National Centre for Ocean Resources and Security University of Wollongong.
- Aucelli P.P.C., Di Paola G., Incontri P., Rizzo A., Vilardo G., Benassai G., Buonocore B., Pappone G., 2016. *Coastal inundation risk assessment due to subsidence and sea level rise in a Mediterranean alluvial plain (Volturno coastal plain – southern Italy)*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, in press.
- Aucelli P.P.C., Fortini P., Roskopf C., Scorpio V., Viscosi V., 2011. *Recent channel adjustments and riparian vegetation response: some examples from Molise region (Italy)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 34: 161-173.
- Aucelli P.P.C., Iannantuono E., Roskopf C.M., 2009. *Evoluzione recente e rischio di erosione della costa molisana (Italia meridionale)*. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), 128(3): 759-771.

- Aucelli P.P.C., De Pippo T., Iannantuono E., Roszkopf C.M., 2007. *Caratterizzazione morfologico-dinamica e meteomarina della costa molisana nel settore compreso tra la foce del torrente Sinarca e Campomarino Lido (Italia meridionale)*. Studi costieri. 13: 75-92.
- Aucelli P.P.C., Iannantuono E., Roszkopf C.M., 2006. *Le spiagge del Molise*. In: Lo stato dei litorali italiani. Studi Costieri, 10: 65-70.
- Aucelli P.P.C., Brancaccio L., Faillace P.I., Pellegrino P., Roszkopf C.M., Scapillati N., 2004. *L'evoluzione recente della costa molisana (Italia meridionale)*. Il Quaternario. 17(1): 21-31.
- Benassai G., Di Paola G., Aucelli P.P.C., 2015. *Coastal risk assessment of a micro-tidal littoral plain in response to sea level rise*. Ocean & Coastal Management, 104: 22-35.
- Benavente J., Gracia F.J., Del Río L., Anfuso G., Rodríguez-Ramírez A., 2015. *Morphodynamic characterization of the Spanish beaches of the Gulf of Cadiz*, Boletín Geológico y Minero. 126(2-3): 409-426.
- Berardo F., Carranza M.L., Frate L., Stanisci A., Loy A., 2015. *Seasonal habitat preference by the flagship species Testudo hermanni: Implications for the conservation of coastal dunes*, Comptes Rendus Biologies. 338 (5): 343-350.
- CLC, 2012, *Corine Land Cover 2012* <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.
- CLC, 2001, *Corine Land Cover 2001* <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.
- Cooper J.A.G., McLaughlin S., 1998. *Contemporary multidisciplinary approaches to coastal classification and environmental risk analysis*. J Coast Res 14: 512-524.
- Crichton D., 1999, *The risk triangle*. In: Ed. Ingleton J., Natural Disaster Management. Tudor Rose, London.
- Crowell M., Leikin H., Buckley M., 1999. *Evaluation of coastal erosion hazards study: an overview*. Journal of Coastal Research, 28: 2-9.
- Del Río L., Gracia F. J., 2009. *Erosion risk assessment of active coastal cliffs in temperate environments*. Geomorphology. 112 (1): 82-95
- Di Paola G., Iglesias J., Rodríguez G., Benassai G., Aucelli P.P.C., Pappone G., 2011. *Estimating coastal vulnerability in a meso-tidal beach by means of quantitative and semi-quantitative methodologies*. Journal of Coastal Research, SI61: 303-308.
- Diez P.G., Perillo G. M. E., Piccolo M. C., 2007. *Vulnerability to sea-level rise on the coast of the Buenos Aires Province*. Journal of Coastal Research. 23(1): 119-126.
- Dominguez L., Anfuso G., Gracia F. J., 2005. *Vulnerability assessment of a retreating coast in SW Spain*. Environmental Geology. 47: 1037-1044.
- EUROSION (2004). *Living with Coastal Erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability*. [www.euroSION.org](http://www.euroSION.org).
- Gabrielsen P., Bosch P., 2003. *Internal Working Paper Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting*. European Environment Agency, Copenhagen.
- Girardi A., Coltellacci M., Parea G.C., Zunica M., 1985. *Atlante delle spiagge italiane: Dinamismo - Tendenza evolutiva - Opere umane. Foglio 155 - San Severo (scala 1:100.000)*. C.N.R. - P.F. «Conservazione del Suolo», Sottoprogetto «Dinamica dei litorali», S.EL.CA., Firenze.
- Gornitz V.M., Beaty T.W., Daniels R.C., 1997. *A coastal hazards data base for the U.S. West Coast*. ORNL/CDIAC-81, NDP-043C, Oak ridge national laboratory, Oak ridge, Tennessee, USA.
- Gornitz V.M., Daniels R.C., White T.W., Birdwell K.R., 1994. *The development of a coastal risk assessment database: vulnerability to sea-level rise in the U.S. Southeast*. Journal of Coastal Research, SI12, 327-338.
- Gracia F.J., Hernández L., Hernández A.I., Flor G., Gómez M.Á., Sanjaume E., 2009. *Dunas marítimas y continentales. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid, 106 pp.
- Grinsted A., Moore J.C., Jevrejeva S., 2010. *Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD*. Climate Dynamics, 34: 461-472.

- Hansen J.E., Sato M., 2012. *Paleoclimate implications for human-made climate change*. In: Berger, A., Mesinger, F., Sijacki, D. (eds), *Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. Springer. pp. 21-48.
- Holman R.A., 1986, *Extreme value statistics for wave run-up on a natural beach*. *Coastal Engineering*, 9: 527-544.
- IPCC, 2014, *Fifth Assessment Report (AR5) – Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change e Intergovernmental Panel on Climate Change*. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
- ISO/IEC, 2009, *ISO Guide 73 Risk Management and Vocabulary*. <http://www.iso.org>
- ISTAT, 2011, *Basi territoriali e variabili censuarie: censimento 2011*. Molise. [http://www.istat.it/it/files/2013/11/R15\\_11\\_WGS84.zip](http://www.istat.it/it/files/2013/11/R15_11_WGS84.zip)
- Klein R.J.T., R.J. Nicholls, 1999. *Assessment of coastal vulnerability to climate change*. *Ambio*, 28(2), 182-187.
- Komar, P.D., 1998. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice Hall Ed., Englewood Cliffs, NJ.
- Komar, P.D., Gaughan M.K., 1972. *Airy wave theory and breaker height prediction*. 13th Conference on Coastal Engineering., Chapt. 20: 405-418.
- Kristensen, P., 2004. *The DPSIR Framework*. National Environmental Research Institute. Department of Policy Analysis, Denmark.
- Martinelli L., Zanuttigh B., Corbau C., 2010. *Assessment of coastal flooding hazard along the Emilia Romagna littoral*. *Coast. Eng* 57: 1042-1058.
- Masselink G., Short A., 1993. *The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model*. *Journal of Coastal Research*, 9(3): 785-800.
- Mc Granaham G., Bolk D., Anderson D., 2007. *The rising tide: assessing the risk of climate change and human settlements in low elevation coastal zones*. *Environ. Urban* 19: 17-37.
- Mc Laughlin S., Cooper J., 2010. *A multi-scale coastal vulnerability index: a tool for coastal managers?* *Environ Hazards Journal*, 9: 1-16.
- Mc Laughlin S., McKenna J., Cooper J.A.G., 2002. *Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities*. *Journal of Coastal Research*, 36: 487-497.
- Ojeda-Zújar J., Álvarez-Francosi J.I., Martín-Cajaraville D. and Fraile-Jurado P., 2009. *El uso de las TIG para el cálculo del índice de Vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España)*. *GeoFocus*, 9, 83-100.
- Overpeck J.T., Otto-Bliesner B.L., Miller G.H., Muhs D.R., Alley R.B., Kiehl J.T., 2006. *Paleoclimatic evidence for future ice-sheet instability and rapid sea-level rise*. *Science*, 311: 1747-1750.
- Özyurt G., Ergin A., 2010. *Improving coastal vulnerability assessments to sea-level rise: a new indicator based methodology for decision makers*. *Journal of Coastal Research*, 26: 265-273.
- Özyurt, G., Ergin, A., 2009. *Application of sea level rise vulnerability assessment model to selected coastal areas of Turkey*. *Journal of Coastal Research*, 248-251.
- Pappone G., Alberico I., Amato V., Aucelli P. P. C., Di Paola G., 2011. *Recent evolution and the present-day conditions of the Campanian coastal plains (south Italy): the case history of the Sele River coastal plain*. *WIT Trans. Ecol. Environ.* 149: 15-27.
- Perini L., Calabrese L., Salerno G., Ciavola P., Armaroli C., 2016. *Evaluation of coastal vulnerability to flooding: comparison of two different methodologies adopted by the Emilia Romagna region (Italy)*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, 181– 194.
- Pfeffer W., Harper J., O'Neel S., 2008. *Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise*. *Science*, 321: 1340-1343.
- Plan Bleu (2005). *A Sustainable Future for the Mediterranean*. In G. Benoit & A. Comeau (eds) *The Blue Plan's Environment and Development Outlook*, Earthscan, London, [www.planbleu.org](http://www.planbleu.org).
- Rahmstorf S., 2007. *A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise*. *Science*, 315: 368-370.
- Ramieri E., Hartley A., Barbanti A., Santos F. D., Gomes A., Hilden M., Santini M., 2011. *Methods for assessing coastal vulnerability to climate change*. European Topic Centre on climate change impacts, vulnerability and adaptation (ETC CCA) technical paper, Bologna (IT), 93.

- Rangel N., Anfuso G., 2015. *Risk Assessment of Storms in Coastal Zones: Case Studies from Cartagena (Colombia) and Cadiz (Spain)*. Springer International Publishing, 63 pp.
- Regione Molise, 2016. *La rete natura 2000 in Molise*. Siti IT7222216 e IT7222217 <http://www.regione.molise.it/web/grm/ambiente.nsf/0/4A4D333C181C6E63C125757C003EFE54?OpenDocument>.
- Rogers S.I., Greenaway B., 2005. *A UK perspective on the development of marine ecosystem indicators*. Marine Pollution Bulletin, 50(1): 9-19.
- Roskopf C., Scorpio V. (2013). *Geomorphologic map of the Biferno River valley floor system (Molise, Southern Italy)*. Journal of Maps, 9: 106-114.
- Santos M., Del Río L., Benavente J., 2013. *GIS-based approach to the assessment of coastal vulnerability to storms. Case study in the Bay of Cádiz (Andalusia, Spain)*. Journal of Coastal Research, SI65: 826-831.
- Scorpio V., Aucelli P.P.C., Giano S.I., Pisano L., Robustelli G., Roskopf C.M., Schiattarella M. (2015). *River channel adjustments in Southern Italy over the past 150 years and implications for channel recovery*. Geomorphology, 251: 77-90.
- Short A.D., Aagaard T., 1993. *Single and multi-bar beach change models*. Journal of Coastal Research, SI15: 141-157.
- Smith K., 2013. *Environmental Hazards: Assessing Risk Disaster*. Routledge Ed., New York and Reducing. 504 pp.
- Snoussi M., Ouchani T., Niazi, S., 2008. *Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: the case of the Mediterranean eastern zone*. Estuar. Coast. Shelf Sci., 77, 206-213.
- Stockdon H.F., Holman R.A., Howd P.A., Sallenger A.H., 2006. *Empirical parametrization of setup, swash, and runup*. Coastal Engineering, 53(7): 573-588.
- Thieler E.R., Himmelstoss E.A., Zichichi J.L., Ergul A., 2009. *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0— An ArcGIS extension for calculating shoreline change*. U.S. Geological Survey Open-File Report. 2008-1278.
- Thieler E.R., Hammer-Klose E.S., 1999. *National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the US Atlantic Coast*. Woods Hole, MA: United States Geological Survey (USGS), Open File Report 99-593.
- van Rijn L.C., 1993. *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*. Aqua Publications, Amsterdam, Netherlands, 687 pp.
- Vigo M.I., Sanches-Reales J.M., Trottini M., Chao B.F., 2011. *Mediterranean Sea level variation: analysis of the satellite altimetric data, 1992-2008*. Journal of Geodynamics, 52: 271-278.
- Villa F., McLeod H., 2002. *Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guide-lines and Applications*. Environ Manage, 29, 335-348.
- Vousdoukas M. I., Voukouvalas E., Mentaschi L., Dottori F., Giardino A., Bouziotas D., Bianchi A., Salamon P., Feyen L., 2016. *Developments in large-scale coastal flood hazard mapping*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., 16, 1841-1853.
- Williams A.T., Davies P., 2001. *Coastal dunes of Wales: Vulnerability and Protection*. J Coast Cons, 7, 145-154.

**Ricevuto il 30/07/2016; accettato 12/05/2017**



## Utilizzo del modello XBeach come strumento di analisi dell'erosione costiera in seguito a eventi di mareggiata

Silvia Unguendoli<sup>1,2</sup>, Aguzzi Margherita<sup>1</sup>, Nunzio De Nigris<sup>1</sup>,  
Maurizio Morelli<sup>1</sup> e Tiziana Paccagnella<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arpae Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima, Viale Silvani 6, 40122, Bologna, Italia;  
e-mail [sunguendoli@arpae.it](mailto:sunguendoli@arpae.it)

<sup>2</sup>Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Università degli Studi di Bologna,  
Viale Risorgimento 2, 40136, Bologna, Italia

### Riassunto

Il presente studio analizza il fenomeno dell'erosione costiera mediante l'utilizzo della modellazione numerica. In particolare viene presentata un'analisi dell'evoluzione del profilo di spiaggia in caso di mareggiate intense, con quantificazione del fenomeno di erosione della spiaggia. Sull'area di indagine, un tratto di costa emiliano-romagnola compreso tra Cesenatico e Cervia, sono stati condotti rilievi topo-batimetrici e sedimentologici, prima e dopo un evento di mareggiata intenso. Mediante l'utilizzo del software di modellazione XBeach (Roelvink et al., 2009), è stato simulato il comportamento della spiaggia soggetta a tale evento. Contestualmente, è stata effettuata l'analisi di sensitività del modello in relazione alla variazione dei suoi parametri di input. Tale analisi ha reso possibile una successiva calibrazione del modello in riferimento all'area di studio. I risultati evidenziano l'importanza di una buona calibrazione dei parametri *facua*, *facAs* e *facSk*, legati alla forma dell'onda e del parametro *fw* legato all'attrito al fondo.

**Parole chiave:** erosione, inondazione, mareggiata, rilievo, monitoraggio, modellistica, XBeach

### Abstract

*This research presents a numerical modelling analysis of the coastal erosion phenomena. The study focused on the evolution of the beach profile for intense storm events and presents an evaluation of the beach erosion. The study area is a coastal stretch of the Emilia-Romagna region, located between Cesenatico and Cervia. Topo-bathymetric and sedimentological reliefs, along 10 cross-shore transects, were carried out before and after a storm event. The behaviour of the beach profiles subject to this storm event was investigated with the use of the numerical model XBeach (Roelvink et al, 2009). The model sensitivity to the input parameters variation was assessed. Finally, the model calibration in relation of the study area is presented. The study results highlighted the importance of a good calibration of the following parameters, which take into account the wave shape: *facua*, *facAs* and *facSk* and the *fw* parameter that represents the bottom friction.*

**Keywords:** erosion, flooding, sea storm, survey, monitoring, numerical modelling, XBeach

### Introduzione

Sempre più spesso, gli eventi ondosi che si verificano sul litorale emiliano-romagnolo, caratterizzati dalla combinazione di altezze d'onda elevate e innalzamento del livello del mare significativo (acqua alta), provocano grossi danni alle spiagge e alle strutture presenti sul territorio. L'assetto morfologico della piana costiera, caratterizzata da vaste aree con quote altimetriche prossime o inferiori al livello del mare aggrava tale criticità. (Perini et al., 2011). Le mareggiate intense che colpiscono le nostre spiagge sono la causa di forti perdite di materiale

sabbioso in particolare nella zona emersa della spiaggia (Aguzzi et al., 2016). Tale fenomeno porta alla riduzione dell'ampiezza e della quota delle spiagge e alla conseguente maggiore esposizione del territorio retrostante al rischio di ingressione marina e inondazione (Armaroli et al., 2012). In numerosi casi infatti, l'acqua risale sulla spiaggia causando allagamenti del territorio retrostante e danni alle strutture (Martinelli et al., 2013).

L'evoluzione morfologica delle spiagge nel caso di mareggiate intense è diventata negli anni una questione di grande sensibilità per la costa, dando origine alla necessità di una sempre migliore conoscenza e rappresentazione dei principali fenomeni che caratterizzano la zona costiera. Negli ultimi decenni, sono stati sviluppati numerosi modelli per l'analisi della morfologia costiera, in grado di simulare i principali processi fisici costieri per un vasto range di scale temporali (Sutherland et al., 2004). Il modello XBeach (Roelvink et al., 2009) rappresenta lo stato dell'arte della modellazione morfologica della zona costiera, a supporto dei sistemi di allertamento e di gestione della costa, come mostrato da numerosi studi (Harley et al., 2011; Pender e Karunarathna, 2013). L'articolo presenta uno studio del fenomeno dell'erosione costiera mediante l'utilizzo del software di modellazione numerica XBeach, in grado di simulare i processi idro-morfo-dinamici a scala spaziale dell'ordine dei chilometri e scala temporale degli eventi di mareggiata (ore/giorni). In particolare viene presentata un'analisi dell'evoluzione del profilo di spiaggia in caso di una mareggiata intensa, con quantificazione del fenomeno di erosione della spiaggia. L'area di studio è un tratto di costa del litorale emiliano-romagnolo compreso tra Cesenatico e Cervia. Su di esso sono stati condotti rilievi topo-batimetrici e sedimentologici prima e dopo un evento di mareggiata intenso avvenuto nell'inverno 2015. Il modello morfologico XBeach è stato utilizzato in modalità monodimensionale per simulare il comportamento della spiaggia soggetta a tale evento di mareggiata. XBeach presenta numerosi parametri di input che possono essere variati all'interno del proprio range di valori; tali parametri governano le parametrizzazioni dei fenomeni idrodinamici delle onde corte, delle correnti, del trasporto di sedimenti e della variazione morfologica del fondale (McCall et al., 2010). Al fine di valutare l'effetto della variazione di tali parametri sull'evoluzione morfologica del fondale, il modello è stato soggetto ad un'analisi di sensitività e ad una successiva calibrazione in riferimento all'area di studio.

### Descrizione del modello XBeach

XBeach è un modello 2DH (depth averaged), in grado di simulare il comportamento di una spiaggia soggetta ad eventi intensi di mareggiata, includendo i fenomeni di erosione della duna, inondazione e formazione di brecce. Il campo di utilizzo di tale modello morfologico è circoscritto in particolare alla scala temporale degli eventi di mareggiata, che in pochi giorni possono causare ingenti fenomeni erosivi della spiaggia. Il suo utilizzo è quindi limitato a scale spaziali relativamente piccole e ad intervalli temporali di breve/medio periodo (giorni/mesi), come descritto da Giardino (2013).

Il modello è in grado di risolvere coppie di equazioni orizzontali 2D legate ai fenomeni di propagazione dell'onda, di flusso, di trasporto sedimentario e di variazione del fondale, imponendo condizioni al contorno di onde variabili (spettrali) e di flusso. XBeach tiene conto della variazione temporale dell'altezza d'onda e quindi è in grado di risolvere il moto legato alle *long-wave*, generato da tale variazione.

Il moto dell'azione ondosa per le onde corte viene modellato mediante l'equazione:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial c_x A}{\partial x} + \frac{\partial c_y A}{\partial y} + \frac{\partial c_\theta A}{\partial \theta} = - \frac{D_w + D_f + D_v}{\sigma} \quad (1)$$

Dove  $A$  è l'azione ondosa,  $c_x$ ,  $c_y$  e  $c_\theta$  sono le velocità di propagazione nello spazio orizzontale e nello spazio direzionale,  $D_v$  è la dissipazione legata alla vegetazione e  $\sigma$  la frequenza dell'onda.

La formulazione per il calcolo della dissipazione legata al frangimento dell'onda,  $D_w$ , può essere scelta tra 5 diverse formulazioni implementate all'interno del software, mentre la dissipazione legata al fondale  $D_f$  è calcolata mediante l'equazione:

$$D_f = \frac{2}{3} \rho f_w \left( \frac{\pi H_{rms}}{T_{m01} \sinh kh} \right) \quad (2)$$

Dove  $\rho$  è la densità dell'acqua,  $f_w$  è il coefficiente di attrito al fondo e  $H_{rms}$  è l'altezza d'onda quadratica media. Nella formula,  $T_{m01}$  rappresenta il periodo medio dell'onda definito dai momenti di ordine zero e uno dello spettro,  $k$  è il numero d'onda e  $h$  è la profondità.

Xbeach considera l'energia delle onde come mediata sulla loro lunghezza e quindi non è in grado di simulare la forma dell'onda. Tuttavia, quando le onde si propagano dal largo verso riva la loro forma si modifica gradualmente a causa della combinazione dei processi di shoaling, frangimento e non-linearità. All'interno del modello l'effetto dell'asimmetria e della distorsione dell'onda viene considerato all'interno della equazione di avvezione-diffusione mediante il calcolo della velocità  $u_x$ , definita come segue:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_m - x_p)^2}{n}} \quad (3)$$

La formulazione per il trasporto sedimentario è quella definita da Soulsby-Van Rijn (Soulsby, 1997; van Rijn, 1985) mentre la concentrazione di equilibrio è calcolata come segue:

$$C_{eq} = \max \left( \min \left( C_{eq,b}, \frac{1}{2} C_{max} \right) + \min \left( C_{eq,s}, \frac{1}{2} C_{max} \right), 0 \right) \quad (4)$$

Il sistema di coordinate su cui si basa il modello è caratterizzato dall'asse delle ascisse con orientamento verso la costa e l'asse delle ordinate orientato lungo riva. Il modello utilizza una griglia di calcolo sfalsata, nella quale alcune variabili vengono definite al centro delle celle e altre sulle loro interfacce. XBeach permette di utilizzare una griglia con distanze tra i punti variabili in entrambe le direzioni.

Il modello può essere utilizzato in modalità "idrostatica" e "non-idrostatica"; nel primo caso, la variazione dell'ampiezza delle onde corte viene risolta in maniera separata dalle onde lunghe, dalle correnti e dalle variazioni morfologiche mentre nel secondo caso, tali processi vengono risolti includendo l'azione delle onde corte, a discapito del maggiore costo computazionale. Inoltre, XBeach può essere utilizzato in modalità mono-dimensionale (1D) e bi-dimensionale (2D). Nel primo caso il dominio spaziale è limitato al singolo transetto perpendicolare a riva, mentre nel secondo è possibile eseguire simulazioni su aree costiere più estese. La scelta tra le due diverse modalità dipende, in particolare, dallo scopo dell'analisi, in riferimento ai fenomeni da studiare e al compromesso che si vuole raggiungere tra il costo computazionale del modello e la precisione richiesta nei risultati. Per maggiori dettagli sulle formulazioni del modello XBeach, si faccia riferimento a Roelvink et al., (2009).

### Inquadramento e area di studio

La costa dell'Emilia-Romagna si affaccia nella zona settentrionale del Mare Adriatico con orientamento nord ovest – sud est e limita una piattaforma epicontinentale poco acclive caratterizzata da basse ampiezze di marea (Martinelli et al., 2010). Il litorale regionale è caratterizzato da spiagge dissipative composte da sabbia medio-fine e con basse elevazioni al di sopra del livello del mare (Regione Emilia-Romagna: Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, 2010). Oltre la metà delle spiagge emiliano-romagnole (circa 74 km) è protetta da opere rigide di vario tipo. Le più diffuse sono le scogliere parallele emerse che difendono circa 40 km di costa (Preti et al., 2008). I restanti 30 km circa sono protetti da scogliere radenti, scogliere a cresta bassa, barriere sommerse in sacchi di sabbia e pennelli (Aguzzi et al., 2016). Il trasporto solido litoraneo netto è diretto da sud verso nord (Aguzzi et al., 2016). Il fondale in corrispondenza delle zone prive di opere di difesa è caratterizzato generalmente da barre sommerse ben formate, elementi morfologici che favoriscono il frangimento delle onde con conseguente dissipazione energetica. Gli eventi ondosi che rappresentano le maggiori criticità per il litorale provengono da nord-est (Bora) e da sud-est (Scirocco). Gli eventi più energetici sono generati dal vento di Bora, forte vento freddo che soffia da nord-est a intermittenza soprattutto durante l'inverno. I getti di Bora hanno una forte influenza sul clima ondosso e sulla circolazione delle correnti in tutto l'Adriatico settentrionale (Signell et al., 2010). Il litorale presenta un regime di marea astronomica di tipo microtidale (escursione media delle *neap tides* di 0.3-0.4m; escursione media delle *spring tides* di 0,8-0,9 m) con entrambe le componenti diurna e semidiurna.



**Figura 1. Ubicazione dell'area di studio.**

L'area di studio consiste in un tratto di costa del litorale emiliano-romagnolo che si estende per circa 1 km ed è collocato tra il Porto Canale di Cesenatico e il Porto di Cervia (Fig. 1).

Il tratto di studio è stato individuato in un'area costiera sprovvista di opere di difesa rigide al fine di semplificare la rappresentazione modellistica mediante il software XBeach, escludendo i processi più complessi legati alla presenza delle opere rigide. Nell'area sono stati individuati 10 transetti perpendicolari a riva, distanziati di circa 100 m, lungo i quali sono stati effettuati i rilievi topo-batimetrici prima e dopo l'evento di mareggiata.

### **Caso studio**

L'evento di mareggiata, avvenuto nell'inverno 2015, ha colpito gran parte del litorale emiliano-romagnolo. Il forte vento proveniente da Nord-Est ha originato una situazione di mare molto agitata, caratterizzata da valori elevati di altezza d'onda in combinazione ad un livello di mare sostenuto. Tale combinazione ha provocato fenomeni di ingressione marina, erosione costiera e danni alle strutture e alle dune di protezione invernali. In riferimento all'area di studio di Cesenatico, sono stati raccolti i dati rappresentativi di tale mareggiata.

### ***Dati rappresentativi dello stato del mare***

I dati di altezza d'onda, relativi all'evento, sono stati estratti dalle misurazioni della boa onda-metrica Nausicaa, collocata circa 8 km al largo di Cesenatico su un fondale di circa 10 m di profondità. La boa è posizionata in una zona interdotta alla navigazione, all'attracco ed alla pesca ed è in funzione dal maggio 2007. I dati, acquisiti ogni 30 minuti ed archiviati nel Dbase meteo-marino del Servizio Idro-Meteo-Clima, sono accessibili attraverso il sistema DEXTER (<https://www.arpae.it/sim>). A causa del mancato funzionamento del mareografo di Porto Corsini (Ravenna), è stato necessario effettuare un'elaborazione tra dati misurati e dati previsti.

La procedura seguita è stata la seguente:

- a) estrazione dei dati di livello misurati dai mareografi di Porto Garibaldi e dal mareografo di Hera, localizzato a Rimini;
- b) estrazione dei dati di livello previsti dal modello AdriaROMS, in corrispondenza di Porto Garibaldi, Rimini e Cesenatico (area di interesse);

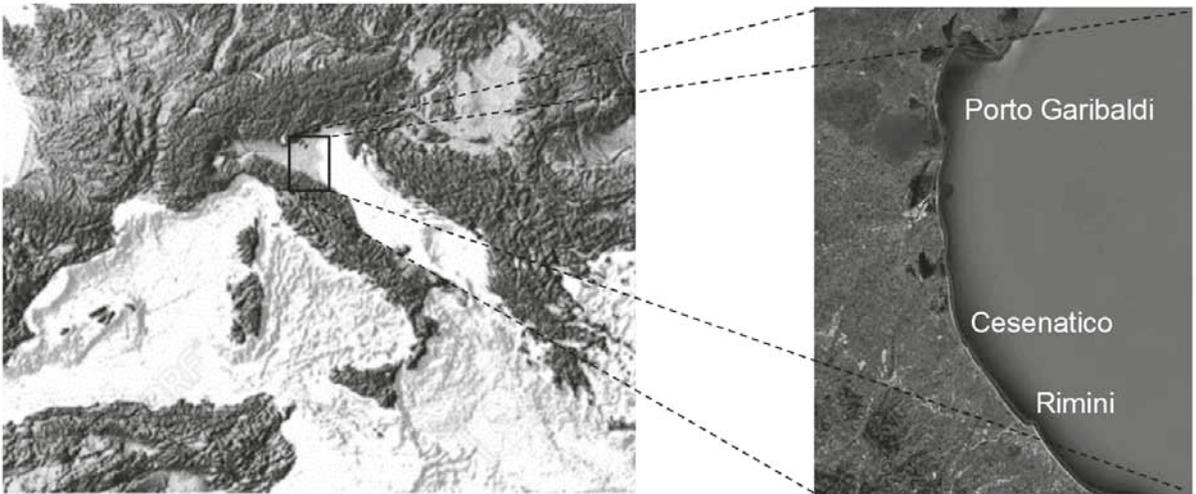


Figura 2. Localizzazione dei mareografi di Rimini e Porto Garibaldi rispetto all'area di studio.

- c) analisi del valore di *bias* dei valori previsti rispetto a quelli misurati di Porto Garibaldi e di Rimini, inteso come la differenza tra dato previsto e misurato rapportata al numero di dati;
- d) correzione dei valori di livello previsti a Cesenatico in riferimento alla media dei *bias* calcolati nelle altre due stazioni.

L'evento è caratterizzato dalla presenza di due picchi di altezza d'onda consecutivi e si estende quindi per una durata di circa 7 giorni (Fig. 3). Il ristretto intervallo tra i due picchi e le condizioni di mare avverse, non hanno permesso il rilievo della spiaggia subito dopo il primo picco.

L'evento, con direzione dominante corrispondente al vento di Bora ( $\sim 60^\circ$  N) visibile nel grafico in basso di Figura 5, raggiunge i picchi di altezza d'onda 3.33 m alle ore 23:00 del 21/11/2015 e di 3.16 m alle ore 23.30 del 26/11/2015. Dal grafico superiore di Figura 3 è possibile notare il mancato funzionamento della boa per un intervallo di tempo di circa 5 ore, in corrispondenza del primo picco di mareggiata. L'analisi della mareggiata indica la possibile presenza di un picco di altezza d'onda in tale intervallo in concomitanza di un elevato innalzamento del livello del mare. Durante l'evento il livello ha raggiunto il valore massimo di 0.58 m sopra il livello del mare.

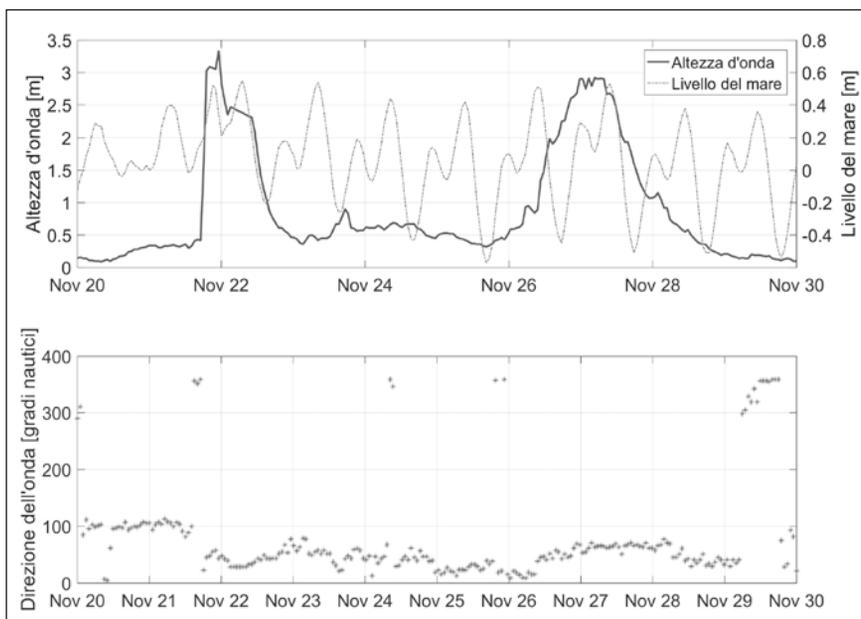
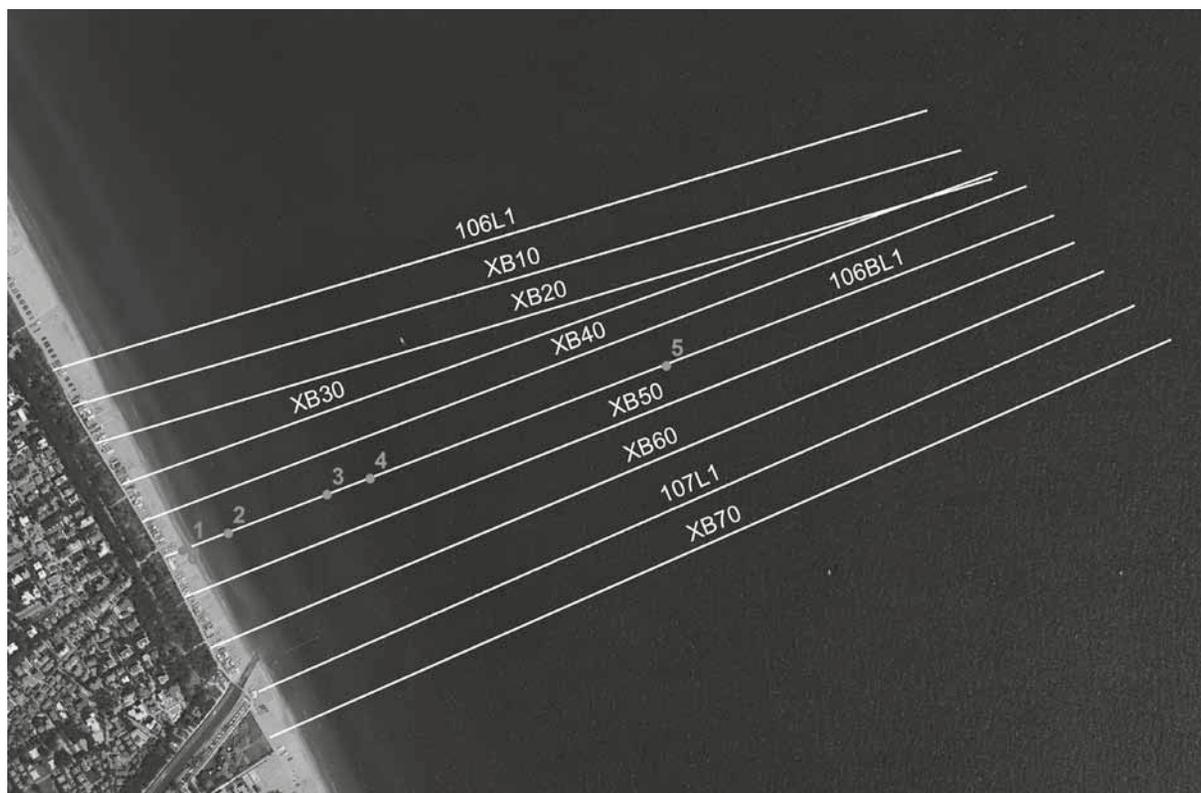


Figura 3. Condizioni dello stato del mare relative all'evento di mareggiata. Grafico in alto: altezza d'onda e livello del mare. Grafico in basso: direzione dell'onda.

La principale difficoltà riscontrata nello studio è legata alla previsione dell'evento, in particolar modo al fine di prevederlo nei tempi necessari ad effettuare il rilievo prima della mareggiata. Per far fronte a tale complicazione è stato fondamentale il supporto dell'area previsionale-modellistica di Arpa Emilia-Romagna. L'elaborazione della previsione meteorologica fino a 3 giorni prima dell'evento è stata effettuata mediante il Modello Globale del Centro Europeo (ECMWF) in modalità deterministica e di Ensemble (ECMWF – EPS). Inoltre, per affinare la previsione a breve termine sono stati osservati i modelli previsionali ad area limitata di COSMO (COntortium for Small-Scale MOdelling).

### ***Dati topo-batimetrici***

Il rilievo di dettaglio della spiaggia emersa e sommersa è stato eseguito lungo i 10 profili individuati nella zona di studio, visibili in Figura 4, a partire dal punto più alto della spiaggia emersa, fino alla profondità di 8 m. In particolare, verso terra il rilievo è stato esteso fino al primo punto non erodibile (muretto, strada, stabilimento balneare, ecc.). Complessivamente il rilievo ha coperto circa 20-22 km di profili topo-batimetrici. Se presente, l'argine invernale è stato opportunamente rilevato, definendo i punti di misura al piede e al colmo della struttura. Le sezioni sono distanziate tra loro di circa 100m, al fine di rendere possibile una futura modellazione bi-dimensionale dell'area di studio. Lo studio di modellazione, svolto in modalità monodimensionale, comporta infatti una semplificazione nell'analisi, che in particolare non considera nei processi di erosione il contributo del trasporto longitudinale. Tale semplificazione risulta accettabile in quanto i processi legati al singolo evento di mareggiata sono dominati dal trasporto trasversale.



**Figura 4.** Mappa delle sezioni interessate dal rilievo topo-batimetrico e dei punti di campionamento dei sedimenti.

In base alla strumentazione utilizzata e alla modalità di acquisizione dati in funzione della diversa configurazione morfologica della spiaggia, ogni profilo è stato suddiviso nelle seguenti zone:

- *Spiaggia emersa/sommersa*: tra la testa della sezione e la batimetrica di 1 m. Il rilievo è stato effettuato utilizzando un ricevitore geodetico GNSS a doppia frequenza trasportato manualmente da un operatore. In tale tratto l'acquisizione dei punti è stata eseguita con una distanza reciproca che sta nell'intervallo 2-5 m.
- *Litorale sommerso*: tra la batimetrica di 1 m e la chiusura della sezione (- 8 m). Il rilievo è stato eseguito utilizzando un ricevitore geodetico GNSS a doppia frequenza accoppiato con Ecoscandaglio idrografico single-beam a singola frequenza (210 kHz), con un trasduttore P01540 avente 10° di apertura del fascio acustico, installati su apposita imbarcazione. L'interfacciamento degli strumenti, l'accoppiamento delle stringhe NMEA, la gestione della latenza, l'acquisizione dati e la navigazione sono stati eseguiti grazie al software NavPro.

Il posizionamento plano-altimetrico è stato effettuato utilizzando il ricevitore satellitare in modalità differenziale NRTK con l'ausilio del servizio di posizionamento fornito dalla rete nazionale di stazioni permanenti Netgeo.

Le misure planimetriche sono state riferite al sistema geodetico nazionale ETRF2000-RDN e proiettate nel reticolo cartografico UTM32N. Le quote, inizialmente riferite all'ellissoide ETRF2000, sono state convertite in quote ortometriche utilizzando i capisaldi della rete di livellazione Arpa (ora Arpae). Le quote ortometriche sul livello medio mare di detti capisaldi sono state ottenute tramite livellazione di alta precisione collegandosi ai capisaldi dell'Istituto Geografico Militare Italiano (mareografo di Genova). In Figura 5 viene riportato, come esempio, l'andamento del profilo 106L1 misurato prima e dopo la mareggiata, nel quale è visibile il processo erosivo che ha interessato in particolare la parte emersa di spiaggia e lo spostamento verso il largo della barra lato mare.

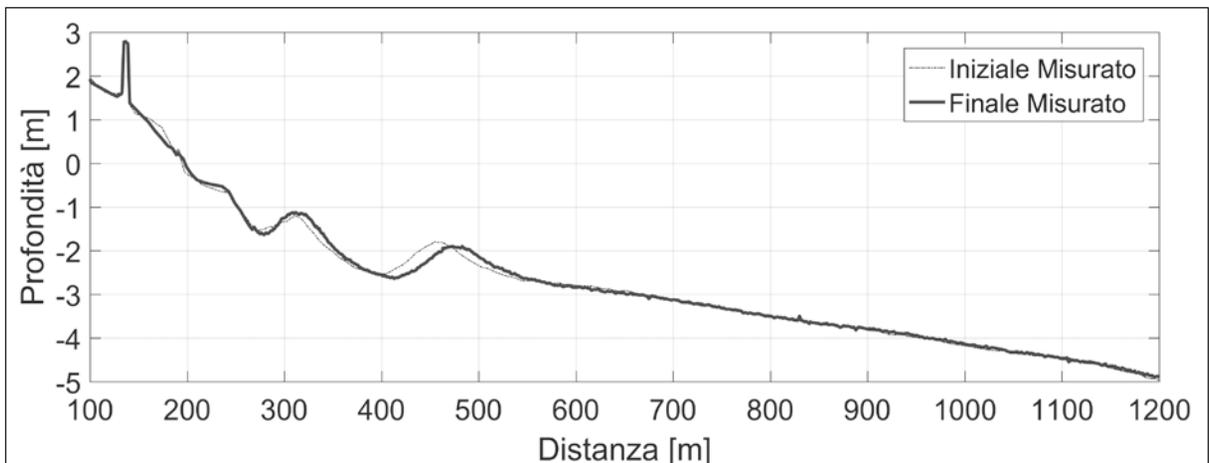


Figura 5. Andamento del profilo di spiaggia 106L1, misurato prima e dopo la mareggiata.

### *Dati sedimentologici*

Lungo il profilo 106BL1, sono stati inoltre prelevati i campioni di sedimento superficiali da sottoporre ad analisi sedimentologica, in corrispondenza di 6 punti posizionati a varie profondità, indicate in Tabella 1. La distanza dalla linea di riva di ciascun punto e la classe di sedimenti che li caratterizza sono inoltre presentati in tabella.

Tabella 1. Caratteristiche dei campioni di sedimento prelevati durante il rilievo.

Campioni		D50 [mm]	Profondità [m]	Distanza dalla linea di riva (km)	Classe
1	106BL1-T	0,184	+1,00	-0,015	Sabbia fine
2	106BL1-0	0,161	0,00	0,000	Sabbia fine
3	106BL1-1	0,155	-1,00	0,100	Sabbia fine
4	106BL1-2	0,088	-2,00	0,365	Sabbia molto fine
5	106BL1-3	0,087	-3,00	0,480	Sabbia molto fine
6	106BL1-6	0,085	-6,00	1,250	Sabbia molto fine
Media		0,127			

I campioni di spiaggia emersa sono stati raccolti con apposita paletta. Per i campioni di spiaggia sommersa è stata utilizzata una benna leggera di tipo Van Veen. Il posizionamento planimetrico dei campioni è stato effettuato con ricevitore satellitare in modalità differenziale NRTK, ed è stata registrata la profondità di campionamento mediante ecoscandaglio single-beam. La conservazione dei campioni è avvenuta in contenitori di plastica sufficientemente grandi da poter inizialmente inserire buona parte dell'acqua presente nella bennata, lasciar decantare la frazione granulometrica fine, ed infine rimuovere con cautela l'acqua in eccesso. Le analisi granulometriche sono state effettuate presso il Laboratorio della Sezione Provinciale di Arpa Ravenna, mentre i parametri sedimentologici sono stati calcolati tramite il software Gradstat (Blott e Pye, 2001).

## Metodi

Nello studio, il software di modellazione numerica XBeach è stato utilizzato per analizzare l'evoluzione morfologica del fondale in relazione all'evento di mareggiata. Il profilo iniziale della spiaggia, in input al modello, si basa sui rilievi topo-batimetrici eseguiti nell'area di studio, descritti nel capitolo precedente. Le simulazioni sono state svolte in modalità monodimensionale, lungo i singoli profili di spiaggia. L'andamento del fondale è stato rappresentato mediante la creazione di una griglia di calcolo con distanza tra i punti che varia da 10 m al largo a 1 m sulla spiaggia emersa. Il D50 medio, calcolato sui 6 campioni sedimentologici rilevati, è stato utilizzato come dato sedimentologico di input per il modello. XBeach richiede in input le condizioni al contorno rappresentative delle condizioni ondose e della variazione del livello del mare. I dati di altezza d'onda e livello descritti nel capitolo precedente, rappresentano una buona stima delle condizioni reali della mareggiata. Il modello è stato quindi forzato con le condizioni ondose estratte dalla boa, definite in modalità spettrale (spettro JONSWAP) e la serie temporale dei livelli, estratta per l'intera durata della simulazione. Le simulazioni dell'evento hanno inizio il 20/11/2015 alle ore 00:00 e terminano il 30/11/2015 alle ore 00:00, con durata complessiva di 10 giorni.

Il modello è stato sottoposto ad un'analisi di sensitività, in relazione ai parametri di input, allo scopo di definire quali di essi influenzano maggiormente la performance del modello, definendo come esso sia sensibile alla variazione del settaggio dei parametri di input. L'analisi è stata svolta lungo 2 profili di spiaggia rilevati (106BL1 e 106L1). È stata eseguita una simulazione "di riferimento" nella quale ciascun parametro è stato mantenuto pari al proprio valore di default come definito da Roelvink et al. (2010). Nelle restanti simulazioni è stato variato un singolo parametro all'interno del suo range di validità, utilizzando l'approccio definito "one-at-the-time" (Simmons et al., 2015). L'analisi è stata eseguita sui parametri legati al fenomeno del trasporto di sedimenti e alla variazione morfologica del fondale. In Tabella 2 viene riportata la lista dei parametri analizzati, la loro descrizione, il range di validità e il corrispettivo parametro di default.

Tabella 2. Parametri di input del modello, variati nell'analisi di sensitività.

Parametri	Descrizione	Valore di default	Intervallo dei valori
bedfric	Coefficiente di attrito al fondo	55	20 – 100
cmax	Massima concentrazione dei sedimenti	0.1	0.0 – 1.0
delta	Frazione di altezza d'onda aggiunta alla profondità dell'acqua.	0	0.0 – 1.0
eps	Soglia di profondità al di sopra della quale le celle sono considerate bagnate.	0.005	0.001 – 0.1
facua	Fattore di calibrazione del flusso legato all'asimmetria e alla distorsione dell'onda.	0.1	0.0 – 1.0
fw	Fattore di attrito legato alle onde corte.	0	0.0 – 1.0
gamma	Parametro di frangimento	0.55	0.4 – 0.9
hmin	Soglia di profondità sopra la quale sono incluse le correnti di Stokes.	0.2	0.001 – 1.0
lws	Abilita l'agitazione legata alle onde lunghe.	1	0 / 1
smax	Massimo parametro di Shields per la concentrazione di equilibrio dei sedimenti.	-1	-1.0 – 3.00
turb	Turbolenza legata alle onde corte.	bore_averaged	none, wave_averaged, bore_averaged
umin	Limite di velocità nell'equazione della concentrazione di equilibrio dei sedimenti.	0	0.0 – 0.2
wetslp	Pendenza critica di valanga sotto il livello del mare (dz/dx and dz/dy)	0.3	0.1 – 1.0
dryslp	Pendenza critica di valanga sopra il livello del mare (dz/dx, and dz/dy)	1	0.1 – 2.0
break	Formulazione legata al frangimento dell'onda	Roelvink2	Roelvink1, Roelvink2, Roelvink_daly, Janssen

Per ogni simulazione è stata valutata l'evoluzione del profilo di spiaggia, mediante il calcolo dei seguenti fattori: arretramento della linea di riva, runup su spiaggia ed erosione della spiaggia emersa. Per ognuno dei fattori sopraelencati è stato definito l'indice di sensitività (SI) tramite l'equazione:

$$SI = \frac{Valore_x}{Valore_{default}} \quad (5)$$

Dove  $Valore_x$  è il valore dell'output della simulazione n-esima e  $Valore_{default}$  rappresenta il corrispettivo valore di output della simulazione di riferimento.

A seguito dell'analisi sui parametri, il modello è stato calibrato, in riferimento alle coste basse e sabbiose della zona di studio. Utilizzando il criterio del Brier Skill Score (BSS), sono stati messi a confronto i profili misurati prima e dopo l'evento e il profilo simulato dal modello. Il BSS è comunemente utilizzato come indicatore statistico per la valutazione della performance dei modelli numerici, in particolar modo nel caso di variazioni morfologiche (Bugajny *et al.*, 2013) ed è stato calcolato come riportato in equazione:

$$BSS = 1 - \left( \frac{\langle |x_m - x_p|^2 \rangle}{\langle |x_p - x_b|^2 \rangle} \right) \quad (6)$$

Dove  $x_m$  rappresenta il profilo finale previsto dal modello,  $x_b$  il profilo iniziale osservato e  $x_p$  il profilo misurato

dopo l'evento. La classificazione della performance del modello tramite il BSS è definita come segue:  $BSS < 0$  *bad*,  $0 < BSS < 0.3$  *poor*,  $0.3 < BSS < 0.6$  *reasonable/fair*,  $0.6 < BSS < 0.8$  *good* and  $0.8 < BSS < 1$  *excellent* (van Rijn et al., 2003). Ci si aspetta che il valore di tale indicatore, non raggiunga sempre il valore di "eccellenza". Ciò indica che i risultati del modello includono sia componenti casuali di errore che errori sistematici. Per analizzare tali errori, sono stati calcolati il Root Mean Square Error (RMSE) e il bias, che permettono un confronto tra il profilo finale misurato e il profilo finale simulato di modello. Tali parametri sono stati calcolati tramite le equazioni:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_m - x_p)^2}{n}} \quad bias = \frac{\sum_1^n (x_m - x_p)}{n} \quad (7) \text{ e } (8)$$

Dove  $n$  è il numero di punti del profilo sul quale viene eseguito il calcolo.

Il calcolo del BSS è stato riferito alla sola parte emersa della spiaggia a causa della presenza di elementi altamente dinamici nella parte sommersa, quali le barre di fondo. La crescita e la migrazione delle barre di fondo definiscono probabilmente uno dei punti più sensibili della modellazione numerica, in quanto la configurazione morfologica di un sistema può cambiare nettamente in relazione a tali processi (Walstra et al., 2011). XBeach, comprende i principali processi necessari a modellare il comportamento della barra, ad eccezione dell'effetto della miscelazione verticale da turbolenza, legata alla rottura dell'onda, sui trasporti longitudinale e trasversale (Trouw et al., 2012). La rappresentazione del complesso processo di migrazione delle barre risulta quindi ancora in sviluppo e miglioramento (Cohn et al., 2014).

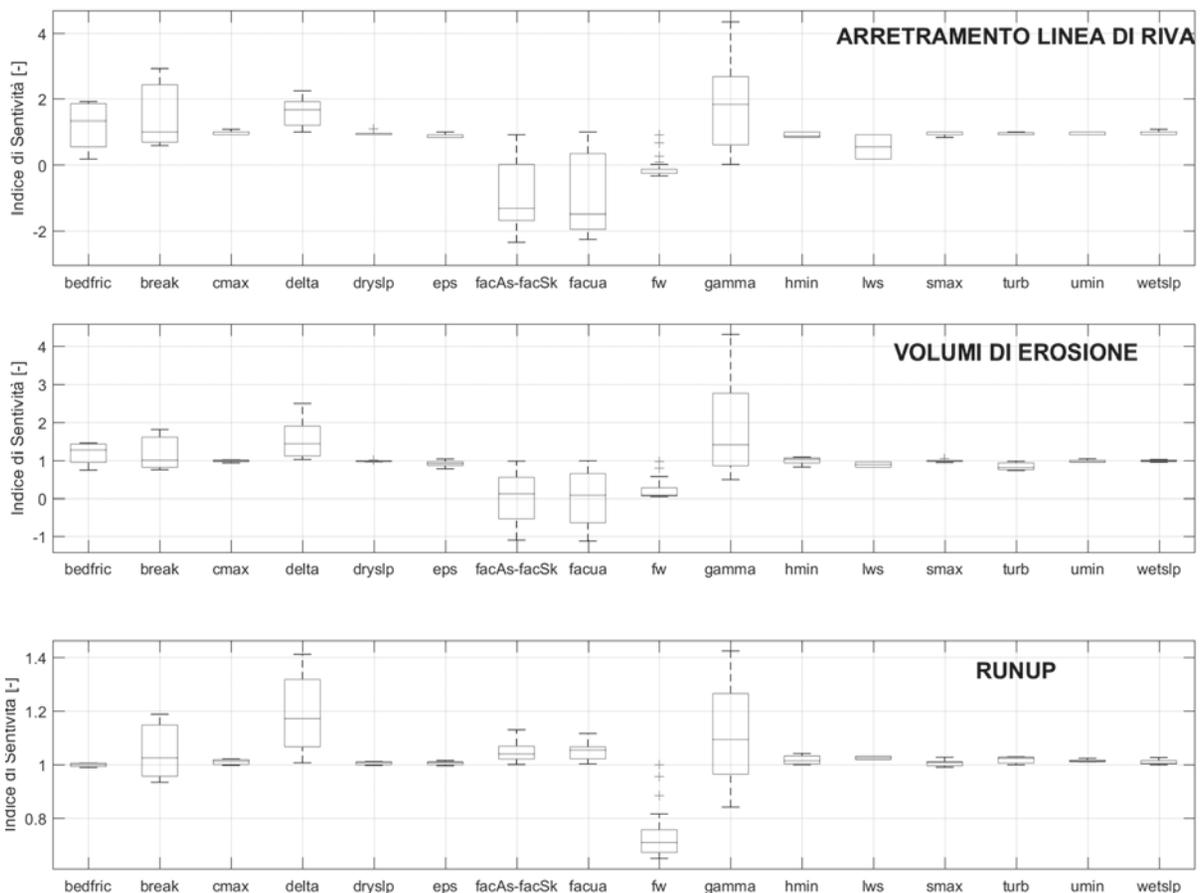


Figura 6. Indice di sensitività calcolato in riferimento ai diversi parametri del modello. I valori si riferiscono ai 10 profili di spiaggia.

L'inclusione delle barre di fondo nel calcolo influenzerebbe in maniera altamente negativa i valori indicativi delle prestazioni del modello, il calcolo è stato quindi eseguito sulla parte di spiaggia emersa, al di sopra della linea di riva. Tenendo conto di tale semplificazione, gli indicatori statistici calcolati non saranno rappresentativi dell'accuratezza previsionale del modello per la totalità del profilo di spiaggia, ma in particolare per la sola parte emersa.

## Risultati

L'arretramento della linea di riva rappresenta un indicatore della variazione dell'estensione della spiaggia emersa a seguito dell'evento ondoso. Il confronto tra i risultati del modello e l'arretramento simulato in condizioni di default, attraverso l'indice di sensitività, mostra una differente risposta del modello ai diversi settaggi dei parametri di input. Il modello risulta essere maggiormente sensibile ai parametri *bedfric*, *facAs*, *facSk*, *facua*, *fw* e *gamma* (Fig. 6, in alto). La significativa influenza di tali parametri sulle previsioni del modello, viene riconfermata dall'analisi degli indici di sensitività relativi ai volumi erosi della spiaggia emersa, riportati nel grafico centrale di Figura 6. Nel grafico in basso di Figura 6, sono infine riportati i valori relativi al *runup*, il quale mostra forti variazioni per i parametri *delta*, *fw* e *gamma*.

Per i restanti parametri, l'analisi mostra che anche a seguito di sostanziali variazioni del proprio valore non producono forti cambiamenti nelle previsioni del modello confermando il corretto utilizzo dei valori di default. I risultati prodotti dal modello sono quindi influenzati dalla variazione di alcuni parametri che governano i processi fisici del modello, ma anche dalle differenti formulazioni scelte per il calcolo della dissipazione dell'energia ondosa legata al frangimento definito dal valore *break*. Il confronto tra i volumi erosi ottenuti dalla simulazione di "riferimento" e i volumi erosi misurati mostra una netta sovrastima del processo erosivo, nel caso in cui i valori dei parametri vengano mantenuti pari a quelli di default, come mostrato in Figura 7.

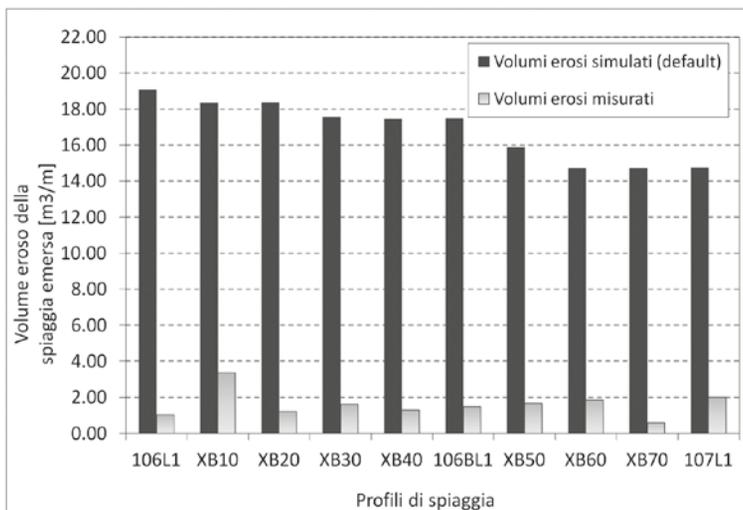


Figura 7. Volumi erosi della spiaggia emersa, misurati e simulati (simulazione di riferimento).

Se nella formulazione del modello viene considerata la forma dell'onda, mediante la variazione della sua asimmetria e distorsione, i processi erosivi previsti dal modello si avvicinano alla reale variazione morfologica avvenuta durante l'evento. L'utilizzo di un valore del parametro *facua* pari a 0,25, superiore al suo valore di default, permette al modello di prevedere con maggiore precisione i cambiamenti del profilo di spiaggia nella zona emersa. Tale risultato è bene visibile nel grafico in alto a sinistra di Figura 8 nel quale si denota una buona corrispondenza tra i volumi erosi simulati e misurati per il valore indicato.

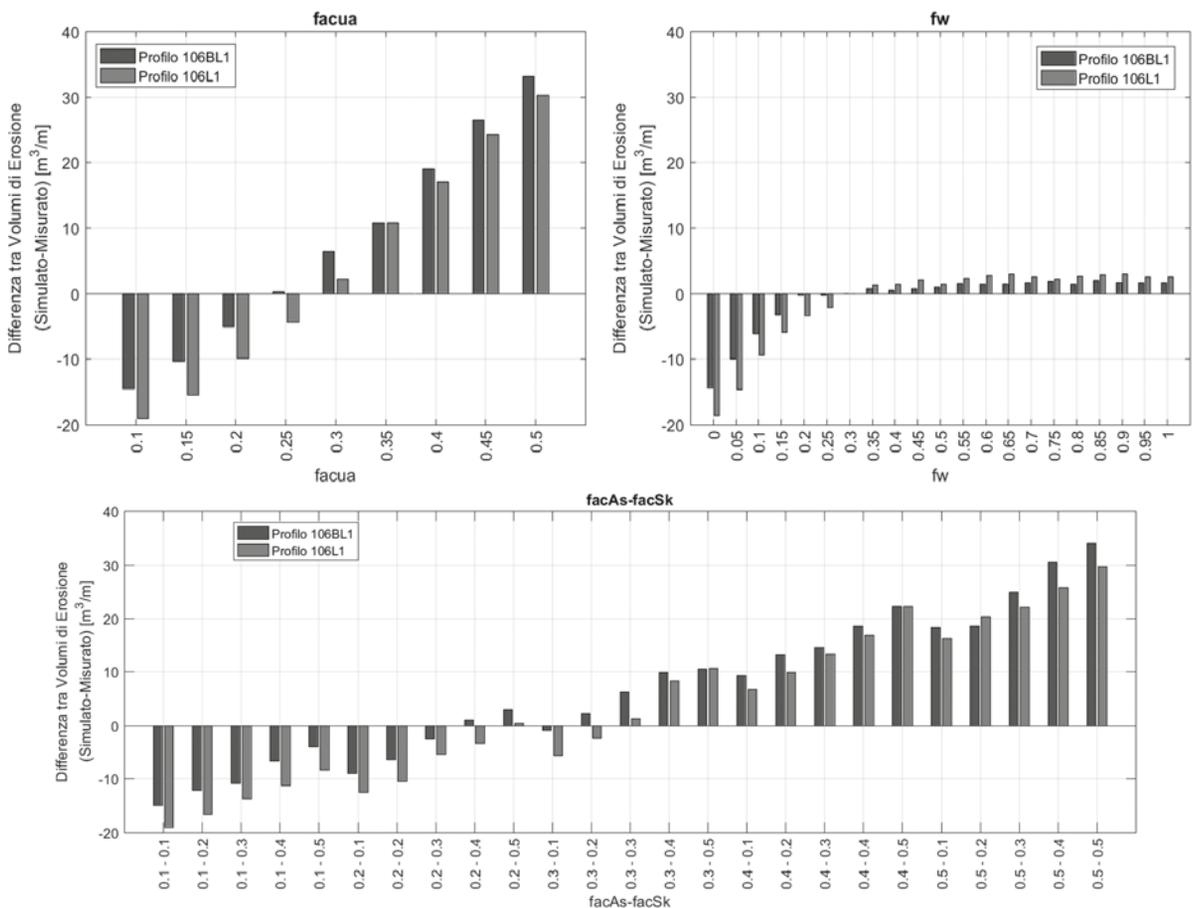
Il grafico in alto a destra di Figura 8 mostra invece che l'inserimento della componente di dissipazione ondosa legata all'attrito al fondo (*fw*) nell'equazione dell'azione ondosa, che nella configurazione di default viene

trascurata, produce un miglioramento della previsione del modello, in particolare in corrispondenza del range di valori 0,2-0,3. Il grafico in basso di Figura 8, mostra inoltre le combinazioni di asimmetria (facAs) e distorsione (facSk) che producono la migliore previsione dei volumi erosi.

Il parametro facua, legato all'asimmetria e alla distorsione dell'onda, produce un miglioramento dell'effetto della non-linearità dell'onda, modificandone la forma ed influenzando in particolar modo i tassi di trasporto sedimentario. A differenza di facua, i parametri facAs e facSk permettono di variare i fattori di asimmetria e distorsione distintamente permettendo l'assegnazione di due diversi valori.

L'incremento dei valori di asimmetria e distorsione dell'onda, produce un aumento del trasporto diretto verso riva, visibile dai grafici di Figura 8, dove la differenza tra simulato e misurato mostra un andamento crescente.

Il parametro fw che rappresenta invece il fattore di attrito al fondo viene utilizzato nella formulazione per il calcolo della dissipazione dell'energia ondosa legata al fondale. Il valore di default imposto pari a 0, implica l'annullamento della componente di dissipazione ondosa legata all'attrito del fondale.



**Figura 8.** Differenza tra i volumi erosi simulati e misurati, in relazione ai parametri facua, fw e facAs- facSk.

Il calcolo dei BSS, che mette a confronto i risultati del modello con l'evoluzione morfologica misurata, conferma come la variazione dei parametri facua, facAs-facSk e fw, permetta di ottenere una migliore previsione del processo di erosione della spiaggia emersa rispetto all'utilizzo dei parametri di default. In Figura 9 vengono riportati i valori del BSS relativi al parametro facua, calcolati per i 10 profili di spiaggia. Come visibile dal grafico a destra, che riporta i soli valori di BSS compresi tra 0 e 1, il settaggio di facua al valore di 0,25 anziché 0,1 (default) produce un netto miglioramento dell'accuratezza della previsione del modello.

La variazione del fattore di attrito al fondo ( $f_w$ ) mostra una buona corrispondenza tra il profilo misurato e simulato per il range di valori compresi tra 0,2 e 0,3, raggiungendo un valore pari a 0,8 dell'indicatore morfologico BSS. I valori negativi di tale indicatore, prodotti dalla variazione dei restanti parametri, implica che per tali casi la previsione del modello è peggiore rispetto alla previsione di variazione nulla del fondale. A supporto dell'analisi, il bias permette di fornire maggiori informazioni sull'affidabilità della previsione. L'andamento di tale parametro in relazione alla forma dell'onda, riportato in Figura 10, evidenzia una sovrastima della variazione morfologica legata ad un incremento del valore di  $f_{acua}$ , mostrando invece una buona corrispondenza per il valore già indicato dalle precedenti analisi. Lo stesso risultato si ottiene mediante il calcolo del Root Mean Square Error (Figura 10, sinistra).

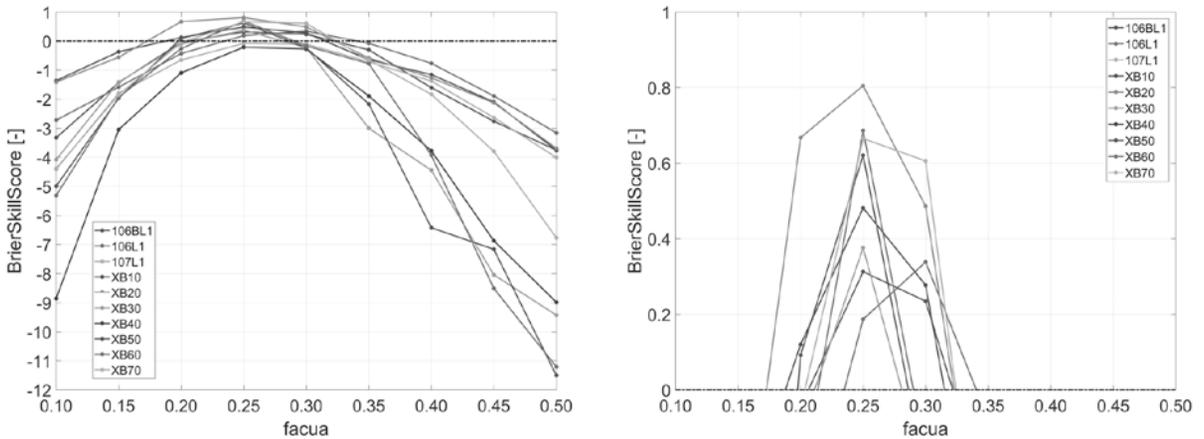


Figura 9. Valori del BSS calcolati per il parametro  $f_{acua}$ .

Una chiara visualizzazione dell'analisi presentata è mostrata in Figura 11 dove vengono mostrati i profili di spiaggia simulati e misurati in riferimento al profilo 106L1, preso come esempio.

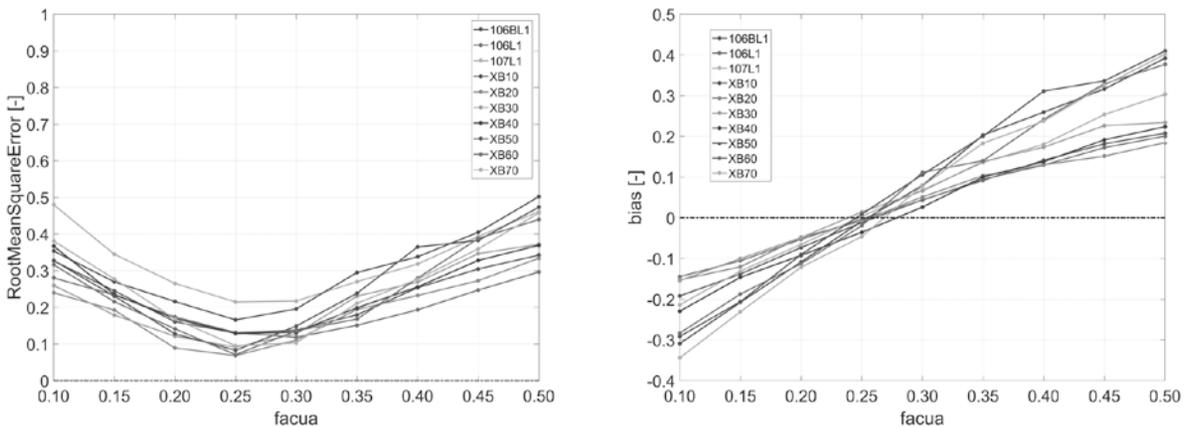


Figura 10. Valori degli indici RMSE e bias calcolati per il parametro  $f_{acua}$ .

La parametrizzazione di default produce un'erosione della spiaggia emersa nettamente superiore a quella misurata, provocando inoltre un accumulo di sedimento a ridosso della prima barra di fondo, non riscontrato durante l'evento. Qualora invece vengano imposti valori più elevati dei parametri legati alla forma dell'onda

e all'attrito del fondale, il modello è in grado di prevedere in maniera più accurata il processo erosivo della parte emersa. L'andamento dei profili simulati in corrispondenza delle barre mostra una minore affidabilità del modello nella previsione della loro movimentazione.

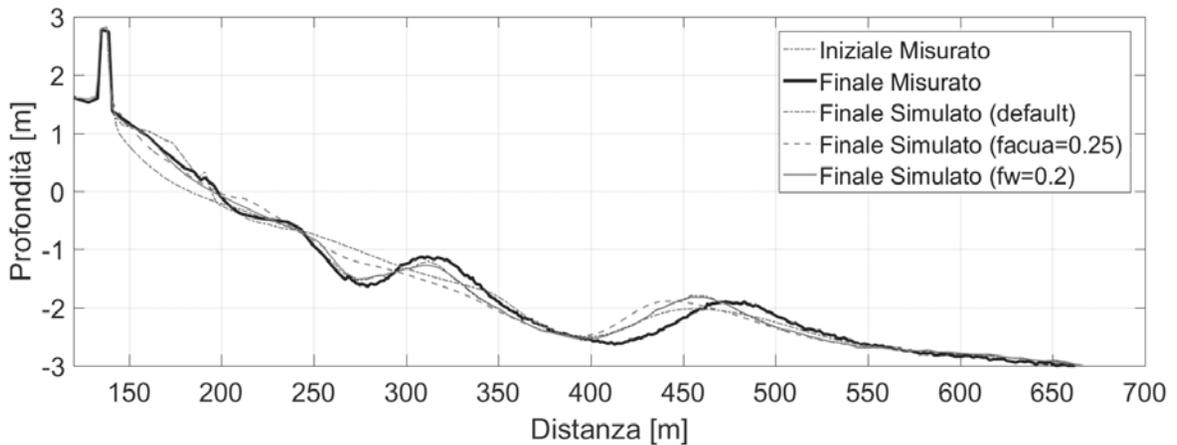


Figura 11. Andamenti del profilo 106L1 simulati con le diverse impostazioni del modello.

## Conclusioni

Lo studio presenta un'applicazione del software di modellazione numerica XBeach, per la valutazione dell'erosione costiera di un tratto di litorale della regione Emilia-Romagna, nei pressi di Cesenatico.

Il comportamento della spiaggia soggetta ad un evento di mareggiata intenso, avvenuto durante l'inverno 2015, è stato modellato al fine di valutare l'utilizzo di XBeach come supporto all'analisi dei processi morfodinamici costieri. Nell'area di studio sono stati eseguiti dei rilievi topo-batimetrici e sedimentologici prima e dopo l'evento di mareggiata. Il modello, forzato con le condizioni ondose e di livello misurate durante l'evento, è stato sottoposto ad un'analisi di sensitività in relazione alla variazione dei parametri interni. Tale analisi, effettuata sui fenomeni di arretramento della linea di riva, runup ed erosione della spiaggia emersa, ha evidenziato la sensitività del modello ai parametri break, bedfric, facAs-facSk, facua, fw e gamma. La variazione di tali parametri produce una significativa modifica dei risultati del modello, indicando la necessità di una corretta calibrazione in riferimento all'area di studio. Il confronto tra i volumi di erosione misurati e quelli ottenuti dalla simulazione di riferimento ha inoltre evidenziato che l'utilizzo dei parametri di default produce una netta sovrastima del processo erosivo. L'analisi dei volumi erosi, evidenzia che la variazione dei parametri legati alla forma dell'onda (facua, facAs e facSk) e all'attrito del fondale (fw) influenza in modo rilevante la modellazione della morfologia, in particolare della spiaggia emersa. Per tali parametri, valori differenti da quelli di default producono una modifica del trasporto sedimentario e della dissipazione dell'energia ondosa, consentendo al modello di prevedere in maniera più accurata l'evoluzione morfologica del profilo di spiaggia. Mediante il calcolo dell'indicatore statistico Brier Skill Score, utilizzato in particolare per valutare le prestazioni dei modelli morfologici, il profilo simulato è stato confrontato con la topografia della spiaggia misurata dopo l'evento. Il modello è in grado di produrre risultati maggiormente accurati quando i valori di facua e fw vengono variati rispetto al valore di default. La calibrazione del modello ha permesso di definire i valori di tali parametri che, in riferimento all'area di studio caratterizzata da una spiaggia bassa e sabbiosa, producono un'accettabile rappresentazione dell'evoluzione morfologica. Per il parametro legato alla forma dell'onda tale valore è pari a 0,25 mentre per fw è compreso tra 0,2 e 0,3. L'analisi mostra che il modello XBeach è in grado di simulare i processi morfologici inerenti all'area costiera rivelandosi un utile strumento di previsione, a seguito di una corretta calibrazione dei parametri interni in relazione all'area di

studio. Il modello produce una previsione attendibile della variazione morfologica della spiaggia emersa, tuttavia, mostra un netto miglioramento quando i valori dei parametri legati alla forma dell'onda (facua) e all'attrito del fondale (fw) vengono variati. I risultati presentati nell'articolo si riferiscono ad un'analisi di modellazione numerica mono-dimensionale eseguita in particolare per la zona di spiaggia emersa, tralasciando i complessi processi di rappresentazione del moto delle barre di fondo. Future analisi del trasporto sedimentario e dell'erosione costiera attraverso il software XBeach, svolte in modalità bi-dimensionale, permetteranno di migliorare la conoscenza dei processi idro-morfo-dinamici della zona costiera.

## Biografia

- Aguzzi M., Bonsignore F., De Nigris N., Morelli M., Paccagnella T., Romagnoli C., Unguendoli S., 2016. *Stato del litorale emiliano-romagnolo al 2012. Erosione e interventi di difesa*. I quaderni di Arpa. 227 pp.
- Armaroli C., Ciavola P., Perini L., Calabrese L., Lorito S., Valentini A., Masina M., 2012. *Critical storm thresholds for significant morphological changes and damage along the Emilia-Romagna coastline, Italy*. *Geomorphology*, 143-144: 34-51.
- Blott S.J., Pye K., 2001. *Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments*. *Earth Surf. Process. Landforms*, 26: 1237-1248.
- Bugajny N., Furmańczyk K., Dudzińska Nowak J., Paplińska Swerpel B., 2013. *Modelling morphological changes of beach and dune induced by storm on the Southern Baltic coast using XBeach (case study: Dziwnow Spit)*. *Journal of Coastal Research*, 65 - International Coastal Symposium Volume 1: 672-677.
- Cohn N., Ruggiero P., Ortiz J., Walstra D.J., 2014. *Investigating the role of complex sandbar morphology on nearshore hydrodynamics*. In: Green, A.N. and Cooper, J.A.G. (eds.), *Proceedings 13th International Coastal Symposium (Durban, South Africa)*, *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 66.
- Giardino A., De Boer W., Den Heijer K., Huisman B., Mulder J., Walstra D.J., 2013. *Innovative approaches and Tools for Erosion Control and Coastline Management.*, *Proceedings of the MEDCOAST2013 Conference*, Marmaris, Turkey.
- Harley M., Armaroli C., Ciavola P., 2011. *Evaluation of XBeach predictions for a real-time warning system in Emilia-Romagna*. Northern Italy. *Journal of Coastal Research*, 64: 1861-1865.
- Martinelli L., Zanuttigh B., Corbau C., 2010. *Assessment of coastal flooding hazard along the Emilia Romagna littoral, IT*. *Coastal Engineering*, 57, 11-12: 1042-1058.
- Martinelli L., Zanuttigh, B., S. Bagli, 2013. *Modelling coastal risk at Cesenatico, Northern Adriatic Sea, Italy*. *Proc. Coastal Structures 2011, Japan*, 5-9 September 2011, vol. 1: 59-70.
- McCall R.T., Van Thiel de Vries J.S.M, Plant N.G., Van Dongeren A.R., Roelvink J.A., Thompson D.M., Reniers A.J.H.M., 2010. *Two-dimensional time dependent hurricane overwash and erosion modeling at Santa Rosa Island*. *Coastal Engineering*, 57: 668-683.
- Pender D., Karunarathna H., 2013. *A statistical-process based approach for modelling beach profile variability*, *Coastal Engineering*, 81:19-29
- Perini L., Calabrese L., Deserti M., Valentini A., Ciavola P., Armaroli C., 2011. *Le mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna 1946-2010. Progetto Micore*. I quaderni di Arpa. 144 pp.
- Preti M., De Nigris N., Morelli M., Monti M., Bonsignore F., Aguzzi M., 2008. *Stato del litorale all'anno 2007 e piano decennale di gestione*. I quaderni di Arpa. 271 pp.
- Regione Emilia-Romagna: Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, 2010, *Il Sistema Mare-Costa dell'Emilia-Romagna*, a cura di Perini L. & Calabrese L. 239 pp.
- Roelvink D., Ad Reniers A., Van Dongeren A., Van Thiel de Vries J., McCall R., Lescinski J., 2009. *Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands*. *Coastal Engineering*, 56: 1133-1152.
- Roelvink D., Ad Reniers A., Van Dongeren A., Van Thiel de Vries J., Lescinski J., McCall R.F., 2010. *XBeach model description and manual GenD*. Unesco-IHE Institute for Water Education, Deltares and Delft University of Technology. 108 pp.

- Signell R.P., Chiggiato J., Horstmann J., Doyle J.D., Pullen J., Askari F., 2010. *Highresolution mapping of Bora winds in the northern Adriatic Sea using Synthetic Aperture Radar*. Journal of Geophysical Research. 20 pp.
- Simmons J. A., Marshall L. A., Turner I. L., Splinter K. D., Cox R. J., Harley M. D., Hanslow D. J., Kinsela M.A., 2015. *A more rigorous approach to calibrating and assessing the uncertainty of coastal numerical models*. Australasian Coasts & Ports Conference 2015: 22nd Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference and the 15th Australasian Port and Harbour Conference. Auckland, New Zealand: Engineers Australia and IPENZ: 821-827.
- Soulsby R. L., 1997, *Dynamics of Marine Sands*. London: Thomas Telford Publications. 249 pp.
- Sutherland J., Peet A.H., Soulsby R.L., 2004. *Evaluating the performance of morphological models*. Coastal Engineering, 51: 917-939.
- 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*. In: International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2012), Santander, Spain, July 1-6 2012: book of papers. pp. 1-12
- Van Rijn L. C., 1985, *Sediment transport, part III: bed forms and alluvial roughness*. Journal of Hydraulic Engineering, 110: 1733-1754.
- Van Rijn L.C., Walstra D.J.R., Grasmeijer B., Sutherland J., Pan S., Sierra J.P., 2003. *The predictability of cross-shore bed evolution of sandy beaches at the time scale of storms and seasons using process-based Profile models*. Coastal Engineering, 47: 295-327.
- Zanuttigh B., Simcic D., Bagli S., Bozzeda F., Pietrantoni L., Zagonari F., 2014. *THESEUS decision support system for coastal risk management*. Coastal Engineering 2014.

**Ricevuto il 01/08/2016; accettato 05/05/2017**

## Prime indagini per la valutazione del Beach Litter lungo le spiagge della costa di Pozzallo (Ragusa)

Antonino Duchi<sup>1</sup>, Monica Giampiccolo<sup>2</sup>, Giuseppe Scaglione<sup>3</sup>

<sup>1</sup>via Giordano Bruno 8, Ragusa; e-mail aduchi@tin.it

<sup>2</sup>via Luchino Visconti 23, Ragusa; e-mail dott.mgiampiccolo@gmail.com

<sup>3</sup>via Giuseppe Saragat 20 – 97100 Ragusa; e-mail giuseppescaglione@tiscali.it

### Riassunto

La direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino, prevede al descrittore 10, una particolare attenzione alla presenza di rifiuti in mare ed in particolare all'ambiente costiero. In quest'ambito risulta quindi necessario attivare programmi di monitoraggio significativi, standardizzati e quindi riproducibili e confrontabili. Legambiente, nell'ottica del coinvolgimento di cittadini e volontari nel monitoraggio ambientale, ha avviato, nell'ambito della campagna nazionale "Spiagge e Fondali puliti", un percorso di monitoraggio del Beach Litter, cioè di quella frazione di rifiuti che si possono riscontrare lungo le spiagge. Tale attività è stata inserita in un percorso di Educazione ambientale svolto in collaborazione tra Legambiente Il Carrubo di Ragusa e l'Istituto La Pira di Pozzallo, nell'ambito del Progetto "Un Mare d'Ambiente" finanziato dal Ministero della Gioventù. Una prima indagine è stata quindi attivata presso le spiagge Pietre Nere e Raganzino di Pozzallo con il coinvolgimento di un gruppo di studenti provenienti dall'Istituto Tecnico Nautico Trasporti & Logistica "G. La Pira" di Pozzallo. Tale progetto ha avuto una duplice valenza: da una parte di addestrare e coinvolgere gli studenti in questa procedura d'indagine ambientale, e dall'altra di raccogliere primi dati in un'area ancora non soggetta a tale monitoraggio. Le indagini effettuate hanno permesso di evidenziare differenze nella presenza di rifiuti nelle due spiagge da imputarsi alla diversa collocazione ed utilizzo.

**Parole chiave:** Direttiva 2008/56/CE, educazione ambientale, monitoraggio, scuola, Legambiente

### Abstract

*First investigations for the evaluation of the Beach Litter along the beaches of the coast of Pozzallo (Ragusa). The Directive 2008/56/EC (Marine Strategy) gives a particular attention to the presence of waste at sea and especially in the coastal environment (descriptor 10). Therefore it is necessary to activate monitoring programs, which should be standardized, reproducible and comparable. Legambiente has started a project of Beach Litter Monitoring as part of the international campaign "Clean Up the Med" involving students, citizens and volunteers. The method implies the monitoring of a standard length of beach (100 meters), recording litter in a systematic way along transects perpendicular to the coastline and spaced 2 meters. The main indicators taken into consideration are: litter composition, quantity and size. This activity was included into an Environmental Education programme carried out in partnership between the environmental association Legambiente Il Carrubo Ragusa and the school Istituto Tecnico Nautico Trasporti e Logistica "G. La Pira" of Pozzallo, within the project "A Sea of Environment" funded by the National Ministry of Youth. A survey was then started along the beaches called Raganzino and Pietre Nere, with the involvement of a group of students, to train them in the methods of environmental investigation and to collect the first data in an area not yet subject to such specific monitoring. The data were collected before the*

summer, i.e. before the beaches are 'radically cleaned' by mechanical means: this allowed to analyse the 'normal use conditions' of the beaches and to try to understand the possible sources of the waste. The data showed differences between the two beaches. In fact the amount of litter found in Pietre Nere ( $n=157$ , density:  $0.046/m^2$ ) was about twice that of Raganzino ( $n=331$ ; density:  $0.072/m^2$ ), a difference statistically significant ( $\chi^2 = 84.54$ ; d.f. = 10;  $p < 0.01$ ). This can be explained by observing that in Pietre Nere more than 40% of litter was made up of cigarette butts. Moreover in the Raganzino beach less than one third of the waste was bigger than 25 cm, while in Pietre Nere only less than a fifth was greater than 25 cm. In both the beaches there was a significant presence of plastics, by far the first entry in Raganzino and the second in Pietre Nere. For the first beach, the most abundant in this category were: bottles (26) and caps/lids (20), while in the second the most abundant were caps/lids (28) and shoppers (16). In Pietre Nere, building materials and medical waste (largely blisters) were also found. On the other hand in Raganzino there were metals (largely cans) but also glass bottles, pallets and materials attributable to clothes. In conclusion the investigations carried out, despite being limited to one year and one season, allowed to collect the first beach litter data in this territory. Beyond its fundamental ecological implications, this is important because Pozzallo has focused much of its economic development on tourism and the beach litter can cause, as well as environmental and health problems, even problems linked to the aesthetic value and attractiveness of these beaches. The differences between the two beaches could be due to their different position and use. In fact Pietre Nere beach is more central in the urban environment, with a promenade significantly frequented, with coffee bars, restaurants, reception facilities etc., while the other beach is more peripheral and close to the harbour so its waste can be related both with the use of the beach (a beach resort open throughout the year) and also with harbour inputs. The activity allowed to engage students in an environmental monitoring of their territory. This has been successful: in fact students participated actively and were very interested as they examined a problem of their own environment and could reflect about their active role in the preservation of the coast. Consequently the engagement of residents (in this case students) in this kind of environmental monitoring turned to be positive.

**Key words:** Directive 2008/56/EC, Marine Strategy, citizen science, marine litter, environmental education, monitoring, school, Legambiente

## Introduzione

L'obiettivo della Direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino (Marine Strategy: 2008/56/ECMSFD; EEC, 2008) è il raggiungimento del buono stato ecologico, per le acque marine di ogni stato membro, entro il 2020. Ciò sulla base di 11 descrittori qualitativi, uno dei quali è relativo ai rifiuti che finiscono in mare e sulle spiagge: Descrittore 10 "Le proprietà e le quantità di rifiuti marini non provocano danni all'ambiente costiero e marino". Per raggiungere il buono stato ambientale, quindi, diventa fondamentale monitorare l'origine e la presenza dei rifiuti nelle diverse aree in modo da attuare politiche e interventi che portino alla riduzione degli stessi e di conseguenza anche del loro impatto sull'ecosistema.

Secondo Coe e Rogers (1997) e Cheshire et al. (2009) con il termine di *rifiuti solidi marini* (*marine litter*) si definisce qualsiasi materiale solido persistente (durevole) prodotto dall'uomo e abbandonato nell'ambiente marino, da qualunque fonte esso provenga. Il marine litter proviene principalmente da attività terrestri, ma anche le attività marittime possono rappresentare una fonte rilevante (Coe e Rogers, 1997; Valavanidis e Vlachogianni, 2012). La porzione di rifiuti presenti sulla costa indica in maniera evidente la presenza di un inquinamento da rifiuti solidi marini (Galgani et al. 2011). Riguardo a ciò è stato individuato lo specifico indicatore 10.1.1 "Tendenza delle quantità di rifiuti gettati in mare e depositati sui litorali, compresa l'analisi della loro composizione, la distribuzione spaziale e se possibile la loro provenienza". I rifiuti presenti sul litorale possono derivare da attività locali (presenza di bagnanti e/o stabilimenti balneari), essere trasportati dal vento, provenire da attività dell'entroterra o spiaggiarsi in seguito a mareggiate. Diversi studi concordano che il 70% dei rifiuti presenti in mare affonda, mentre il 15% circa resta in superficie; la restante parte prima o poi finisce sulla spiaggia (Legambiente, 2016).

Uno strumento essenziale per la protezione dell'ambiente è rappresentato da campagne pubbliche mirate all'acquisizione di una maggiore consapevolezza del problema e al coinvolgimento dei cittadini. In quest'ambito, Legambiente da alcuni anni ha attivato l'indagine "BEACH LITTER" nell'ambito della campagna Spiagge e Fondali puliti – Clean-up the Med, che è arrivata al suo quarto anno nel maggio 2017. Al fine di rendere omogenei i dati raccolti e di semplificare il confronto tra le aree esaminate, Legambiente ha messo a punto e verificato sul campo uno specifico protocollo di monitoraggio scientifico.

In letteratura sono presenti dati sulla presenza di rifiuti su alcune spiagge siciliane, comparate con spiagge di altre aree mediterranee (Gabrielides et al., 1991). Per quanto riguarda specificamente la Provincia di Ragusa Legambiente Il Carrubo, tramite i volontari del Centro di Educazione ambientale di Donnalucata (Scicli, Ragusa), ha rilevato dei dati sulla costa iblea, ma nell'ambito di un monitoraggio sulla fauna ornitologica effettuato sotto il coordinamento nazionale di ISPRA (Duchi e Giampiccolo, 2007). Visti i risultati positivi di tale precedente iniziativa e vista la sua efficacia nella replicabilità come strumento di educazione ambientale si è ritenuto valido inserire l'attività di monitoraggio del Beach Litter in un percorso di Educazione ambientale sulla fascia costiera svolto in collaborazione tra Legambiente Il Carrubo di Ragusa e l'Istituto La Pira di Pozzallo, nell'ambito del Progetto "Un Mare d'Ambiente" finanziato dal Ministero della Gioventù. Questo, sia per raccogliere dati originali in un ambiente non monitorato con tale metodica sia per coinvolgere attivamente gli studenti nelle tecniche del monitoraggio ambientale standardizzato e nella valutazione di un problema presente nel loro territorio.

### Area di studio

Pozzallo è l'unico comune interamente costiero della Provincia di Ragusa (Fig. 1) e conta circa 19.000 abitanti. La zona in esame fa parte del litorale sud orientale siciliano e, secondo il P.A.I. coste, rientra all'interno dell'unità fisiografica n. 7 (Regione Siciliana, 2009). Quest'ultima si estende, procedendo da ovest verso est, da Punta Braccetto fino all'Isola delle Correnti. Morfologicamente l'unità fisiografica, come del resto la zona in esame, è caratterizzata da spiagge sabbiose inframmezzate da coste basse rocciose. Il litorale dell'area di studio, cioè il litorale del centro urbano di Pozzallo, è compreso tra Punta Raganzino e la spiaggia di Pietre Nere (Fig. 2). Dalla sporgenza di Punta Raganzino si diparte il molo soprafflutto del porto commerciale di Pozzallo. Ad est del porto la costa è sempre bassa rocciosa, ad esclusione di una piccola spiaggia subito a ridosso del bacino portuale turistico di Pozzallo (spiaggia di Raganzino). Il successivo litorale, antistante la parte orientale del centro abitato di Pozzallo, diventa invece sabbioso formando la spiaggia di Pietre Nere, la cui estremità est termina con una falesia di origine calcarenitica. Litologicamente l'area è interessata da livelli calcarei e marnosi costituiti dalle Alternanze calcilutitiche e calcarenitiche della Formazione Ragusa e dalle marne della Formazione Tellaro (Grasso, 1999).

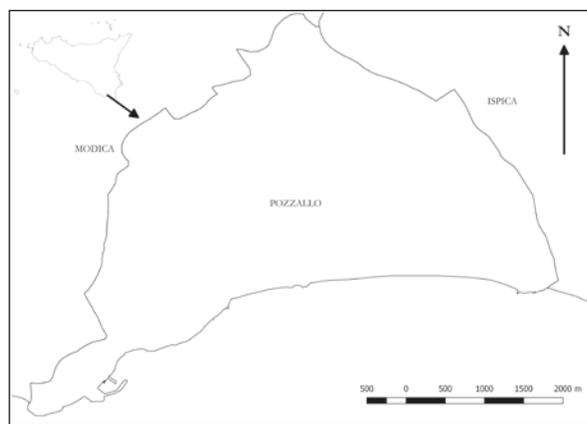


Figura 1. Localizzazione del territorio del comune di Pozzallo.



Figura 2. Area di Studio.



Figura 3. Spiaggia di Raganzino.



Figura 4. Spiaggia di Pietre Nere.

Da studi ed indagini effettuati dalla Provincia Regionale di Ragusa (Regione Siciliana, 2009) è emerso che i sedimenti che costituiscono le spiagge del litorale in esame, come del resto di tutto il litorale ragusano, hanno una prevalente composizione quarzosa ed in misura minore una componente carbonatica, malgrado l'entroterra ragusano sia costituito da livelli calcarei. Ciò è dovuto al trasporto per deriva litoranea, avente direzione Ovest-Est, che ha alimentato le spiagge ragusane, le quali hanno raccolto i sedimenti prevalentemente quarzosi provenienti dai fiumi della Sicilia centrale, tra cui il fiume Imera meridionale, caratterizzati da un elevato trasporto solido.

Le aree di indagine sono state le due spiagge urbane libere di Raganzino e Pietre Nere (Figg. 3 e 4; coordinate: 36°44' N 14°51' E / 36°73' N 14°85' E), per la loro posizione al centro del paese e perché sono le più frequentate. I dati relativi alle due aree, raccolti durante le attività di indagine sono sintetizzati nella Tabella 1.

Tabella 1. Caratteristiche delle spiagge esaminate

	<b>Pietre Nere</b>	<b>Raganzino</b>
<b>Tipo di spiaggia</b>	urbana	urbana
<b>Foci/scarichi</b>	scarico a 300 m	scarico a 300 m
<b>Distanza da porti</b>	2,1 Km	1,5 Km
<b>Siti industriali o discariche</b>	assenti	assenti
<b>Stabilimenti o chioschi in prossimità</b>	presenti	presenti
<b>Uso spiaggia</b>	balneare	balneare
<b>Accesso alla spiaggia</b>	pedonale	pedonale
<b>Tipo di sedimento</b>	sabbia fine	sabbia fine
<b>Area campionamento (m<sup>2</sup>)</b>	4.590	3.415

### Materiali e metodi

I campionamenti sono stati eseguiti in collaborazione con circa 50 studenti appartenenti alle classi I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup>, I<sup>C</sup>, II<sup>A</sup>, II<sup>B</sup>, III<sup>A</sup>, III<sup>B</sup>, III<sup>C</sup>, III<sup>D</sup>, IV<sup>A</sup>, IV<sup>B</sup>, IV<sup>C</sup> e IV<sup>D</sup> in data 12 aprile 2016. Gli studenti del biennio hanno effettuato il transetto presso la spiaggia di Raganzino, mentre quelli del triennio hanno campionato la spiaggia di Pietre Nere; entrambe non ancora pulite in vista della stagione balneare al momento del monitoraggio.

Per quest'indagine è stato applicato lo specifico protocollo di monitoraggio scientifico redatto da Legambiente (2016) sulla base di un protocollo di intesa tra Ministero dell'Ambiente e regioni per: "l'esecuzione di attività di indagine integrative ai fini della attuazione della strategia marina di cui al DLgs. 190/2010" e integrato

con uno specifico documento tecnico europeo (Hanke et al, 2013). Nell'individuazione della tipologia e delle dimensioni dei rifiuti, Legambiente ha fatto riferimento alle categorie OSPAR (OSPAR Commission, 2010). La metodica prevede il monitoraggio di un tratto di spiaggia di lunghezza standard (100 metri) e di larghezza variabile, a seconda dell'ampiezza della spiaggia, dalla battigia fino al sistema dunale, alla vegetazione e/o a manufatti. Nella prima fase si è quindi provveduto ad individuare l'area in esame che è stata misurata tramite rotella metrica. Successivamente l'area è stata suddivisa in transetti distanziati di circa 2 metri, ortogonali alla linea di costa (per un totale di 50 per spiaggia; Fig. 5). Gli studenti, a coppie, hanno percorso i vari transetti in modo sistematico, annotando sulla scheda (Fig. 6) tutti gli oggetti rinvenuti sulla superficie del sedimento (non scavando). I principali indicatori presi in considerazione sono: tipologia del rifiuto, quantità e dimensione dello stesso. I risultati sono stati espressi in numero e percentuale dei rifiuti nonché in quantità totale per m<sup>2</sup> di spiaggia. Le frequenze sono state statisticamente analizzate tramite test  $\chi^2$ .

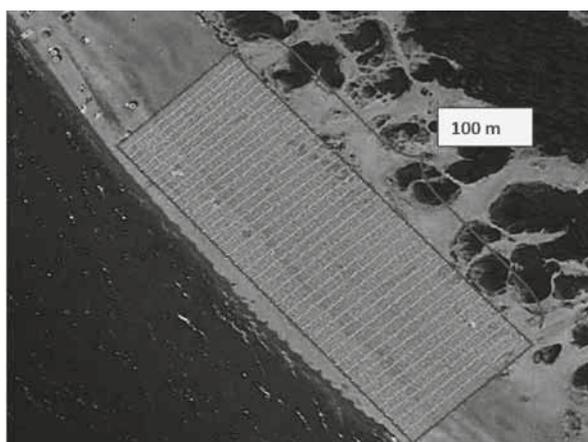


Figura 5. Schema della griglia di campionamento.



Figura 6. Attività di annotazione dei rifiuti.

## Risultati

Le tipologie e le quantità di rifiuti riscontrate sono riportate nella Tabella 2. Nel complesso sono stati censiti 468 rifiuti appartenenti a 62 categorie OSPAR: 157 nella spiaggia di Raganzino (pari ad una densità di 0,046/m<sup>2</sup>) e 331 in quella di Pietre Nere (densità 0,072/m<sup>2</sup>). Ne consegue che la quantità di rifiuti riscontrata a Pietre Nere è risultata essere circa il doppio di quella di Raganzino; tale differenza è risultata statisticamente significativa ( $\chi^2= 84,54$ ; g.d.l.=10;  $p<0,01$ ). Questo è spiegabile osservando che a Pietre Nere ben il 40% dei rifiuti era costituito da mozziconi di sigaretta. Inoltre per quanto concerne nel complesso la dimensione dei rifiuti è emerso che nella spiaggia di Raganzino quelli di dimensioni superiori ai 25 cm erano meno di un terzo del totale, mentre a Pietre Nere erano solo meno di un quinto: di conseguenza a Pietre Nere nel complesso i rifiuti erano più piccoli e quindi più numerosi. Evidente comunque in entrambe le spiagge la notevole presenza di rifiuti plastici, che sono nel totale di gran lunga la prima voce. Ma anche in questo caso si osservano differenze tra le due spiagge: infatti mentre a Raganzino rappresentano la frazione più abbondante, a Pietre Nere, pur essendo molto frequenti, risultano secondi per numero. Per la prima spiaggia -in questa categoria- i rifiuti più abbondanti sono stati bottiglie per bevande (26) e tappi/coperchi (20), mentre nella seconda i più rappresentati sono stati tappi/coperchi (28) e shopper (16). Infine a Pietre Nere sono stati riscontrati materiali da costruzione, assenti invece a Raganzino. I rifiuti sanitari più riscontrati a Pietre Nere erano in gran parte blister di medicinali. I metalli osservati a Raganzino erano in gran parte lattine, inoltre vi era una certa presenza di bottiglie di vetro, di pallet e materiali riconducibili a vestiario.

Tabella 2. Composizione dei rifiuti riscontrati nelle spiagge oggetto di studio

Rifiuti	RAGANZINO		PIETRE NERE		TOTALE	
	N	%	N	%	N	%
Plastica	105	66,9	103	33,1	208	44,44
Mozziconi di sigaretta	9	5,73	123	39,5	132	28,21
Metallo	7	4,46	12	3,86	19	4,06
Rifiuti sanitari	1	0,64	7	2,25	8	1,71
Carta	9	5,73	13	4,18	22	4,70
Materiali da costruzione	0	0	12	3,86	12	2,56
Vetro	5	3,18	6	1,93	11	2,35
Gomma	2	1,27	2	0,64	4	0,85
Tessili	6	3,82	3	0,96	9	1,92
Manufatti di legno	12	7,64	23	7,4	35	7,48
Altro (pezzi di rete)	1	0,64	7	2,25	8	1,71
TOT	157	100	311	100	468	100

## Discussione e Conclusioni

Le indagini effettuate, pur essendo limitate ad un solo anno ed a una sola stagione, hanno permesso di raccogliere i primi dati su questa forma d'impatto ambientale nel territorio considerato, dati di particolare interesse oltre ed al di là delle pur importanti implicazioni ecologiche, perché il Comune di Pozzallo ha puntato molto del suo sviluppo economico sul turismo.

I dati sono stati raccolti prima della stagione balneare e riflettono le condizioni di uso 'abituale' della spiaggia e quindi le possibili fonti degli stessi rifiuti, prima che le spiagge stesse vengano sottoposte a 'radicale pulizia' tramite mezzi meccanici.

Nel complesso nelle spiagge indagate emerge la notevole presenza di rifiuti plastici, in accordo con: altre spiagge iblee (Duchi e Giampiccolo, 2009), siciliane (Gabrielides et al., 1991), del resto d'Italia (Poeta et al. 2016) e con una tendenza globale (Moore et al., 2001; Derraik, 2002; Ivar and Costa, 2007; Poeta et al., 2014; Bouwman et al., 2016; Munari et al., 2016; Williams et al., 2016). Inoltre anche in queste spiagge il maggior numero di rifiuti è concentrato in poche categorie (plastica e mozziconi di sigarette) come riscontrato in altre indagini (Bouwman et al., 2016; Munari et al., 2016; Williams et al., 2016). Nell'ambito dei rifiuti plastici la maggioranza era costituita da bottiglie per bevande, tappi/coperchi e shopper, quindi non imputabili a immissione di rifiuti nel sistema fognario, ma piuttosto possono essere messe in relazione alla frequentazione anche invernale di tali spiagge.

Il monitoraggio effettuato ha permesso di evidenziare palesi differenze tra le due spiagge, imputabili alla diversa collocazione ed al diverso uso delle stesse. Infatti la spiaggia di Pietre Nere, essendo più centrale nell'ambito urbano, con un lungomare significativamente frequentato, con bar, punti di ristoro, strutture di ricezione ecc. ha presentato uno spettro di rifiuti in linea con tale posizione ed uso, con prevalenza di mozziconi di sigaretta, plastica, scarti edili e rifiuti sanitari. Va evidenziato che la significativa presenza di scarti edili nelle spiagge urbane si conferma una caratteristica tipica della Sicilia, come già riscontrato da altri autori (Gabrielides et al., 1991): va considerato tra l'altro che la presente indagine non ha valutato il peso dei rifiuti stessi ma solo il loro numero. È verosimile infatti che, nel caso del peso, il valore percentuale di tali rifiuti sarebbe stato maggiore.

L'altra spiaggia è più periferica e vicina al porto e presenta una netta preponderanza di rifiuti plastici, in particolare bottiglie, che possono essere messe in relazione sia con l'uso della spiaggia (nei pressi del transetto sono presenti strutture di ristorazione attive tutto l'anno, e da qui anche la presenza di lattine e bottiglie in

vetro) sia probabilmente tramite apporti da mare vista la vicinanza del porto. Dal mare potrebbero anche arrivare i pallet e i tessuti riscontrati.

Nel complesso comunque si conferma la preponderante fonte terrestre dei rifiuti sulle spiagge di Pozzallo, come evidenziato tra l'altro, oltre che dalla presenza di scarti edili, dalla bassa presenza di scarti di rete, una componente tipica dei rifiuti di origine marina (Gabrielides et al., 1991).

La metodica applicata si è rivelata estremamente efficace ed intuitiva per essere utilizzata da studenti ad un primo approccio con un monitoraggio ambientale: ciò risulta particolarmente promettente per l'implementazione del coinvolgimento di volontari nel monitoraggio di tale forma di impatto ambientale che in tal modo può rendere rapida ed economica un'indagine che altrimenti rischia di essere impegnativa e conseguentemente limitata ad aree ristrette di territorio. Infatti, altre indagini, sicuramente più analitiche, svolte senza l'ausilio dei volontari, hanno permesso di analizzare porzioni di spiaggia estremamente più limitate (Gabrielides et al., 1991). Inoltre, il coinvolgimento degli studenti in un monitoraggio ambientale del loro territorio ha avuto un esito positivo giacché essi si sono mostrati attivamente partecipi ed interessati. L'attività ha altresì permesso loro di focalizzare l'attenzione in modo concreto su un problema di un ambiente che essi stessi vivono, ma evidentemente in modo non approfondito; ciò ha così permesso di intavolare una discussione sul loro possibile ruolo attivo nella salvaguardia del territorio costiero. I risultati hanno quindi evidenziato come questo tipo di coinvolgimento della cittadinanza (in questo caso della componente costituita dagli studenti) abbia importanza in questo tipo di monitoraggio ambientale, come già evidenziato in altre realtà (Conrad e Hilchey, 2011).

È infine manifesto che la gestione dei rifiuti ed il controllo del loro smaltimento rivesta un'importanza significativa nel territorio in questione e quindi vanno considerati come obiettivi primari sia dal pubblico che dal privato che dai singoli. Infatti il beach litter può provocare, oltre a problemi ambientali e sanitari, anche problemi di valore estetico e di attrattività delle spiagge stesse (Ballance et al, 2000). La presente prima indagine ha permesso di individuare le principali tipologie di rifiuti, la loro distribuzione e probabile origine: elementi importanti per attivare strategie mirate per la loro riduzione. E' auspicabile inoltre che il coinvolgimento degli studenti continui, anche per raccogliere ulteriori dati ad integrazione e prosecuzione di questo monitoraggio.

### Ringraziamenti

Si ringraziano gli studenti che hanno redatto le schede e digitalizzato i dati. Si ringraziano la Dirigente ed i docenti dell'Istituto Superiore Statale per la Nautica "Giorgio La Pira" di Pozzallo per la fattiva collaborazione. Grazie ad Ilaria Rodella per la sua revisione del lavoro. Si ringrazia Stefania Di Vito di Legambiente nazionale per aver fornito lo schema di rilevamento sul campo. Indagine effettuata nell'ambito del Progetto "Un Mare d'Ambiente" svolto in collaborazione tra Legambiente Il Carrubo Ragusa ed il Comune di Pozzallo, finanziato dal Ministero della Gioventù.

### Bibliografia

- Ballance A., Ryan P.G., Turpie J.K., 2000. *How much is a clean beach worth? The impact of litter on beach users in the Cape Peninsula, South Africa*. South African Journal of Science, 96: 210–213.
- Bouwman H., Evans S.W., Cole N., Choong Kwet Yive N.S., Kylin H., 2016. *The flip-or flop boutique: marine debris on the shores of St Brandon's rock, an isolated tropical atoll in the Indian Ocean*. Mar. Environ. Res. 114: 58–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.12.013>.
- Cheshire A.C., Adler E., Barbière J., Cohen Y., Evans S., Jarayabhand S., Jeftic L., Jung R.T., Kinsey S., Kusui E.T., Lavine I., Manyara P., Oosterbaan L., Pereira M.A., Sheavly S., Tkalin A., Varadarajan S., Weneker B., Westphalen G., 2009. *UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter*. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83. 120 pp.
- Coe J.M., Rogers D.B., 1997. *Marine debris: sources, impacts, and solutions*. Springer, New York. 432 pp.
- Conrad C.C., Hilchey K.G., 2011. *A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities*. Environ. Monit Assess. 176: 273–291.

- Derraik J.G.B., 2002, *The pollution of the marine environment by plastic debris: a review*. Mar. Pollut. Bull. 44: 842–852.
- Duchi A., Giampiccolo M., 2009. *Monitoraggio Uccelli Spiaggiati (M.U.S.) come occasione formativa e di indagine ambientale: un'esperienza in provincia di Ragusa*. Atti XV Convegno Italiano di Ornitologia. Alula, 16: 724-726.
- Foster-Smith J., Evans S.M., 2003. *The value of marine ecological data collected by volunteers*. Biological Conservation, 113 (2): 199-213.
- Gabrielides G.P., Golik A., Loizides L., Marino M.G., Bingel F., Torregrossa M.V., 1991. *Man-made garbage pollution on the Mediterranean coastline*. Marine Pollution Bulletin, 23: 437-441
- Galgani F., Hanke G., Werner S., Piha H., 2011. *MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter. Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements*. JRC scientific and technical report, EUR 25009 EN. 93 pp.
- Grasso M., 1999. *Carta Geologica del settore centro-meridionale dell'Altopiano ibleo*. Università degli Studi di Catania.
- Hanke G., Galgani F., Werner S., Oosterban L., Nilsson P., Fleet D., Kinsey S., Thompson R., Palatinus A., Van Franeker J. A., Vlachogianni T., Scoullou M., Veiga J. M., Matiddi M., Alcaro L., Maes T., Korpinen S., Budziak A., Leslie H., Gago J., Liebezeit G., 2013. *Guidance on monitoring marine litter in European seas*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 126 pp.
- Ivar do Sul J. A., Costa M. F., 2007. *Marine debris in the Wider Caribbean Region: from the 1970s until now, and where do we go from here?* Mar. Pollut. Bull. 54, 1087–1104.
- Legambiente, 2016, *Beach litter 2016*. [https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/legambiente\\_beachlitter2016\\_def.pdf](https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/legambiente_beachlitter2016_def.pdf).
- OSPAR Commission , 2013, *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*. Edition 1.0.
- Moore S.L., Gregorio D., Carreon M., Weisberg S.B., Leecaster M.K., 2001. *Composition and distribution of beach debris in Orange County, California*. Mar. Pollut. Bull. 42, 241–245.
- Munari C., Corbau C., Simeoni U., Mistri M., 2016. *Marine litter on Mediterranean shores: analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches*. Waste Manag. 49: 483–490. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.010>.
- Poeta G., Battisti C., Acosta A. T. R., 2014. *Marine litter in Mediterranean sandy littorals: spatial distribution patterns along central Italy coastal dunes*. Mar. Pollut. Bull. 89 (1): 168–173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.10.011>.
- Poeta G., Battisti C., Bazzichetto M., Acosta A.T.R., 2016. *The cotton buds beach: Marine litter assessment along the Tyrrhenian coast of central Italy following the marine strategy framework directive criteria*. Mar. Pollut. Bull. 113: 266–270.
- Regione Siciliana Dipartimento Territorio e Ambiente , 2009, *Piano stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) Unità Fisiografica n. 7*. [http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/CD\\_PAI/UNITA\\_07/UF\\_07/Documenti/RELAZIONE%20UNITA'%20FISIOGRAFICA%207.pdf](http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/CD_PAI/UNITA_07/UF_07/Documenti/RELAZIONE%20UNITA'%20FISIOGRAFICA%207.pdf)
- Valavanidis A., Vlachogianni T., 2012. *Marine litter: man-made solid waste pollution in the Mediterranean Sea and coastline. Abundance, composition and sources identification*. Environmental Chemistry, Toxicology and Ecotoxicology Resources. <http://www.chem-tox-ecotox.org/wp/wp-content/uploads/2012/02/MARINE-LITTER-REVIEW-2011.pdf>
- Williams A.T., Randerson P., Di Giacomo C., Anfuso G., Macias A., Perales J. A., 2016. *Distribution of beach litter along the coastline of Cádiz, Spain*. Mar. Pollut. Bull. 107 (1): 77–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.015>.

**Ricevuto il 29/09/2016; accettato 24/05/2017**

## Sviluppo di un DSS integrato per il monitoraggio dell'ambiente costiero

Michele Greco<sup>1,2</sup>, Giovanni Martino<sup>1</sup>, Annibale Guariglia<sup>3</sup>,  
Lucia Trivigno<sup>2</sup>, Angela Losurdo<sup>3</sup>, Vito Sansanelli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Università della Basilicata, Scuola di Ingegneria, Via dell'Ateneo Lucano 10, Potenza, Italia,  
e-mail michele.greco@unibas.it

<sup>2</sup>Centro di Geomorfologia Integrata per l'Area del Mediterraneo, Via F. Baracca 175, Potenza, Italia,  
e-mail info@cgiam.org

<sup>3</sup>Geocart Srl, Viale del Basento 120, Potenza, Italia,  
e-mail a.guariglia@geocart.net

### Sommario

Nel presente lavoro si descrivono i primi risultati funzionali del progetto operativo regionale denominato "Implementazione di un sistema di previsione e prevenzione del rischio idraulico" che è parte integrante del più ampio progetto "MATER" - finalizzato allo sviluppo di una *Metodologia di Analisi ambientali e TERritoriali* connessa allo sfruttamento di risorse naturali.

L'obiettivo principale del progetto "MATER", durante la fase di start-up, è stato quello di definire un sistema di monitoraggio per la previsione e la prevenzione del rischio idraulico-costiero attraverso la strutturazione e l'implementazione di un Decision Support System (DSS) basato sull'elaborazione di dati radar con particolare riferimento alle nuove missioni satellitari, quali Sentinel-1 e COSMOSkyMed che permettono di produrre informazioni territoriali, quali ad esempio la linea di costa, i movimenti delle coste alte e rocciose, la variazione della vegetazione retrodunale, la localizzazione di sversamenti inquinanti sotto costa, di fondamentale importanza per la tutela dell'ambiente costiero e per la salvaguardia delle attività socio-economiche presenti in tale area.

Il DSS, realizzato in ambiente GIS open-source, è espandibile, è basato su cataloghi open-data ed è in grado di gestire e visualizzare sia le informazioni di base, ivi compresi i relativi metadati, sia i risultati di elaborazione e processamento con codici open-source di change-detection, di segmentazione e di modellazione idraulica e morfologica.

La definizione del DSS ha previsto nel contempo lo sviluppo di metodologie integrative al monitoraggio sistematico e continuo della costa, lo stesso è stato interfacciato in ambiente WebGIS compatibile con il geoportale della Regione Basilicata (RSDI), attraverso l'integrazione dei dati al suolo e in remoto con tecnologie informatiche Open Source per l'analisi di base e la pubblicazione web di dati geografici, orientando l'applicazione ad una consultazione per l'utente finale semplice ed intuitiva.

**Parole chiave:** DSS, SAR, change-detection, rischio costiero

### Summary

*The earliest and functional results of the regional operative project (OP) named "Implementation of hydraulic risk forecast and prevention system" are showed in the present paper. The OP is one of the fundamental components of the project named MATER. The Mater project is aimed to develop a methodology for environmental and territorial analysis related to the exploitation of natural resources. The main target of MATER, during the start-up step of the project, consists of the definition of a monitoring system finalized to coastal-hydraulic risk forecast and prevention by Decision Support System (DSS) implementation. The DSS is based on new satellite radar data Sentinel-1 and*

*COSMOSkyMed which allow to re-produce territorial information such as coastline, rocky shore displacement, retrodunal vegetation variations, oil spill nearshore detection. The aforementioned information are fundamental to protect coastal environment and to safeguard socio-economic activities existing in the coastal region. The DSS is developed by free and open-source geospatial software, it is extensible, based on open-data catalogues and it is able to manage and to visualize both basic information (and the related metadata) and results come from open-source code change-detection processing and morpho-hydraulic modelling. The DSS is interconnected with a friendly and intuitive WebGIS compatible with the Basilicata Region web geo-portal environment.*

**Keywords:** DSS, SAR, change-detection, coastal risk

## Introduzione

La crescente densità di popolazione concentrata lungo i litorali e la progressiva espansione di attività connesse all'utilizzo delle risorse marine e costiere, rappresentano alcune delle problematiche che minacciano i delicati equilibri naturali del mare e della costa nonché l'insorgere di oggettive problematiche connesse con la gestione dei rischi costieri di erosione ed inondazione.

Per la Basilicata, che sviluppa circa 75 Km di litorale dalla morfologia varia (roccioso a falesie, sabbioso e ciottoloso), il sistema costiero rappresenta una risorsa di grande valenza naturalistica e paesaggistica nonché una preziosa realtà da tutelare e valorizzare attraverso uno sviluppo economico e sociale rispettoso degli ecosistemi naturali.

I problemi di erosione costiera generati negli anni, in misura prevalente dall'alterazione del regime degli apporti solidi fluviali e dall'incremento della pressione antropica per insediamenti turistici e produttivi, combinati con il conseguente e concorrente rischio di inondazione, hanno contribuito a porre all'attenzione pubblica i temi del monitoraggio e della difesa dei litorali, facendo emergere una coscienza comune sempre più sensibile all'opportunità di destinare risorse ed interventi mirati alla prevenzione dei rischi piuttosto che agli interventi di emergenza. Questa nuova cultura non può che basarsi su una capillare e sistematica analisi delle aree vulnerabili costiere, al fine di individuare le misure necessarie a contrastare ed arginare le ulteriori forme di aggressione e compromissione del sistema costiero lucano (cfr. Piano Regionale per la Gestione delle Coste della Regione Basilicata).

In tale contesto, particolarmente sensibile e vulnerabile, sono state indirizzate risorse idonee a sviluppare ed implementare sistemi di monitoraggio, convenzionali ed avanzati, idonei a supportare con continuità le fasi di pianificazione e gestione delle aree costiere. Il presente lavoro riporta in sintesi i primi risultati funzionali del Progetto Operativo regionale MATER - finalizzato allo sviluppo di una *Metodologia di analisi Ambientali e TERritoriali* connessa allo sfruttamento di risorse naturali - tra i cui obiettivi finali è prevista la definizione e realizzazione di un sistema di monitoraggio per la previsione e la prevenzione del rischio idraulico-costiero basato sull'integrazione e sull'utilizzo di dati al suolo e dati radar, con specifico riferimento alle nuove missioni satellitari, quali Sentinel-1 e COSMOSkyMed che "osservano" la Terra di giorno e di notte, indipendentemente dalla copertura nuvolosa.

La rilevanza delle tecniche di remote sensing da satellite nell'ambito applicativo specifico del Monitoraggio dell'ambiente "Costa" è stata dimostrata da importanti progetti di ricerca finanziati a livello nazionale ed europeo. Tra questi è possibile citare il progetto LITTORISK (anno 2007 INTERREG IIIC sud – NOE' Programme) e il progetto BEACHMED (anno 2008 INTERREG III C Programme).

Il Progetto LITTORISK aveva come obiettivo generale la produzione di mappe geografiche informative del territorio dall'applicazione di tecniche di processamento di immagini satellitari ottiche di media risoluzione, le immagini ASTER, di alcune immagini ad alta risoluzione, le immagini IKONOS, della carta del suolo CORINE e di campagne a terra. I layer informativi sono stati prodotti a copertura dell'area di studio definita sulla costa molisana. Il progetto BEACHMED sviluppato nell'ambito del Programma INTERREG IIIC ha riguardato lo sviluppo di 9 sottoprogetti con la partecipazione di 36 partner tra cui Università, Istituti di Ricerca ed Associazioni locali.

Il sottoprogetto OPTIMAL aveva come obiettivo l'ottimizzazione di Tecniche Integrate di Monitoraggio applicate ai litorali. Di rilievo alcune considerazioni conclusive riscontrate a fine Progetto per ottimizzare il servizio di monitoraggio del fenomeno di evoluzione dell'ambiente costa:

1. *sono necessarie informazioni territoriali di adeguata risoluzione spaziale, temporale e di alta frequenza di acquisizione;*
2. *le procedure applicate devono essere adeguatamente documentate al fine di poter ripetere più volte l'applicazione delle tecniche;*
3. *al fine di rendere i servizi ampiamente diffusi è necessario abbassare i costi che soprattutto nel passato erano fortemente vincolati dal costo dei dati satellitari;*
4. *i dati, per essere ampiamente utilizzati a livello europeo, devono rispettare gli standard vigenti.*

Dal 2014, con il lancio del primo satellite del Programma europeo Copernicus, denominato Sentinel-1, è iniziato un periodo di svolta per i dati satellitari di tipo radar ed ottico. Essi infatti risultano molto più performanti in termini di risoluzione spettrale, di risoluzione geometrica e in termini di tempi di rivisitazione, rispetto alle missioni satellitari già operative, tutto ciò risulta di maggiore rilevanza grazie alla nuova politica di accesso ai dati, per la quale, tutti i dati acquisiti in ambito di Copernicus sono accessibili a tutti gratuitamente.

Il progetto MATER, tra i prodotti operativi, prevede la strutturazione e l'implementazione di un DSS espandibile e basato su cataloghi open-data, in grado di gestire e visualizzare sia le informazioni di base, ivi compresi i relativi metadati, sia i risultati di elaborazione e processamento con codici open-source di change-detection, di segmentazione e di modellazione idraulica e morfologica. Il DSS prevede lo sviluppo di metodologie integrative al monitoraggio sistematico e continuo della costa, interfacciato in ambiente webGIS compatibile con il geoportale regionale (RSDI), attraverso l'integrazione dei dati al suolo e in remoto con tecnologie informatiche Open Source per l'analisi di base e la pubblicazione web di dati geografici, orientando l'applicazione ad una consultazione per l'utente finale semplice ed intuitiva.

I dati geografici sono prodotti dall'applicazione di algoritmi sviluppati dal gruppo di lavoro e basati sulle tecniche di processamento per i dati radar quali, ad esempio, PSInSAR, Segmentazione dell'immagine e Change Detection. Nello specifico l'algoritmo basato sulla tecnica PSInSAR (Permanent Scatterers SAR Interferometry) è finalizzato alla rilevazione dei movimenti della costa rocciosa, l'algoritmo basato sulle tecniche di segmentazione dell'immagine permette l'estrazione automatica della linea di costa e l'algoritmo di change-detection è in grado di rilevare nuove strutture, quali ad esempio edifici, stabilimenti balneari sversamenti di rifiuti etc., nell'area costiera. Tutti i dati geografici sono caricati nel sistema GIS/WEBGIS e rispettano gli standard di interoperabilità WMS (Web Map Service) definiti dall'OGC (Open Geospatial Consortium).

L'attività di validazione ha previsto il confronto delle informazioni prodotte con i processi di elaborazione e le "verità a terra". Queste ultime sono state acquisite principalmente per mezzo di campagne aeree effettuate con un set di sensori quali camera metrica, camera termica, sistemi iperspettrali e Laser. Le informazioni così validate, come p. es. la linea di costa, costituiscono i dati di input dei modelli di morfo-idrodinamica utilizzati nell'ambito del Progetto (DELFT3D-Deltares) e sono volti a prevedere, attraverso la modellazione di scenari, l'evoluzione dell'ambiente costiero.

Il risultato finale è l'integrazione tra le informazioni geografiche prodotte dall'applicazione delle tecniche di elaborazione (determinazione della linea di costa, del confine di vegetazione retrodunale, dei movimenti della costa rocciosa, delle aree di nuova costruzione) e le analisi di tipo numerico riguardanti le dinamiche morfo-evolutive del litorale. Tali informazioni, potranno essere ulteriormente utilizzate per definire prodotti complementari come le mappe di vulnerabilità della costa.

Nel prosieguo sono illustrati la strutturazione e le principali funzionalità del DSS e del WebGIS.

### **Implementazione del Sistema GIS-DSS**

L'analisi dei requisiti funzionali ed architeturali del sistema, coadiuvata dalla ricerca e l'individuazione delle soluzioni di riferimento nell'ambito dell'ingegneria del software, hanno portato alla progettazione di un'architettura scalabile e modulare.

Il diagramma UML riportato nella successiva Figura 1 rappresenta la modellazione dell'architettura del sistema MATER, evidenziandone la modularità. In esso, infatti, si possono individuare, sia i componenti software sia le interfacce interne ed esterne del sistema.

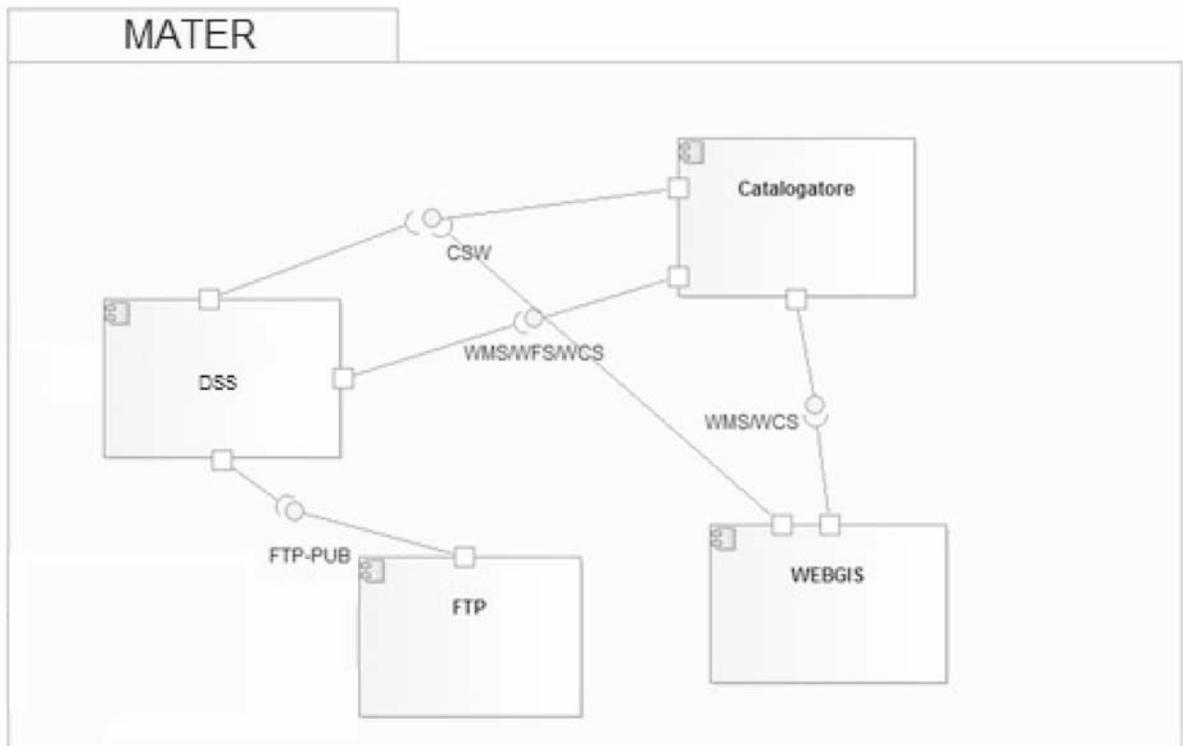


Figura 1. Architettura software.

Le componenti del sistema sono:

- SERVER FTP che consente il deposito dei file.
  - CATALOGATORE che consente agli utenti di pubblicare un catalogo delle descrizioni dei set di dati (metadati) per il web tali da poter essere interrogati e aggiornati dai client del catalogo.
  - WEBGIS che è un sistema informativo geografico (GIS) pubblicato in Internet, ovvero un servizio cartografico che rende disponibile dati sul web.
  - DSS (Decision support system) che rappresenta un sistema software di supporto alle decisioni che, sulla base di algoritmi, consente di estrarre dai dati disponibili informazioni utili ai processi decisionali
- Nello specifico, un DSS è un sistema software che mette a disposizione dell'utente, il decisore, una serie di funzionalità di analisi dei dati e di modelli in maniera interattiva e, possibilmente semplice e speditiva, allo scopo di aumentare l'efficienza e l'efficacia del processo decisionale mediante la simulazione di scenari alternativi nel dominio spazio-temporale.

In tal senso, un'evoluzione dei DSS è costituita dagli Spatial Decision Support Systems (SDSS) che presentano il valore aggiunto dell'esplicita considerazione della dimensione spaziale dei problemi decisionali, caratteristica intrinseca alle questioni relative alla trasformazione ed alla gestione del sistema territoriale. Il sistema GIS-DSS della piattaforma MATER si configura come un SDSS. Tale sistema è stato volutamente implementato basandosi su soluzioni Open-Source ed estendendone le funzionalità. Pertanto, preliminarmente si è proceduto allo studio ed all'analisi dello stato dell'arte delle soluzioni Open-Source in ambito GIS disponibili ed a valle di una attenta analisi si è scelto di utilizzare QuantumGIS (QGIS).

QGIS è un sistema Open Source rilasciato sotto GNU General Public License ed è un progetto ufficiale della Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Il software è disponibile per piattaforma Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e supporta numerosi formati di dati spaziali; inoltre consente di effettuare elaborazioni su database spaziali offrendo strumenti di analisi vettoriale, geoprocessing e gestione database. Infine, è possibile adattare QGIS ad esigenze specifiche grazie all'architettura estendibile dei plug-ins che possono essere creati con apposite librerie. Il modulo DSS è stato implementato in Python (ver. 2.7) e si configura come plug-in di QGIS (ver. 2.10 Pisa) su OS Windows 7 pro 64 bit.

### Strati informativi implementati – tools & plug-in

Nell'ambito del Progetto Operativo (PO) è stato implementato un progetto QGIS contenente diversi strati informativi di archivio ovvero di nuova acquisizione e quindi aggiornabili dall'utente. Gli strati informativi attualmente implementati sono costituiti dai dati multisorgente riportati in Tabella 1.

**Tabella 1. Strati informativi attualmente implementati.**

<i>Strato informativo</i>	<i>Contenuti</i>
Quadro di unione	Tutti gli strati informativi di tipo raster, ad eccezione dei dati satellitari uniformati nel taglio e nella denominazione dei files secondo i tagli ufficiali della cartografia rilasciata dall'Istituto Geografico Militare.
Batimetria	Dati di archivio relativi alle campagne batimetriche per gli anni 2012 e 2015.
Cartografia	Dato storico in formato raster della cartografia ufficiale IGM al 25.000 edizione 1949
DTM	Modelli digitali del terreno in formato raster derivati da scansioni lidar aeree di archivio e di nuova acquisizione nel corso dei rilievi dedicati alla implementazione del progetto. In particolare sono stati pre-caricati i modelli relativi ai rilievi per gli anni 2006, 2008, 2011, 2012, 2013, 2015
Linea di costa	Linee di costa, in formato vettoriale prodotte da dati multisorgente, sia di archivio che di nuova acquisizione. In particolare sono state estratte secondo la disponibilità dei dati nel seguente ordine preferenziale: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. dai dati laser</li> <li>2. da ortofoto digitali</li> <li>3. da cartografia storica</li> </ol> Sono stati estratti i dati relativi agli anni: 1947, 1949, 1988, 2001, 2005, 2006, 2008, 2011, 2012, 2013, 2015
Ortofoto	Strati informativi relativi a ortofoto storiche e di archivio, in B/N e a colori, ottenute con tecnologie analogiche e ortofoto di recente produzione ottenute con camere digitali ad alta risoluzione. Gli strati pre-caricati sono relativi agli anni 1947, 1998, 2001, 2006, 2008, 2011, 2012, 2013, 2015.
Termografia	Rilievo aereo su tutta la fascia costiera eseguito con camera termica digitale nel 2012.
Immagini satellitari	Catalogo di esempio contenente alcune immagini satellitari e relative linee di costa estratte dai dati stessi. Sono stati inseriti dati Radar Sentinel 1 e Ottici Sentinel 2. Sui dati satellitari non è stata eseguita alcuna operazione di ritaglio ma sono stati inseriti nella piena copertura dell'immagine acquisita.
Rilievo Topografico	Rilievo a terra 2015 disponibile sotto forma di punti acquisiti e di linea di costa derivata dai punti acquisiti. È stato inoltre fornito e pre-caricato un analogo dataset di archivio, corrispondente ad una campagna di rilievi GPS del 2006.
Dati Lidar	Dati laser di archivio e delle nuove campagne sono stati resi disponibili, previo un accurato lavoro di ritaglio e omogenizzazione geografica.

QGIS gestisce nativamente una serie innumerevole di formati di dati raster e vettoriali ma non i dati Lidar grezzi, per tale necessità specifica, durante l'iter del progetto è stato sviluppato un plug-in ad hoc. Il plug-in, denominato *LAStoDEMCompare*, gestisce il work-flow che dal dato in formato lidar porta alla creazione del DEM in formato Raster e quindi alla gestione ed alla interrogazione del dato estratto.

### **Principali Tools e Plug-in. Gestione dei datum geografici**

Poiché tra le facoltà dei sistemi GIS vi è quella di gestire strati informativi in differenti sistemi di coordinate, nell'ambito del progetto è stata approfondita la modalità di gestione e trasformazione delle coordinate in ambiente QGIS, in modo da garantire la massima precisione possibile nel caricamento e nella gestione dei dati multisource disponibili ovvero futuri.

La gestione dei datum geografici in ambiente QGIS è affidata ad un algoritmo di ri-proiezione al volo (OTF) che gestisce automaticamente le trasformazioni di datum e le proiezioni geografiche tra strati informativi in differenti sistemi di coordinate mediante alcune librerie specifiche prodotte e distribuite da OSGeo.

Tali librerie contengono, per la quasi totalità dei sistemi di riferimento, globali e locali, i parametri geodetici quali proiezione, ellissoide, false origini e fattori di scala, utili alla ri-proiezione automatica del dato geografico associato. In tal modo si garantisce all'utente la fruizione di informazioni geografiche prodotte in diversi sistemi di riferimento. Tuttavia, la precisione con cui i dati vengono riproiettati, e quindi sovrapposti, varia in base al datum di origine, passando da trasformazioni rigorose per i sistemi globali a trasformazioni approssimate per alcuni sistemi locali.

Infatti, dato che, come ampiamente noto, i sistemi maggiormente diffusi in Italia sono la proiezione Gauss-Boaga e le proiezioni ETRF89/ETRF2000, i software GIS, tra cui QGIS, utilizzano degli algoritmi semplificati, basati sulle trasformazioni di Helmert a 7 parametri, a validità generale per tutto il territorio nazionale, fornendo quindi dei valori di trasformazione approssimati e soggetti a diversi metri di errore, variabili in base all'altimetria, nelle zone di interesse.

Si è pertanto proceduto alla definizione di una nuova libreria mediante il ricalcolo dei suddetti parametri al fine di migliorare la precisione delle trasformazioni in ambito regionale. L'applicazione dei parametri ricalcolati su un campione di punti trasformati ha portato a scarti di posizione medi di circa 30 cm sui punti trasformati con metodi rigorosi che utilizzano i grigliati dell'Istituto Geografico Militare.

### **Estrazione della linea di costa**

Le risultanze dei processamento, il mapping della linea di costa, il mapping della vegetazione retrodunale, la rilevazione dei movimenti delle coste rocciose, nonché, di edifici di nuova costruzione e di sversamenti, sono state prodotte dall'applicazione di algoritmi appositamente ideati e basati sulle innovative tecniche di processing delle immagini satellitari radar come per esempio le tecniche di segmentazione delle immagini, di change-detection e di PSInSAR. Tutti i prodotti di processamento di dati satellitari Sentinel hanno l'importante vantaggio di poter essere ciclicamente aggiornati, con una frequenza che è pari alla frequenza di acquisizione del dato satellitare. Nel caso di specie, la frequenza di rivisitazione nel caso della coppia dei satelliti Sentinel-1 è pari a 6 giorni.

Nel caso specifico del mapping della linea di costa, il DSS di Progetto ha al suo interno un tool applicativo auto-consistente, con una indipendente interfaccia grafica, che implementa un algoritmo sviluppato dal gruppo di lavoro, basato sulle tecniche di segmentazione dell'immagine, che permette di scorrere l'immagine da nord a sud e di determinare i punti di separazione costa-mare. L'algoritmo su cui è basato il tool permette di determinare la linea di costa da immagini satellitari Sentinel-1 e CosmoSkyMed. La linea di costa così determinata costituisce un layer disponibile nel dataset del DSS.

L'algoritmo implementato si basa sulla tecnica di segmentazione di regioni contraddistinte dall'avere al loro interno pixel con caratteristiche comuni: il mare, nel caso di immagini Sentinel-1, ha valori ben distinti dalle aree di terra.

Per implementare, testare e validare l'algoritmo step by step, sono stati utilizzati gli strumenti software IDL-ENVI. IDL è un linguaggio di programmazione utile all'implementazione degli algoritmi, ENVI permette di visualizzare-elaborare le immagini prodotte dall'applicazione del codice IDL e di effettuare i test di buon funzionamento dell'algoritmo.

Le fasi principali implementate nell'algoritmo di Estrazione della Linea di Costa sono le seguenti quattro:

1. Determinazione delle caratteristiche dei pixel di mare;
2. Selezione dei pixel con le caratteristiche determinate;
3. Per ogni riga dell'immagine, estrazione del vertice di costa con l'annullamento dei pixel estratti sull'area di terra (con l'applicazione di un filtro che analizza le distanze dei pixel selezionati) e il riempimento dei pixel di mare non rilevati;
4. Filtraggio dei vertici della linea di costa, esso è finalizzato a rendere la linea di costa più pulita da possibili spike. La funzione implementata analizza un set di vertici alla volta e calcolando la distanza verifica che tra di essi non vi siano vertici che vanno fuori dall'andamento atteso, i vertici così selezionati sono eliminati dall'insieme dei vertici.



Figura 2. Flow-chart del nuovo algoritmo di estrazione della linea di costa.

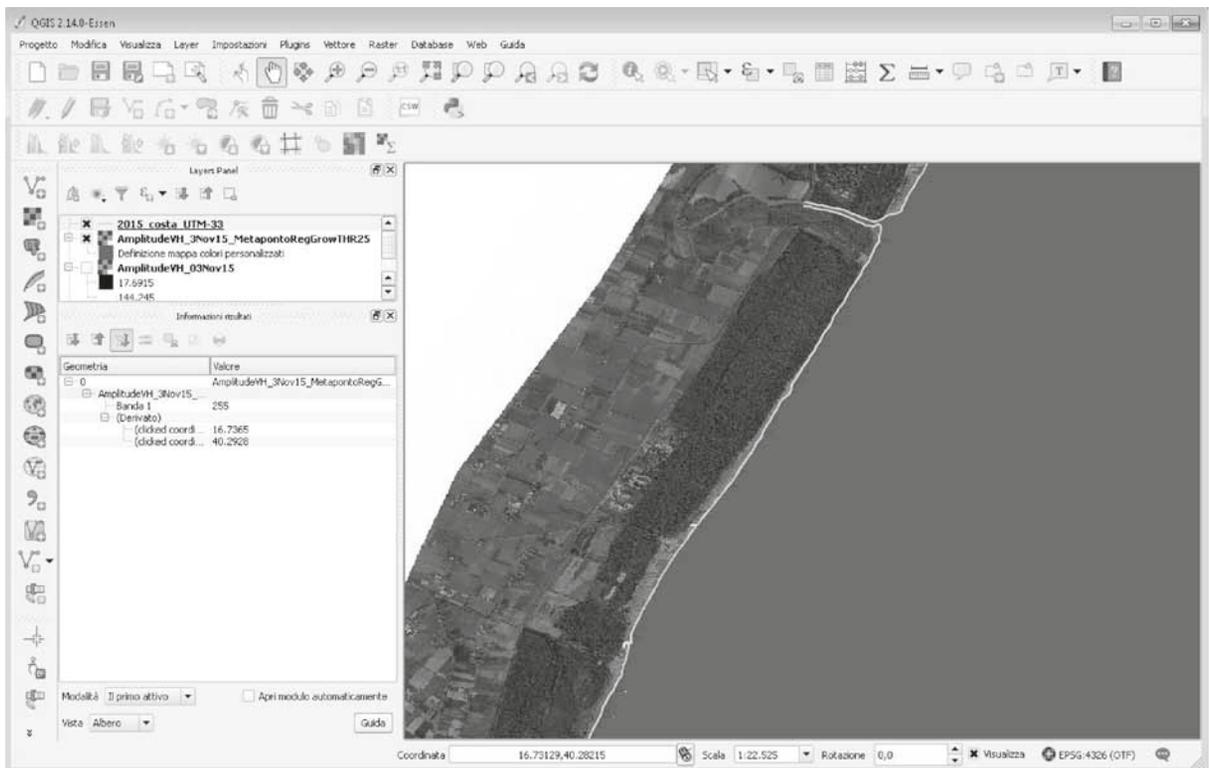


Figura 3. Sovrapposizione su QGIS di ortofoto del 2015, area mare estratta e linea costa di riferimento.

Il flow-chart sviluppato (Fig. 2) è stato automatizzato e costituisce un applicativo auto-consistente con una interfaccia grafica propria, che guida nell'esecuzione delle operazioni da svolgere, e una finestra di Processing che informa a riguardo dell'avanzamento del processo.

Per l'effettivo utilizzo nel DSS della informazione di linea di costa, è stato sviluppato un tool di misurazione delle variazioni di superficie. Esso analizza una coppia di linee di costa sulla stessa zona e restituisce graficamente e numericamente le aree eventualmente erose o in avanzamento (Fig. 3). Inoltre, il tool è in grado di elaborare linee di costa prodotte da dati e processamenti di natura differente rispetto a quello satellitare. In Figura 4 ed in Figura 5, in particolare, sono riportate le linee di costa multi-sorgente prodotte dalla elaborazione di immagini di tipo ortofoto acquisite rispettivamente negli anni 1947-1949-1998-2001-2005-2006-2008-2011-2012-2013 e 2015.

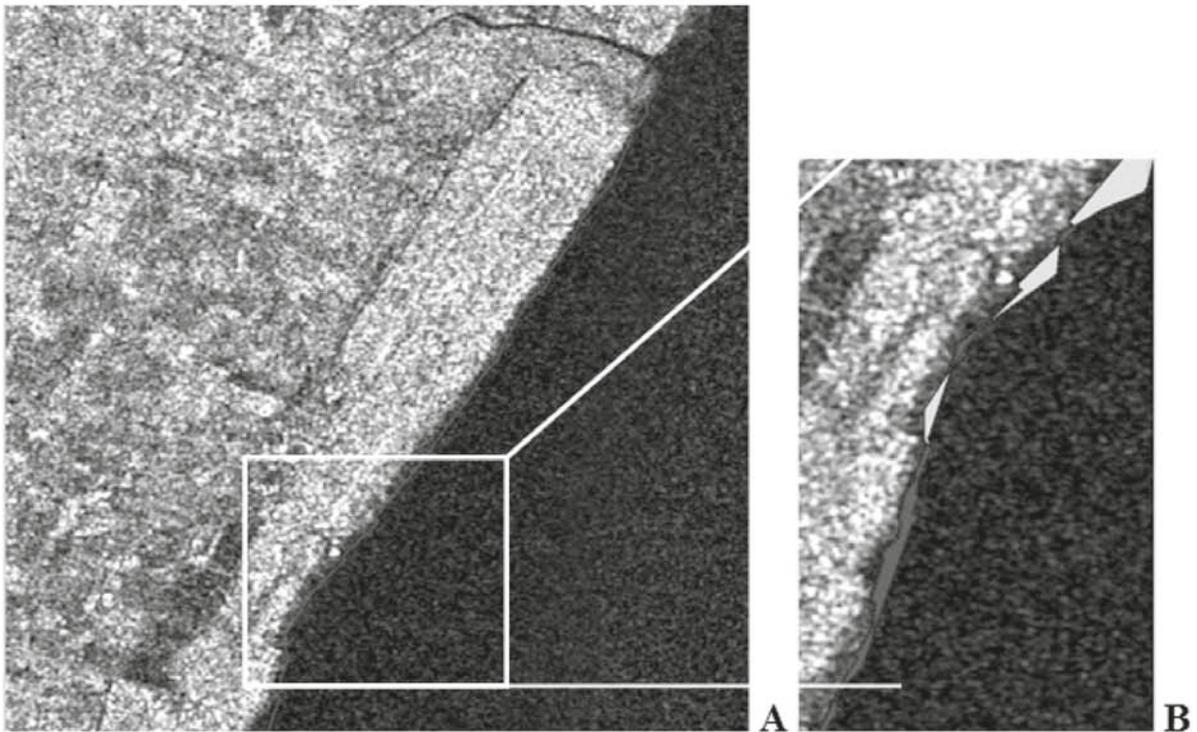


Figura 4. Estrazione della linea di costa da un dato Sentinel-1.(A). Determinazione delle aree costiere in erosione e in sedimentazione. (B).

### Modellazione morfo-idrodinamica

Al fine di riprodurre possibili scenari alternativi, ossia di simulare la risposta del sistema costiero a differenti forzanti di origine naturale, ovvero antropica, e quindi al fine di fornire un valido supporto quali-quantitativo al processo decisionale, sono stati implementati alcuni tools in grado di rendere il DSS interoperativo con un software di modellazione morfo-idrodinamica. All'uopo, nella fase di start-up, è stato selezionato Delft3D (Deltares- NL).

Il software Delft3D (<http://oss.deltares.nl/web/opendelft3d/home>), prodotto e distribuito dall'istituto di ricerca Deltares (NL), è disponibile sia in modalità pre-compilata che open source ed è basato su consolidati algoritmi di calcolo rivenienti principalmente dalle attività condotte presso l'Environmental Fluid Mechanics Section della Faculty of Civil Engineering and Geosciences della Delft University of Technology (TUDelft-NL). Il sistema si compone essenzialmente di tre moduli che raggruppano modelli di simulazione

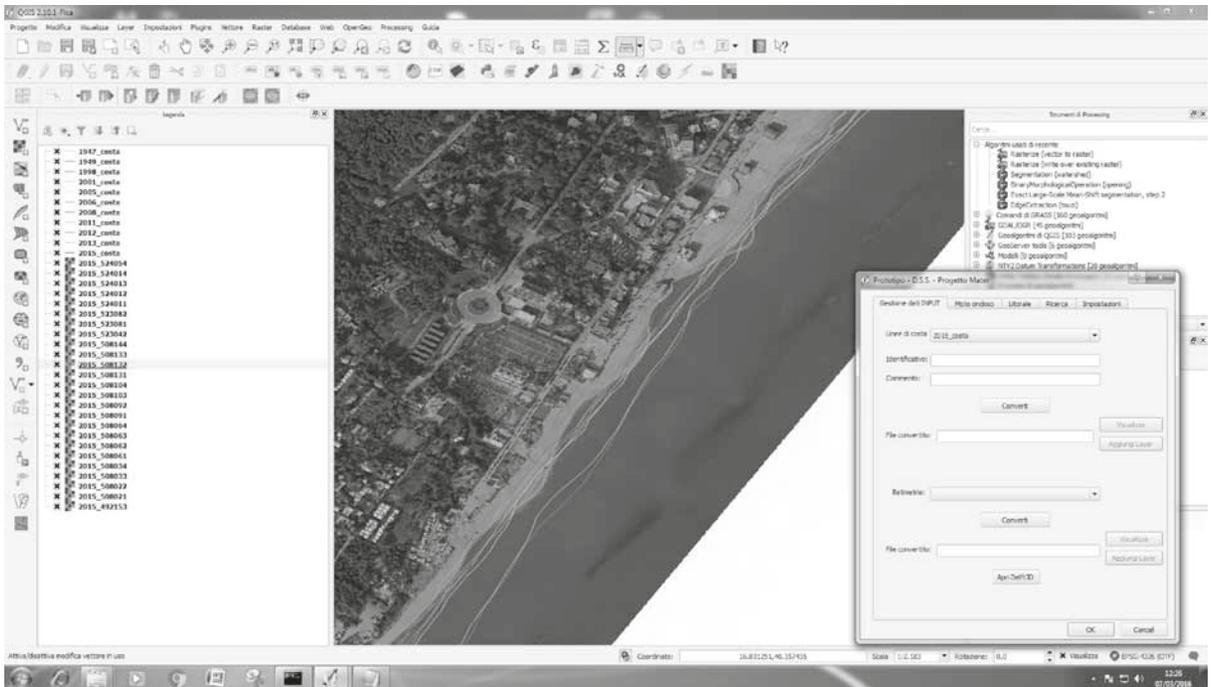


Figura 5. Confronto grafico tra linee di costa multi-sorgente su base ortofoto

idrodinamica, morfologica e moto ondoso oltre che di strumenti di pre e post-processing. Il modulo relativo al moto ondoso, Delft3d-WAVE, sfrutta come core processing SWAN (Simulating WAVes Nearshore – TU-Delft, Booij et al. 1999), che rappresenta lo stato dell’arte dei cosiddetti modelli phase-averaged di terza generazione in quanto è in grado di simulare, in condizioni stazionarie o non stazionarie, la propagazione spazio-temporale del moto ondoso, shoaling e rifrazione per variazione batimetrica e dovuta a correnti, la generazione delle onde di mare vivo e /o di mare morto, portando in conto anche gli effetti fortemente non lineari dovuti alla sovrapposizione di onde di diversa altezza e periodo, la dissipazione energetica dovuta all’interazione del moto ondoso con il fondale, al frangimento ed alla vegetazione, il set-up, oltre che i fenomeni di diffrazione e riflessione.

L’algoritmo, inoltre, all’occorrenza, è in grado di elaborare mediante operazioni di “nesting”, ovvero può utilizzare in un’unica elaborazione diverse griglie di calcolo, nidificate l’una nell’altra con un livello di definizione crescente, particolarmente utili allorquando si debbano modellare ad una scala di dettaglio particolarmente spinta fenomeni localizzati che necessitano un elevato dispendio computazionale.

Il modulo idrodinamico, Delft3D-FLOW, è un programma multi dimensionale che si basa sulle equazioni di Navier-Stokes per un fluido incompressibile, sotto le assunzioni di Boussinesq per le acque basse e calcola flussi stazionari o non stazionari e fenomeni di trasporto, risultanti da forzanti di marea e/o meteorologiche, su di una griglia rettilinea e uniforme o curvilinea.

Il modulo idrodinamico è in grado di simulare, con una procedura altamente accurata definita incondizionatamente stabile, sia in modalità 2DH sia completamente 3D, anche i fenomeni di diffusione e trasporto, portando in conto la variazione nel tempo delle caratteristiche fisiche del fluido. Inoltre, esso è accoppiato al modulo di trasporto che consente di individuare, mediante numerose formulazioni, il trasporto solido indotto dalle correnti litoranee, nel dominio del tempo e dello spazio.

Nella presente versione dello SDSS sono state utilizzate soprattutto le capacità del software di modellare i flussi idrodinamici dovuti al moto ondoso e di calcolare e simulare il trasporto dei sedimenti. L’architettura del sistema implementato consente allo SDSS di colloquiare con Delft3D sia in relazione alla costruzione in maniera com-

pletamente automatica di parte dell'input necessario alla definizione del modello numerico, sia in relazione alla possibilità di acquisire l'output dello stesso e di renderlo gestibile in ambiente Qgis. Ad esempio è possibile creare in maniera del tutto automatica la linea di costa e renderla immediatamente utilizzabile con gli strumenti di pre e post-processamento dati disponibili nel pacchetto Delft3D. Il software Delft3D, inoltre, possiede un formato di output strutturato e complesso che, nativamente, non può essere gestito da Qgis. Il tool creato consente l'estrazione, la visualizzazione ed in generale la gestione multitemporale dei dati restituiti in output da Delft3D.

Nel presente step di sviluppo dello SDSS, in particolare, tale tool consente di gestire alcuni dati relativi al moto ondoso, quali altezza d'onda significativa, periodo significativo, direzione media del moto ondoso e velocità al fondo, ed alcuni dati relativi ai processi litoranei, quali il trasporto solido di fondo, il trasporto in sospensione, la velocità mediata sulla verticale, la tensione tangenziale al fondo e la variazione della batimetria nel dominio del tempo. Tali parametri sono stati selezionati in quanto essi rappresentano gli elementi quali-quantitativi di base per qualunque analisi, anche di tipo speditivo, sugli effetti indotti sull'ambiente costiero dalle forzanti meteorologiche e pertanto consentono valutazioni sull'evoluzione spazio-temporale dei processi litoranei indotti. Ad esempio, con riferimento ad un particolare evento meteomarinario di simulazione del 23 gennaio 2015, in Figura 6 è riportata l'evoluzione batimetrica in corrispondenza della foce del fiume Basento alle ore 12:48, mentre in Figura 7 ed in Figura 8 sono rappresentati, rispettivamente, la direzione media di propagazione del moto ondoso e la velocità media al fondo alle ore 06:00.



Figura 6. Rappresentazione temporale della batimetria.

## WEB-GIS e Geoportale

La direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007, direttiva INSPIRE, acronimo di INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe, recepita in Italia dal D.Lgs. 27 gennaio 2010 n. 32, è finalizzata ad armonizzare l'organizzazione, l'accessibilità e le metodologie di condivisione delle informazioni territoriali ambientali tra gli stati membri dell'Unione Europea affinché le stesse siano di supporto alle politiche ambientali ovvero per ogni attività che possa comportare ripercussioni sull'ambiente. In particolare, congruentemente con la suddetta direttiva, le infrastrutture per l'informazione debbono consentire e garantire che dati territoriali provenienti da fonti diverse siano archiviati, resi disponibili e condivisi tra utenti ed applicazioni. In tale contesto, il geoportale costituisce il punto di accesso ai servizi di raccolta, gestione e distribuzione dei dati georeferenziati di un territorio o di interesse per un

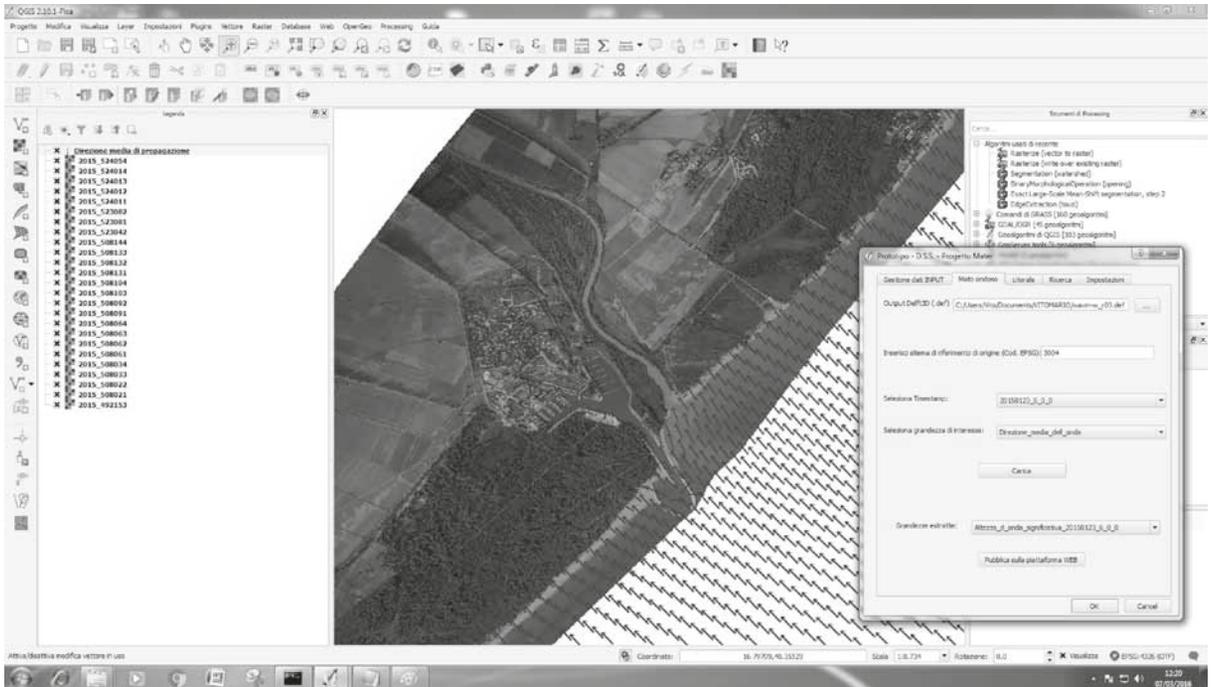


Figura 7. Rappresentazione temporale della direzione media di propagazione del moto ondoso.

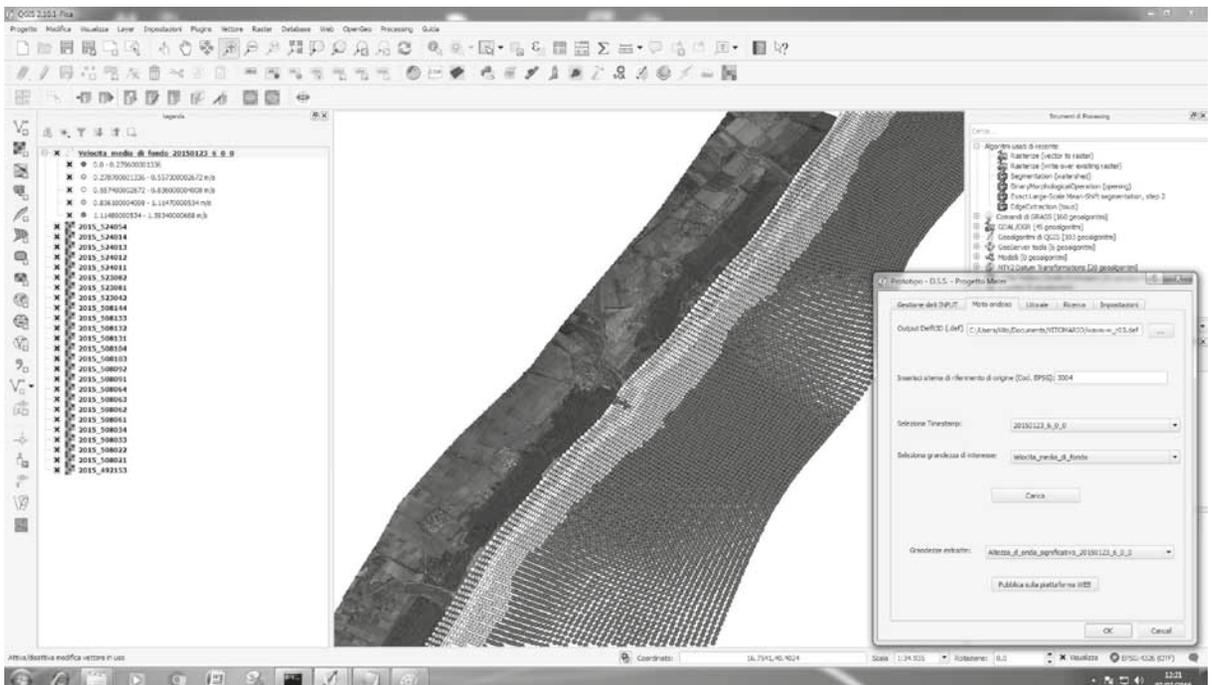


Figura 8 . Rappresentazione temporale della velocità media sul fondo.

dominio applicativo. Esso, in generale, è composto da un “Catalogo dati”, da cui è possibile eseguire il download in locale delle informazioni, da un WebGis con sezioni dedicate alla pubblicazione, alla navigazione ed all’interrogazione dei dati.

Un servizio di WebGis costituisce un sistema informativo geografico pubblicato in internet, ovvero un servizio cartografico che rende disponibile dati sul web. In tal senso, esso è quindi l'estensione alla rete degli applicativi nati e sviluppati per gestire la cartografia numerica.

In generale, un progetto WebGIS si distingue da un progetto GIS per le specifiche finalità di comunicazione e di condivisione delle informazioni con altri utenti. Rispetto ad una classica piattaforma GIS, un WebGIS consente innegabili vantaggi consistenti nella gestione centralizzata dei dati che possono essere distribuiti immediatamente garantendo una elevata diffusione. Il WebGIS permette inoltre la possibilità di interazione in tempo reale e la gestione del profilo di accesso alle informazioni anche a livelli differenti (sviluppatore, utente semplice etc). Infine, l'accesso e la consultazione da parte dell'utente è garantita anche con profili di basso livello senza particolari upgrade tecnologici.

La piattaforma WebGIS-MATER è un Geoportale che consente la pubblicazione, la catalogazione, la visualizzazione e l'interrogazione degli strati informativi prodotti dagli algoritmi sviluppati nell'ambito del progetto MATER. Il Geoportale, oltre che come strumento di disseminazione, anche nel rispetto della direttiva INSPIRE, sarà utilizzato come data-showing e SDSS. Il webGIS-MATER consente, infatti, il caricamento di dati spaziali che vengono quindi resi disponibili visualmente su mappe interattive ed attraverso i servizi OGC erogati grazie alle tecnologie integrate (GeoServer per i WMS/WFS/WFS-T/WCS, pycsw e CSW).

Nel sistema è possibile caricare anche informazioni non spaziali quali documenti, report ed immagini che, grazie alla possibilità di relazionarli ad altri dati, assumono una connotazione spaziale in qualità di informazioni accessorie al dato spaziale. La release attuale offre un sistema di permessi che consente una gestione del tipo di accesso al dato differenziato per visualizzazione, download, editing e gestione. I dati spaziali caricati possono essere utilizzati per comporre mappe interattive che, a loro volta, sono soggette ad un sistema di permessi e rese accessibili anche tramite download nei formati supportati come mostrato nella successiva Figura 9 in cui è riportata la sovrapposizione tra il DTM del 2015 dell'area di foce del fiume Cavone e le linee di costa multi-sorgente relative alle acquisizioni 1998-2005-2006-2008-2011-2012.

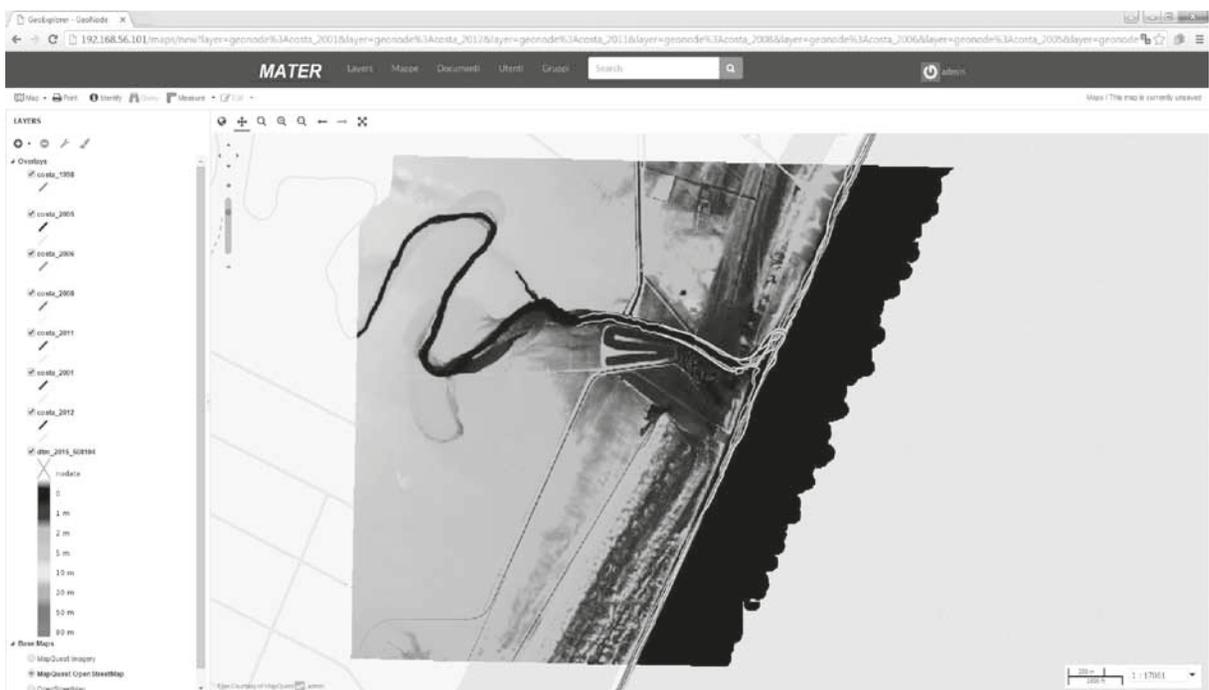
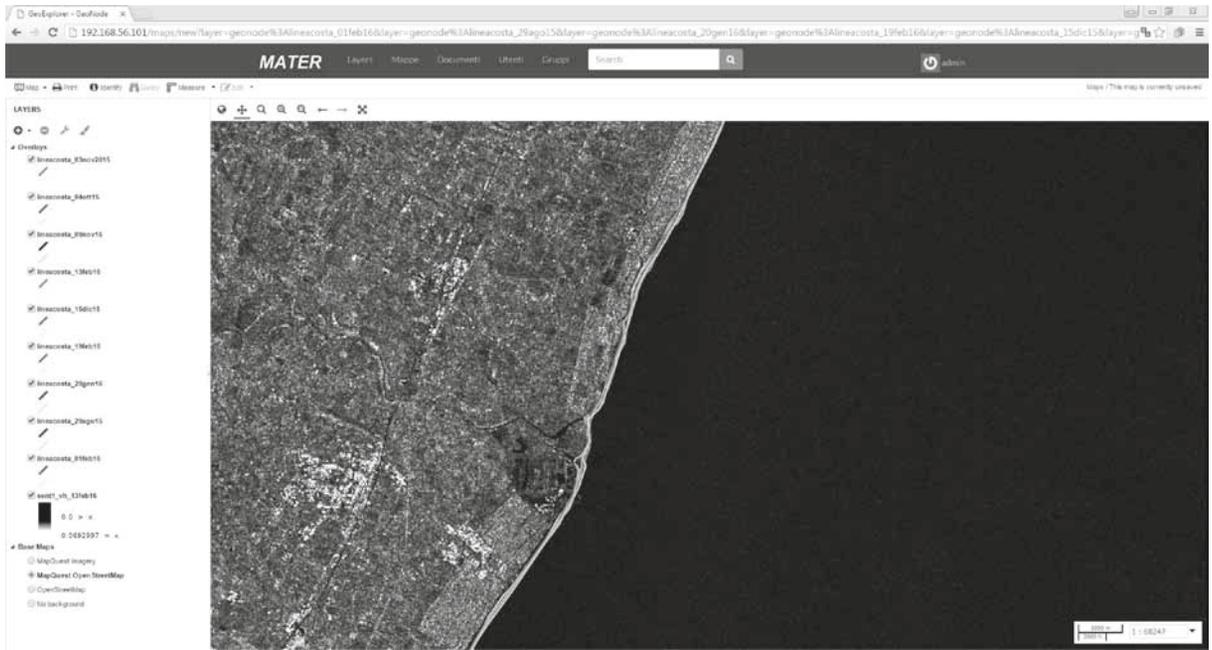


Figura 9. DTM e linee di costa multi-sorgente in corrispondenza della foce del fiume Cavone.

Grazie alla elevata frequenza di acquisizione delle immagini Sentinel-1, inoltre, è possibile effettuare analisi comparative estremamente interessanti tra dati multi-sorgente relativi al rilievo della linea di costa come mostrato nella successiva Figura 10 in cui è rappresentata la sovrapposizione tra l'immagine Sentinel-1 acquisita in data 13 febbraio 2016 e le linee di costa dei giorni 29.08.2015, 04.10.2015, 03.11.2015, 09.11.2015, 15.12.2015, 20.01.2016, 01.02.2016, 13.02.2016, 19.02.2016.



**Figura 10.** Dato Sentinel-1 e linee di costa multi-sorgente in corrispondenza della foce del fiume Agri.

Il sistema, infine, permette anche di visualizzare mappe prodotte da altre organizzazioni, nei rispettivi server, via WMS (Web Map Service). In tal modo l'applicativo è pienamente interoperabile, garantendo sia la pubblicazione dei propri strati informativi, attraverso gli standard dell'OGC, sia l'integrazione e la fruizione di strati informativi provenienti da altre sorgenti che rispettino gli stessi standard di pubblicazione definiti dall'OGC. Il catalogo dei dati attualmente disponibili e pre-caricati, è composto dagli strati informativi del sistema GIS-DSS riportati in Tabella ad eccezione del dato Lidar.

## Conclusioni

Il presente lavoro ha lo scopo di illustrare i primi risultati funzionali del progetto operativo regionale denominato "Implementazione di un sistema di previsione e prevenzione del rischio idraulico" che è parte integrante del più ampio progetto "MATER" - finalizzato allo sviluppo di una Metodologia di Analisi ambientali e TERritoriali connessa allo sfruttamento di risorse naturali. In tal senso, la memoria riporta la strutturazione e le principali funzionalità del DSS basato sull'integrazione e sull'utilizzo di dati al suolo e dati radar e del WebGIS all'uopo predisposti durante tale progetto operativo.

In particolare, con riferimento ai dati satellitari, nell'ambito del progetto sono stati sviluppati alcuni algoritmi che si basano su tecniche di processamento PSInSAR, Segmentazione dell'immagine e Change Detection finalizzati, rispettivamente, alla rilevazione dei movimenti della costa rocciosa, all'estrazione automatica della linea di costa e al rilevamento di nuove strutture nell'area costiera, quali ad esempio edifici, stabilimenti balneari e/o sversamenti di rifiuti etc.,. Tutti i dati geografici sono caricati nel sistema GIS/WEBGIS e rispettano gli standard di interoperabilità WMS (Web Map Service) definiti dall'OGC (Open Geospatial Consortium).

L'attività di validazione si è concretizzata nel confronto tra le informazioni prodotte con i processi di elaborazione ed i dati acquisiti principalmente per mezzo di campagne aeree.

Le informazioni validate costituiscono i dati di input dei modelli di morfo-idrodinamica utilizzati nell'ambito del Progetto e sono volti a prevedere, attraverso la modellazione di scenari, l'evoluzione dell'ambiente costiero. La frequenza di acquisizione dei dati satellitari utilizzati, pari a 6 giorni, garantisce un'elevata frequenza di aggiornamento delle informazioni, ciò consente di associare un determinato grado di affidabilità alle informazioni, grazie agli algoritmi e ai tool semi-automatici implementati, oltre che di effettuare un controllo continuo ed una calibrazione delle previsioni modellistiche al fine di rendere le stesse sempre più consistenti. È auspicabile che tali informazioni, possano essere ulteriormente implementate per contribuire alla definizione di prodotti complementari come, ad esempio, le mappe di vulnerabilità della costa.

## Bibliografia

- Booij N., Ris R. C., Holthuijsen L. H., 1999. *A third-generation wave model for coastal regions*. Part I, Model description and validation, *J. Geophys. Res.* C4. 104: 7649-7666.
- Candigliota E., Immordino F., 2013. *Il Telerilevamento per il Monitoraggio e la gestione del Territorio*. 7° Workshop tematico 13-14 Giugno, Pubblicazione a cura di ENEA - UTSISM di Bologna [http://www.enea.it/it/comunicare-la-ricerca/events/telerilevamentogiu13/Telerilevamento\\_2013\\_pg.pdf](http://www.enea.it/it/comunicare-la-ricerca/events/telerilevamentogiu13/Telerilevamento_2013_pg.pdf)
- Cardinali S., Valpreda E., Screpanti A., Immordino F., Bovio L., Caiaffa E., Serafini S., Spadoni B., 2006. *Image Processing applicato ai rischi naturali in area costiera*, ENEA Progetto Littorisk, Presentazione a Termoli. <http://noe.cartodata.free.fr/IMG/pdf/06.Bovio.pdf>
- Delft University of Technology, 2009, *SWAN Cycle III Version 40.72ABCDE*. User Manual, Delft, The Netherlands.
- Deltares, 2013, *Delft3D, User Manuals*. Deltares 2
- European Spatial Agency, 2013, *Sentinel-1 User Handbook*. Sentinel-1 Team GMES-S10P-EOPG-TN-13-0001
- Hajdich G., Bourbigot M., Johnsen H., Piantanida R., Poullaouec J., 2015. *Sentinel-1 Product Specification*. S1-RS-MDA-52-7441.
- Greco M., Martino G., Guariglia A., Trivigno L., Sansanelli V., Losurdo A., 2017. *Development of an integrated SDSS for coastal risks monitoring and assessment*. In: River Basin Management 2017 - 9th Conference on River Basin Management Including all aspects of Hydrology, Ecology, Environmental Management, Flood Plains and Wetlands. Prague.
- Losurdo A., Marzo C., Guariglia A., 2015. *New change detection technique applied to Cosmo-SkyMed stripmap Himage data*. Proceeding of "Fringe 2015 Workshop", ESA SP-731, Frascati, Italia.
- Regione Basilicata, 2013, *Piano Regionale per la gestione delle coste*. (in fase di approvazione).

**Ricevuto il 03/10/2016; accettato 29/03/2017**

## La spiaggia di Savona: l'evoluzione storica, la situazione attuale, gli scenari futuri

Giorgio Berriolo

Via Aurelia 153, 17028 Spotorno (SV), e-mail: giorgio.berriolo@gmail.com

### Riassunto

Il litorale della città di Savona rappresenta un tratto di costa deposita tra i più estesi di tutta la regione. L'arco di spiaggia, che ha una lunghezza di circa 3 km, pur costituendo il waterfront della città, si presenta ancora in discrete condizioni naturali, pressoché privo di opere di difesa o altre strutture antropiche. Il suo attuale assetto è frutto di una storia evolutiva che ha visto alternarsi fasi progradanti e fasi erosive, spesso dovute all'azione dell'uomo.

In questo studio vengono presentati i risultati relativi alle indagini storico evolutive del tratto costiero, la descrizione del suo stato attuale e gli scenari futuri che si stanno delineando. Infatti, l'ampliamento della struttura portuale di Vado Ligure, in via di realizzazione, determinerà ulteriori disequilibri sulla spiaggia di Savona. Lo studio dinamico sedimentario mostra che il nuovo assetto sarà causa di una inversione del flusso detritico nell'arco litorale, che amplificherà i fenomeni erosivi nella spiaggia posta sottoflutto, favorendo ulteriori accumuli anomali nei settori sopraflutto protetti dal molo foraneo.

**Parole chiave:** evoluzione dei litorali, strutture portuali, spiagge paraboliche, erosione costiera

### Abstract

*The coastal of Savona is one of the most extensive stretch of open beach in Liguria. The beach has a linear development of 3 km and, although being the waterfront of city, it still has good natural conditions without groynes, breakwaters and similar anthropic structures. The present beach setting derives from past alternate erosion and deposition phases, often caused by human activity.*

*In this study the results obtained by historical investigation of study area are presented, together with the present conditions and future developments. The current expansion of the port of Vado Ligure will cause more imbalances. The sedimentary and morphodynamic study shows that the new setting of the beach will cause an inversion of the sedimentary flux, that will amplify the erosive processes on the downdrift beach and will trigger deposition on the updrift beach.*

**Key word:** costal evolution, harbours, parabolic beach, beach erosion

### L'area di studio

L'area di studio (Fig. 1) è inserita all'interno dell'unità fisiografica compresa tra i porti di Vado Ligure e di Savona (Firpo et al., 1997). Questo tratto costiero, che coincide in gran parte con il *waterfront* della città di Savona, è limitato a SW dalla ex discarica in sponda sinistra del Torrente Quiliano, che la separa dall'adiacen-

te spiaggia di Vado Ligure, ed a NE dalla struttura portuale. Il litorale è lungo circa 3 km ed è pressoché privo di opere di difesa. Esso è classificabile come una spiaggia mista di sabbia e ghiaia (Buscombe e Masselink, 2006) e si presenta ancora in discrete condizioni naturali. L'input sedimentario è garantito da diversi corsi d'acqua, tra i quali si segnalano per importanza il torrente Segno (21 km<sup>2</sup>), il torrente Quiliano (52 km<sup>2</sup>) ed il torrente Letimbro (43 km<sup>2</sup>), che sfociano rispettivamente a Vado, Zinola e Savona.

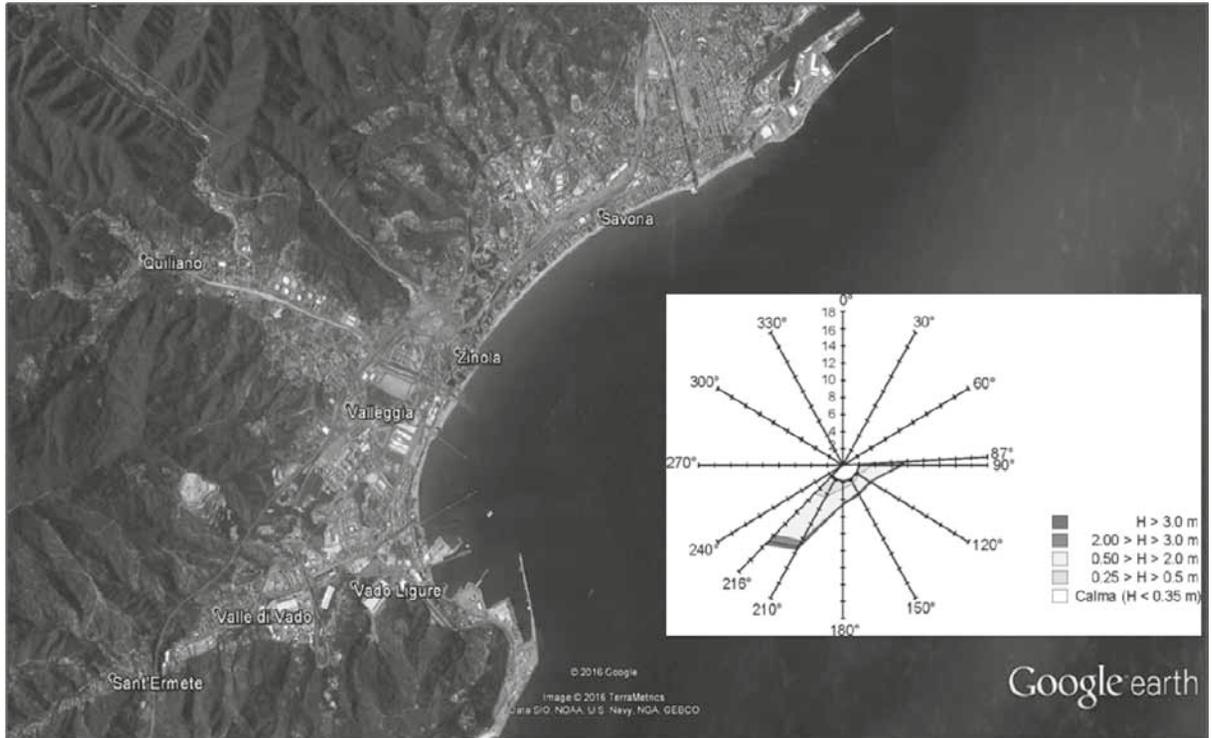


Figura 1. Area studio e diagramma polare del moto ondoso.

### Il clima meteo-marino

Il clima meteo-marino dell'area è caratterizzato dalla predominanza di agitazioni ondose provenienti dai settori meridionali (Ferrari et al., 2014; Cattaneo Vietti et al., 2010). Dal settore di SW provengono le agitazioni ondose più frequenti e più intense, con onde massime al largo ( $H_s$ ) con tempo di ritorno annuale di 2.5 m e periodo di 7.2 secondi. Il settore secondario di SE è caratterizzato da onde al largo annuali con altezza massima di 1.9 metri e periodo di 5.9 secondi. Valori analoghi sono individuabili anche per le onde provenienti da meridione. Il litorale di Savona, grazie alla sua orientazione (circa SW - NE), risulta parzialmente protetto dalle agitazioni ondose principali per la presenza del promontorio di Capo Vado che, generando una forte diffrazione, determina una riduzione dell'energia delle onde, che comunque concorrono a determinare una deriva litoranea rivolta verso NE.

### L'evoluzione Storica

Le spiagge della Liguria, come in generale quelle italiane, sono state soggette ad un progressivo avanzamento che ha avuto inizio dalla tarda Età romana ed ha raggiunto il suo massimo verso la fine del secolo XVIII. Inizialmente il territorio era quasi interamente coperto dal bosco che assicurava una forte copertura al dilavamento, limitando fortemente il trasporto a mare di sedimenti e quindi l'alimentazione delle spiagge. Con il progressivo insediamento umano il territorio fu gradualmente sottratto al bosco e utilizzato in agricoltura, soprattutto nella

prima fascia collinare, con la sistemazione a terrazzamento in quanto i terreni costieri pianeggianti erano, in genere, paludosi e soggetti ad alluvioni anche per l'assenza di arginature dei corsi d'acqua. La nuova sistemazione determinò un graduale aumento della erodibilità del suolo e quindi un conseguente avanzamento delle spiagge. Nell'arco di costa compreso tra Capo Vado e la collina di Santa Chiara, o scogli del Priamar, la spiaggia avanzò fino a lambire e quindi superare il saliente roccioso, innescando già dal X secolo i gravi problemi di insabbiamento del porto di Savona (Fierro et al., 2010).

Le planimetrie di Matteo Vinzoni, cartografo della Repubblica di Genova, permettono di ricostruire lo stato del litorale nel XVIII secolo. Le mappe (Fig. 2) mostrano a Vado una spiaggia ampia separata dalla falcatura che segue un affioramento roccioso nettamente più avanzato rispetto alla linea di riva. Procedendo verso Savona, il litorale aumenta progressivamente in ampiezza grazie alla crescente esposizione alle agitazioni ondose provenienti dal II e III quadrante. Queste agitazioni interessano la costa con una elevata inclinazione a causa dei fenomeni di diffrazione prodotti da Capo Vado e quindi il trasporto litoraneo risulta fortemente orientato verso Levante.

La sporgenza rocciosa su cui sorge la fortezza del Priamar, che in passato aveva costituito un ostacolo al flusso detritico, è ormai superata dai sedimenti. Conseguentemente la spiaggia si trova in una situazione di equilibrio per cui, anche in presenza di un notevole input sedimentario da parte dei corsi d'acqua, la spiaggia non avanza ma smaltisce semplicemente verso levante la sabbia in esubero. Oltre si osserva ancora una ampia spiaggia interrotta da un molo e subito dopo una grande superficie indicata come "porto riempito", a testimoniare l'abbondanza dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua che ne hanno determinato l'insabbiamento.



**Figura 2.** Matteo Vinzoni, Pianta delle due riviere della Serenissima repubblica di Genova divisa ne' commissariati di sanità. Manoscritto cartaceo del XVIII secolo (Genova, Biblioteca Civica Berio, Sezione di Conservazione, m.r.Cf.2.8).

I fenomeni erosivi iniziano a manifestarsi verso la metà del XIX secolo (Ascari et al., 1937). Le cause del fenomeno sono da imputarsi principalmente ai prelievi di inerti dalla spiaggia e dai corsi d'acqua, effettuati per la realizzazione delle prime grandi opere (Linea ferroviaria Genova - Ventimiglia, ampliamento del porto di Savona). Il trend erosivo raggiunge il suo apice nei primi anni del dopoguerra. Infatti, a causa della necessità di materiale per le ricostruzioni, ripresero con ancor maggiore intensità i prelievi d'inerti dalle spiagge. Questo depauperamento causa, a seguito delle mareggiate avvenute nel periodo 1948 - '49, un tracollo del litorale tra Zinola e la fortezza del Priamar. La via Aurelia viene interrotta e molti stabilimenti balneari distrutti dalle onde. Nei primi anni '50 del secolo scorso viene avviato un intervento di recupero che prevede un ripascimento di 30.000 m<sup>3</sup> circa di materiale di cava e la realizzazione di due discariche pubbliche, la prima in sponda sinistra del T. Segno, la seconda in sponda sinistra del T. Quiliano. Discariche che furono alimentate con materiali pro-

venienti da scavi e demolizioni, specie con le macerie delle zone bombardate nel periodo bellico (Fierro et al., 2010). Contemporaneamente (1951) è emessa l'ordinanza di ritiro di ogni concessione di estrazione di inerti dalle spiagge e dalle aste fluviali. L'intervento permette la ricostruzione di tutto l'arco litorale, come si può osservare dalle immagini di Figura 3. Però in questo stesso periodo hanno inizio anche i lavori per la realizzazione della struttura portuale di Vado Ligure, che modificano decisamente l'assetto litoraneo.



Figura 3. Il litorale nei primi anni '50 (a sinistra) e negli anni '70 (a destra). Repertorio fotografico della Regione Liguria – Aerofototeca Nazionale ICCD.

### Lo Stato Attuale

La realizzazione del molo del porto di Vado Ligure ha determinato la creazione di un settore protetto dalle agitazioni ondose meridionali, soprattutto quelle provenienti dal III quadrante. La zona d'ombra, secondo quanto proposto da Bowman et al. (2009), è rappresentata in Figura 4. Risulta evidente che l'influenza della struttura

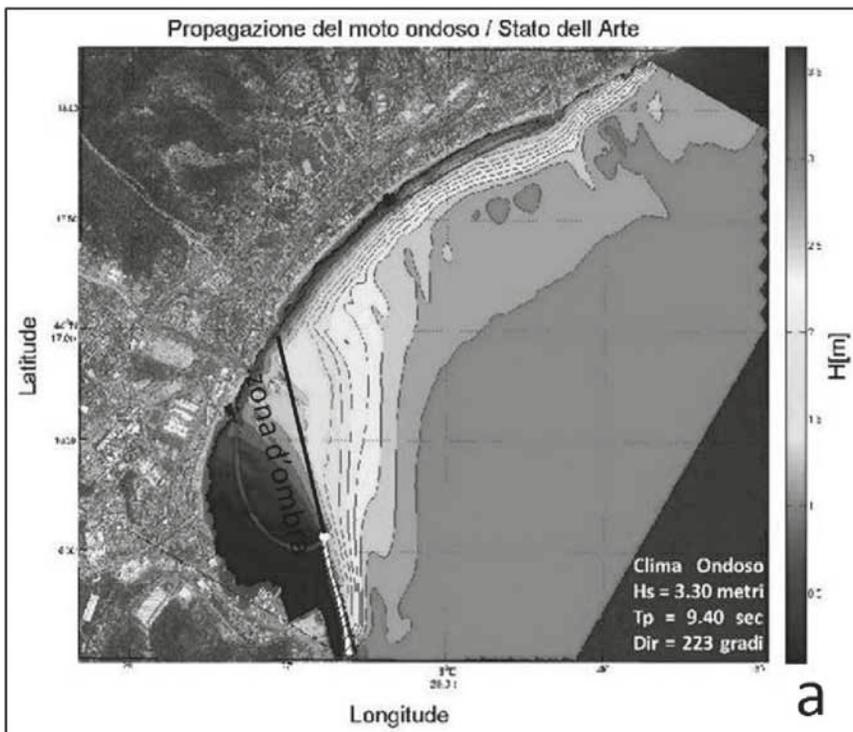


Figura 4. Propagazione del moto ondoso nelle condizioni attuali ottenuta mediante l'applicazione del modello XBeach, e il profilo ideale della linea di riva elaborato mediante Phoebus (elaborazione DiSTAV Università degli Studi di Genova).

si estende fino alla foce del torrente Quiliano. Il nuovo assetto induce un'inversione del flusso detritico, originariamente rivolto verso NE, favorendo l'accumulo di sedimenti in prossimità del piazzale realizzato in sponda sinistra del torrente Segno. La spiaggia di Savona, oltre a non ricevere più l'alimentazione dei due corsi d'acqua, è ulteriormente depauperata dal flusso di sedimenti verso SW indotto dal molo secondo il noto meccanismo descritto da Yasso (1965) e Silvester e Ho (1972). In Figura 4, oltre al modello di propagazione del moto ondoso, è mostrata l'applicazione del modello introdotto da Hsu ed Evans (1989) attraverso l'utilizzo del software Phoebus (Schiaffino et al., 2013) per la determinazione del profilo ideale della linea di riva (linea grigio chiara). Il fenomeno viene contrastato con il versamento di sedimenti provenienti dal torrente Quiliano e con il prolungamento del pennello in sponda destra del torrente Letimbro (Fig. 5) avvenuto negli anni 1980. Questa struttura, pur limitando la dispersione dei sedimenti verso NE, impedisce però alle alluvioni del corso d'acqua di alimentare la spiaggia durante le occasionali agitazioni ondose di SE. Successivamente, negli anni 2000, si assiste alla trasformazione della struttura in un piazzale e vengono anche realizzati tre pennelli sommersi nel tratto terminale della spiaggia (Fig. 6). Le soluzioni adottate ovviamente non risolvono la problematica erosiva e la spiaggia si mantiene in equilibrio precario evitando il collasso solo grazie a continui ripascimenti, circa 60.000 m<sup>3</sup> negli ultimi 10 anni.



**Figura 5. Prolungamento del pennello sulla sponda destra del T. Letimbro. (foto Google Earth™)**



**Figura 6. Realizzazione del piazzale e dei pennelli sommersi alla foce del T. Letimbro. (foto Google Earth™)**

### Gli scenari futuri

Con la procedura di VIA e relativa delibera regionale n. 22 del 10 agosto 2005 è stata prevista la costruzione di una grande piattaforma per traffico containers. Lo studio prevede la realizzazione della struttura in parte su palificata, allo scopo di non compromettere la circolazione delle acque e la propagazione del moto ondoso, e quindi del flusso dei sedimenti ed il regime marittimo del paraggio.

L'assenza di nuove opere foranee è giustificata dal fatto che l'utilizzo dei pontili preesistenti, utilizzati da navi di dimensioni limitate, non aveva mai avuto problemi di operatività causati dal moto ondoso.

Nella estate del 2014 hanno inizio i lavori per la costruzione della piattaforma con una struttura in cassoni e riempimento. La struttura su semplice riempimento sarà limitata ai primi 400 m di radice, mentre il resto dello sporgente sarà realizzato su pali.

Ma l'autorità portuale di Savona, nel Gennaio 2016, presenta alla procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale una variante al progetto precedentemente descritto. Il progetto prevede, in sostituzione della palificata, la realizzazione di una piattaforma larga 200 metri e lunga 700 metri ottenuta mediante la realizzazione di un terrapieno. E' prevista anche la modifica del molo foraneo, che sarà spostato verso l'esterno di circa

170 metri (Fig. 7). Questa variante si rende necessaria in quanto nuove indagini ritengono insufficiente la protezione offerta dal vecchio molo foraneo.

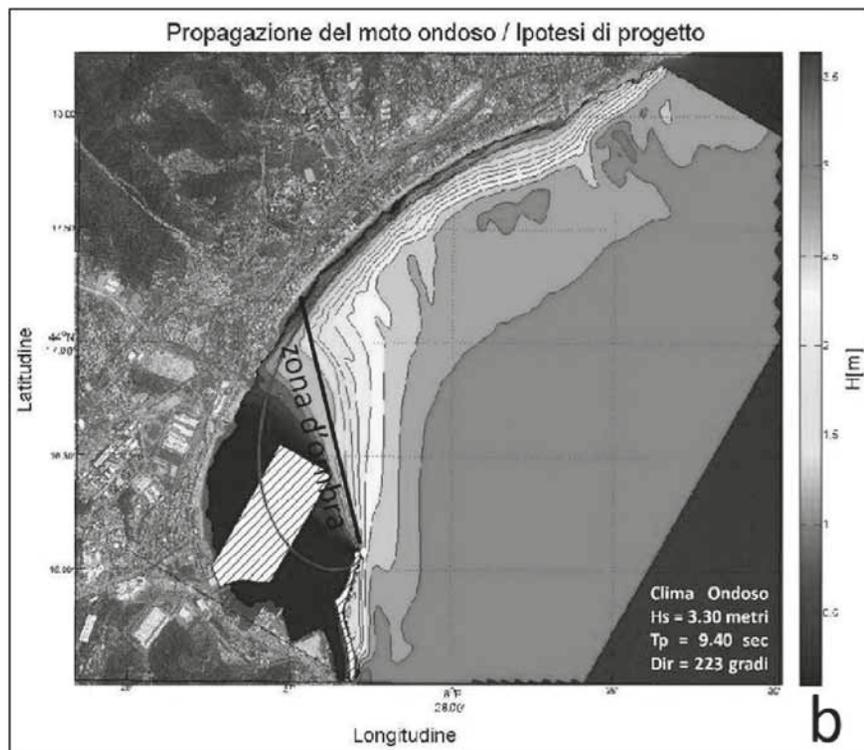


Figura 7. Propagazione del moto ondoso secondo le ipotesi di progetto ottenuta mediante l'applicazione del modello XBeach, e il profilo ideale della linea di riva elaborato mediante Phoebus (elaborazione DiSTAV Università degli Studi di Genova).

Si può facilmente prevedere che il nuovo assetto, indotto dal nuovo molo foraneo, sposterà inevitabilmente ancor più verso il settore nord-orientale il punto di divergenza. Questo sarà causa di un ampliamento della zona d'ombra (Bowman et al., 2009) e modificherà il profilo ideale della linea di riva (Hsu ed Evans, 1989). Risulta evidente come il fenomeno erosivo sarà ulteriormente accentuato ed il disequilibrio interesserà in maggior misura la spiaggia di Savona.

### Conclusioni

Lo studio ha messo in evidenza l'influenza che la struttura portuale di Vado Ligure ha sempre esercitato sull'evoluzione della spiaggia di Savona. Infatti l'attuale precaria situazione in cui giace il litorale è indubbiamente da attribuire ai disequilibri indotti dal molo foraneo della struttura portuale. L'incerto equilibrio è stato mantenuto fino ad oggi con cospicui ripascimenti che, pur senza risolvere la problematica, hanno comunque garantito la sopravvivenza della spiaggia. Le future modifiche che verranno realizzate nell'area portuale di Vado Ligure inevitabilmente procureranno nuovi disequilibri nel litorale. Infatti la configurazione prevista indurrà un'ulteriore accentuazione della deriva litoranea verso le spiagge di Vado Ligure, ovviamente a scapito di quelle di Savona. Quindi è prevedibile che, dopo la realizzazione della variante al molo foraneo, si assisterà ad una recrudescenza del fenomeno erosivo nella spiaggia di Savona. Quindi, è ipotizzabile che, se non s'interverrà con ulteriori ed ancor più massicci interventi di ripascimento, si verificherà un rapido collasso del sistema spiaggia con rischiose ripercussioni su tutte le infrastrutture litorali.

### Bibliografia

Ascarì M., Baccino L., Sanguineti G., 1937. *Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane. Le spiagge della riviera ligure*. C.N.R. Roma. 328 pp.

- Autorità portuale di Savona, 2016, *Progettazione definitiva ed esecutiva dei lavori della nuova piastra multifunzionale del porto di Vado Ligure e gestione della parte relativa al terminal contenitori*.
- Bowman D., Guillén J., Lopéz L., Pellegrino V., 2009. *Planview Geometry and morphological characteristics of pocket beaches on the Catalan coast (Spain)*. *Geomorphology*, 108: 191-199.
- Buscombe D., Masselink G., 2006. *Concepts in gravel beach dynamics*. *Earth–Science Reviews*, 79: 33-52.
- Cattaneo Vietti R., Albertelli G., Aliani S., Bava S., Bavestrello G., Benedetti Cecchi L., Bianchi C. N., Bozzo E., Capello M., Castellano M., Cerrano C., Chiantore C., Corradi N., Cocito S., Cutroneo L., Diviaco G., Fabiano M., Faimali M., Ferrari M., Gasparini G.P., Locritani M., Mangialajo L., Marin V., Moreno M., Morri C., Orsi Relini L., Pane L., Paoli C., Petrillo M., Povero P., Pronzato R., Relini G., Santangelo G., Tucci S., Tunesi L., Vacchi M., Vassallo P., Vezzulli L., Wurtz M., 2010. *The Ligurian sea: present status, problems and perspectives*. *Chemistry and Ecology*, 26: 319-340.
- Ferrari M., Cabella R., Berriolo G., Montefalcone M., 2014. *Gravel sediment bypass between contiguous littoral cells in the NW Mediterranean Sea*. *Journal of Coastal Research*, 30:183-191.
- Fierro G., Berriolo G., Ferrari M., 2010. *Le spiagge della Liguria occidentale: analisi evolutiva*. Regione Liguria, 174 pp.
- Firpo M., Corradi N., Cortemiglia G.C., Fannucci F., Fierro G., Piccazzo M., 1997. *Atlante delle Spiagge Italiane*. Foglio 93 Albenga Savona. CNR, S.El.Ca.
- Hsu J.R.C., Evans C., 1989. *Parabolic bay shapes and applications*. *Proc. of Institution of Civil Engineers* 87: 557-570.
- Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Aerofototeca Nazionale-ICCD, Roma, Archivio Fotocielo © copyright Aerofototeca Nazionale-ICCD.
- Regione Liguria, Servizio Diffusione Cartografica - Aerofotogrammi: voli costieri 1944-1973.
- Schiaffino C.F., Brignone M., Ferrari M., 2013. *A free software for sand and gravel embayed beach modelling: PhoEbuS- Parabolic Equation Shape*. *Earth Science Informatics*, 6: 165-173.
- Silvester R., Ho S.K., 1972. *Use of crenulated shaped bays to stabilize coasts*. *Proceedings of 13th International Conference Coastal Engineering*, pp. 1347–1365.
- Vinzoni M., sec. XVIII. Pianta delle due riviere della Serenissima repubblica di Genova divisa ne' commissariati di sanità. Manoscritto cartaceo del XVIII secolo (Genova, Biblioteca Civica Berio, Sezione di Conservazione, m.r.Cf.2.8)..
- Yasso W.E., 1965. *Plan geometry of headland bay beaches*. *Journal of Geology*, 73: 702–714.

**Ricevuto il 15/09/2016; accettato il 26/03/2017**

