



f foce Bevano

stato dell'area naturale protetta
e prospettive per una sua gestione
integrata e sostenibile



ASSESSORATO ALLA SICUREZZA TERRITORIALE
DIFESA DEL SUOLO E DELLA COSTA
PROTEZIONE CIVILE



stato dell'area naturale protetta e prospettive per una sua gestione integrata e sostenibile

a cura di

Roberto Montanari e Christian Marasmi

L'area di foce Bevano è considerata una delle zone più significative dal punto di vista ambientale e paesaggistico di tutto il litorale dell'Emilia-Romagna. Nel 2006 la Regione ha deciso di intervenire per ridurre il rischio idraulico nei territori retrostanti. Si è così attuata una riqualificazione funzionale a basso impatto ambientale accompagnata dalla ricostruzione della duna costiera erosa dalla migrazione verso nord della stessa foce. Con la prima pubblicazione "Foce Bevano, l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia" (2009) era stato posto l'accento sull'evoluzione della zona di foce illustrando i risultati dei monitoraggi (vegetazionale, morfologico, idrogeologico) effettuati nei primi tre anni successivi ai lavori.

Questo nuovo volume - a ormai sette anni dall'intervento - ha come obiettivo quello di fare il punto sullo stato dell'area protetta per quanto riguarda gli aspetti evolutivi ambientali e naturalistici, oltre che di assetto morfologico, idrogeologico, vegetazionale, tracciando un quadro gestionale integrato e di prospettiva dei vari elementi.

La pubblicazione apre con la sintesi del lavoro precedente, fissando il punto da cui partire per le esposizioni e riflessioni successive. Nel secondo capitolo vengono evidenziate le valenze naturalistiche e ambientali della foce, della spiaggia e della duna ricostruita, approfondendo le analisi su flora e fauna locali. Il capitolo dedicato all'assetto evolutivo della foce (idrogeologia, evoluzione della duna, impatti da mareggiate) permette di tracciare un quadro d'insieme aggiornato dell'evoluzione della zona e del suo assetto prevedibile nei prossimi anni. In conclusione, si delineano le indicazioni gestionali con particolare attenzione a sicurezza idraulica, riqualificazione dell'intera asta fluviale, manutenzione dell'intervento della foce, ripristino e gestione della pineta a seguito del recente incendio e conservazione della biodiversità del sistema foce-spiaggia-duna-pineta. Un insieme di indicazioni volte ad una gestione integrata e sostenibile, con il concorso di tutti gli enti competenti secondo una necessaria visione unitaria del "sistema Bevano", anche in relazione a nuove prospettive di valorizzazione e fruizione turistica controllata.

Da ultimo, in appendice è inserito il "Protocollo Bevano", protocollo metodologico operativo per la rivegetazione di apparati dunosi ricostruiti, sviluppato a partire dalle esperienze maturate nell'ambito della realizzazione dell'impianto vegetativo della duna ricostruita (finanziato dal progetto europeo "Beachmed-e", Interreg III C Sud 2006-2008) e del successivo monitoraggio: oltre ad un riferimento metodologico, rappresenta uno stimolo alla realizzazione di analoghi interventi in altre zone costiere regionali.

Leggere il Torrente Bevano come un corpo unico - la cui foce, mutevole nel tempo e nello spazio, ne è forse la porzione più conosciuta - è indispensabile per tracciarne la rotta verso la gestione sostenibile nell'ottica del cambiamento climatico globale. Il recente incendio della Pineta Ramazzotti e il susseguirsi di eventi intensi di mareggiata sono segnali allarmanti di come questo contesto sia sottoposto a pressioni ambientali e antropiche sempre più rilevanti. Coltivare una visione unitaria, sia per quanto riguarda gli aspetti gestionali sia per le attività di monitoraggio del "sistema Bevano" e delle sue valenze naturalistiche di assoluto rilievo, è un approccio fondamentale per costruire un piano di gestione ambientale/turistico davvero sostenibile nel tempo, che non può prescindere dalla collaborazione fattiva di tutti gli enti a vario titolo competenti nella gestione e nel governo del territorio e dalla partecipazione di tutti: cittadini, portatori di interesse locali, fruitori dell'area.

Concludo quindi con un sentito ringraziamento a chi, autori e curatori, ha reso possibile questa importante pubblicazione e invito ad una lettura attenta e ad una riflessione sul valore che il contributo di ognuno può avere nella corretta fruizione, valorizzazione e conservazione di questo inestimabile comune patrimonio naturalistico e ambientale.

Paola Gazzolo
Assessore alla Sicurezza Territoriale
Difesa del suolo e Della costa
Protezione civile



INDICE

1	Inquadramento dell'area e sintesi della pubblicazione del 2009	8
2	Aspetti ambientali e naturalistici	14
2.1	Il benthos della zona intertidale della spiaggia della foce del T.Bevaro	14
2.2	L'avifauna della foce del T.Bevaro	19
2.3	Struttura dell'artropodofauna terrestre nell'ambiente della duna ricostruita	26
3	Assetto della foce ed evoluzione recente dell'area	34
3.1	Assetto idrogeologico del sistema dunoso	34
3.2	Gli impatti delle mareggiate tra foce Fiumi Uniti e foce Fiume Savio	37
3.3	Erosione della fascia dunosa compresa tra foce Bevaro e Lido di Classe	46
3.4	Evoluzione della copertura vegetale della duna ricostruita e sua relazione con le variazioni morfologiche superficiali	49
4	Gestione e prospettive	56
4.1	L'asta fluviale del T.Bevaro: dalla sicurezza idraulica alla riqualificazione fluviale	56
4.2	Manutenzione dell'intervento di sistemazione della foce del T.Bevaro nel periodo 2010-2013	61
4.3	L'incendio della Pineta "Ramazzotti" e gli interventi di ripristino	63
4.4	Nuove indicazioni per la fruizione turistica del litorale naturale protetto tra Lido di Dante e Lido di Classe	71
4.5	La conservazione della biodiversità del litorale naturale protetto tra Lido di Dante e Lido di Classe in una prospettiva di lungo periodo	73
4.6	Una visione comune per la gestione integrata e sostenibile dell'area di foce Bevaro	81
	Bibliografia	88
	Appendice	94
	Protocollo Bevaro per la rivegetazione di apparati dunosi ricostruiti	

Capitolo 1

Inquadramento dell'area e sintesi della pubblicazione del 2009

A cura di Christian Marasmi e Roberto Montanari

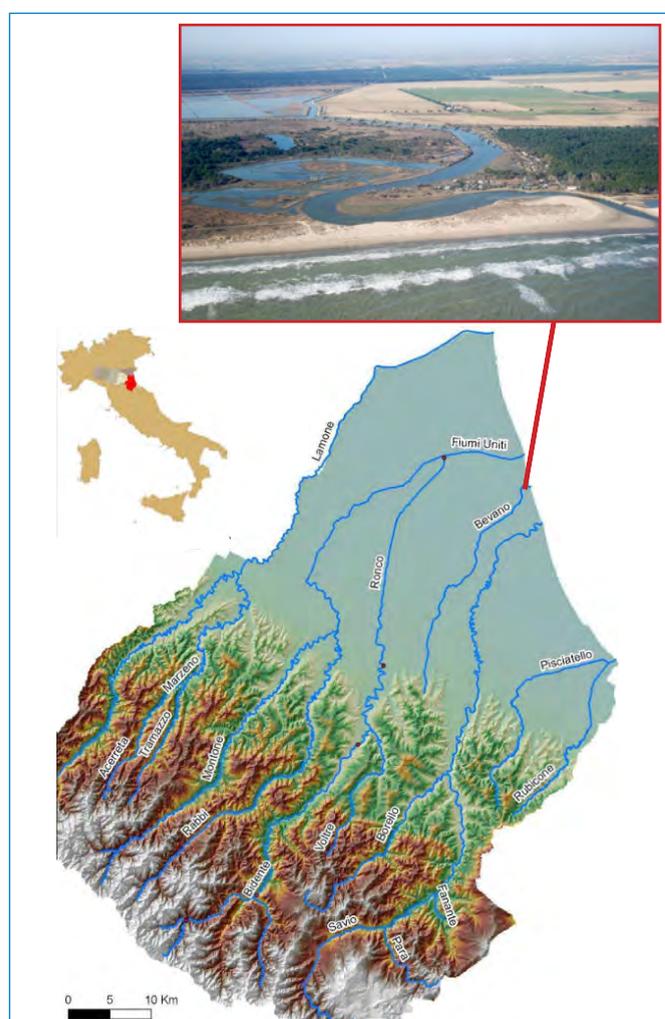


Figura 1 Inquadramento geografico. Il bacino del T. Bevano si estende per circa 92 km².

Il Torrente Bevano ha origine ad una quota di 180 m.s.l.m. in località Trebbo nei colli di Bertinoro e, dopo un percorso di 16 km ed aver interessato i Comuni di Bertinoro, Forlimpopoli e Forlì, entra in Provincia di Ravenna dove, dopo altri 18 km, sfocia nell'Adriatico fra le località di Lido di Classe e Lido di Dante.

Il bacino del T. Bevano si estende per un totale di circa 92,5 km² ed è suddivisibile in 12 sottobacini che si sviluppano in gran parte in pianura. Solo il Bevano Collinare, parte del Vedreto e del Ponara interessano un territorio collinare (per un totale di

1300 ha circa). I sottobacini più importanti sono il Vedreto (1156 ha) il Torricchia (1274 ha), il Sarachieda (1319 ha) e il Dismano (1720 ha). Nel tratto finale del Bevano (ultimi 4 chilometri) si immettono gli scoli Bevanella, Acque Basse, Acquara e Fosso Ghiaia che contribuiscono alla formazione dell'ampia foce ad estuario.

Il territorio del bacino è pedologicamente di natura sabbioso-argillosa ed è caratterizzato da una forte urbanizzazione nelle fasce limitrofe alla Statale Emilia (sottobacini Ponara, Ausetta, Bevano collinare, Vedreto) ed alla SS 71 ed E45 (Vedreto, Dismano); il resto del territorio è di carattere agricolo con diverse frazioni abitate.

L'area protetta

L'area costiera del Bevano rappresenta un sito ad elevato valore naturalistico-ambientale. Il sito è inserito tra le Riserve Naturali Biogenetiche Statali ("Duna costiera ravennate e foce torrente Bevano") gestite dal Corpo Forestale dello Stato di Punta Marina (RA). La Riserva interessa una fascia costiera retrodunosa (circa 64 ettari) comprendente anche le zone umide dell'Ortazzo ed Ortazzino. Il sito è interamente compreso entro il Parco Regionale del Delta del Po (Stazione "Pineta di Classe e Saline di Cervia") ed è tutelato come "bellezza naturale", Zona di Protezione Speciale, Sito di Importanza Comunitaria, zona Ramsar ed Oasi di protezione della Fauna (Fig.2).

Nel sito sono compresi cinque chilometri circa di dune costiere ancora ben conservate alle cui spalle si trovano le pinete demaniali ("Sezioni Ramazzotti e Savio") impiantate all'incirca a partire dal 1881. Le pinete artificiali a *Pinus pinaster* sono state progressivamente sovrapposte alla originaria vegetazione arbustiva, tipica delle dune consolidate, ancora parzialmente presente nelle fasce marginali e nel sottobosco.

L'area in destra foce, denominata Ortazzino, comprende i meandri fossili del Bevano, parte delle dune



Figura 2 Tutele e vincoli dell'area di foce del T. Bevano.

costiere, i retrostanti prati umidi salmastri con falda affiorante e prati aridi con arbusteti termofili naturali. In questo insieme sono presenti quasi tutti i tipi della vegetazione alofila nord adriatica. In posizione più arretrata, si sviluppa poi la zona umida dell'Ortazzo, un'antica valle di acqua dolce arginata ed ottenuta dalla riconversione di precedenti risaie; soggetta oggi agli influssi salmastri della falda (come testimoniato dalla presenza di giuncheti marittimi e puccinellieti), si caratterizza come un ampio stagno costiero, in parte controllato dall'immissione di acque dal canale Bevanella e dal Fosso Ghiaia. Le vasche con acque più basse si prosciugano durante l'estate, originando distese fangose in cui si insediano le comunità alofile annuali tipiche di questi ambienti.

A sud dell'Ortazzo sono presenti praterie umide e allagate con acque dolci, di recente ripristino. Soprattutto nell'Ortazzo, nelle bassure e prati umidi dell'Ortazzino, aree in cui alla qualità ambientale si associa una buona tranquillità, vi sono presenze faunistiche di pregio.

Il progetto di riqualificazione funzionale del tratto costiero in corrispondenza della foce del T. Bevano.

Negli ultimi 50 anni la foce del Bevano ha subito profonde modificazioni. In particolare, negli ultimi 30 anni, la migrazione verso nord del tratto terminale del canale fluviale del Bevano è stata causata dalla predominanza dei processi marini, come le correnti lungo costa, e da un regime fluviale di bassa energia. Questa migrazione ha prodotto da un lato una rapida erosione della pineta retrostante e delle dune presenti nel lato immediatamente a nord della foce e, dall'altro lato, una seria difficoltà nello smaltimento delle acque di piena fluviali verso mare (Fig.3).

Proprio per mitigare il rischio idraulico e ridurre il processo erosivo in atto sulla duna, nel 2006 è stato avviato il "Progetto di riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di foce Bevano".

Il sistema era già da tempo in stato di sofferenza, ed erano stati già ipotizzati interventi di sistemazione, sempre rinviati nel timore di intervenire in un'area di altissimo pregio ambientale. In corrispondenza dell'evento alluvionale che ha colpito la Romagna nell'autunno 1996 l'intero sistema del Bevano aveva però dimostrato la sua inadeguatezza. Per questo motivo furono attivati una serie di interventi di emergenza finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico, fra cui fu finanziata anche la sistemazione della foce del Bevano.

Il contesto ambientale del progetto di sistemazione della foce è stato quindi analizzato sia a scala di bacino sia a scala di intervento raccogliendo ed analizzando tutti i dati disponibili nelle banche dati territoriali ed ambientali degli enti pubblici locali.

Le analisi idrauliche hanno tenuto conto delle caratteristiche dell'intero bacino del torrente Bevano e del sistema di bonifica ad esso afferente. Le valutazioni sulla qualità delle acque fluviali, sulla geologia e idrologia sono state anche esse formulate ad una scala di dettaglio, in relazione al tipo di problematica esaminata.

I dati sul comportamento fisico dell'ambiente marino, sono stati raccolti per il tratto di litorale che va da Lido di Savio a Lido di Dante, al fine di determinare le correnti prevalenti in gioco per la comprensione della situazione evolutiva della foce.

Per la qualità delle acque marine ci si è avvalsi dei dati delle due stazioni di campionamento nei pressi della foce del Torrente Bevano.



Figura 3 Confronto tra le foto aeree RAF 1943-44, GAI 1954, RER 1976-78, COSTA RER 1991, 2005 e 2008.

In base al complesso quadro conoscitivo disponibile si è quindi deciso di procedere all'apertura di una nuova foce in posizione intermedia tra quella originaria e l'ultimo meandro. Inoltre è stato aperto un canale (scolmatore) all'altezza dell'ultimo meandro, con quota di fondo al medio mare (+ 0,00); questo per far sì che l'acqua possa passare solo in caso di alta marea o di piena del fiume. La foce originaria è stata quindi chiusa con il materiale sabbioso proveniente dallo scavo delle nuove foci ed è stata ricostruita parzialmente la duna erosa a protezione della pineta retrostante (Fig.4).

L'intervento ha permesso di ottenere un risultato significativo dal punto di vista della funzionalità della foce tramite azioni ed opere di minimo impatto per l'ambiente. Per garantire la futura stabilità dell'ope-

ra si è da subito prevista la necessità di interventi saltuari di manutenzione legati alle forze delle dinamiche marino-fluviali in atto.

Inoltre, nell'ambito dell'intervento, il materiale naturalmente spiaggiato è stato destinato alla protezione della duna di neoformazione.

In relazione alla complessità dei fattori in gioco si è tenuto conto fin da subito della necessità di tenere monitorata la futura evoluzione della foce anche dopo la conclusione dell'intervento di sistemazione, al fine di potere svolgere eventuali azioni correttive. I dati relativi ai primi anni di monitoraggio sono stati raccolti e pubblicati sul volume "Foce Bevano, l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia" (2009).



Figura 4 Intervento di sistemazione della foce Bevano. Rappresentazione schematica delle principali aree di intervento e delle opere realizzate.

L'intervento di vegetalizzazione della duna ricostruita

L'intervento di vegetalizzazione eseguito a Foce Bevano si è posto come obiettivo principale la realizzazione di una copertura vegetale in grado di intercettare e accumulare sabbia proveniente dal trasporto eolico, al fine di favorire l'accrescimento naturale della duna di nuova costruzione. Altro obiettivo più generale era quello di mettere a punto un protocollo per la rivegetalizzazione delle dune, corretto dal punto di vista ambientale e naturalistico, esportabile anche ad altri siti costieri regionali e in generale dello stesso ambito bioclimatico (vedi appendice "Protocollo Bevano").

In funzione di tali obiettivi, le specie utilizzate per l'intervento sono state scelte tra quelle che in maniera più significativa contribuiscono all'accumulo di sabbia nella formazione dei sistemi dunosi naturali: *Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis*, entrambe perenni. Nell'intento di utilizzare solo materiale vegetale autoctono, ma ugualmente di non impoverire le popolazioni naturali già presenti nell'area di intervento, nella primavera 2006 è stato raccolto un numero limitato di individui di entrambe le specie nel tratto di costa compreso tra Casalborgorsetti a nord

e Lido di Classe a sud. Tale materiale è stato poi propagato per via vegetativa e coltivato in vivaio fino al momento dell'impianto *in situ* a fine ottobre 2006. Questo ha consentito di ottenere, nell'arco di pochi mesi (aprile-settembre), nuovi cespi di dimensioni comparabili a quelle di una pianta adulta, con un apparato radicale ben sviluppato e in grado di attecchire facilmente una volta impiantati *in situ*. Rispetto alla riproduzione da seme, la propagazione vegetativa consente di accorciare notevolmente i tempi (di almeno 6-8 mesi) per l'ottenimento di cespi a un buon livello di sviluppo.

Oltre all'utilizzo di piante già affermate, in buone condizioni e con un apparato radicale ben sviluppato, altro aspetto importante ai fini della riuscita dell'impianto nella nuova duna è stata la scelta di operare *in situ* verso la fine ottobre 2006 (Fig. 5); in tale momento dell'anno le temperature permettono ancora lo svolgersi delle attività vegetative e l'acqua disponibile nell'ambiente (da precipitazioni o da condensa notturna) è tale da garantire l'assenza di importanti momenti di stress idrico. In totale si sono impiantati 2000 cespi di *Agropyron junceum* e 1000 cespi di *Ammophila littoralis*, distribuiti su 4 file parallele alla linea di riva, su una striscia di 300 m di lunghezza e 2.5 m di larghezza, con una densità di circa 4 cespi/m².

A inizio novembre 2007 l'impianto è stato esteso, seguendo lo stesso schema di disposizione, nella parte più settentrionale del sito, su una striscia di circa 150 m di lunghezza e 2.5 m di larghezza, che nel 2006 non era stata interessata da alcun tipo di intervento di vegetalizzazione. Nella parte meridionale, interessata dall'intervento del 2006, sono state invece aggiunte due nuove file di *Ammophila littoralis*, collocate alcuni metri a ovest di quelle già esistenti.



Figura 5 Piantumazione dei cespi sulla duna ricostruita (foto Giuseppe Pritoni).



aspetti ambientali e naturalistici



foto Roberta Corsi

Aspetti ambientali e naturalistici

Capitolo 2.1

Il benthos della zona intertidale della spiaggia della foce del T.Bevano

Marina Antonia Colangelo, Sara Capecci, Maria Paola Zangrilli

Le spiagge sono ambienti altamente dinamici e produttivi e rappresentano un sistema strettamente integrato, dove la zona sub-intertidale, la parte sommersa e le dune offrono protezione naturale alla costa e all'entroterra. Fenomeni di inondazione e l'erosione costiera costituiscono una grave minaccia per questi ambienti. Per una corretta gestione delle coste sabbiose è necessario conoscere le caratteristiche della spiaggia e le interrelazioni fra i diversi habitat.

ondoso (spiagge a bassa, media e alta energia), dalla quantità di materiale sedimentario trasportato e dal regime delle maree (spiagge microtidali, 0-2 m, mesotidali, 2-4 m, macrotidali, >4m).

Il profilo morfologico tipico di una spiaggia (Fig. 6), sebbene sia costantemente modificato dalle forzanti sopra elencate, presenta quattro zone caratteristiche:

- *Zona delle dune eoliche*: costituiscono un argine naturale importante per la protezione della zona costiera e dell'entroterra. Sono forme di accu-

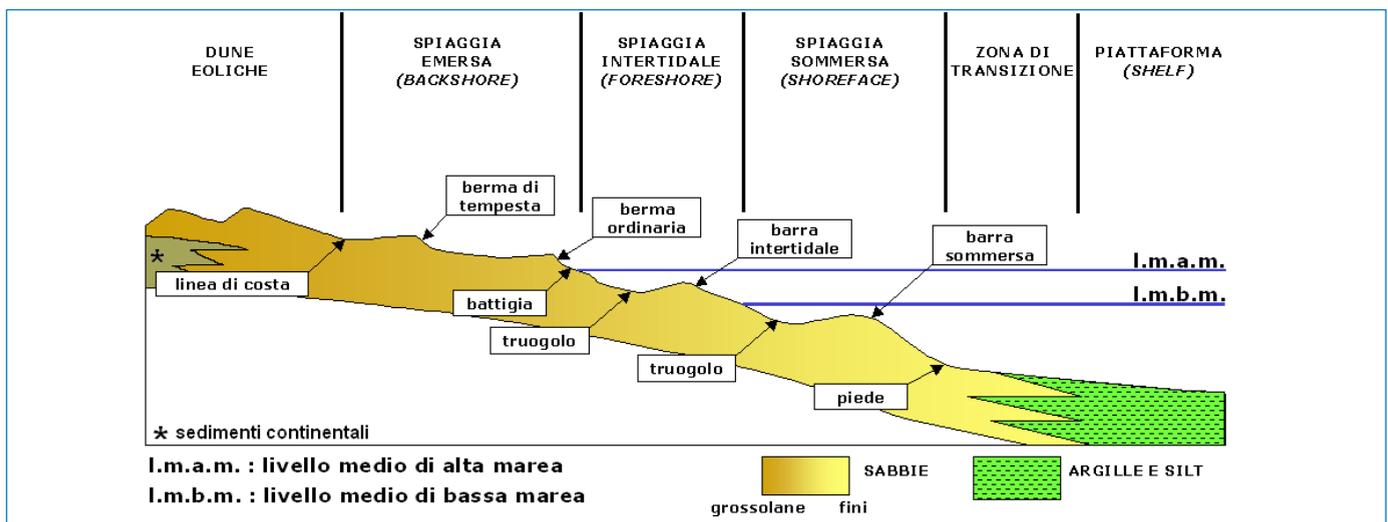


Figura 6 Profilo morfologico di una spiaggia bassa e sabbiosa.

Da un punto di vista ecologico-ambientale, le coste sabbiose forniscono una vasta gamma di quelli che vengono chiamati "servizi ecosistemici". Questi sono, ad esempio, lo stoccaggio e il trasporto dei sedimenti, la frammentazione del materiale organico depositato sia dalla terra che dal mare e la dissipazione delle onde.

Inoltre, le coste sabbiose svolgono un'importante funzione tampone contro gli eventi estremi e sono in grado di dare risposte dinamiche all'innalzamento del livello del mare.

La struttura morfologica delle spiagge e di conseguenza anche quella delle comunità vegetali e animali presenti dipendono dall'entità e dalla modalità di dispersione dell'energia proveniente dal moto

mulo di materiale sabbioso costruite principalmente per azione eolica;

- *Spiaggia emersa o backshore*: comprende il tratto di spiaggia che si estende dal margine inferiore delle dune fino al livello massimo di alta marea, è raggiunto dall'acqua solo in caso di forti mareggiate;
- *Spiaggia intertidale o foreshore*: è compresa tra il livello medio di alta marea ed il livello medio di bassa marea;
- *Spiaggia sommersa o shoreface*: delimitata dal limite inferiore di bassa marea e la profondità di chiusura, che rappresenta la zona in cui cessa l'azione del moto ondoso sul fondale.

Le spiagge sono classificate lungo un continuum

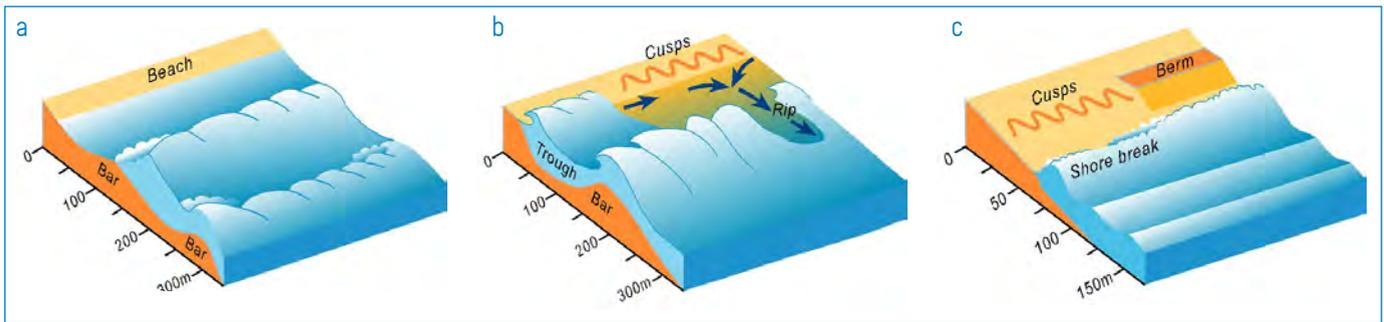


Figura 7 Classificazione delle spiagge in tre tipologie principali: a) dissipative, b) intermedie e c) riflettenti.

morfodinamico in cui si possono riconoscere le seguenti tipologie principali (Fig. 7):

- *Dissipative*: caratterizzate un profilo di spiaggia poco ripido, da sedimento fine, forte moto ondoso e sono precedute da un'ampia *surf zone* (zona dei frangenti) lungo la quale le onde perdono molta della loro energia;
- *Intermedie*: si trovano in una condizione transitoria tra la condizione di alta energia che caratterizza le spiagge dissipative e quella di bassa energia delle spiagge riflettenti;
- *Riflettenti*: caratterizzate da un profilo più ripido della spiaggia, sedimento grossolano, ristretta zona intertidale ed assenza della *surf zone*, quindi tutta l'energia delle onde viene riflessa verso mare.

Per lungo tempo, gli ecosistemi sabbiosi sono stati considerati come “deserti marini” e quindi trascurati da punto di vista bio-ecologico. Tuttavia, le spiagge sono ricche di forme di vita e supportano dense popolazioni di invertebrati bentonici.

Con il termine *benthos* si indicano tutte quelle specie, animali e vegetali, che vivono a stretto contatto con il fondale marino. Gli organismi animali bentonici presenti nell'area intertidale dei litorali sabbiosi generalmente si distinguono in due principali classi dimensionali:

- *Macrobenthos*: comprende organismi di dimensioni superiori ai 500 micron;
- *Meiobenthos*: comprende organismi di dimensioni comprese tra i 500 e 45 micron.

Questi organismi differiscono non solo per le dimensioni, ma anche per il differente ruolo biologico ed ecologico che svolgono. La macrofauna delle spiagge sabbiose include gran parte degli invertebrati marini, ma è ormai riconosciuto che i taxa più importanti sono rappresentati dai Molluschi, sia Gasteropodi che Bivalvi, dai Crostacei e dai Policheti. La componente dominante della meiofauna tipica di spiagge sabbiose, è rappresentata da Nematodi e Copepodi Arpacticoidi seguiti da altri taxa di

importanza variabile come Turbellari, Nemertini e Gastrotrichi.

I macroinvertebrati che vivono nella zona intertidale giocano un ruolo chiave nella catena trofica delle spiagge sabbiose: i filtratori e i detritivori veicolano l'energia e la materia dagli organismi vegetali (microalghe e in misura minore, anche meiofauna) verso i livelli trofici superiori della rete alimentare in quanto fonte di cibo per giovanili di specie ittiche sfruttate, anche a livello commerciale (Pleuronectiformes), e di grandi crostacei decapodi come il granchio comune *Carcinus mediterraneus* (Fig. 8). Anche la meiofauna riveste un ruolo importante nelle reti trofiche, nei processi di ri-mineralizzazione dei nutrienti, stimolando la crescita delle colonie batteriche di cui si nutrono. Inoltre, rendono più accessibile il detrito ai macro-consumatori, sminuzando la materia organica macroalgale.

La macrofauna, che tende ad abitare la superficie dei sedimenti, è più influenzata dagli stress fisici di tali ambienti. La meiofauna, invece, comprende organismi specializzati a vivere negli interstizi dei fondi sabbiosi non accessibili ad altri organismi di taglia maggiore che al massimo vi scavano tane dove

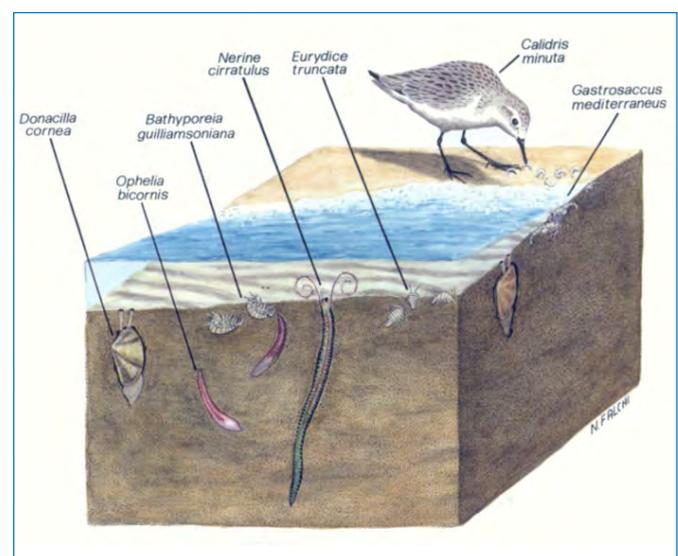


Figura 8 Esempio di biocenosi della zona intertidale di una costa sabbiosa (Disegno di N.Falchi).

rifugiarsi. Conducendo prevalentemente vita interstiziale gli organismi della meiofauna tamponano meglio l'estrema variabilità delle condizioni fisico-chimiche dell'habitat intertidale.

Gli invertebrati bentonici vengono largamente utilizzati come bio-indicatori per il monitoraggio di ambienti marini. Essi, infatti, essendo relativamente poco mobili, rispondono rapidamente sia agli stress naturali sia a quelli di origine antropica. Inoltre le modifiche della struttura delle loro comunità integrano gli effetti ambientali di lungo periodo in un particolare sito.

delle comunità bentoniche rinvenute nella zona intertidale. A tale fine illustriamo i risultati ottenuti in uno studio effettuato lungo un periodo di un anno in cui sono stati analizzati i popolamenti meio- e macrobentonici nella zona intertidale per valutare se e come la struttura di queste comunità fosse legata alle principali variabili che definiscono lo stato morfologico della spiaggia in relazione all'idrodinamismo.

Tenendo presente che le spiagge del Nord Adriatico vengono classificate tutte come dissipative, il sito di Lido di Dante ricade in una condizione di minore

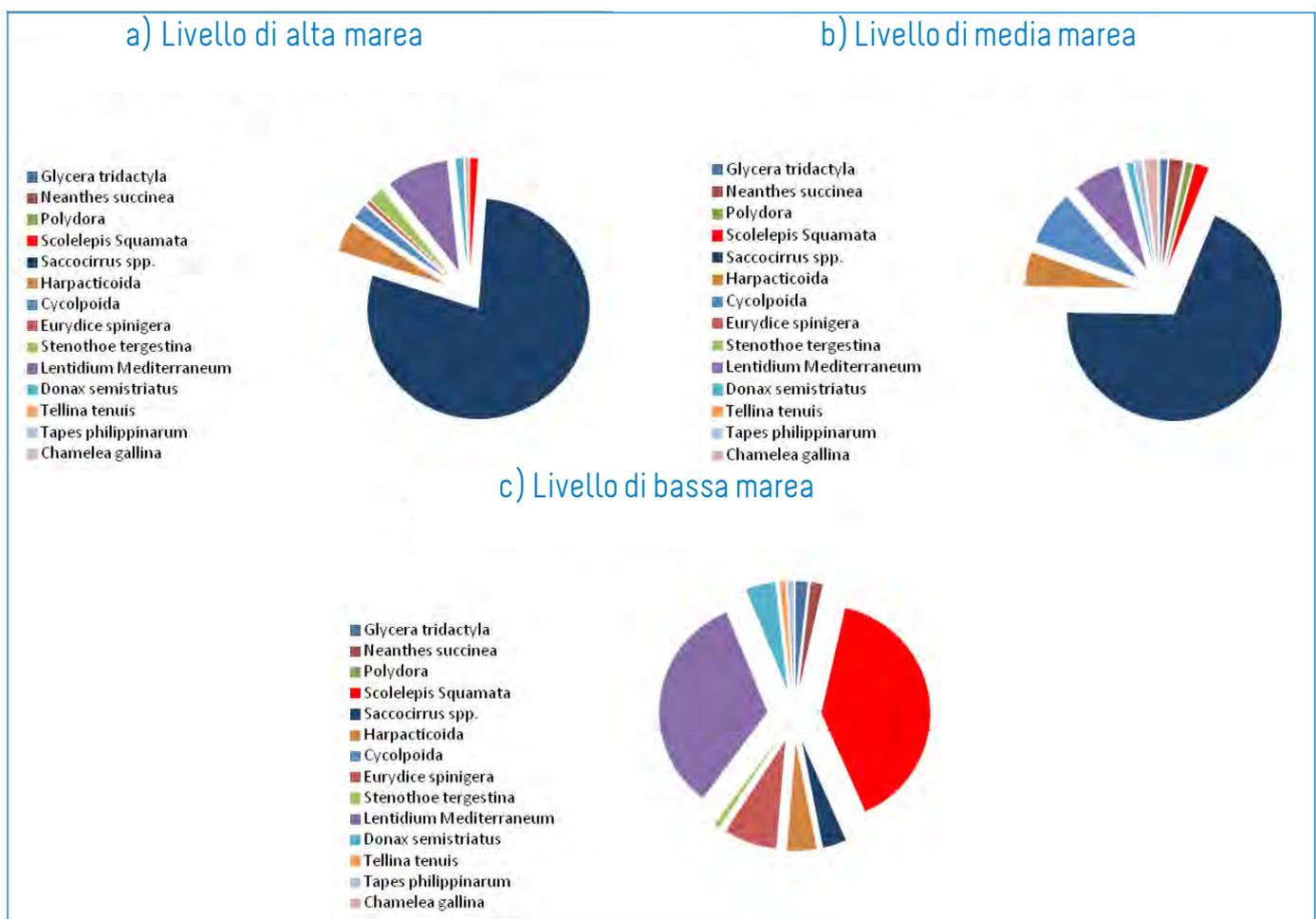


Figura 9 Composizione dei popolamenti zoobentonici rinvenuti: a) livello di alta marea; b) livello di media marea; c) Livello di bassa marea.

Risulta pertanto importante studiare le comunità biotiche della zona intertidale degli ecosistemi di spiaggia per una più corretta gestione e conservazione dei beni e servizi degli habitat costieri e per poter valutare la risposta dei popolamenti bentonici agli effetti di eventi come erosione e subsidenza, sia di origine naturale che antropica.

Sembra quindi interessante integrare la conoscenza della spiaggia a sud di Lido di Dante, in prossimità della foce del Torrente Bevano, denominata la Bassona, non protetta da strutture rigide, con l'analisi

forza dissipatrice. L'area di studio indagata, durante il periodo di campionamento, infatti presentava una pendenza del profilo intertidale maggiore rispetto ad altre spiagge della costa emiliano-romagnola non soggette ad erosione (per esempio la spiaggia di Cervia), una relativamente minore ampiezza della zona intertidale, sempre facendo dei confronti con quanto rilevato in altre tipologie di spiagge della costa emiliano-romagnola, una sabbia la cui granulometria è maggiore e un basso contenuto di sostanza organica.

L'analisi delle comunità bentoniche presenti nella fascia intertidale della spiaggia della Bassona ha permesso di evidenziare la presenza di un gradiente biologico longitudinale passando dal livello di alta marea verso quello di bassa marea (Fig. 9). Globalmente i campioni prelevati lungo la spiaggia nei livelli di alta e media marea sono caratterizzati dalla dominanza del polichete *Saccocirrus sp.* (Fig. 10). Il genere *Saccocirrus* è presente tipicamente in spiagge a granulometria più grossolana, come dimostrato da studi sperimentali che hanno evidenziato l'esclusione del polichete nei siti in cui il contributo di sabbia fine supera il 25% nel sedimento. Passando verso il livello di bassa marea, invece, la comunità zoobentonica si presenta più eterogenea e dominata principalmente da due specie: il polichete *Scolelepis squamata* (Fig. 11) e il piccolo bivalve *Lentidium mediterraneum* (Fig. 12). *Scolelepis squamata* (Famiglia Spionidae) vive tipicamente in tubi temporanei costruiti da sabbia e muco e in alcune occasioni può migrare fino a 40 cm di sedimento. Dense popolazioni di questa specie sono state rinvenute nella zona di bassa marea in molte spiagge delle coste europee. Sebbene i policheti spionidi siano generalmente dei detritivori, *Scolelepis squama-*



Figura 10 Polichete *Saccocirrus sp.*



Figura 11 Polichete *Scolelepis squamata*.

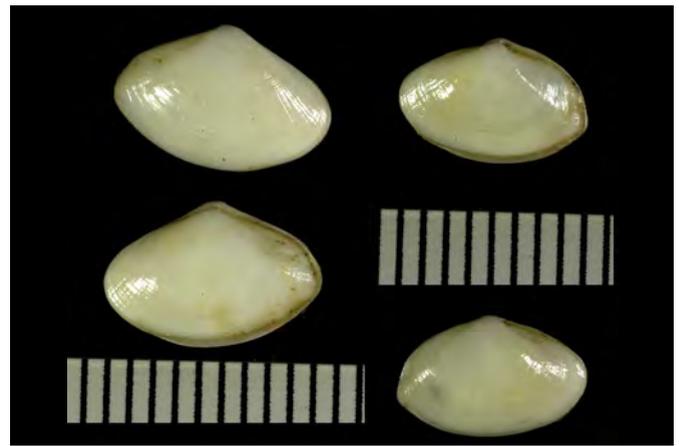


Figura 12 Bivalve *Lentidium mediterraneum*.

ta si ciba quasi esclusivamente di sostanza organica in sospensione catturata grazie all'utilizzo di palpi tentacolari che si protraggono verso l'esterno della tana in cui si ritraggono. Inoltre, questa specie di polichete è una preda comune di organismi appartenenti ai livelli trofici superiori, come pesci demersali e/o uccelli limicoli. L'altra specie dominante nella parte inferiore della fascia intertidale è il bivalve *Lentidium mediterraneum* (Famiglia Corbulidae). Gli organismi di questa specie presentano piccole dimensioni (5-8 mm) se confrontati con i bivalvi tipici dell'habitat dei fondi molli. Presentano un colore giallastro-biancastro, talora più o meno rosato, e sono riconoscibili grazie alle piccole dimensioni, alla forma equilaterale e al fatto che la valva destra è più grande e convessa rispetto a quella sinistra. Questa specie ha la particolarità di fornire un substrato di insediamento per piccoli cirripedi balanidi e uova di gasteropodi come *Ciclope neritea*.

Infine, nell'intera fascia intertidale indagata sono state rinvenute anche specie appartenenti all'ordine dei copepodi arpacticoidi. Le specie appartenenti a questo ordine sono fra le dominanti, insieme ai nematodi, nel compartimento meiofaunale. Gli organismi rinvenuti presentano una forma definita "slander", cioè allungata e sottile, adatta alla vita interstiziale poiché consente il movimento tra i granuli del sedimento. Questi organismi presentano una maggiore varietà morfologica rispetto agli altri gruppi di copepodi, dovuta al fatto che essi sono sottoposti ad una molteplicità di pressioni selettive che variano continuamente nel tempo. La maggior parte delle specie appartenenti all'ordine degli arpacticoidi è considerata detritivora, anche se diversi studi hanno dimostrato una notevole specializzazione verso diverse tipologie di batteri, protozoi e diatomee.

Globalmente la struttura delle comunità bentoniche

rinvenute nell'area della foce Bevano è ben spiegata dalle caratteristiche fisiche della spiaggia esaminata ed è comparabile a quella di altre spiagge delle coste europee caratterizzate da una simile morfodinamica.

Il confronto di diverse comunità bentoniche rinvenute in alcune spiagge della costa emiliano-romagnola caratterizzate da diverso idro- e morfodinamismo, mette in evidenza come i popolamenti bentonici riescano a descrivere le caratteristiche locali, utili per poter valutare l'effetto di cambiamenti futuri imputabili a fenomeni quali erosione, interventi antropici e cambiamenti climatici.

In un'ottica di conservazione e gestione più ecosostenibile, appare quindi evidente l'importanza di ampliare ed approfondire il quadro conoscitivo sulle dinamiche e sui processi alla base degli ecosistemi intertidali sabbiosi che a loro volta si riflettono direttamente e/o indirettamente sui pattern biologici ed ecologici che condizionano la distribuzione e la strutturazione delle comunità bentoniche. Queste ultime sono considerate sempre più idonee nel definire lo stato ecosistemico dell'habitat e quindi possono essere validi strumenti per il monitoraggio dell'ambiente marino-costiero al fine di migliorarne le strategie di gestione.

Aspetti ambientali e naturalistici

Capitolo 2.2

L'avifauna della foce del T.Bevano

Lorenzo Serra

Le foci fluviali sono ambienti di grande importanza per gli uccelli perché offrono habitat indispensabili per il ciclo biologico di alcune specie e anche perché sono elementi territoriali (*landmark*) utilizzati dagli individui in migrazione per orientarsi.

Le foci che si aprono sull'Adriatico occidentale, in particolare, divengono aree di concentrazione durante i movimenti autunnali, poiché raccolgono i migratori che, dopo aver attraversato l'Adriatico, iniziano la risalita delle aste fluviali, mentre in primavera vedono il passaggio dei migratori che risalgono la costa verso Nord o che vi arrivano direttamente dall'entroterra. Inoltre, sono anche utilizzate come vie di spostamento per i movimenti che molte specie compiono giornalmente tra le zone di riposo e i siti di alimentazione.

Una trattazione completa dell'avifauna della foce del Bevano potrebbe quindi quasi comprendere l'intera avifauna italiana ed europea, poiché sulla foce transitano centinaia di specie ogni anno, che, in presenza di situazioni ambientali o meteorologiche particolari, possono sostare sulla foce per qualche ora o qualche giorno.

Riconosciuta l'importanza del sito come crocevia per i movimenti periodici degli uccelli, tuttavia, tratteremo qui solo le specie che durante il periodo riproduttivo hanno una stretta associazione ecologica con i quattro habitat più importanti della foce: la spiaggia, la duna, la pineta e le zone umide salmastre.

Fra queste specie, solo quelle della spiaggia sono legate in modo quasi esclusivo a questo ambiente e la loro sopravvivenza dipende dalla presenza di tratti di litorale con arenili ben conservati e protetti. Sulla base delle problematiche di conservazione delle diverse specie verranno inoltre proposte alcune azioni di gestione territoriale volte a ridurre gli effetti di alcune minacce che gravano su alcune popolazioni di uccelli.

Specie della spiaggia: dalla linea di battigia alle dune mobili embrionali

Se la parte terrestre di questo habitat è quasi del tutto abiotica, quella marina è particolarmente ricca di invertebrati e dunque offre ad alcune specie di uccelli un'ampia disponibilità trofica. Tre specie appartenenti all'ordine dei Caradriformi nidificano sulla spiaggia alla foce del Bevano e si nutrono sulla linea di battigia o sui tratti di fondale che rimangono esposti o semisommersi durante le ore di bassa marea. Si tratta di una piccola sterna, il Fraticello (*Sternula albifrons*) e di due limicoli, il Fratino (*Charadrius alexandrinus*) e la Beccaccia di mare (*Haematopus ostralegus*).

Il Fraticello è un migratore trans-sahariano, cioè una specie che trascorre i mesi invernali nell'Africa tropicale ed equatoriale. Arriva alle nostre latitudini per nidificare in aprile e riparte tra agosto e settembre, dopo aver completato la muta del piumaggio in particolari siti, detti "aree di muta", dove si riuniscono i giovani e gli adulti provenienti da colonie di nidificazione situate anche a centinaia di chilometri di distanza. Una di queste aree di muta si trova nella Laguna di Venezia e raccoglie individui provenienti da tutte le colonie di nidificazione adriatiche, comprese quelle pugliesi, secondo un gradiente di probabilità inversamente proporzionale alla distanza della colonia dal sito di muta. La popolazione adriatica trascorre l'inverno lungo le coste dell'Africa occidentale e sembra concentrarsi tra la Costa d'Avorio e il Ghana, aree che raggiunge seguendo prima le coste nord-occidentali del Mediterraneo, sino allo stretto di Gibilterra e poi quelle atlantiche. Nidifica in colonie, anche di alcune migliaia di coppie in situazioni ottimali, deponendo 2-3 uova in buchette scavate nella sabbia, tra il limite interno della zona di battigia e i primissimi insediamenti di vegetazione annuale. La buca è quasi sempre decorata con piccole conchiglie portate dai genitori. L'incubazione dura 26-28 giorni. I pulcini sono semi-precoci, cioè nascono con gli occhi aperti e sono ricoperti da

piumino, ma restano nel nido sino a quando non camminano e sono nutriti dai genitori. Si involano a circa 20 giorni di vita. Se la riproduzione ha successo, la femmina effettua una sola deposizione, ma ciò avviene sempre più raramente in Italia. Eventi naturali e di origine antropica rendono infatti molto spesso vani anche ripetuti tentativi di riproduzione, determinando una lunghissima stagione riproduttiva, che si estende dai primi di maggio a fine luglio. Adulti e pulcini si nutrono di piccoli pesci che vengono pescati nel tratto di mare prospiciente la colonia o in zone umide interne, dove presenti, effettuando voli di foraggiamento che di norma non superano il chilometro. Alla foce del Bevano, la specie non riesce più a nidificare con successo da molti anni, a causa del disturbo antropico. In condizioni ottimali, invece, l'area potrebbe ospitare diverse decine di coppie e costituire uno dei siti di nidificazione principali dell'Emilia-Romagna.

mareggiate o altre avversità. La popolazione adriatica è in larga parte residente, cioè non migra dopo la riproduzione, ma rimane sulle nostre coste anche in inverno. La formazione delle coppie riproduttive avviene verso la fine dell'inverno e, a partire da aprile, si trovano i primi nidi. La femmina depone 3-4 uova che cova per circa 26 giorni, alternandosi con il partner (Fig. 13). I pulcini sono precoci, cioè restano nel nido solo 1-2 giorni e poi seguono i genitori ma si nutrono da soli. Spesso, a pochi giorni dalla schiusa, vengono lasciati alle cure di un solo genitore, sino all'involo che avviene a circa 28 giorni. Il partner che si è liberato dalle cure parentali, generalmente la femmina, cerca un nuovo compagno per tentare una seconda riproduzione. Il nido è una piccola buca scavata nella sabbia, senza alcuna decorazione, localizzato nella stessa zona di spiaggia utilizzata dal Fraticello, anche se il Fratino ha una maggiore propensione ad insediarsi in zone più arretra-



Figura 13 Coppia di Fratini nei pressi del nido. Il maschio, a sinistra, si riconosce per il piumaggio più contrastato (Foto Roberta Corsi).

In Italia sono stimate attualmente 2000-3000 coppie (400-500 in Emilia-Romagna), che hanno mostrato un declino prossimo al 70% rispetto ai primi anni '80. In ragione di questo drammatico declino, il Fraticello è stato classificato come specie in pericolo di estinzione nella nuova lista rossa degli uccelli nidificanti in Italia, redatta nel 2011.

Il Fratino è un piccolo limicolo che nidifica lungo le coste sabbiose; raggiunge elevate densità dove sono presenti lagune o stagni retrodunosi, ambienti che offrono zone di alimentazione e di rifugio in caso di

te, verso la duna. Al contrario del Fraticello, però, spesso pone il nido vicino o sotto alla vegetazione o anche sotto materiale spiaggiato. Come i Fraticelli, anche i Fratini ogni anno depongono molte covate a causa della continua distruzione dei nidi da parte di mareggiate o temporali, della predazione operata da mammiferi (ratti, ricci, volpi, cani e gatti vaganti), uccelli (gazze, cornacchie grigie, gabbiani reali) e del disturbo antropico (bagnanti, cicloturisti, raccoglitori di molluschi, pescatori, visitatori di ogni genere). Sulla foce del Bevano nidificano attualmente

8-10 coppie, che da ormai molti anni trovano grandi difficoltà a riprodursi con successo. Gli individui sono quasi tutti marcati con anelli colorati che ne permettono il riconoscimento a distanza. Si tratta di un nucleo riproduttivo ormai sull'orlo dell'estinzione a causa del successo riproduttivo troppo basso; diversi individui hanno superato i dieci anni di età. L'area del Bevano, se opportunamente gestita, potrebbe ancora oggi ospitare 40-50 coppie, un numero pari a quelle attualmente presenti in tutta l'Emilia-Romagna. In Italia sono stimate circa 1000 coppie, di cui 300 lungo l'Adriatico. Il declino osservato negli ultimi 10 anni in Italia è superiore al 50%; come il Fraticello, anche il Fratino è stato inserito tra le specie in pericolo nella lista rossa italiana dove è considerata specie "vulnerabile".

3-4 uova in piccole buche nella sabbia, tra marzo e giugno, che vengono incubate da entrambi i genitori per 24-28 giorni. I pulcini sono precoci e involano dopo circa 30 giorni dalla schiusa. La foce del Bevano è il limite meridionale di distribuzione della specie in Italia. Sono presenti 1-2 coppie, che non sono mai riuscite a completare con successo la riproduzione a causa del disturbo antropico. In Italia nidificano 140-150 coppie, di cui 40-50 in Emilia-Romagna; contrariamente alle due specie precedenti la specie appare stabile, dopo l'incremento osservato tra il 1980-2000. Nella nuova lista rossa degli uccelli nidificanti in Italia è classificata come specie "quasi minacciata".



Figura 14 Beccaccia di mare in alimentazione sulla spiaggia (Foto Roberta Corsi).

La Beccaccia di mare è un limicolo di dimensioni medio-grandi che ha recentemente ricolonizzato le spiagge del delta del Po e delle lagune dell'Adriatico settentrionale, uniche aree in Italia dove nidifica (Fig. 14). Una parte della popolazione è migratrice e sverna sulle coste atlantiche dell'Africa occidentale, l'altra è residente e rimane tutto l'anno lungo i litorali adriatici. La specie, molto diffusa lungo le coste dell'Europa settentrionale, è nota per la sua abilità ad aprire i bivalvi, di cui si nutre, e per i conflitti generati con i pescatori in alcune aree, dove lo sfruttamento dei banchi di molluschi a fini economici ha determinato un crollo della popolazione. Depone

Specie della duna: dalla duna mobile del cordone litoraneo alle dune consolidate a vegetazione erbacea e arbustiva

Sono poche le specie di uccelli che nidificano sulla duna. La duna mobile ospita molto raramente qualche nido delle tre specie di Caradriformi della spiaggia, soprattutto di Beccaccia di mare e Fratino, mentre nella parte erbacea sono presenti due specie di Passeriformi, il Beccamoschino (*Cisticola juncidis*, Fig. 15) e il Saltimpalo (*Saxicola torquata*, Fig. 16). Si tratta di uccelli non strettamente legati a questo

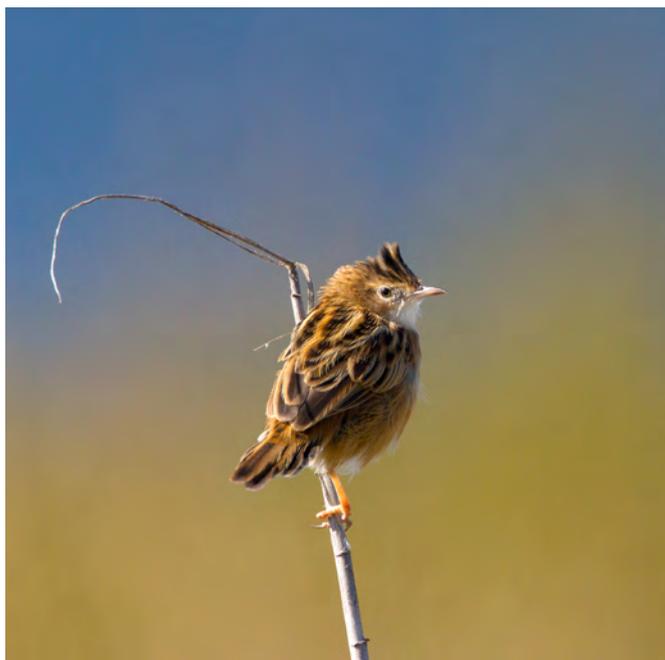


Figura 15 Il Beccamoschino è una delle poche specie di uccelli che nidifica sulla parte erbacea della duna (Foto Roberta Corsi).



Figura 16 Saltimpalo maschio in canto sulla vegetazione dunale (Foto Roberta Corsi).

ambiente, ma diffusi in un'ampia varietà di altri contesti caratterizzati da zone prative alternate a macchie di vegetazione arbustiva. La prima specie è residente e presenta fortissime fluttuazioni numeriche interannuali. Inverni con temperature molto basse e prolungati periodi di neve al suolo determinano crolli numerici della popolazione, sino a locali estinzioni. Lo stesso fenomeno si osserva nel caso del Saltimpalo, anche se la popolazione locale di questa specie ha una componente di individui mi-

gratori più ampia e risente quindi meno delle condizioni invernali. Entrambi questi uccelli costruiscono il nido nei primi strati della vegetazione, a pochi centimetri dal suolo e sono fortemente soggette a predazione da parte di mammiferi terrestri e rettili e al disturbo umano. Spostandosi verso l'interno, nella zona arbustiva della duna, si trovano alte densità di altre due specie di Passeriformi con popolazioni quasi completamente residenti e termofile, legate ad ambienti di macchia: lo Zigolo nero (*Emberiza cirius*) e l'Occhiocotto (*Sylvia melanocephala*). Altri Passeriformi esclusivamente migratori, che si osservano quindi solo durante il periodo riproduttivo e l'estate, sono il Canapino (*Hippolais poliglotta*), la Sterpazzola (*Sylvia communis*), l'Averla piccola (*Lanius collurio*, Fig. 17) e l'Usignolo (*Luscinia megarhynchos*). Le porzioni di duna con densità maggiori di queste ultime specie sono quelle vicine alla pineta e alla bassure salmastre. Un'altra specie interessante, tipica di questo habitat, è il Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), un migratore transahariano che occupa le zone marginali tra bosco, prati e radure e che pure nidifica a terra. Di abitudini crepuscolari e notturne, si nutre di grandi insetti che cattura in volo. Fra queste specie sono incluse nella lista rossa italiana il Saltimpalo ("vulnerabile") e l'Averla piccola ("vulnerabile").

Specie della pineta

La pineta è l'ambiente che ospita le specie più comuni e diffuse sul territorio nazionale, frequenti anche in ambienti boschivi non di pregio. Troviamo abbondanti il Codibugnolo (*Aegithalos caudatus*), la Cinciallegra (*Parus major*), il Lù piccolo (*Philloscopus collybita*), lo Scricciolo (*Troglodytes troglodytes*), il Picchio rosso maggiore (*Dendrocopos major*), il Verzellino (*Serinus serinus*), la Tortora selvatica (*Streptopelia turtur*) e il Colombaccio (*Columba palumbus*). Di maggiore interesse dal punto di vista conservazionistico sono invece il Torcicollo (*Jinx torquilla*) e il Pigliamosche (*Muscicapa striata*). Il Torcicollo raggiunge in pineta delle densità piuttosto elevate e non sembra dare segni di declino, molto evidenti in altre zone del suo areale riproduttivo. Allo stesso modo il Pigliamosche, specie solitamente presente con basse densità nelle zone interne dell'Italia peninsulare, raggiunge qui densità interessanti. In pineta nidificano anche due Strigiformi, il Gufo comune (*Asio otus*), specie residente e l'Assiolo (*Otus scops*), presente in Emilia-Romagna con



Figura 17 Coppia di Averle piccole in corteggiamento, il maschio è in volo (Foto Roberta Corsi).

una popolazione completamente migratrice (Fig. 18). Fra queste specie, l'unica inserita in lista rossa è il Torcicollo (“in pericolo”).

Specie degli ambienti salmastrici retrodunosi: bassure umide e meandri fluviali.

I meandri del Bevano e le bassure umide retrodunosi offrono habitat di grande interesse per l'avifauna soprattutto durante le migrazioni e il periodo di svernamento, quando vi trovano rifugio diverse centinaia di uccelli acquatici. In periodo riproduttivo, la comunità ornitica si semplifica molto in termini di ricchezza e abbondanza. Tra gli uccelli acquatici, si riproducono alcune coppie di Cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*) e di Pettegola (*Tringa totanus*, Fig. 19), due limicoli che nascondono il loro nido nella vegetazione bassa, generalmente nei salicornieti allagati, dove sono spesso preda di cani. La popolazione adriatica di Cavaliere d'Italia è quasi completamente migratrice, mentre quella di Pettegola presenta una frazione consistente di individui residenti ed è quindi più sensibile alla gestione territoriale e venatoria della nostra Regione. Pur non essendo più da molti anni nella lista delle specie cacciabili, la Pettegola risente ancora molto del disturbo causato dall'attività venatoria ed è vittima di uccisioni illegali. Come per la Beccaccia di mare, la foce del Bevano rappresenta attualmente il

limite meridionale dell'areale riproduttivo adriatico della Pettegola. Altre specie di uccelli acquatici nidificanti, sempre in piccolo numero, sono il Germano reale (*Anas platyrhynchos*), il Tuffetto (*Tachybaptus ruficollis*), la Folaga (*Fulica atra*) e la Gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*). Per completare una caratterizzazione avifaunistica di questo ambiente, si possono citare il Martin pescatore (*Alcedo attis*) e il Gruccione (*Merops apiaster*), tra le specie più vistose e appariscenti dell'avifauna europea, l'Albanella minore (*Circus pygargus*), un rapace diurno che si osserva di frequente in perlustrazione sulle bassure retrodunosi e l'Usignolo di fiume (*Cettia cetti*), piccolo passeriforme residente e fortemente territoriale che vive nel fitto della vegetazione ripariale e rivela la sua presenza attraverso il caratteristico canto. Fra queste specie, l'Albanella minore è l'unica in lista rossa, nella categoria “vulnerabile”.

Problematiche di conservazione e proposte gestionali

Le specie che si insediano sulla spiaggia sono quelle che maggiormente caratterizzano l'avifauna della foce del Bevano e che al tempo stesso presentano i più gravi problemi di conservazione. I motivi principali per cui le loro popolazioni sono in pericolo sono due. Il primo è riconducibile alla continua perdita e frammentazione degli arenili in Italia e più in gene-

rale nel Mediterraneo. I litorali sabbiosi sono infatti tra gli ambienti che hanno maggiormente subito la pressione delle attività antropiche con effetti ormai irreversibili su gran parte del territorio. Le coste meridionali dell'Emilia-Romagna, in particolare, sono tra le aree che hanno registrato in assoluto le maggiori trasformazioni. Alla distruzione e al degrado proveniente direttamente dalle attività antropiche si aggiunge inoltre la perdita di ambiente dovuta all'induzione dei processi di erosione costiera. Il secondo problema riguarda il forte disturbo antropico che si verifica soprattutto in corrispondenza del periodo riproduttivo, per la massiccia presenza di attività turistico-ricreative. L'incessante presenza di bagnanti e visitatori, spesso accompagnati da cani, impedisce di fatto la nidificazione per tutte quelle specie che depongono il nido al suolo, confidando sul loro forte mimetismo.



Figura 18 L'Asiolo è il rapace notturno più frequente nella pineta (Foto Roberta Corsi).

Per queste popolazioni, quindi, sono le problematiche relative ai siti riproduttivi che condizionano i parametri demografici. Ne consegue che esse siano contraddistinte da uno stato di conservazione sfavorevole. I nuclei riproduttivi sono caratterizzati da dimensioni numericamente molto lontane dalla capacità portante dei siti, con produttività molto basse, quando non nulle, mortalità giovanile molto alta e tasso di mortalità elevato in periodo riproduttivo. I nuclei della foce del Bevano non fanno eccezione. Risulta quindi evidente che per invertire il processo di declino che sta portando all'estinzione locale di queste specie occorre alzare la produttività, garan-



Figura 19 Pettegola in piumaggio riproduttivo (Foto Roberta Corsi).

tendo condizioni sicure di nidificazione in corrispondenza di quegli habitat che hanno mantenuto caratteristiche ambientali idonee. Gli interventi di conservazione devono quindi mirare al raggiungimento di questo obiettivo, sia operando sull'habitat primario, cioè sulla spiaggia, sia favorendo l'utilizzo di habitat secondari per la nidificazione presenti nelle zone retrodunosi. I possibili interventi sulla spiaggia sono:

- limitare l'accesso e la fruizione della spiaggia nei periodi sensibili, da prevedersi contestualmente ad una campagna di sensibilizzazione e coinvolgimento dei turisti e degli operatori balneari dei tratti di litorale limitrofi. L'individuazione delle aree di particolare interesse deve essere effettuata di anno in anno, considerando i fenomeni di dinamismo del litorale;
- prevedere un piano di pulizia della spiaggia compatibile con il calendario di nidificazione delle diverse specie, che escluda in ogni caso l'aratura e la spianatura;
- operare la messa in sicurezza dei nidi attraverso recinzioni elettrificate e/o reti di protezione da parte di personale tecnico qualificato;
- condurre una lotta ai predatori attraverso azioni dirette (derattizzazione, regolamentazione dell'accesso dei cani con padrone, cattura di cani e gatti vaganti) ed indirette (riduzione del degrado ambientale per limitare la presenza di specie opportuniste, es. corvidi, gabbiano reale, volpe) e favorire il mantenimento di condizioni che assicurino luoghi di rifugio per i pulcini

(mantenimento vegetazione e materiali naturali spiaggiati);

- vietare la raccolta di Molluschi nel tratto di mare antistante per aumentare la disponibilità trofica della Beccaccia di mare.

Inoltre, poiché sembra esistere un interesse turistico verso spiagge con elevate caratteristiche di naturalità, si potrebbe prevedere di fornire linee guida per una gestione naturale degli stabilimenti balneari dei tratti di litorale adiacenti. In particolare, si potrebbero individuare modalità di gestione che limitino fortemente la pulizia, l'aratura e lo spianamento dell'arenile, per consentire lo sviluppo dell'entomofauna e quindi la presenza di maggiori risorse trofiche, soprattutto per il Fratino (Fig. 20). La designazione di "spiagge natura" già attuata in alcune regioni (Veneto, Abruzzo) attraverso la certificazione delle spiagge che seguono criteri di gestione che favoriscono l'avifauna sembra un'opportunità di sicuro interesse per la diversificazione dell'offerta balneare

e per la conservazione degli uccelli, a condizione che contestualmente vengano effettuate azioni di sensibilizzazione e informazione dei bagnanti.

Negli habitat retrodunosi, meno interessati dalla pressione del turismo di massa, si potrebbe prevedere la realizzazione di aree adatte alla nidificazione attraverso l'allagamento di alcune zone e la costruzione di isole artificiali. Interventi simili sono già stati condotti con successo in molte altri siti italiani ed esteri. Da una più attenta gestione di queste zone trarrebbero vantaggio anche le altre specie tipiche delle bassure retrodunose.

Infine, è importante sottolineare che incrementare le conoscenze sull'ecologia e sulla demografia delle specie è un fattore decisivo nel contrasto al loro declino, in particolare è necessario monitorare la dimensione delle popolazioni, il successo riproduttivo, il tasso di sopravvivenza e di dispersione e individuare le minacce che dovranno essere contrastate attraverso le più opportune forme gestionali.



Figura 20 Fratino maschio con pulcino di pochi giorni (Foto Roberta Corsi).

Aspetti ambientali e naturalistici

Capitolo 2.3

Struttura dell'artropodofauna terrestre nell'ambiente della duna ricostruita di foce Bevano

Santolo Francati, Lucia Ferroni, Maria Speranza, Maria Luisa Dindo

La zona costiera, tratto d'unione tra terra e mare, costituisce un ambiente molto diversificato in cui si distinguono un'ampia varietà di ecosistemi. È una stretta zona di transizione soggetta a forti gradienti ambientali che mutano in funzione della distanza dalla linea di costa. Si tratta di un ambiente altamente dinamico, alla cui morfologia contribuiscono moltissimi fattori. La morfologia delle dune costiere è il risultato di cicli naturali di erosione marina e di successiva deposizione del sedimento da parte del vento. I fattori che influenzano il trasporto e la deposizione della sabbia sono: la larghezza della spiaggia, la granulometria del sedimento e la vegetazione presente. La formazione di una duna inizia quando i sedimenti sabbiosi, in prevalenza trasportati dal vento, vengono intercettati dalla vegetazione.

circa 15-20 m dalla riva si forma una comunità pioniera composta esclusivamente da piante annuali, tra cui predomina *Cakile maritima*.

La presenza di specie annuali indica l'elevato disturbo a cui è soggetta questa comunità, sottoposta spesso all'azione diretta delle onde. In posizione più arretrata e dunque in ambiente meno difficile, si sviluppa la comunità dominata dalla perenne *Agropyron junceum*. Questa specie è in grado di trattenere la sabbia con i suoi lunghi rizomi orizzontali e rappresenta per il vento un ostacolo molto più impegnativo delle piante di *Cakile*; questo permette un accumulo della sabbia e la formazione delle prime dune dette "embrionali". La terza fascia, ancora più distante dal mare, è dominata da *Amphiphila littoralis*: questa è la specie che contribuisce

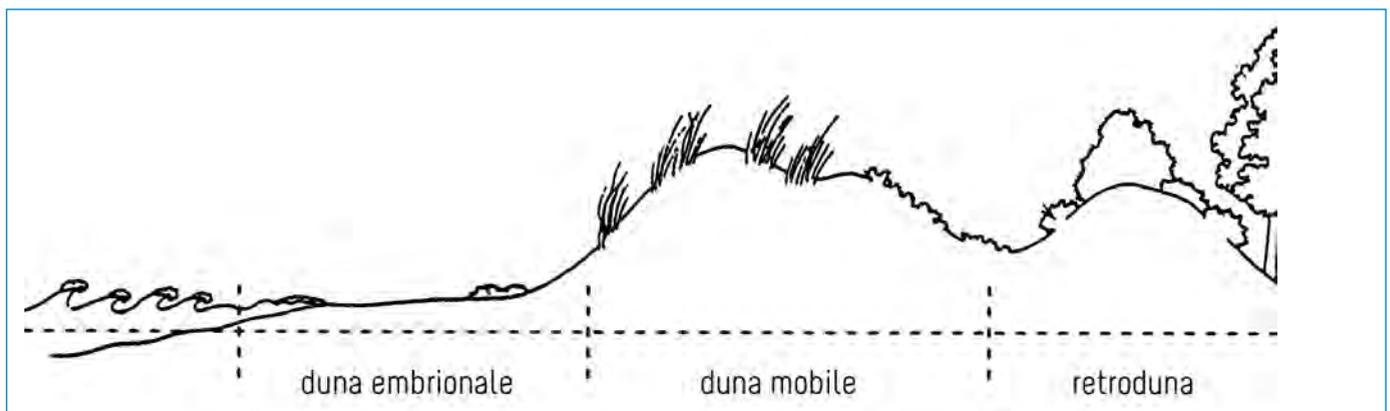


Figura 21 Seriazione di comunità vegetali presenti su una duna naturale.

Le specie vegetali che crescono sulla duna, oltre a contribuire attivamente alla sua edificazione, si organizzano in differenti fitocenosi che si evolvono contemporaneamente alla duna stessa. In un sistema dunoso naturale (Fig. 21), le sabbie vengono colonizzate da comunità di specie vegetali in grado di tollerare condizioni ambientali più o meno difficili e selettive, in funzione della distanza dal mare e, quindi, dei fattori limitanti che agiscono sul sistema: aerosol marino, possibilità di sommersione da parte delle onde, salinità dell'acqua di falda.

Il primo tratto di spiaggia è privo di vegetazione, a

all'edificazione della duna in modo preponderante. Forma infatti dei cespi molto densi, alti anche più di un metro, che risultano essere una vera e propria barriera per il vento che accumula continuamente nuova sabbia alla base delle piante determinando la formazione di dune "mobili", che possono raggiungere anche alcuni metri di altezza (Fig. 22).

Questo "modello" di duna è difficilmente reperibile in ambienti fortemente antropizzati, dove la presenza dell'uomo spesso provoca interruzioni, ed a volte addirittura la scomparsa della naturale sequenza di insediamento delle specie viventi. Anche fenomeni

di erosione e/o di subsidenza possono alterare la sequenza qui descritta, riducendo l'estensione di una o più delle comunità che la compongono.

Per quanto riguarda nello specifico la comunità di artropodi presenti negli ambienti di duna, molti fattori fisici, chimici e meccanici contribuiscono a determinare situazioni ecologiche molto particolari. Ad esempio, uno dei fattori che maggiormente incide sull'insediamento di insetti nelle dune sabbiose è l'aridità dello strato superficiale del suolo: l'immediato assorbimento dell'acqua meteorica per percolazione e la rapida evaporazione, dovuta al calore solare, concorrono infatti a selezionare una fauna estremamente adattata a questi ambienti. Altri fattori importanti sono: l'escursione termica tra giorno e notte (molto elevata soprattutto nel periodo estivo) e le continue ingressioni marine favorite dalla forte subsidenza.

notturne oppure il caratteristico modo in cui certe specie di coleotteri si sollevano sulle zampe per difendere l'addome dalla superficie sabbiosa surriscaldata. Nel corso degli anni, le ricerche sull'artropodofauna delle dune si sono concentrate soprattutto sui coleotteri (uno dei *taxa* più rappresentati), sia attraverso indagini faunistiche, in quanto molto resta ancora da scoprire sulla composizione e l'ecologia delle specie di questo ambiente, sia attraverso il monitoraggio ai fini ambientali.

La coleotterofauna degli arenili ha subito, nel corso degli anni, una riduzione quantitativa che va dal 70% al 95% (a seconda delle famiglie considerate). Tra i gruppi più colpiti, nei litorali dell'Emilia-Romagna, c'è quello dei Cicindelidi, tipici abitanti degli arenili sabbiosi: specie quali *Cylindera trisignata* e *Calomera littoralis nemoralis*, tipiche delle spiagge aperte verso il mare (zone antistanti le dune), sono



Figura 22 Esempio di duna naturale: in primo piano la duna mobile.

Nell'ambiente delle dune, fondamentalmente ostile alla vita, gli artropodi che sono riusciti ad insediarsi lo hanno fatto sviluppando diversi meccanismi adattativi, come, ad esempio, l'infossamento nelle ore più torride (tecnica utilizzata dalle larve del formicaleone, vedi approfondimento), la rapidità nei movimenti, lo svolgimento di attività nelle sole ore

quasi completamente scomparse, forse a causa del disturbo antropico, diretto o indiretto. Anche specie alofitiche di coleotteri, appartenenti ad altre famiglie, come *Phaleria bimaculata*, *Hypocaccus rugifrons*, *Scarabaeus semipunctatus* (lo scarabeo stercorario, vedi approfondimento), hanno visto ridursi drasticamente la loro popolazione nel corso degli



Figura 23 Diverse fasi operative del lavoro di censimento: a) individuazione del transetto per il posizionamento delle trappole, b) posizionamento di una trappola sulla duna ricostituita, c) la copertura utilizzata per la protezione e la segnalazione delle trappole.

anni; altre, come *Erodium siculus*, sono addirittura a rischio di estinzione.

In alcune dune costiere dove ancora è presente l'ammofileto, la piccola coleotterofauna alofila e psammofila risulta ancora presente in modo cospicuo, benché relegata in aree marginali e pesantemente disturbate dalla presenza antropica. Piccoli Tenebrionidi, come *Melanimon tibiale* e *Ammobius rufus*, o Scarabeidi psammofili, quali *Psammophilus basalis*, *P. nocturnus* e *P. pierottii*, sopravvivono ancora in nutrite colonie, forse perché favoriti dai loro costumi subipogei.

La zona retrodunale risulta fortemente alterata in moltissime località, ma comunque, in queste aree, possono sopravvivere, oltre a specie generaliste, molti Scarabeidi tipici dei siti aridi e assolati sottocostieri. Più comuni sono le specie *Triodontia nitidula*, *Amphimallon solstitiale*, *Anoxia villosa villosa*, *Anomala ausonia*, *Mimela junii*; rare sono invece *Anoxia scutellaris scutellaris* e *Hoplia brunnipes*.

A seguito dei lavori di riassetto idraulico eseguiti nel 2006 alla foce del Torrente Bevano, è stata realizzata alla fine di ottobre 2006 una rada copertura vegetale sulla duna ricostruita mediante piantumazione di cespi di *Agropyron junceum* (specie guida della duna embrionale) e di *Ammophila littoralis* (specie guida della duna mobile). Già ad un anno dalla piantumazione, la crescita dei cespi di *Agropyron* e di *Ammophila* aveva indotto un discreto accumulo di sabbia in corrispondenza della zona vegetata, avviando così lo svolgersi delle funzioni di intercettazione e trattenimento dei sedimenti sabbiosi movimentati dal vento, da parte della vegetazione. Ciò risulta in dettaglio dalla serie di dati raccolti nell'ambito del monitoraggio eseguito negli anni 2008/2011, riguardante lo sviluppo nel tempo della copertura vegetale e il corrispondente accumulo di sabbia (vedi Capitolo 3.4). Per verificare i tempi entro cui un sistema dunoso di origine artificiale raggiunge una sua funzionalità anche dal punto di vista ecologico, come habitat per organismi viventi che lo frequentano, è stata confrontata, nella primavera-estate 2010, la consistenza e composizione dell'artropodofauna della giovane duna in via di sviluppo, con la consistenza e composizione dell'artropodofauna del sistema dunoso naturale, di origine ben più addietro nel tempo, presente a Sud della nuova foce del T.Bevano (Fig. 23). Numerosi dati di letteratura indicano, infatti, che la presenza/assenza di individui appartenenti al gruppo degli Artropodi, può fornire indicazioni attendibili sulle condizioni ambientali e sullo stato dei siti, in cui essi vengono rinvenuti.

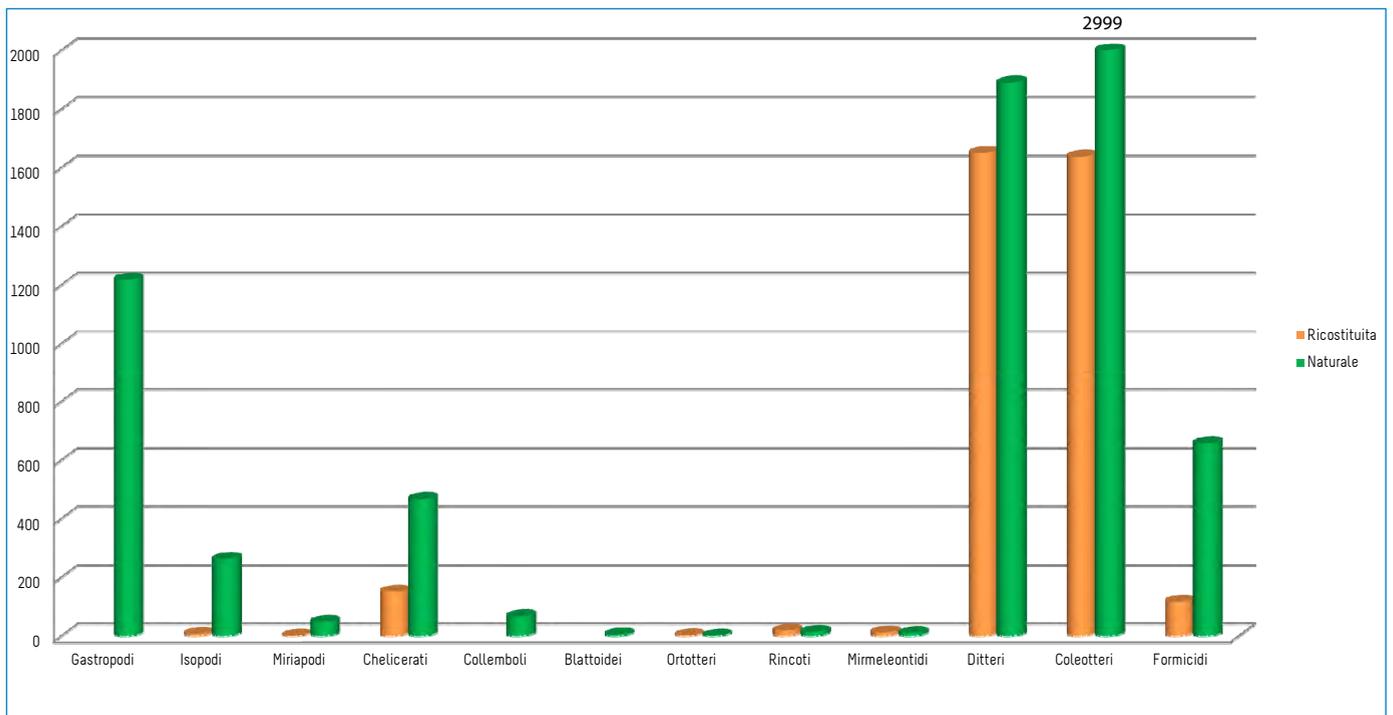


Figura 24 Risultati dei campionamenti dell'area sulla duna ricostruita (arancione) e su quella naturale (verde). I due taxa più abbondanti sono i Coleotteri e i Ditteri.

Lo scarabeo stercorario è strettamente legato agli ambienti costieri ed è un caratteristico abitatore delle dune sabbiose. Deve il suo nome all'abitudine di ritagliare pezzetti di escrementi di altri animali (principalmente mammiferi di grosse dimensioni) che poi trasforma in palline che fa rotolare sulla sabbia. Successivamente queste "palline" vengono sotterrate e utilizzate come cibo per gli adulti e per le larve.

Per facilitare tali compiti questo scarabeo ha sviluppato alcuni adattamenti: le zampe anteriori (di tipo cosiddetto "fossorio") e il bordo del capo sono a forma di sega e sono utili sia per ritagliare i pezzi di escrementi che per scavare buche nella sabbia; le zampe posteriori sono molto espanse e sono utili per produrre la spinta necessaria a far rotolare le palline di escremento. In autunno coppie di questi scarabei costruiscono nidi scavando gallerie profonde anche 50 cm. La femmina scava numerose gallerie e camere, che poi saranno riempite con le palline di sterco. Essa mastica una parte del materiale per arricchirlo con gli enzimi digestivi e successivamente vi depone un uovo. La larva che ne fuoriuscirà inizierà a nutrirsi della parte già masticata per poi utilizzare il resto del materiale prima di completare il suo sviluppo.

In passato questo insetto era considerato relativamente comune negli ambienti relitti dei litorali sabbiosi italiani, ma nel corso degli anni le sue popolazioni hanno subito una forte riduzione numerica. Nei nostri ambienti questa specie sembra nutrirsi principalmente di sterco umano e di cane, non tanto per una preferenza selettiva verso questi substrati, ma piuttosto per una maggiore disponibilità degli stessi; questa relazione sembra così forte che (stando ad alcuni autori) la presenza e la sopravvivenza di questo scarabeo dipende addirittura dalla disponibilità di sterco umano dovuto alla frequentazione turistica.



Il **formicaleone** vive nelle sabbie tra i ciuffi di ammobilia; l'adulto ha un aspetto che ricorda quello di una libellula, ma ad una osservazione più attenta risultano subito evidenti le antenne più lunghe; le ali sono finemente reticolate e, a riposo, vengono tenute ripiegate sul corpo. Esistono numerose specie di formicaleoni, la maggior parte delle quali vive in ambienti costieri. È soprattutto allo stato larvale che l'adattamento all'ambiente dunoso di questi insetti risulta più evidente. La larva del formicaleone passa infatti la maggior parte del suo tempo all'interno di una buca a forma di imbuto da essa stessa costruita, di dimensioni variabili a seconda della specie e/o dell'età della larva. Questa "fossa" può essere scavata nel suolo o essere prodotta avvitandosi a ritroso in terreni soffici come la sabbia; dal fondo della buca sporge solo il capo dell'insetto, dotato di robuste mandibole, mentre il corpo resta sepolto. La larva trascorre il suo tempo in attesa che qualche preda cada all'interno dell'imbuto; la pendenza delle pareti impedisce al malcapitato di fuggire da questa trappola (inoltre spesso il formicaleone, usando il capo come una pala, getta spruzzi di sabbia sulla vittima). Raggiunto il fondo, la preda viene afferrata dalla larva e trascinata sottoterra; qui verrà uccisa con un'iniezione di veleno e poi le saranno succhiati i liquidi organici (grazie a due canaletti presenti all'interno delle mandibole, in collegamento con speciali ghiandole). Le prede sono rappresentate soprattutto da formiche (da cui deriva il nome di "formicaleone"), ma anche da altri insetti. È stato dimostrato che le larve, anche in caso di disturbo antropico, tendono a non abbandonare le loro trappole preferendo abbassare la loro attività metabolica (anche a rischio di morire). È pertanto di fondamentale importanza, per la sopravvivenza e la conservazione di queste specie, non manomettere le trappole né infastidire gli individui che si possono ritrovare sulle dune costiere.



Nei due siti di studio (vecchia duna naturale e giovane duna artificialmente piantumata) sono state delimitate due aree, aventi la medesima superficie. All'interno delle due aree, parallele alla linea di costa, è stato idealmente tracciato un transetto lungo il quale sono state posizionate, a distanza regolare l'una dall'altra (10m), le trappole a caduta (*pitfall traps*) utilizzate per la raccolta dei campioni.

Tale metodo di raccolta è già stato ampiamente utilizzato per i campionamenti di artropodofauna libera sul suolo, sia in ambienti dunosi che non. Le trappole erano costituite da due bicchieri di plastica (capacità mezzo litro) posti l'uno nell'altro e inseriti in una buca scavata nella sabbia. Sono state posizionate 10 trappole per sito. Per attrarre gli insetti è stata utilizzata una miscela di lievito di birra e acqua inserita nel bicchiere interno. Al di sopra di ogni trappola è stata posta a copertura un piatto di plastica tenuto sollevato dal suolo grazie a dei supporti; questo "tetto" si è dimostrato utile per ridurre la quantità di sabbia depositata dal vento, per limitare l'evaporazione dell'attrattivo, e per segnalare la presenza delle trappole ai frequentatori dell'area (in modo da cercare di evitare involontarie manomissioni).

Al momento della raccolta si preleva solo il bicchiere interno (che sarà poi sostituito) e il suo contenuto viene svuotato in recipienti di plastica con tappo a vite. I campioni vengono successivamente portati in laboratorio per essere identificati. Il bicchiere esterno viene quindi lasciato nella sabbia per non dovere scavare una nuova buca dopo ogni prelievo. I campionamenti sono stati eseguiti nella tarda primavera del 2010 (da fine aprile a fine giugno); sono stati effettuati 4 prelievi dei campioni con cadenza bisettimanale.

Gli esemplari raccolti sono stati esaminati con l'ausilio di uno stereo microscopio e classificati tramite chiavi dicotomiche.

Nel corso dei campionamenti sono stati rinvenuti numerosi *taxa*, molti dei quali erano presenti in entrambi i siti di studio. I due ordini più abbondanti sono stati quelli dei Coleotteri e dei Ditteri (Fig. 24). Tra i Coleotteri, gli Scarabeidi erano presenti in entrambi i siti, in misura appena maggiore nella duna ricostruita; i Carabidi e gli Stafilinidi erano molto più abbondanti nella duna naturale mentre gli Isteridi sono risultati più presenti nella duna ricostruita. Le famiglie di Ditteri, benché tutte rinvenute in entrambi gli ambienti, presentavano delle differenze

per numero di individui a seconda dell'habitat; Mucscidi e Dolicopodidi sono risultati più abbondanti nella duna ricostruita, mentre in quella naturale erano più presenti le famiglie dei Foridi e degli Ulidiidi. Tra gli altri *taxa* comuni ai due ambienti abbiamo ritrovato la famiglia dei Mirmeleontidi (a cui appartengono le varie specie di formicaleone), di cui sono stati reperiti solo esemplari allo stato larvale (peraltro in misura scarsa in entrambi i siti, nonostante questi insetti siano tra i più comuni negli ambienti dunosi); sono inoltre state ritrovate in entrambi i siti le formiche della sottofamiglia dei Mirmicini.

Tra i *taxa* di artropodi reperiti esclusivamente sulla duna naturale vanno segnalati i Collemboli, i Blattodei e uno pseudoscorpione (chelicerato rinvenuto solo in questo sito); in questo sito erano inoltre presenti numerosissimi Gasteropodi (chioccioline), particolarmente abbondanti sulle piante dell'area.

In relazione alla composizione faunistica è da sottolineare la presenza di un certo numero di *taxa* sia nella duna naturale che in quella ricostruita: in particolare, quattro famiglie di Coleotteri e cinque famiglie di Ditteri (i due ordini più rappresentati) erano presenti in entrambi i siti.

È da notare che nella duna ricostruita il numero degli individui ritrovati è stato generalmente inferiore rispetto alla duna naturale; tuttavia sono state osservate alcune eccezioni riguardanti *taxa* comprendenti insetti predatori, quali i Ditteri Dolicopodidi e i Coleotteri Isteridi (questi ultimi comprendono anche specie che vivono a spese di materiale organico in decomposizione).

La presenza di insetti con tali abitudini alimentari può essere considerato un indicatore dell'instaurarsi di catene trofiche complesse, segno di una buona funzionalità dell'ecosistema. Anche i coleotteri stercorari sono stati ritrovati in numero superiore, sia pure di poco, nella duna ricostruita; tuttavia la loro presenza non sembra essere vincolata alle caratteristiche della vegetazione della duna, ma piuttosto al disturbo antropico. Infine, riguardo alla sostenibilità ambientale dell'intervento di ricostruzione e rivegetazione della duna effettuato, il risultato può essere considerato incoraggiante. Infatti, dopo un tempo relativamente breve dall'esecuzione dell'intervento (poco più di 3 anni), sulla duna artificiale è stata rinvenuta una comunità di Artropodi ben diversificata e numericamente abbastanza consistente.



An aerial photograph showing a coastal landscape. In the foreground, the sea is visible with a sandy beach. A river or stream flows through a dense forest, eventually emptying into the sea. To the right, there are agricultural fields and a road. The sky is overcast. The text "assetto della foce ed evoluzione recente dell'area" is overlaid on the top part of the image.

assetto della foce ed evoluzione recente dell'area

foto Luca Argalia

Assetto della foce ed evoluzione recente dell'area

Capitolo 3.1

Assetto idrogeologico dell'area costiera circostante la foce del T.Bevano

Marco Antonellini, Enrico Dinelli, Giovanni Gabbianelli, Nicolas Greggio, Pauline Mollema, Michela Pifferi

L'acquifero freatico non confinato dell'area costiera ravennate risulta ormai fortemente contaminato dall'intrusione salina. Tale salinizzazione è aumentata significativamente negli ultimi anni e sta ormai seriamente minacciando sia gli ecosistemi naturali a spiccata valenza naturalistica presenti in zona (pinate, dune costiere e stagni e/o aree lagunari) sia le circostanti zone agricole. Tale acquifero rappresenta, peraltro, la maggior parte della riserva d'acqua dolce naturale disponibile in zona a cui può far riferimento l'intero ecosistema; dalla sua qualità dipende la salute e lo sviluppo della biodiversità presente e futura. In proposito vale ricordare come, sostanzialmente, quella di 3 g/l sia la soglia di concentrazione di sali al di sopra della quale la biodiversità degli ecosistemi vegetali subisce un calo drastico; questo valore rappresenta dunque, con buona approssimazione, anche un'indicazione dello stato di degrado dell'acquifero freatico non confinato (Fig. 25).

In generale nell'area si possono identificare due principali processi che causano la salinizzazione:

l'intrusione dell'acqua di mare e la risalita di acque salmastre dalla base dell'acquifero. L'intrusione è favorita dal gradiente idraulico che si genera da mare verso l'entroterra a causa della modesta elevazione topografica (su cui incide anche la subsidenza) e della forte opera di drenaggio delle idrovore costrette, durante i momenti di forte piovosità o alluvionamento, ad abbassare il livello d'acqua. La legge fisica che governa questo fenomeno è quella di Ghijben-Herzberg (che si basa sull'equilibrio delle pressioni esercitate dall'acqua dolce e dall'acqua salata). Il secondo processo avviene sempre ad opera delle idrovore che, riducendo il carico idraulico, favoriscono la risalita di acque saline profonde.

L'acquifero risulta infatti delimitato da un'unità sedimentaria principalmente costituita da depositi sabbiosi marini, confinata verso l'entroterra da depositi fini che ne riducono gli scambi di fluidi; di conseguenza gli apporti idrici avvengono esclusivamente con acque salate dal mare mentre le acque dolci provengono dalla connessione fiume-acquife-

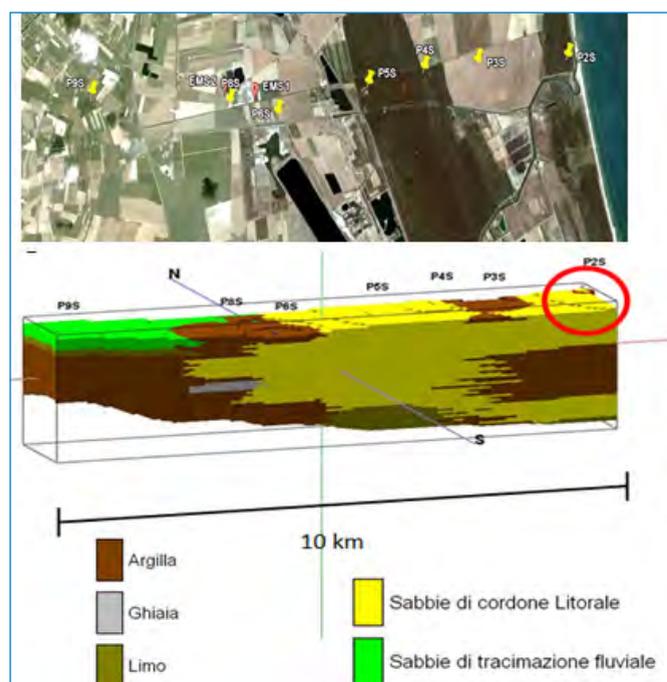


Figura 25 Modello litologico costiero rappresentativo della zona circostante il T.Bevano (esagerazione asse vert. 100x).



Figura 26 Rete piezometrica installata per il monitoraggio e caratterizzazione di dettaglio della tavola d'acqua di un segmento dunoso posto a sud di foce Bevano.

ro, dalla ricarica superficiale connessa alle precipitazioni e dagli eccessi irrigui dovuti all'agricoltura e collegate alle canalizzazioni.

I contributi maggiori per la ricarica di acque dolci sono rappresentati dalle acque provenienti dalle fasce dunose e dalle porzioni di territorio in cui i depositi sabbiosi superficiali siano pressoché affioranti. Nel complesso i tassi di infiltrazione che raggiungono l'acquifero sono comunque modesti a causa delle modeste precipitazioni annuali (600-800 mm/a), delle alte temperature che causano una forte evapotraspirazione e dalla subsidenza che costringe i Consorzi di Bonifica ad incrementare il drenaggio per garantire il franco di coltivazione.

Nell'ambito degli studi condotti in questi ultimi anni dall'IGRG sulla salinizzazione dell'acquifero costiero ravennate, sono stati installati lungo la costa 39 piezometri a diversa profondità (variabile tra -15 e -35 m), integrati da profili di tomografia geoelettrica, sondaggi elettrici verticali (VES) e campionature stagionali delle acque di falda e superficiali per successive analisi di laboratorio (caratteri fisico-chimici, composizionali, geochimici ed isotopici).

Nel loro insieme le informazioni acquisite hanno permesso di individuare ampie aree con intrusione attiva di acqua marina ed i relativi i vettori di flusso. Nell'area del Bevano, in particolare, la qualità delle acque dell'acquifero freatico mostrano chiaramente come la maggiore, seppur modesta, presenza di acqua dolce sia localizzata al di sotto delle dune costiere, della Pineta Storica di Classe e nelle ristrette zone in cui vi sia la possibilità di interazioni tra acque superficiali e acquifero (fiumi, canali irrigui e terreni irrigati).

Più recentemente (luglio 2012-gennaio 2013), su queste basi sono state intrapresi alcuni monitoraggi, con cadenza mensile, in un settore dunoso a sud della foce del Bevano (Fig. 26), al fine di meglio comprendere e definire lo stato della falda così come il dinamismo che la governa. Al momento le misure disponibili sono riferibili a 13 nuovi piezometri che hanno permesso di verificare, oltre alla profondità della falda stessa, i parametri chimico-fisici di conducibilità elettrica, temperatura, pH ed Eh. Sono stati poi individuati i caratteri geochimici attraverso campionamenti che hanno previsto sia analisi in campo di alcuni elementi (ferro bivalente, ferro totale, ammoniaca, solfuri, nitrati, nitriti e fosfati, attraverso l'utilizzo di uno spettrofotometro portatile) sia analisi di laboratorio al fine di valutare i contenuti dei maggiori anioni e cationi.

Per quanto concerne la freatimetria (studio del regi-

me della falda) i dati rilevati hanno mostrato come tutta la zona di studio costituisce un sistema molto suscettibile all'andamento delle precipitazioni, soprattutto per la fascia dunosa più recente prossima a costa ed in cui la scarsa vegetazione e la presenza di sedimento molto ben cernito (con una porosità efficace molto elevata) facilitano la ricarica dell'acquifero di acque dolci (Fig. 27). In particolare, sul cordone dunoso l'acquifero si trova sempre al di sopra del livello medio mare, anche nel periodo estivo. Per contro, nell'area retrodunosa, nel periodo estivo è totalmente al di sotto del livello marino e solo durante la stagione autunnale, con l'incremento delle precipitazioni, la tavola d'acqua raggiunge anche quei livelli superiori a quello del mare.

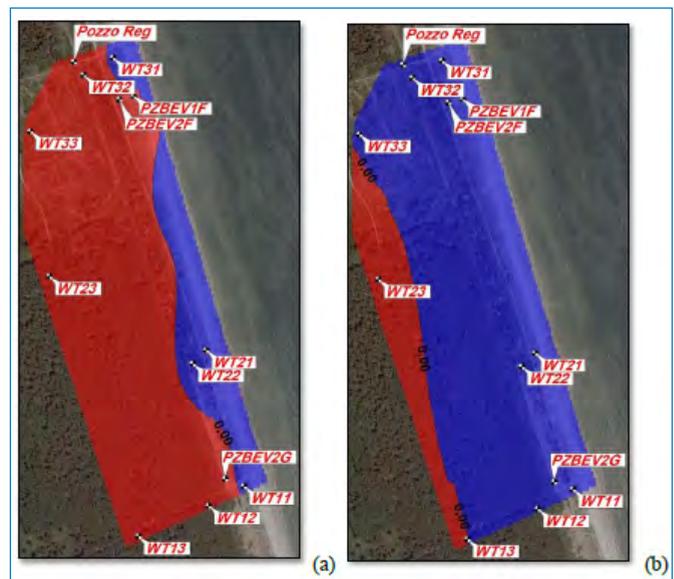


Figura 27 Schematizzazione delle variazioni stagionali della falda rispetto al livello del mare nei piezometri installati (al di sopra in blu/al di sotto in rosso): a) monitoraggio di luglio; b) monitoraggio di dicembre.

Per quanto riguarda la salinità, dall'osservazione delle sezioni riportate in figura 28 è facile notare la presenza del cuneo salino in tutti i mesi del monitoraggio. Si rileva però come lungo un transetto mare-terra, su cui sono stati distribuiti appositi "sistemi a mini filtri", si incontrano salinità via via inferiori a parità di profondità. Ciò conferma le indicazioni scaturite da alcuni studi precedenti che avevano indicato come la salinizzazione dell'acquifero costiero ravennate sia progressivamente in corso. Vale poi segnalare, seppur in via ancora preliminare, come qualora la falda si trovi sotto al livello marino, anche se aumenta la sua quota, essa non riesca a contrastare l'ingressione marina. E' per altro possibile, soprattutto nei mesi invernali, che avvenga uno spostamento dell'interfaccia acqua dolce-acqua sa-

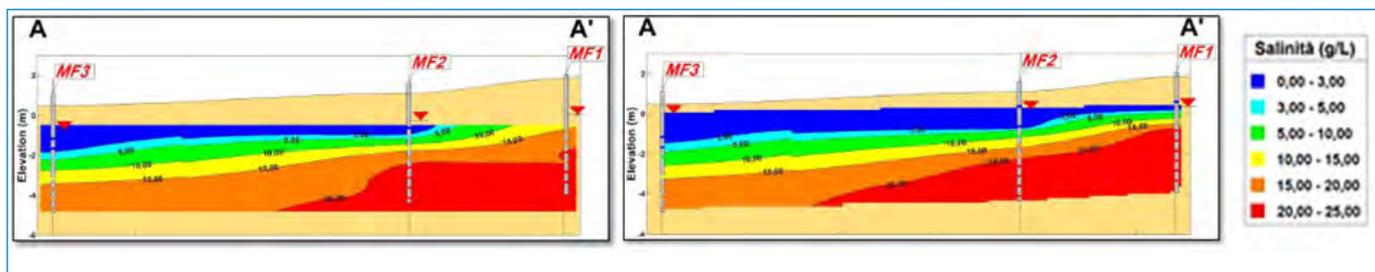


Figura 28 Sezioni della salinità registrata a luglio (a sinistra) ed a dicembre (a destra) lungo un transetto mare-terra a partire dal cordone dunoso.

lata verso l'alto, legata al brusco innalzamento del livello idrometrico dovuto ad onde di *storm surge* e/o effetti barometrici. Un simile spostamento fa registrare temporanee salinità notevoli che altrimenti si troverebbero a quote inferiori.

Dal monitoraggio dei parametri fisico-chimico e, in particolare dal valore dell'Eh, risulta che nel periodo estivo l'acquifero costituisce un sistema estremamente statico in cui la mancanza di apporti superficiali di acque dolci e di flussi sotterranei lo rende un ambiente fortemente anossico e riducente. Con l'arrivo delle precipitazioni la situazione cambia radicalmente, poiché l'acquifero diventa ossidante o lievemente riducente. Dalle analisi geochimiche risulta che le acque presentano una composizione quasi esclusivamente cloruro sodica nelle stagioni monitorate; l'unica eccezione sono i campioni derivanti dalla sommità della falda e raccolti in gennaio, nei quali la composizione si è modificata poiché il catione più abbondante rimane il sodio ma non si ha una dominanza di un particolare anione; cambiamento sostanzialmente causato da fenomeni di adolcimento legati all'arrivo di acque dolci meteoriche. L'insieme dei dati acquisiti in questi ultimi anni permettono, oltre a meglio caratterizzare un'area di così elevato interesse naturalistico-ambientale sotto un più preciso profilo idrogeologico-idrologico, di procedere con maggiore affidabilità nell'ipotizzare

futuri scenari evolutivi anche di carattere pianificatorio-gestionali. Un'area sinora salvaguardata nei suoi principali elementi poiché oggetto, a vario titolo e finalità, di molteplici e diversificate azioni e monitoraggi (ricostruzione della duna, modifiche dell'assetto della foce, studi idraulici e meteomarini, subsidenza, zonazione geomorfologica, vulnerabilità, ecc), tutte però tra loro mai realmente integrate in un unico ed interdisciplinare approccio. Condizione questa che in futuro non potrà più essere trascurata sia per i condizionamenti imposti dalle variazioni climatiche in atto sia per le azioni di salvaguardia che si dovranno intraprendere in un logica di Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC). Tra queste ultime si possono segnalare sin d'ora le richieste sia per il ripristino degli oltre 70 ettari di pineta persi nell'incendio avvenuto nel 2012 a nord di foce Bevano, sia per la riduzione dei rischi di erosione e inondazione in atto lungo il tratto costiero compreso tra Lido di Dante e Classe. Vulnerabilità e rischi che hanno recentemente fatto attivare al Comune di Ravenna ed ai Servizi Tecnici della Regione Emilia-Romagna, in collaborazione con Università e Corpo Forestale dello Stato, un nuovo e specifico progetto finalizzato alla "Gestione coordinata e per la realizzazione di interventi finalizzati alla difesa, salvaguardia e fruibilità della zona sud di Lido di Dante".

Assetto della foce ed evoluzione recente dell'area

Capitolo 3.2

Gli impatti delle mareggiate tra foce Fiumi Uniti e foce Fiume Savio

Lorenzo Calabrese, Paolo Luciani, Luisa Perini

Il litorale emiliano-romagnolo è frequentemente colpito da intense mareggiate, spesso accompagnate dal fenomeno dell'acqua alta, che provocano erosione della spiaggia, della duna costiera e inondazione delle aree retrostanti.

In occasione del progetto di ricerca europeo MICO-RE (www.micore.eu) sono stati raccolti e analizzati gli eventi di mareggiata che hanno colpito l'Emilia-Romagna negli ultimi 60 anni. Questo studio ha chiarito diversi aspetti riguardanti la dinamica e le caratteristiche degli eventi meteo-marini e dei conseguenti impatti sul litorale e ha evidenziato le località maggiormente colpite, la tipologia e la frequenza del danno subito a seguito dei diversi tipi di evento.

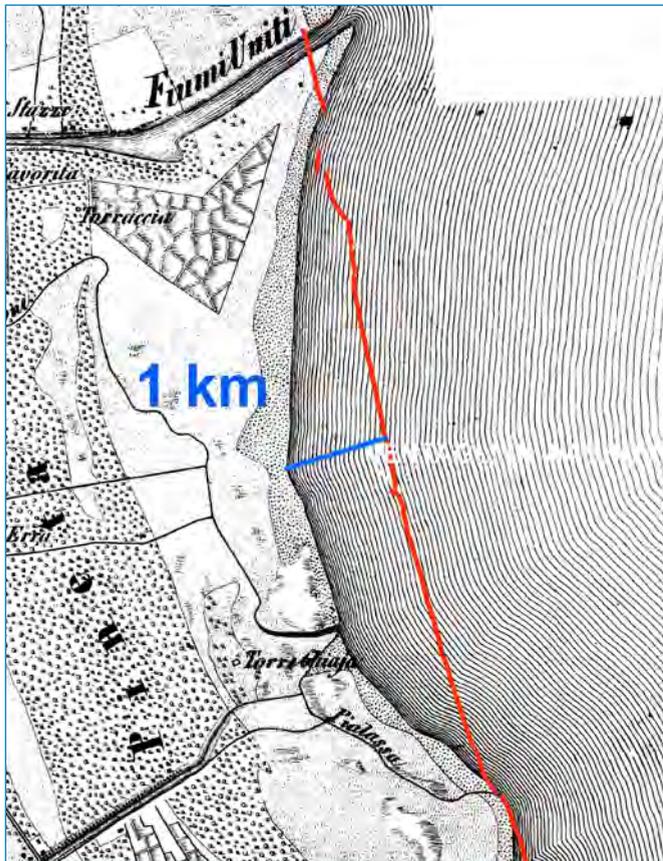


Figura 29 Carta storica (1853) del tratto compreso tra foce F. Uniti e foce F. Savio, è riportata la linea di riva del 2011 e la sua distanza massima rispetto alla linea di riva del 1853.

A questa analisi storica si sono aggiunti gli studi basati sui dati telerilevati, quali foto aeree e modelli digitali ricavati da rilievi Lidar, che hanno mostrato quanto l'assetto geomorfologico ed altimetrico risulti essere un fattore determinante per la tipologia di impatto e spieghi, in buona parte, la distribuzione lungo il litorale dei fenomeni di erosione e di sommersione marina osservati.

Grazie all'istituzione di una rete regionale per il monitoraggio degli impatti morfologici delle mareggiate sulla spiaggia emersa, si sono raccolte nuove e preziose informazioni. La rete è costituita da 18 transetti distribuiti lungo la costa e posizionati in tratti particolarmente critici e dinamici; le misure vengono, effettuate con tecnica GPS immediatamente dopo i principali eventi di mareggiata e nei due periodi dell'anno che caratterizzano, generalmente, l'inizio (da settembre a giugno) e la fine (da giugno a settembre) della stagione delle mareggiate.

Inquadramento geomorfologico e meteo-marino dell'area

La foce del Torrente Bevano si colloca al centro di una blanda insenatura interposta tra le foci dei fiumi Savio e Fiumi Uniti. Questa è un'area fortemente influenzata dalle dinamiche di crescita e smantellamento delle cuspidi deltizie dei due fiumi degli ultimi duecento anni.

Durante la seconda metà del XIX secolo, ovvero al tempo del massimo avanzamento delle foci deltizie, l'area era caratterizzata da un ampio golfo che fu progressivamente colmato dai depositi sabbiosi di cordone a seguito di una rapida progradazione del litorale (con tassi di circa 7 m all'anno calcolati a partire dal 1853). Questo processo è proseguito fino ai giorni nostri con una progressiva diminuzione dei tassi medi di avanzamento e ha portato alla quasi totale rettificazione della linea di riva (Fig. 29). Da un punto di vista morfologico le quote topografiche in prossimità delle cuspidi deltizie sono basse

(1-2 m s.l.m.), e la spiaggia emersa è mediamente ampia (40-80 m); il sistema costiero, inoltre, è caratterizzato da una forte urbanizzazione e dalla presenza di sistemi di opere rigide di difesa costiera. Il settore compreso tra le cuspidi deltizie è occupato da un ambiente di tipo naturale, caratterizzato da una sottile spiaggia emersa (10-30 m), da complessi dunosi antichi ricoperti da una fitta coltre boschiva e da più recenti dune stabilizzate e attive. Le quote massime si attestano intorno ai 3-4 m s.l.m.

so Lido di Classe e Lido di Savio mentre nelle altre porzioni del paraggio le variazioni sono trascurabili rientrando nel margine dell'errore (fascia grigia). Dal punto di vista del clima meteo-marino, la zona è principalmente interessata, per ricorrenza e intensità, da mareggiate con direzione NE e ENE (venti di Bora), a cui corrisponde un'altezza d'onda significativa tra 1,25 e 2,5 m. Con minor frequenza si registrano eventi da E, da ESE e SE (venti di Scirocco); questi ultimi sono frequentemente associati a feno-

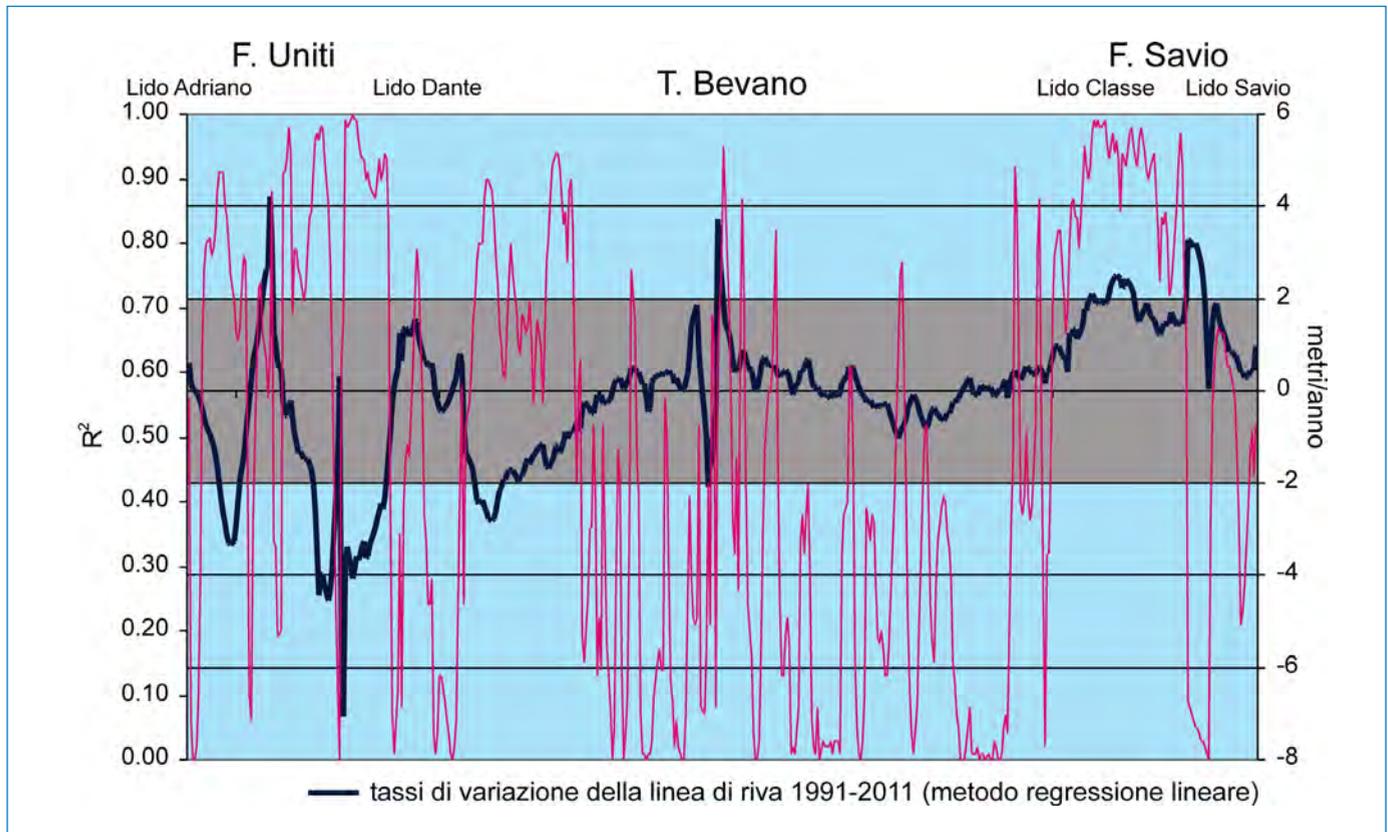


Figura 30 Tassi di variazione della linea di riva nel tratto costiero compreso tra foce F.Uniti e foce F. Savio; i tassi sono stati calcolati con il metodo della regressione lineare ed è riportato il valore e l'andamento di R^2 (linea rossa).

Negli ultimi 50 anni, nell'area oggetto di indagine, non si osservano dinamiche di avanzamento o arretramento molto rilevanti. A scala locale, invece, si individuano situazioni diversificate. In prossimità della foce di F.Uniti, dove interagiscono fattori destabilizzanti di origine antropica, si osservano tratti in forte erosione; nel tratto naturale interposto tra le foci si osserva, invece, una sostanziale stabilità, mentre si riscontra una crescita in corrispondenza del settore di Lido di Classe.

La figura 30 mostra l'andamento dei tassi di variazione della linea di riva nel periodo 1991-2011 ed evidenzia un marcato trend di arretramento a nord e a sud di Lido di Dante, nei tratti non protetti artificialmente, e nel settore meridionale di Lido Adriano, una accennata tendenza all'avanzamento pres-

men di *surge* ovvero di sovrizzo della superficie del mare legata a fenomeni atmosferici. I valori massimi di marea (*surge*+marea astronomica) degli ultimi 12 anni, registrati al mareografo di Porto Corsini, evidenziano un massimo di 116 cm.

Le evidenze degli impatti delle mareggiate sul litorale

Le evidenze degli impatti delle mareggiate lungo il paraggio costiero tra Lido Adriano e Lido di Savio sono state osservate e studiate attraverso la foto-interpretazione delle immagini aeree e i rilievi geomorfologici e topografici realizzati direttamente sul campo; queste analisi sono state integrate dai dati ottenuti dai rilievi Lidar, come verrà meglio descrit-



Figura 31 Foto aeree della foce F. Uniti sud, dicembre 1992 (sinistra), aprile 2010 (destra); si notino i numerosi ventagli di washover; la stella verde indica il punto di ripresa della foto di figura 32.



Figura 32 Lido di Dante nord: il lobo sabbioso del ventaglio di washover ha raggiunto e ricopre le paludi di retro-cordone.

to nelle pagine seguenti. I casi studio riportati come esempio fanno riferimento agli eventi di dicembre 1992, marzo 2010 e ottobre 2012, per i quali esiste una ricca raccolta di informazioni; in particolare, verranno brevemente trattati i fenomeni di *overwashing*, di erosione della duna e di inondazione marina della spiaggia e del retro-spiaggia.

I ventagli di washover

I ventagli di *washover* sono delle forme deposizionali prodotte dal trasferimento di acqua marina e di sabbia litorale verso il retro-spiaggia, da parte delle onde di tempesta (processo di *overwashing*). Essi sono ben sviluppati nel settore di foce F.Uniti, dove risultano evidenti già nelle prime riprese aeree disponibili del 1943.

La figura 31 mostra due immagini del tratto compreso tra la foce di F.Uniti e l'abitato di Lido di Dante, scattate dopo importanti eventi di mareggiata (dicembre 1992 e marzo 2010): in entrambi i casi si possono osservare numerosi ventagli di *washover* prodotti dalle mareggiate, un sensibile arretramento della linea di riva nel settore centrale e settentrionale (si prenda a riferimento la strada visibile nel fotogramma del 1992) e l'invasione di sabbia, proveniente dalla battigia, degli ambienti palustri di retro-cordone (Fig. 32).

Le misure topografiche della spiaggia, compiute tra il 2003 e il 2012 (Fig. 33), mostrano la distruzione di apparati dunosi, esistenti fino al 2009, e la formazione di un nuovo profilo di spiaggia caratterizzato da un dosso (*beach ridge*) e da un pendio lievemente degradante verso terra (ventaglio di *washover*).

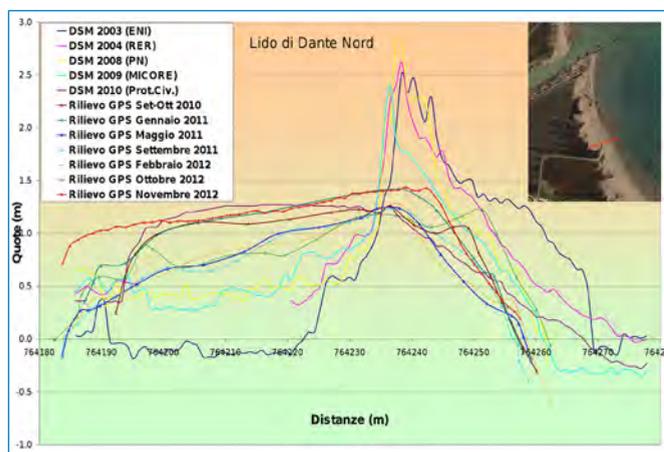


Figura 33 Misure della quota di spiaggia emersa lungo il profilo di Lido Dante Nord della rete di monitoraggio topografico costiero.

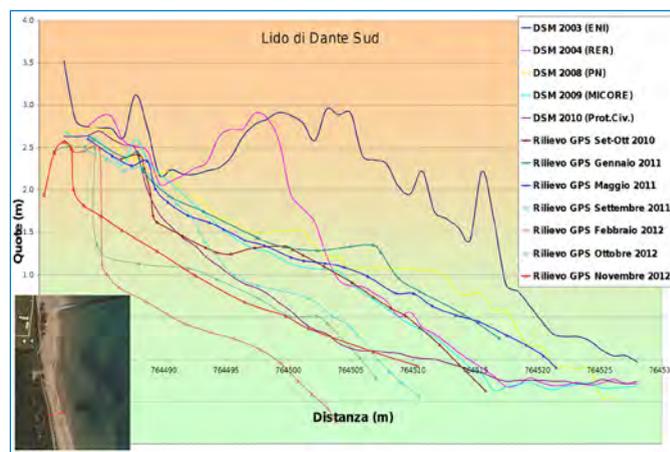


Figura 35 Misure della quota di spiaggia emersa lungo il profilo di Lido Dante Sud della rete di monitoraggio topografico costiero.



Figura 34 Ventagli di washover conseguenti alla mareggiata di marzo 2010 nel lato nord della foce del Torrente Bevano.



Figura 36 Immagini del 2008 (a sinistra) e di aprile 2010 (a destra) post-evento a nord di foce Bevano: confrontando la porzione centrale e quella superiore delle immagini si può osservare la distruzione della duna con conseguente spianamento delle morfologie.

Il fenomeno di *overwashing* è stato osservato non solo a nord di Lido di Dante, ma anche in alcuni paraggi dove la spiaggia presenta quote piuttosto basse (1-2 m s.l.m), in assenza di opere di difesa rigide e spesso, ma non necessariamente, in presenza di un retrospiaggia depresso occupato da zone umide (ad esempio nel tratto a sud di Lido di Spina e in prossimità della stessa foce del T.Bevano (Fig. 34).

Erosione della duna

Gli impatti delle mareggiate sono particolarmente critici anche nel tratto nord della foce, nella porzione settentrionale dell'area naturale fino a sud di Lido di Dante, dove è presente la duna. In questo settore il fronte della duna viene costantemente eroso durante le mareggiate e localmente si osserva la scomparsa totale della duna stessa (Fig. 36).

Le misure realizzate lungo il profilo Lido di Dante Sud (Fig. 35) evidenziano come il fenomeno sia progressivo e continuo: tra il 2003 e il 2004 la duna fronte mare ha subito un drastico arretramento per scomparire del tutto già nel 2008; da questa data è iniziata l'erosione del rilevato retrostante la duna del 2003, sede del sentiero lungo costa e ultimo baluardo di un'ampia area naturale morfologicamente depressa (per approfondimenti vedere il capitolo 3.3).

L'inondazione marina

Gli effetti delle mareggiate non si traducono soltanto in arretramento ed erosione, come visto finora, ma hanno un'ulteriore espressione che si manifesta con particolare enfasi nelle aree urbanizzate di foce fluviale. Si tratta del fenomeno di sommersione.

Lido di Savio, Lido di Classe, Lido di Dante e Lido Adriano hanno subito in modo ricorrente la sommersione delle spiagge e delle aree urbane più prossime al mare (Figg. 37,38).

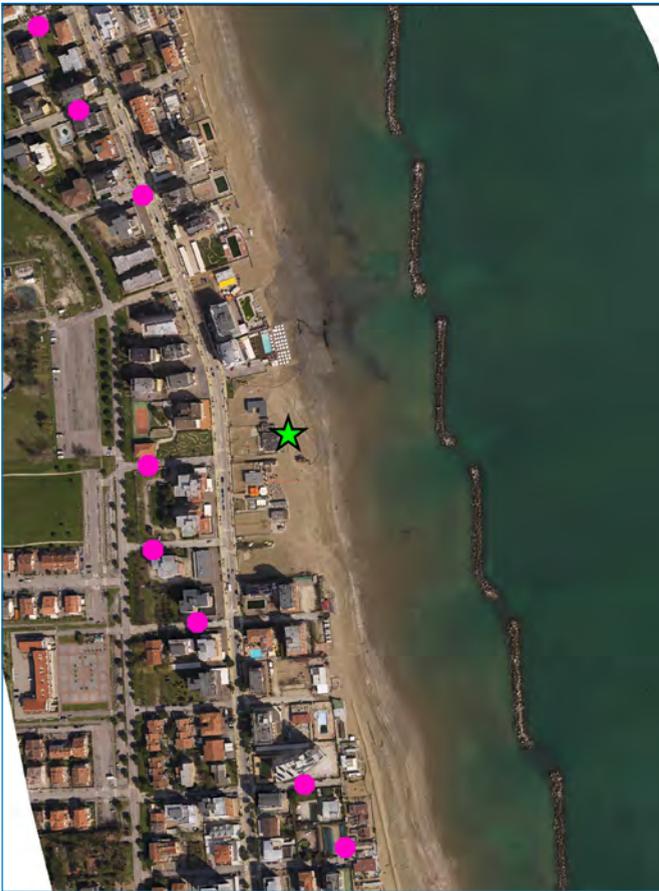


Figura 37 Lido di Classe (foto aprile 2010): i punti viola indicano le evidenze di sommersione marina più avanzate verso terra a seguito della mareggiata del 31 ottobre 2012; la stella indica il punto di ripresa della foto di figura 38.



Figura 38 Sabbie e materiali vari depositi dalla mareggiata del 31 ottobre 2012 a Lido di Classe.

Un quadro di sintesi

Al fine di avere uno sguardo unitario sui fenomeni connessi alle mareggiate nell'intero paraggio compreso tra Lido Adriano sud e Lido di Savio nord sono stati confrontati alcuni indicatori geomorfologici ricavati dalla foto-interpretazione di immagini aeree acquisite prima e immediatamente dopo eventi di mareggiata particolarmente impattanti:

- immagini pre-evento: volo 1991 e volo 2008;
- eventi: 8-9 dicembre 1992 e 9-11 marzo 2010;
- immagini post-evento: volo 12 dicembre 1992, volo 3 aprile 2010.

L'analisi, limitata alla porzione di spiaggia emersa, è stata condotta per singolo evento (caso A mareggiata del 1992 figura 39, caso B mareggiata del 2010, figura 40) utilizzando come indicatori di analisi:

- ampiezza della spiaggia emersa (riferita agli anni 1991 e 2008);
- variazione della linea di riva (confronto tra 91-92 e 08-10);
- ingressione del mare (riferita agli anni 1992 e 2010).

Entrambi i casi mostrano chiaramente che le aree protette con opere costiere rigide e con una spiaggia emersa più sviluppata (settori delle foci fluviali) hanno registrato un arretramento della linea di riva trascurabile, in rapporto all'ampiezza della spiaggia stessa, ma hanno subito una sommersione pressoché totale; localmente l'acqua del mare ha superato il limite verso terra della spiaggia, invadendo aree urbanizzate. Nel caso più recente, il settore di Lido Adriano mostra una sommersione solo parziale, probabilmente limitata grazie all'efficienza dell'argine invernale. Un altro settore che ha subito sommersione nei due casi analizzati è la foce del T. Bevano.

L'arretramento della linea di riva, nel caso A e nel caso B, raramente supera i 20 m (settori di foce F.Uniti e foce T.Bevano) e si attestano mediamente intorno ai 10 m. Nell'area naturale compresa tra le due foci, dove l'ampiezza della spiaggia emersa è esigua, questo arretramento comporta in molti tratti un'erosione e una sommersione che si spinge fino alla duna, con asportazione di parte del suo fronte o la sua completa distruzione, come osservato in particolare nel tratto tra foce T.Bevano e Lido di Dante. A sud del pennello che chiude il sistema misto di difesa costiera di Lido di Dante, l'arretramento progressivo ha recentemente raggiunto ed intaccato le dune e l'argine artificiale, creando un forte rischio di ingressione marina per il camping retrostante.

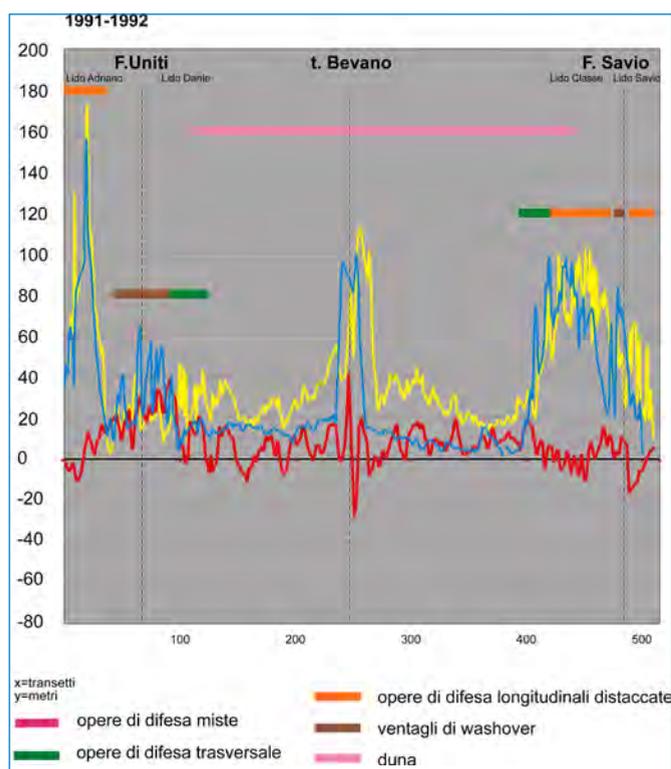


Figura 39 Confronto tra ampiezza della spiaggia (1991), variazione della linea di riva (1991-92) e ingressione marina (1992) nell'area in esame ricavati da foto-interpretazione. La linea gialla rappresenta l'ampiezza della spiaggia emersa, la linea rossa la variazione della linea di riva e la linea azzurra l'ampiezza dell'area inondata dal mare.

L'uso dei dati Lidar per la valutazione degli impatti delle mareggiate

La Regione Emilia-Romagna dispone di tre rilievi Lidar eseguiti nell'area d'interesse; il primo è stato eseguito nel 2004 ed è il primo esempio di rilievo ad alta risoluzione a livello nazionale eseguito lungo la fascia costiera; il secondo rilievo è stato eseguito nel 2009 nell'ambito del progetto europeo MICORE; il terzo e ultimo rilievo è stato realizzato nel 2010 con lo scopo di monitorare e quantificare gli effetti ed i danni prodotti dalla forte mareggiata del mese di marzo. Tutti i rilievi LIDAR hanno come prodotto finale dei modelli digitali del terreno quali un DSM (Digital Surface Model) ed un DTM (Digital Terrain Model), con una risoluzione planimetrica di un metro per un metro in coordinate terreno ed altimetrica di +/-10 centimetri. I modelli digitali del terreno (DTM) hanno fornito preziose informazioni per la valutazione degli impatti morfologici limitatamente alla porzione emersa del litorale, a seguito di eventi di mareggiata. Il confronto fra i DTM relativi ai rilievi dei diversi anni ha consentito, infatti, di evidenziare le modificazioni morfologiche del tratto di

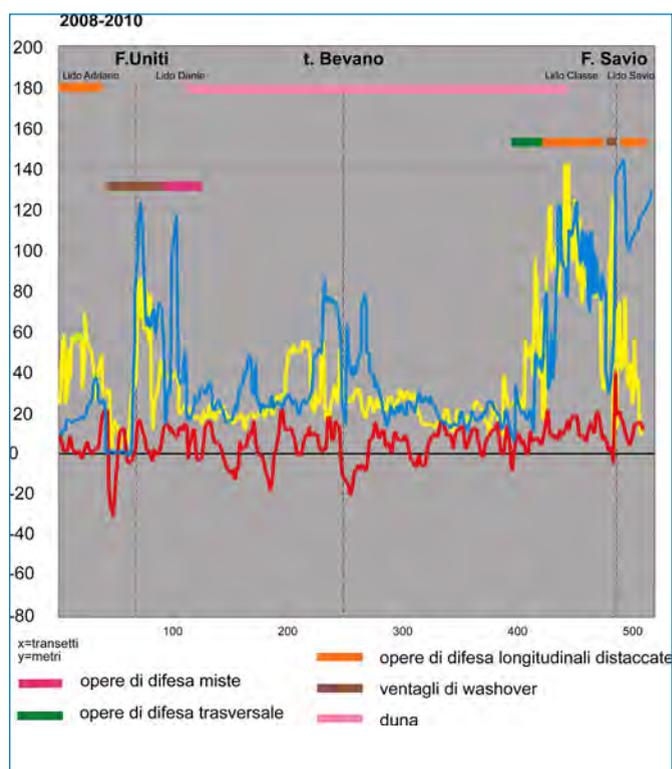


Figura 40 Confronto tra ampiezza della spiaggia (2008), variazione della linea di riva (2008-10) e ingressione marina (2010) nell'area in esame ricavati da foto-interpretazione. La linea gialla rappresenta l'ampiezza della spiaggia emersa, la linea rossa la variazione della linea di riva e la linea azzurra l'ampiezza dell'area inondata dal mare.

costa in questione, di riconoscere quelle riconducibili alle mareggiate e di quantificare le variazioni dei volumi della spiaggia. Riportando l'attenzione sui tratti critici a nord e a sud di Lido di Dante, evidenziati nella sezione precedente, si può notare come i dati Lidar, grazie all'elevato dettaglio tridimensionale, arricchiscono con nuovi particolari le osservazioni precedentemente illustrate.

Nella figura 41 sono riportati i DTM dei rilievi del 2004 e del 2010 e i risultati del loro confronto nel paraggio compreso tra l'abitato di Lido di Dante e la foce di F. Uniti, caratterizzato dai ventagli di *washover* (Fig. 31 e Fig. 41). Si può osservare che, sebbene la fisionomia generale della spiaggia del 2010 sia simile a quella del 2004, le differenze tra i due DTM sono significative (l'immagine nel margine destro in basso) e testimoniano che si è verificato un massiccio trasferimento di volumi di sabbia dalla battigia e dal *beach ridge*, che risultano in erosione diffusa, verso terra, con la formazione di lobi di deposizione (ventagli di *washover*).

Nella figura 42 sono riportati i DTM dei rilievi del 2004 e del 2010 e i risultati del loro confronto nel tratto immediatamente a sud di Lido di Dante dove

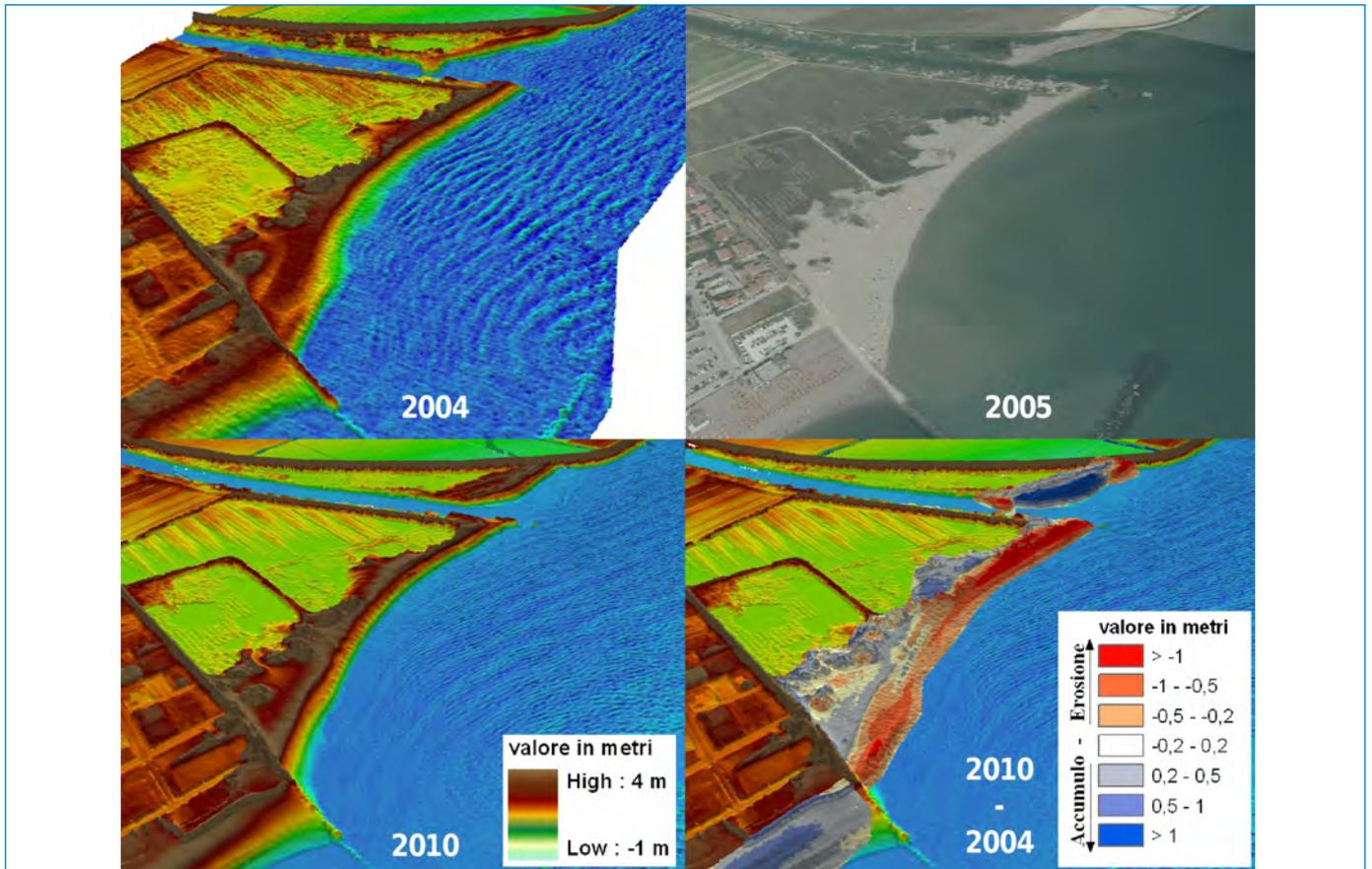


Figura 41 Lido di Dante nord: confronto fra i DTM ottenuti dai rilievi lidar del 2004 e del 2010; l'immagine in basso a destra riporta le differenze di quota tra i due modelli digitali.

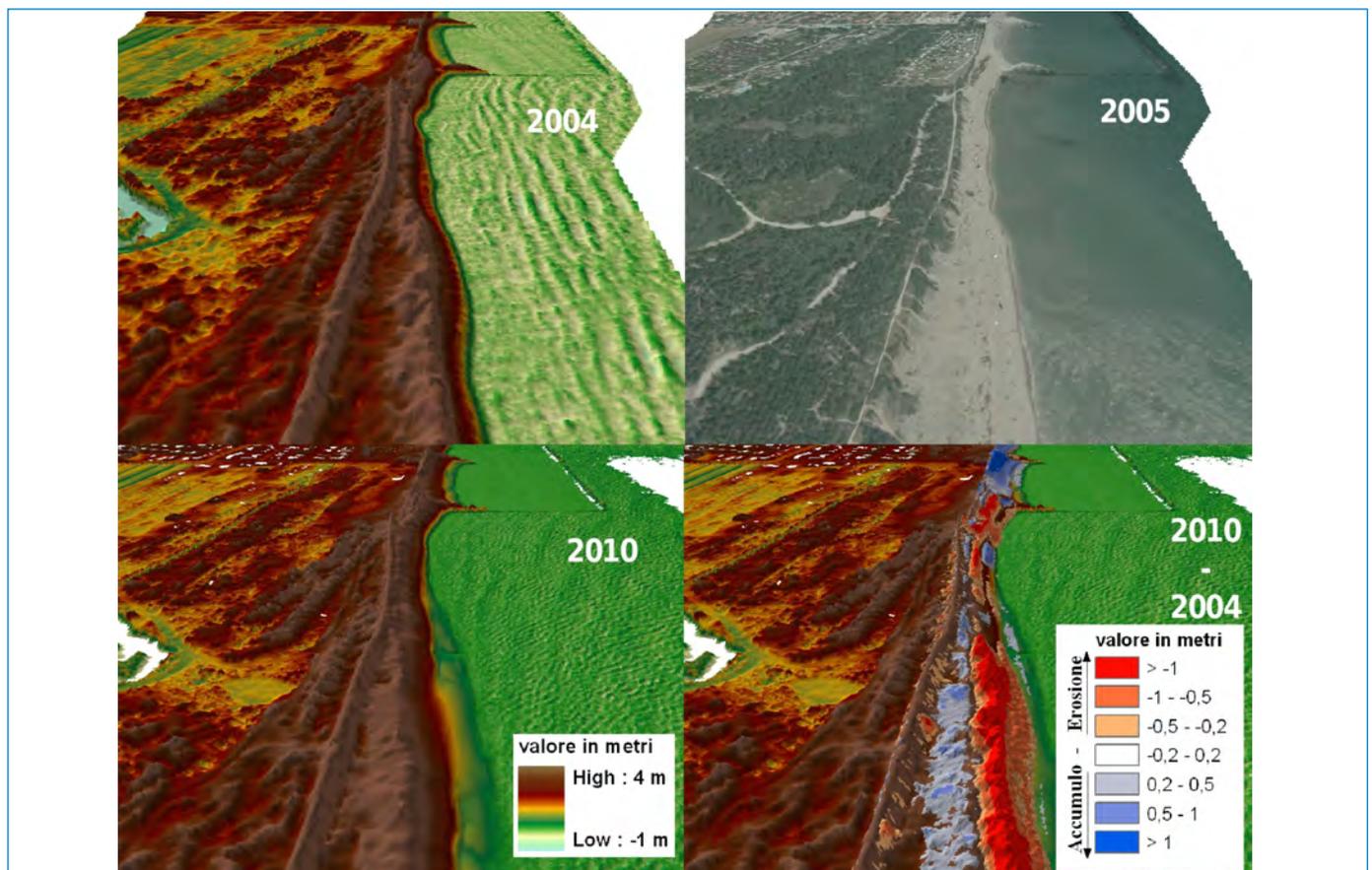


Figura 42 Lido di Dante sud: confronto fra i DTM ottenuti dai rilievi lidar del 2004 e del 2010; l'immagine in basso a destra riporta le differenze di quota tra i due modelli digitali.

la duna sta subendo una profonda erosione. Si può osservare che si è verificata una chiara perdita di quota in corrispondenza della battigia e della duna del 2004, localmente spianata, e un aumento nelle zone di retro-duna, a testimonianza, anche in questo caso, di un generale trasferimento di volumi da mare verso terra che si traduce in un arretramento del sistema litorale di questo paraggio. Un'analisi quantitativa dei volumi mobilizzati ha permesso di evidenziare, alle diverse scale, le tendenze all'accumulo e all'erosione della porzione emersa dell'area di studio.

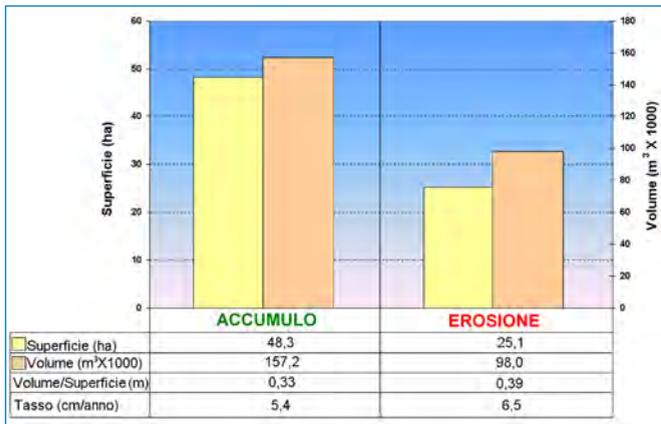


Figura 43 Confronto tra le superfici occupate dalla spiaggia emersa e dalla duna e tra i corrispondenti volumi ricavati dai DTM riferiti agli anni 2004 e 2010 lungo il tratto tra foce F. Uniti e foce F. Savio.

Prendendo in considerazione l'intera area di studio, nel periodo 2004-2010 si ricava un bilancio leggermente positivo ovvero gli accumuli risultano maggiori rispetto alle perdite di volume (Fig. 43). Questo risultato è fortemente influenzato dai ripascimenti realizzati: nel periodo 2004-2010 sono stati versati circa 220.000 m³ di sabbie che hanno permesso di avere accumuli superiori alle perdite; senza l'intervento l'intero paraggio risulterebbe in perdita totale di circa 160.000 m³. Anche nel periodo 2009-2010 (Fig. 44) si osserva un bilancio positivo, che rimane tale, in questo caso, anche sottraendo gli interventi di ripascimento eseguiti nel periodo stesso.

Considerando il rapporto Volume/Superficie, si può notare, inoltre, che nel periodo 2004-2010 (Fig. 43) ogni metro quadrato di area in accumulo ed erosione ha subito rispettivamente un aumento di circa 33 cm (con tasso medio di +5,4 cm/anno) e una diminuzione di quota di circa 40 cm centimetri (con tasso medio di -6,5 cm/anno). Lo stesso rapporto, nel periodo 2009-2010 (Fig. 44) indica un aumento di quota medio nella aree in accumulo di 16 cm e una diminuzione media nelle aree in erosione di 19 cm.

A scala locale, sono evidenti tendenze differenti nei diversi paraggi (per comodità, sono state utilizzate come riferimento le celle definite nel sistema di gestione SICCELL, Fig.45); in generale il tratto compreso tra la foce del F. Savio e la foce del T. Bevano risulta in accumulo, ad esclusione dell' "hot spot" erosivo posizionato immediatamente a nord del sistema di difese costiere rigide di Lido di Classe (cella Bevano Sud). Il tratto compreso tra la foce del T. Bevano e la foce di F. Uniti, diversamente, presenta perdite, localmente anche molto accentuate (Fig. 45).

I risultati dell'analisi a scala locale, nel dettaglio,

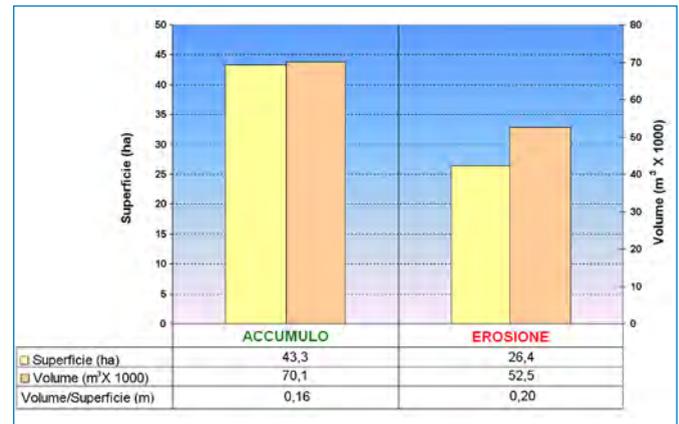


Figura 44 Confronto tra le superfici occupate dalla spiaggia emersa e dalla duna e tra i corrispondenti volumi ricavati dai DTM riferiti agli anni 2009 e 2010 lungo il tratto tra foce F. Uniti e foce F. Savio.

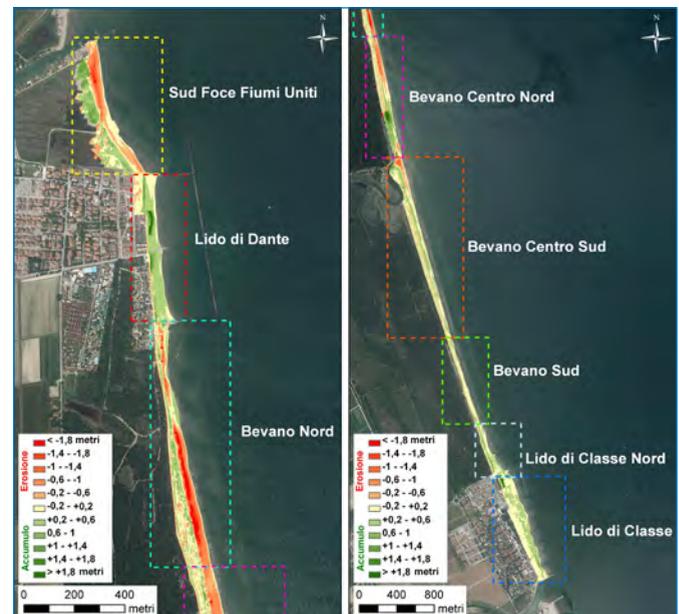


Figura 45 Distribuzione delle variazioni volumetriche della spiaggia emersa e della duna risultanti dal confronto tra il DTM del 2004 e quello del 2010; i tratti con un'evidente perdita si possono osservare prevalentemente nel tratto a nord della foce del T. Bevano.

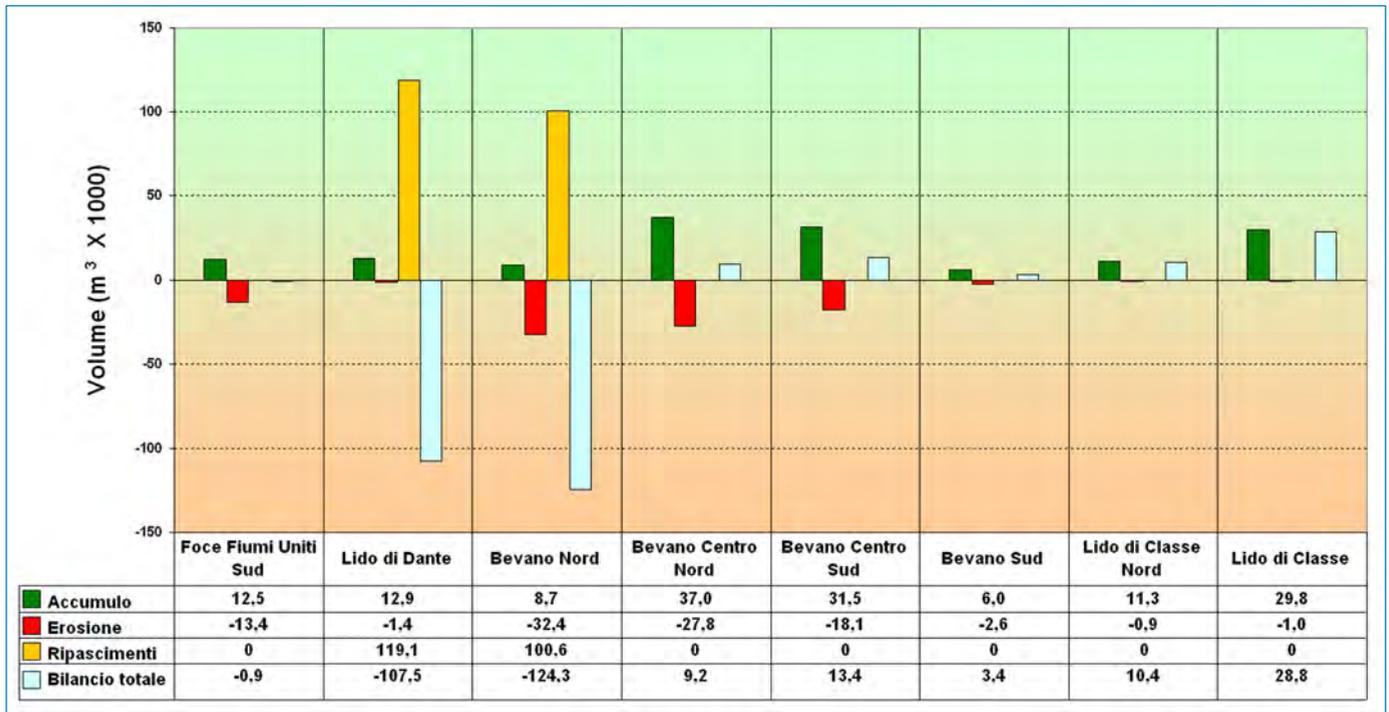


Figura 46 Confronto tra volumi in accumulo ed erosione utilizzando i DTM del 2004 e 2010; in ciascuna cella (classificazione SICCELL) sono riportati anche i volumi dei ripascimenti eseguiti nello stesso periodo ed il bilancio "totale" in assenza degli interventi, calcolato sottraendo al volume accumulato il volume perso e il volume delle sabbie introdotto con il ripascimento.

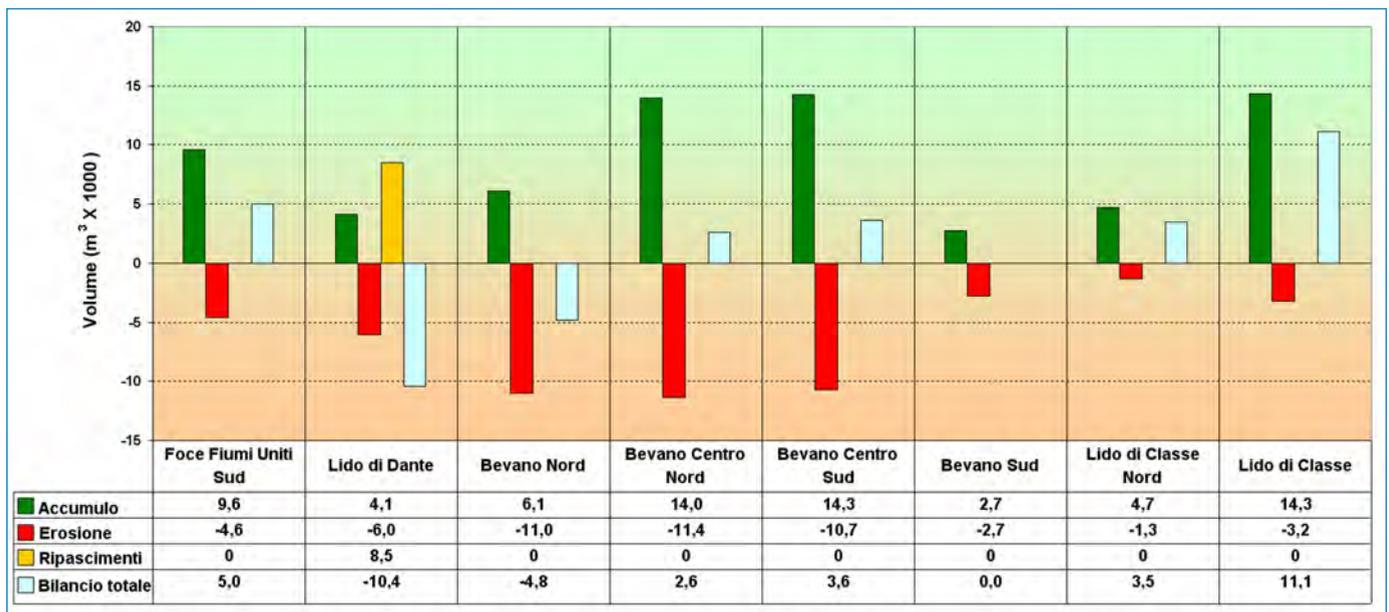


Figura 47 Confronto tra volumi in accumulo ed erosione utilizzando i DTM del 2009 e 2010; in ciascuna cella (classificazione SICCELL) sono riportati anche i volumi dei ripascimenti eseguiti nello stesso periodo ed il bilancio "totale" in assenza degli interventi, calcolato sottraendo al volume accumulato il volume perso e il volume delle sabbie introdotto con il ripascimento.

sono riassunti in figura 46 e 47. Si può notare che anche attraverso questa analisi emerge chiaramente, in entrambi i periodi, il punto critico a sud dell'abitato di Lido di Dante (cella Bevano Nord) e la sostanziale stabilità delle porzioni più meridionali, con un leggero accumulo presso la cella Lido di Classe. È interessante, inoltre, osservare che in assenza dei ripascimenti realizzati in corrispondenza della spiaggia a fronte di Lido di Dante questa stessa sarebbe in forte deficit, come il tratto adiacente

a sud. La porzione tra l'abitato di Lido di Dante e la foce di F. Uniti, in cui si registra un accentuato arretramento della linea di riva, mostra, invece, una tendenza alla stabilità/accumulo. Queste caratteristiche possono essere interpretate come l'effetto di una rapida migrazione verso terra del "nastro" sabbioso corrispondente alla spiaggia emersa, attraverso processi erosivi e deposizionali (*overwashing*) in sostanziale equilibrio.

Assetto della foce ed evoluzione recente dell'area

Capitolo 3.3

Erosione della fascia dunosa compresa tra foce Bevano e Lido di Classe

Edoardo Grottoli, Clara Armaroli e Paolo Ciavola

La comprensione del ruolo degli eventi meteo-marini estremi nel modellare i sistemi costieri e le foci fluviali costituisce un impegno ormai fondamentale per preservare ambienti ed ecosistemi sempre più a rischio all'interno del complesso rapporto uomo-natura. L'argomento riveste particolare importanza nel caso di sistemi di dune, che svolgono il primo ruolo di difesa dall'ingressione marina durante le mareggiate. Il sito dalla Foce del Torrente Bevano all'abitato di Lido di Classe ha un'estensione di circa 4 km e rappresenta un importante valore paesaggistico, essendo uno dei pochi tratti di costa naturale in Emilia-Romagna. Nell'estremità meridionale presenta opere di difesa trasversali e parallele alla linea di riva, permettendo dunque un confronto tra lo stato morfologico delle spiagge naturali con quello delle spiagge antropizzate (Fig. 48).

Nell'ambito del progetto europeo MICORE, sono stati svolti rilievi di spiaggia ripetuti per tre anni, raccolti più di 100 campioni di sedimento ed effettuati un volo LIDAR e foto aeree ad alta risoluzione. Lo scopo del lavoro è stato quello di valutare la risposta della spiaggia a corto (mareggiata) e medio (stagionale) termine, confrontando i dati di campo con simulazioni del processo erosivo tramite il codice X-beach, appositamente calibrato per il sito. Lo studio ha inoltre permesso di testare alcuni indicatori di impatto morfologico, noti nel panorama scientifico, per comprendere esattamente l'entità delle conseguenze delle mareggiate sulle spiagge e sulle dune.

Erosione dei cordoni dunosi

L'erosione frontale della duna, pur essendo innescata dall'aggressione diretta al piede della duna stessa durante le mareggiate, può verificarsi anche in momenti distanti temporalmente dall'evento meteo-marino estremo. Nel corso dello studio si è visto che il normale comportamento dell'avanduna è quello di aumentare di pendenza a seguito del verificarsi di una mareggiata (comportamento "standard", Figura

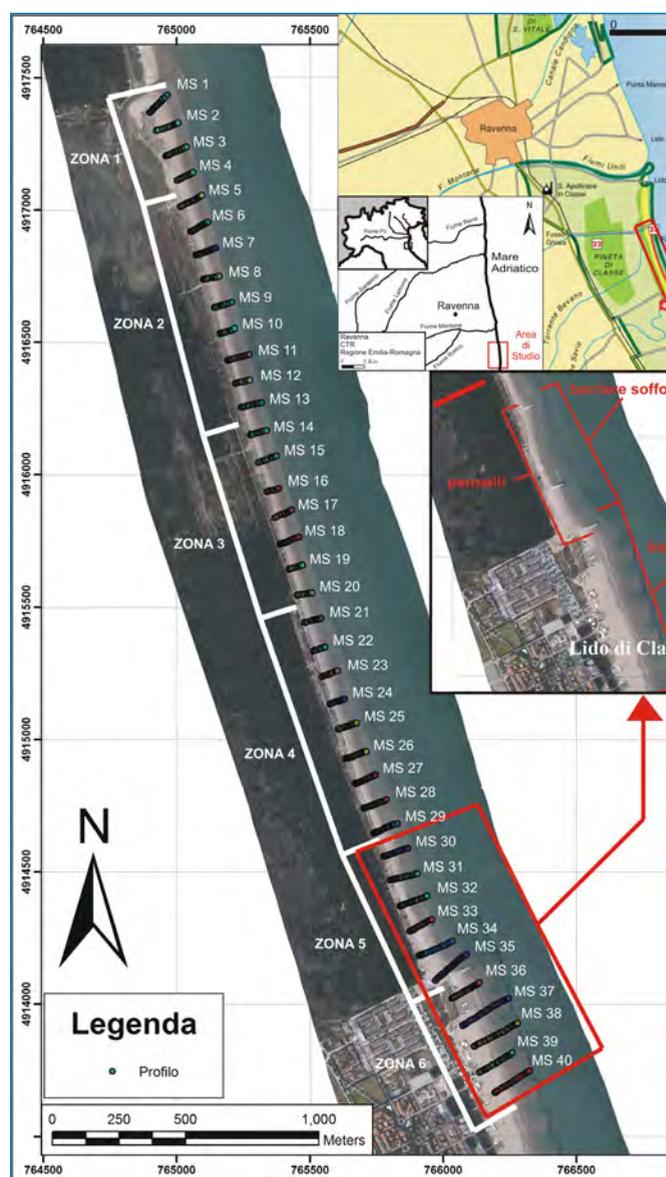


Figura 48 Ubicazione dell'area di studio (volo MICORE 2009) su cui è indicata la suddivisione in zone e i profili topografici monitorati durante il triennio di misure. Nell'ingrandimento delle zone 5 e 6 sono indicate le opere di difesa presenti per il tratto di litorale.

ra 49a). Si è però osservato in vari punti del litorale (Fig.50) un comportamento "anomalo" dell'avanduna per quanto riguarda la sua inclinazione: infatti, il raggiungimento di una pendenza sub-verticale e quindi "innaturale" prepara spesso la duna ad un

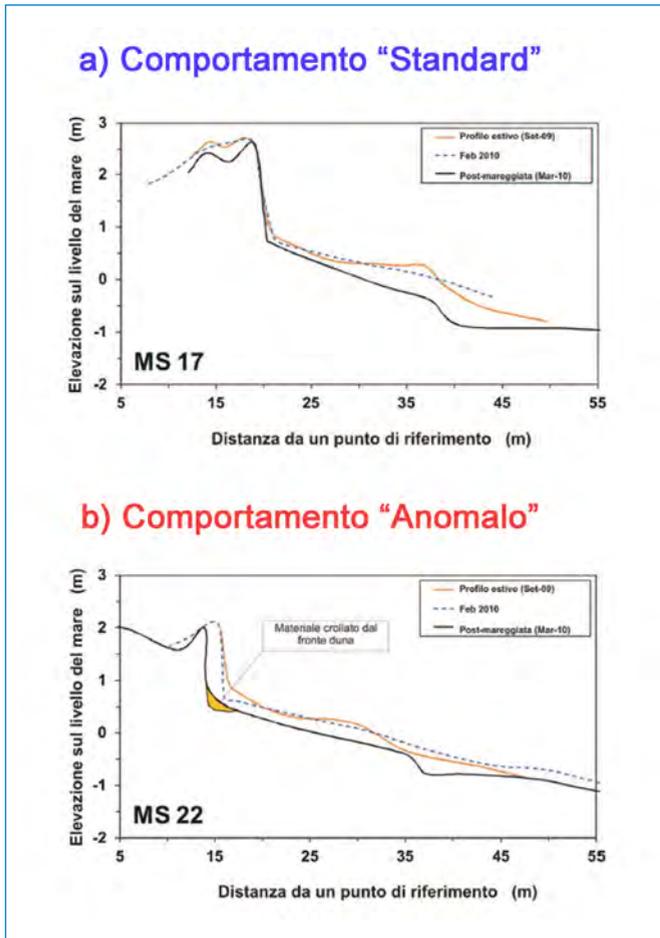


Figura 49 I due profili (vedi Fig.48) rappresentano i due tipi di meccanismi di evoluzione della duna in seguito all'impatto delle mareggiate. Sono raffigurati il profilo estivo (Settembre 2009), il profilo pre-mareggiata (Febbraio 2010, linea tratteggiata) e il profilo post-mareggiata (Marzo 2010).

inevitabile crollo della sua cresta, che può verificarsi in qualsiasi momento dell'anno data la sua condizione instabile. Tale processo provoca, contrariamente al comportamento "standard", una diminuzione di pendenza del fronte duna, dovuto alla deposizione di materiale che crolla dalla cresta verso il piede della duna stessa. Il comportamento per il quale il fronte duna diminuisce di pendenza tra un profilo pre-mareggiata ed un profilo post-mareggiata è stato denominato "anomalo" (Fig.49b).

Classificazione morfodinamica delle spiagge

Le classificazioni morfodinamiche, sono servite invece a distinguere, sulla base di alcuni parametri morfologici e idrodinamici, tra un profilo di spiaggia riflettente (cioè ad elevata pendenza) e un profilo di spiaggia dissipativo (ossia a bassa inclinazione). A tali tipi di profilo sono associate diverse morfologie che si creano in una condizione di naturale evoluzione della spiaggia.

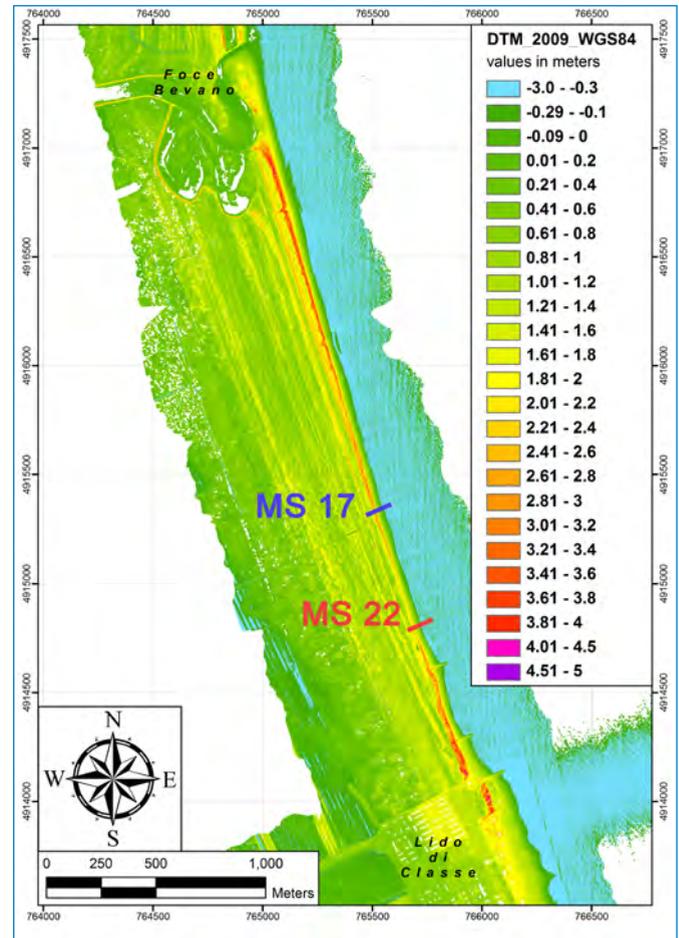


Figura 50 Fronti di duna erosi dei profili MS17 e MS22, situati nelle immediate vicinanze della zona protetta artificialmente. La sigla in blu del profilo indica un comportamento "standard" della duna, mentre la sigla in rosso indica un comportamento "anomalo" di questa.

Le classificazioni morfodinamiche, attestano entrambe il cambiamento del profilo di spiaggia da intermedio a dissipativo, spostandosi dalla foce del Bevano a Lido di Classe. Questo significa che il profilo di spiaggia diventa meno inclinato avvicinandosi alla parte meridionale del litorale. Anche per quanto riguarda le morfologie esiste un trend che varia dalla foce a Lido di Classe. Le stesse morfologie si mantengono costanti fino alle opere di difesa (vedi barra esterna e bassofondo generico) eccezion fatta per un breve tratto dove sono presenti alcune barre trasversali congiunte al bassofondo. All'interno delle opere si formano delle morfologie a "tomolo" tipicamente associate alla presenza di barriere frangiflutti o scogliere sommerse e assai frequenti in tutto il litorale emiliano-romagnolo.

Morfodinamica delle spiagge ed evoluzione della fascia dunosa

Prevedere la vulnerabilità ad eventi di mareggiata



Figura 51 Esempi di dune in erosione.

dei cordoni dunosi ha importanti implicazioni per la resilienza delle aree costiere dove tali elementi costituiscono il primo sistema di difesa contro tali fenomeni meteo-marini.

Lo studio ha mostrato un comportamento morfodinamico delle spiagge coerente con le maggiori classificazioni presenti in letteratura, anche se appare inutile adottare tali schemi in quelle zone del litorale protette artificialmente, dove le morfologie di spiaggia sono completamente controllate e modificate dalla presenza di strutture.

Non è stata individuata nessuna stagionalità nel variare di inclinazione del fronte duna e della spiaggia. Nonostante ciò, il fronte duna appare comunque incrementare la sua pendenza nei periodi invernali, soprattutto nelle zone immediatamente a Nord delle opere di difesa (Fig. 52) che sono anche quelle più

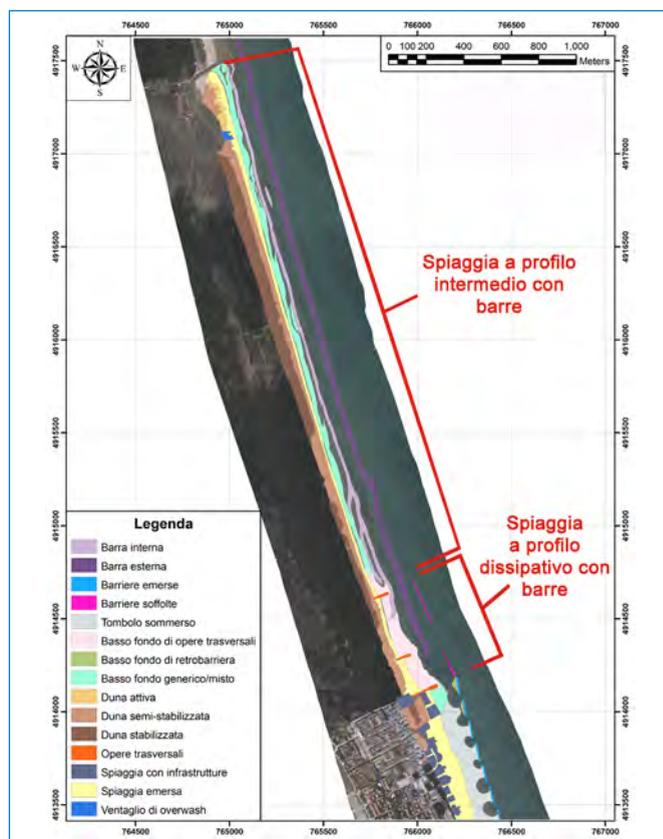


Figura 52 Classificazione morfodinamica dell'area di studio. La base dell'immagine è una fotointerpretazione realizzata su dati LIDAR e foto aeree relativi al marzo 2009.

sofferenti e vulnerabili alle mareggiate avendo un cordone dunoso poco sviluppato (Fig. 50). Dall'analisi dei profili topografici emerge inoltre che l'inclinazione dell'avanduna, una volta che viene compromessa dalla mareggiata, può variare in qualsiasi momento in seguito ad un crollo della cresta. Tale variazione espone il cordone dunoso ad una situazione di elevata instabilità che porta, con il passare del tempo, all'arretramento e all'abbassamento del cordone stesso. Una volta raggiunta questa fase, la duna non costituisce più un ostacolo per le successive mareggiate ed espone le zone ad essa retrostanti a probabili inondazioni. Ancora una volta il lato sottocorrente alle opere di difesa trasversale evidenzia l'accentuazione dei processi erosivi, confermando la principale problematica connessa a tali tipo di strutture rigide.

Assetto della foce ed evoluzione recente dell'area

Capitolo 3.4

Evoluzione della copertura vegetale della duna ricostruita e sua relazione con le variazioni morfologiche superficiali

Luca Vittuari, Maria Speranza, Lucia Ferroni, Emanuele Mandanici, Giuseppe Pritoni

La spiaggia, assieme alla duna e all'ambiente retrodunoso raramente è un ecosistema stabile, poiché è sempre soggetto a pressioni da parte di agenti esterni, sia di origine naturale sia di origine antropica.

Le comunità vegetali che si sviluppano sui sistemi dunosi costieri riducono la mobilità delle sabbie più superficiali e agiscono come barriera di protezione all'asportazione della sabbia da parte del vento. Esse sono costituite da specie capaci di sopravvivere a condizioni molto particolari di scarsità di nutrienti, di esposizione ai venti costieri carichi di aerosol salmastri, alle mareggiate, alle forti insolazioni diurne e quindi alla siccità.

A seguito dei lavori di realizzazione della nuova foce del Torrente Bevano e allo scopo di ricostituire la duna erosa dal vecchio corso del torrente, è stata realizzata una copertura vegetale costituita da *Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis*, che ha consentito la formazione e il mantenimento di una significativa morfologia dunosa.

L'impianto della copertura vegetale risale a due interventi effettuati, rispettivamente, alla fine di ottobre 2006 e all'inizio di novembre 2007.

Tali interventi si ricollegano alle attività dell'Operazione Quadro Regionale BEACHMED-e (INTER-

REG III C), sottoprogetto POSIDUNE.

Nella formazione di sistemi dunosi naturali costieri le specie scelte, *Agropyron junceum* ed *Ammophila littoralis* in particolare, entrambe erbacee perenni rizomatose, contribuiscono in maniera importante ad intercettare e accumulare sabbia proveniente dal trasporto eolico. Di queste specie si sono utilizzate piante ottenute da materiale raccolto in natura, propagate ed allevate in vivaio prima dell'impianto *in situ*.

La piantumazione di *Agropyron junceum* e di *Ammophila littoralis* è stata effettuata su sei file, di cui le due più vicine alla linea di riva, fila 1 e fila 2, con *Agropyron* e le quattro più interne con *Ammophila*. Complessivamente, l'area vegetata artificialmente si sviluppa su una striscia parallela alla linea di riva, distante da questa da 35 a 40 m, della larghezza di 8.5 m e della lunghezza di 500 m.

Il monitoraggio della copertura vegetale e dell'accumulo di sabbia nell'area piantumata

A due anni dalla realizzazione dell'impianto, il servizio Difesa del Suolo della Costa e Bonifica della Regione Emilia-Romagna ha finanziato il monitoraggio dello sviluppo ed evoluzione della copertura vegetale nei periodi ottobre 2008-settembre 2009 e ottobre 2010-settembre 2011. Ciò ha consentito di valutare le variazioni del volume complessivamente occupato da *Agropyron* e *Ammophila* (Fig. 53), anche in risposta ad eventi meteo-marini che talora si sono verificati con notevole intensità, specie nei periodi invernali e ad inizio primavera.

Il monitoraggio ha inoltre previsto periodiche letture del livello raggiunto dalla sabbia su una serie di aste fisse distribuite nell'area piantumata secondo sei transetti perpendicolari alla linea di riva, di 5 aste ciascuno.

Il grafico di figura 54 mostra lo sviluppo della copertura vegetale nell'arco di un triennio: la copertura vegetale subisce un primo decremento, abbastanza contenuto, nel periodo novembre-dicembre 2008



Figura 53 Disposizione delle file piantumate. Sono visibili anche due delle aste fisse, di colore bianco, utilizzate per il monitoraggio del livello della sabbia.

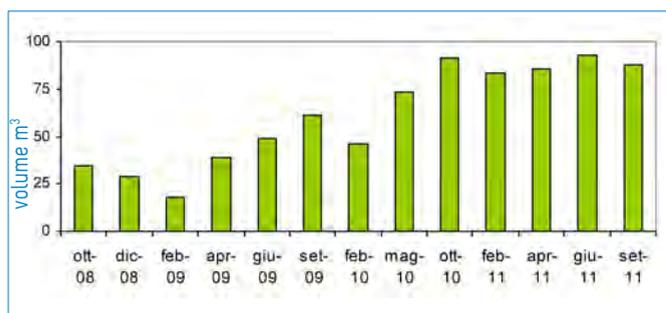


Figura 54 Sviluppo della copertura vegetale nell'area piantumata da ottobre 2008 a settembre 2011.

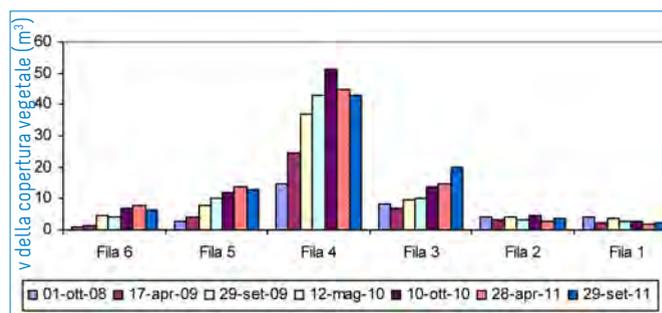


Figura 55 Sviluppo della copertura vegetale sulle 6 file dell'impianto vegetazionale da ottobre 2008 a settembre 2011. Le file sono orientate come in figura 53.

e un secondo decremento, più importante, nel periodo dicembre 2008–febbraio 2009. All'aprile 2009 si nota già una tendenza al recupero, che è particolarmente evidente nel periodo primaverile (dato del giugno 2009), e prosegue anche nel periodo estivo (dato del settembre 2009). Il dato del settembre 2009 è decisamente superiore al dato dell'anno precedente (ottobre 2008). Nell'inverno 2009/2010 la copertura vegetale subisce un decremento abbastanza significativo, ma a maggio 2010 tale decremento è già stato ampiamente recuperato e, alla fine della stagione vegetativa 2010, la copertura vegetale è aumentata di circa 25 m³ rispetto all'anno precedente. Nell'inverno 2010/2011 la copertura vegetale ha subito un nuovo decremento, molto più modesto rispetto a quello dell'inverno 2009/2010, completamente recuperato a giugno 2011.

Tuttavia, nel corso dell'estate 2011, particolarmente siccitosa e con elevate temperature nei mesi di agosto e settembre, il volume della copertura vegetale complessiva diminuisce di 4.6 m³, cosicché a settembre 2011 è di 88.1 m³, con una differenza in ne-

gativo di 3.6 m³ rispetto all'ottobre 2010.

Da figura 55 risulta che il progressivo incremento in volume della copertura vegetale avviene soprattutto in corrispondenza delle file 3 e 4, piantumate ad *Ammophila*, mentre le file 1 e 2, piantumate ad *Agropyron* non mostrano accrescimenti di particolare rilievo. Le file 5 e 6, pure piantumate ad *Ammophila*, sono tendenzialmente in crescita, anche se in maniera meno accentuata. Si evidenzia, complessivamente, una buona capacità di *Ammophila littoralis* a recuperare lo sviluppo raggiunto, o addirittura a superarlo, anche se sottoposta al disturbo esercitato da eventi meteo marini di notevoli intensità.

Si veda al riguardo il comportamento di crescita della fila 3, piantumata con cespi di *Ammophila* nel 2006, ridotta di volume dalle mareggiate invernali del 2008/2009 e del 2009/2010, ma in costante e significativa crescita dal maggio 2010 in poi.

Un'efficace e sintetica valutazione riguardo allo sviluppo della copertura vegetale, può venire dall'osservazione delle due immagini riportate in figura 56. La prima è dell'aprile 2006, ad inizio della spe-



Figura 56 Evoluzione morfologica e vegetazionale dell'area piantumata. L'immagine di sinistra è dell'aprile 2006, quella di destra è del maggio 2011.

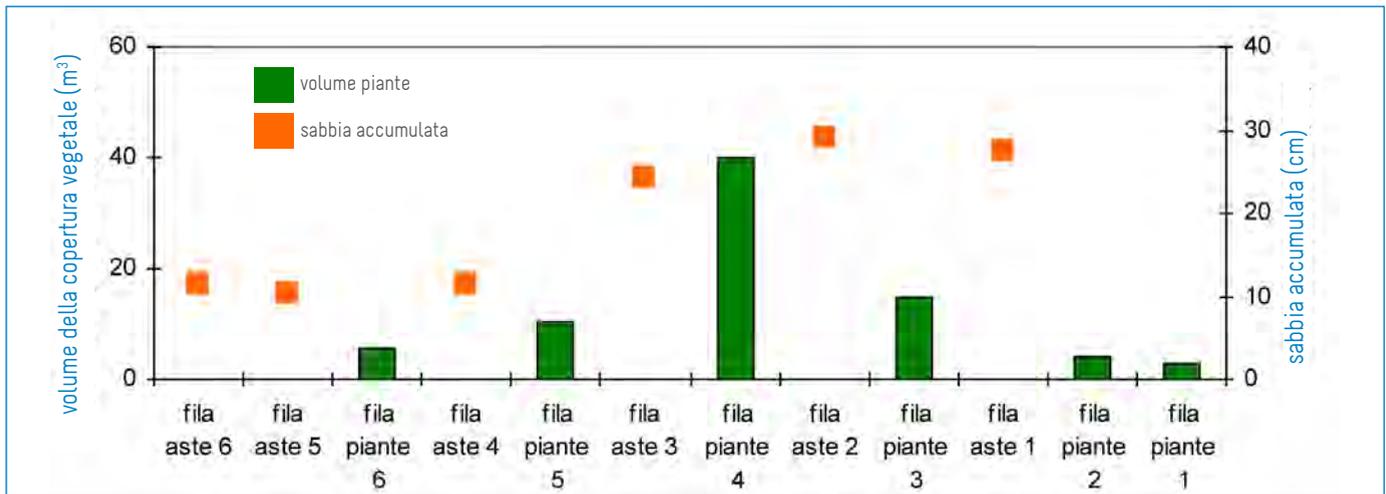


Figura 57 Rappresentazione dei volumi della copertura vegetale e della sabbia accumulata in due anni, lungo un ideale transetto medio, rappresentativo dell'area monitorata.

rimentazione; la seconda è del maggio 2011, cinque anni dopo. In essa si vedono le morfologie ondulate di una giovane duna con una rigogliosa copertura vegetale. La barriera frangivento è stata completamente sepolta; la sua posizione è segnata dall'allineamento dei grandi cespi di *Ammophila littoralis* delle file di impianto 3 e 4 che si distinguono a fatica l'una dall'altra.

I grandi cespi di *Ammophila littoralis*, giocano un ruolo di rilievo nel determinare accumulo di sabbia, come risulta dal grafico di figura 57, in cui si rappresenta un profilo medio dell'area vegetata, con i volumi occupati dalle piante e la sabbia accumulata lungo il medesimo profilo, in un arco di tempo di due anni (settembre 2009 – settembre 2011).

La relazione che emerge tra sviluppo della copertura vegetale ed accumulo di sabbia, ricavata con mezzi assai semplici e con osservazioni eseguite su una ridotta superficie dell'area dunosa, ha stimolato un approccio più articolato al tema, attraverso il ricorso a metodologie topografiche standard e rilevamenti eseguiti con strumentazione di elevata qualità e precisione.

Il rilevamento topografico

Al fine di quantificare l'entità delle variazioni intercorse nella morfologia superficiale della duna è stato pianificato un controllo di tipo topografico. In particolare viene descritto di seguito il confronto tra le misure eseguite nel 2011 e nel 2012.

Per poter evidenziare le variazioni intercorse a distanza di un anno nella superficie in oggetto, è necessario poter ricorrere a metodi di misura in grado di produrre un elevato numero di punti misurati per

unità di superficie, tra queste la tecnica LIDAR da aeromobile, è sicuramente una tra le metodologie più indicate, soprattutto in presenza di aree di grandi dimensioni e qualora si voglia evitare il contatto con l'oggetto. L'inconveniente principale di questa tecnica è però l'elevato costo, soprattutto qualora si debba ipotizzare una serie di voli eseguiti a distanza di tempo per un'analisi multi-temporale.

Nell'ambito quindi di una collaborazione, nata soprattutto per scopi didattici, tra il Dipartimento di Scienze Agrarie e il Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, dell'Università di Bologna è stata progettata un'attività di monitoraggio basata invece su di un rilievo topografico della superficie mediante l'integrazione di tecniche topografiche classiche e di geodesia spaziale (GPS cinematiche mediante post-processing). Queste ultime hanno il grande pregio di consentire una precisione intrinseca paragonabile o addirittura superiore a quella del LIDAR, ma richiedono un contatto fisico con la superficie del terreno e permettono di acquisire un elevato numero di punti tridimensionali solo lungo profili selezionati dall'operatore durante il rilievo topografico.

Il primo aspetto da considerare nella progettazione di un intervento di monitoraggio topografico che si inserisca in un contesto multidisciplinare, è quello di definire un sistema di riferimento comune.

A tal fine è stato eseguito il rilievo geodetico, di un paio di punti posti nell'area di foce Bevano, collegandoli alla rete di stazioni permanenti IGS/EUREF. Uno di questi punti, individuato sul terreno mediante un chiodo topografico infisso in un piccolo getto di cemento, è stato utilizzato in precedenti rilievi topografici di controllo della duna.

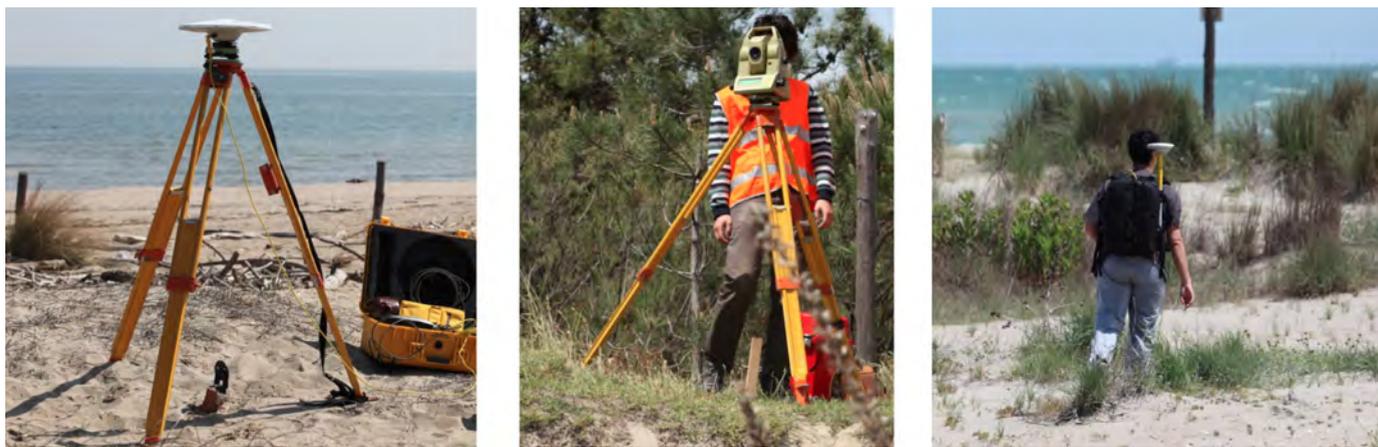


Figura 58 Stazione master GPS, rilievo tramite stazione totale topografica e immagine di uno dei quattro strumenti operanti simultaneamente per il rilievo morfologico in modalità cinematica continua.

Il collegamento geodetico alle stazioni permanenti IGS/EUREF ha l'indubbio vantaggio di poter evitare di fare assunzioni di presunta stabilità di punti di riferimento in loco, che sarebbe risultata certamente arbitraria. Successivamente i due punti posti nell'area di lavoro di Foce Bevano sono stati collegati al sistema globale ETRF2000 (l'attuale sistema di riferimento geodetico nazionale ufficiale) mediante misure GPS eseguite in modalità statica.

È stato quindi predisposto un rilievo GPS cinematico continuo che permette di ottenere il posizionamento relativo di una o più antenne in movimento (stazioni rover) rispetto ad una stazione di riferimento (master).

Poiché la superficie della duna è molto articolata, si è preferito installare le antenne delle quattro stazioni mobili direttamente in zainetti rigidi posti sulle spalle dei rilevatori, rendendo così più agevoli le operazioni di rilevamento (Fig. 58). Possiamo considerare, infatti, le piccole oscillazioni verticali indotte dal passo del rilevatore, dello stesso ordine di grandezza della reale significatività di un rilevamento di una superficie sabbiosa irregolare e vegetata (indicativamente 5 cm).

In figura 59 si riportano i due modelli digitali del terreno ottenuti dai rilievi 2011 e 2012, oltre a un dettaglio della sovrapposizione tra le differenze misurate e una immagine satellitare ad alta risoluzione dalla piattaforma *bing*TM, dalla quale si può osservare che nelle aree dove è presente la vegetazione le quote della sabbia sono tendenzialmente più elevate.

Considerazioni conclusive

Il monitoraggio di dettaglio, eseguito congiuntamente sullo sviluppo della copertura vegetale e sull'accumulo di sabbia nella zona vegetata ha forn-

to gli elementi utili per la formulazione di una "Proposta di protocollo per la realizzazione/restauro della copertura vegetale di dune sabbiose costiere - Protocollo Bevano". Il protocollo prevede l'applicazione delle conoscenze acquisite nel caso studiato (specie da utilizzare, tempi e modalità di raccolta, ecc.) ad altri siti appartenenti al medesimo contesto bioclimatico, quali, ad esempio, siti di futuri interventi di ripascimento nell'area alto-adriatica (vedi appendice).

Dal confronto quantitativo tra le mappe topografiche di dettaglio degli anni 2011 e 2012, emerge che in gran parte dell'area le quote sono in diminuzione. Ciò è particolarmente evidente nella zona immediatamente adiacente alla foce del Torrente Bevano. Tale tendenza può derivare da perdita di sabbia per erosione o per asporto eolico, dalla subsidenza o da entrambi i fenomeni combinati tra loro. Dall'osservazione della mappa di figura 59 risulta anche che in corrispondenza dell'allineamento dei grandi cespi di *Ammophila* delle file 3 e 4, le quote sono invece in crescita, per accumulo di sabbia, all'interno di un'area il cui profilo generale mostra invece tendenze opposte.

Complessivamente si può ritenere che *Ammophila littoralis* abbia caratteristiche che la rendono pienamente idonea ad essere utilizzata per la realizzazione di coperture vegetali, che favoriscono lo sviluppo di sistemi dunosi e il trattenimento di sabbia, eventualmente anche in comparti costieri dove sono stati effettuati ripascimenti. Anche i fenomeni di subsidenza potrebbero essere in parte mitigati dall'utilizzo di pratiche di questo tipo.

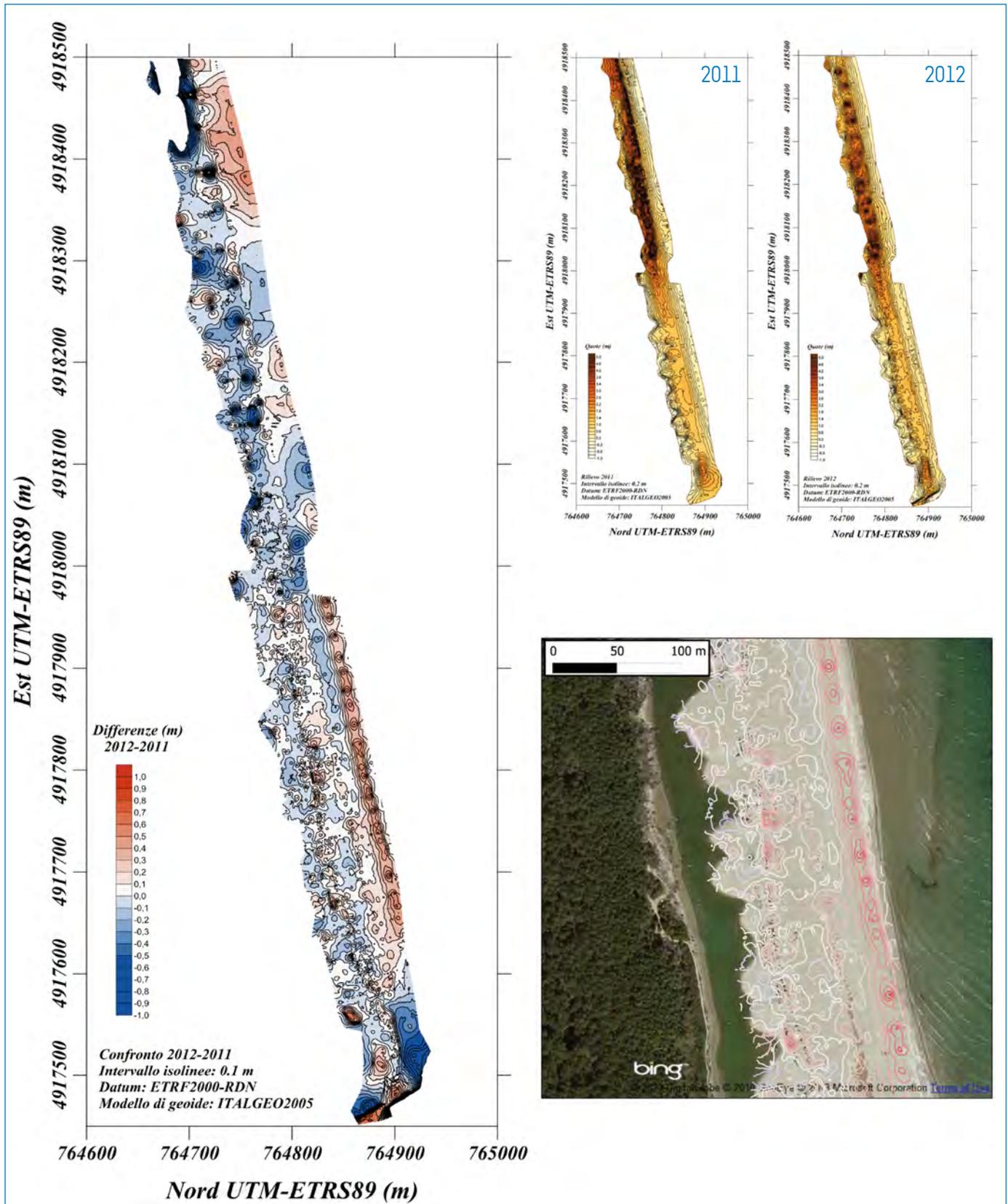


Figura 59 Confronto tra i due modelli digitali del terreno ottenuti dai rilievi 2012 e 2011. A destra in basso è mostrato un dettaglio di tali differenze sovrapposte a un'immagine satellitare ad alta risoluzione della piattaforma bing™, acquisita nel 2010, dalla quale si può osservare che in presenza di vegetazione le quote della sabbia del 2012 sono tendenzialmente più alte rispetto a quelle misurate nel 2011.



An aerial photograph showing a coastal landscape. In the foreground, there is a large body of water with a sandy delta or beach area. A river or stream flows from the left, branching into a larger body of water. The middle ground is dominated by a dense, dark green forest. Behind the forest, there are several large, rectangular agricultural fields in various shades of green and brown. The background shows more fields and a distant horizon under a clear sky.

gestione e prospettive

Gestione e prospettive

Capitolo 4.1

L'asta fluviale del T.Bevano: dalla sicurezza idraulica alla riqualificazione fluviale

Davide Sormani

Breve descrizione degli eventi alluvionali storici

Il 7-8 Ottobre 1996 si è verificata una perturbazione eccezionale nella Romagna Centrale con dei picchi di precipitazione con tempi di ritorno (T) di 500÷1000 anni (S.Pancrazio, Ravenna: 299 mm in un giorno, 54 mm in 1 ora).

Nel bacino del Torrente Bevano si sono verificate piogge con $T=100\div 200$ nelle zone di pianura a valle della via Emilia e con $T=25-50$ anni nelle zone pedecollinari. In conseguenza di ciò il corso d'acqua è esondato in diversi punti (Fig. 60): sopra alla botte a fronte della via Emilia; in località S.Pietro ai Prati in più punti interessando numerose abitazioni civili, a causa del contributo principale dello scolo Vedreto; a Caserma nel Comune di Forlì con interessamento dell'intera frazione e di una vastissima area agricola; nel Comune di Ravenna fra il Ponte della Vecchia e il Ponte Rosso in cui si è verificato anche un cedimento di argine (stimato in volume uscito di 1.728.000 m³/giorno).

Il Torrente Bevano è andato in crisi anche negli anni 1979, 1981, 1984 e nel 1997; nonostante piogge con $T=25-40$ anni è arrivato ai limiti di sicurezza nel Comune di Ravenna.

Interventi di difesa sul Torrente Bevano

Nel 2001 iniziano gli interventi di difesa, divisi in lotti, con espropriazioni, arginature, risezionamenti dell'alveo e difese in massi. Ne consegue anche una presa di coscienza delle altre criticità presenti, quali ponti stretti, strade in parallelo a ridosso dell'alveo, abitati prospicienti, immissioni di fossi di bonifica a quote inferiori (rigurgiti dal principale). Tali lotti, pur seguendo una progettazione generale, sono stati gestiti a compartimenti stagni fra le sedi di Forlì e Ravenna, con soluzioni diverse anche nel tratto (qualche chilometro) in cui il fondo alveo del torrente fa da confine fra le due Provincie.

Nel frattempo altri Enti finanziarono (o usufruirono di finanziamenti regionali) opere, quali paratoie (o porte vinciane) ed impianti idrovori alle confluenze (Consorzi di Bonifica), nuovi ponti di attraversamento (Provincia, Comuni, privati), muretti di protezione comunali o anche a carico di privati.

Un primo miglioramento della sicurezza idraulica (il riferimento utilizzato sono state le portate monosecolari ricalcolate rispetto a quelle del SIMN), a parte qualche impossibilità locale quasi invalicabile (ponti FS, botte sifone via Emilia) sembra, ad oggi, ormai raggiunto. Rimane un "rischio residuo" rife-



Figura 60 Alcune immagini delle esondazioni del Torrente Bevano durante la perturbazione dell'ottobre 1996.

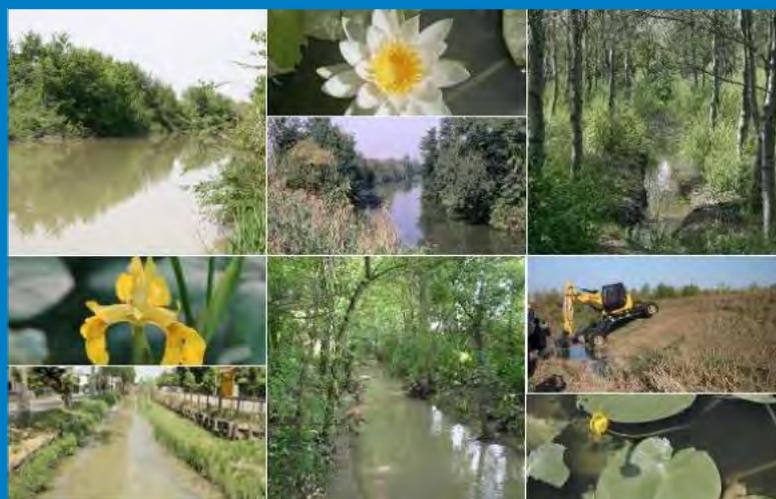
rito alle portate duecentennali (come da valutazioni dell'Autorità di Bacino in ottemperanza alle nuove direttive europee) legato soprattutto agli attraversamenti sopra menzionati.

Grazie all'evolversi negli anni dell'attenzione da parte degli enti preposti alla difesa del territorio rispetto alla tematica della riqualificazione fluviale (vedi

approfondimento), i progetti ed i lavori cominciano ad avere un risvolto più ampio, con attenzione non solo all'idraulica teorica ma anche alla riqualificazione di un corso d'acqua fino ad allora trattato come un mero "vettore" tipo consorziale, rettificato e "rasato".

Il progressivo cambiamento di vedute rispetto agli

La Riqualificazione fluviale individua quella pratica di gestione dei corsi d'acqua che si fonda sul principio di "ridare spazio al fiume" e, per quanto possibile con il contesto territoriale, assecondarne le dinamiche morfologiche, lasciandogli la possibilità di allargare ed erodere, senza minacciare, beninteso, vite umane o beni di interesse rilevante. Questo può avvenire attraverso "un insieme integrato e sinergico di azioni e tecniche, di tipo anche molto diverso (dal giuridico-amministrativo-finanziario, allo strutturale), volte a portare un corso d'acqua, con il territorio ad esso più strettamente connesso (sistema



fluviale) in uno stato più naturale possibile, capace di espletare le sue caratteristiche funzioni ecosistemiche (geomorfologiche, fisico-chimiche e biologiche) e dotato di maggior valore ambientale, cercando di soddisfare nel contempo anche gli obiettivi socio-economici" (CIRF, 2006).

Come si vede, è un approccio ben diverso da quello tradizionale che si attua attraverso la costruzione di opere (argini, difese spondali, briglie, casse di espansione), progressivamente più rigide, per costringere il fiume in un alveo ristretto.

Gli obiettivi della Riqualificazione fluviale e della difesa idraulica tradizionale differiscono nelle metodiche ma collimano perfettamente sulla riduzione del rischio idraulico e i relativi interventi possono essere affiancati in funzione delle caratteristiche e delle possibilità offerte dal contesto e dall'uso del territorio. La Riqualificazione fluviale però consente di soddisfare obiettivi plurimi, economici e sociali di primaria importanza, quali il miglioramento della qualità delle acque, della qualità ambientale della regione fluviale, della biodiversità e del paesaggio, favorendo l'utilizzo razionale delle risorse idriche per l'approvvigionamento idropotabile, gli usi irrigui, la produzione idroelettrica, e la fruizione dell'area di intervento. La difesa idraulica tradizionale si limita alla cosiddetta "messa in sicurezza" del territorio dalle esondazioni. Al contrario, la Riqualificazione fluviale mira ad agire sulle cause delle esondazioni, offrendo spazio alla laminazione o comunque trattenendo e rallentando le acque prima che raggiungano i centri abitati, a differenza della difesa idraulica che normalmente si limita ad allontanare le acque nel minor tempo possibile attraverso vie d'acqua ridotte a veri e propri canali, spesso con risultati non adeguati alle aspettative del territorio.

La Riqualificazione si basa su strumenti diversi e molteplici, quali interventi strutturali, gestionali e programmatori, nonché su strumenti giuridico amministrativi, praticando un approccio realmente integrato, in cui la partecipazione attiva delle parti sociali e istituzionali coinvolte gioca un ruolo fondamentale.

Cerca quindi soluzioni concertate che, nell'ottica della negoziazione, compiano lo sforzo di massimizzare i benefici ambientali e sociali cercando, nella misura del possibile, di soddisfare tutti gli obiettivi e gli interessi in campo.

L'approccio culturale multidisciplinare della Riqualificazione fluviale, per risultare concretamente efficace, deve essere recepito e applicato sia da parte dei gestori pubblici dei corsi d'acqua (Servizi tecnici regionali, Genio Civile, Consorzi di Bonifica, AiPo), sia dai progettisti privati e dalle imprese incaricati di realizzare opere, sia da parte dei soggetti preposti alla pianificazione territoriale (Autorità di Bacino, Regioni, Province, Comuni, Comunità Montane, Enti di gestione dei Parchi).

(Franca Ricciardelli)



Figura 61 Interventi di riqualificazione fluviale nell'ultimo lotto di lavori sul T. Bevano in località San Zaccaria.

interventi negli ambiti fluviali, segue, di pari passo, anche l'evolversi dell'organizzazione dell'ente di governo del territorio che da tre uffici del Genio Civile indipendenti nelle varie sedi (Ravenna, Forlì-Cesena, Rimini) diventano prima Servizi Provinciali di Difesa del Suolo (sempre tre) poi Servizi Tecnici di Bacino (due: Romagnoli e Rimini), fino ad un unico Servizio (STB Romagna) dislocato su quattro sedi (Ravenna, Forlì, Cesena, Rimini) ma con una visione unica del territorio ed un approccio a scala di Bacino.

I primi progetti di riqualificazione hanno interessato alcune ripiantumazioni, a tratti, poste ai piedi arginali esterni, e allargamenti dell'alveo con eliminazione degli argini dove non necessari ed una diversa filosofia nell'ultimo lotto dei lavori (Fig. 61) dove da una ipotesi di realizzazione di muri in cemento armato (in un tratto costretto da edifici) si è passati ad un nuovo alveo con la creazione di una ampia varice a monte, con rifacimento del ponte sulla provinciale e rinaturalizzazione dell'area. In fase di variante del progetto è stata inserito un nuovo ramo secondario all'interno della golena (all'interno ex-campo agricolo) e stanziati ulteriori fondi per ampie ripiantumazioni (sia all'interno che all'esterno degli argini maestri).

Nella zone di foce sono state inoltre demoliti capanni abusivi grazie alla risoluzione di un contenzioso trentennale da parte degli Enti di tutela nei confronti dei privati villeggianti.

Progetti ed idee sul T. Bevano

Dopo i lavori eseguiti, grazie all'introduzione di nuove tecniche ed agli indirizzi della normativa (che dalla innovativa L.183/89 è evoluta, a livello euro-

peo, con le Direttive 60/2000 e 60/2007) si sono sviluppati progetti ed idee, facenti parte di uno studio generale in essere, a livello di intera asta fluviale. Alcuni sono all'interno di progettazioni condivise con altri Enti, in stato più avanzato, altri ancora in forma preliminare. Si elencano nel seguito tali progetti partendo da valle e risalendo il corso d'acqua:

1. **Riqualificazione della foce**, con conclusione delle demolizioni di abusi antropici, collegamenti di meandri abbandonati, ricostruzione di dune costiere; tale ambiente, di eccezionale rarità per le coste adriatiche (area SIC-ZPS e Parco Delta del Po) risulta oggetto di specifici progetti LIFE ("Natura" e "Ambiente") che dovranno coniugarsi con la progettazione generale e inserirsi all'interno degli molteplici studi esistenti sulla costa romagnola (Brath 2003 e altri). Tale operazione, visti gli ampi spazi a disposizione e l'interesse plurimo, non comporterebbe particolari oneri per le amministrazioni locali.
2. **Unione degli alvei** (fig. 62) in un tratto di parallelismo del T. Bevano con scoli di bonifica (Acquarola, Bevanella), attraverso l'eliminazione degli argini intermedi e la predisposizione di aree di espansione subito a monte. Tale operazione se da un lato comporta la predisposizione di arginature di rigurgito sugli scoli di bonifica (con ulteriore parziale "artificializzazione"), dall'altro darebbe ulteriore spazio all'ambito fluviale con possibilità di allargamento, unificazione degli alvei e ripristini ambientali. Alcune perplessità a tale soluzione riguardano il rischio di intrusione del cuneo salino, che potrebbe andare a interferire con le acque della bonifica. Il costo di questa sistemazione (i cui costi principali sono inerenti agli espropri e alla realizzazione di argini) si può



Figura 62 Schema del progetto di unione degli alvei fra il T. Bevano e i canali di bonifica Bevanella e Acquarola.

aggirare sui 500.000,00 € con compartecipazione Regione-Consorzio di Bonifica.

3. **Valorizzazione e riqualificazione** di un tratto fluviale intermedio. Il Torrente Bevano è infatti uno dei rari casi rimasti a percorso meandri-forme fra i corsi d'acqua romagnoli di pianura, però con argini che seguono in perfetto parallelismo l'andamento dell'alveo. Il progetto prevede, con espropri, lo spostamento degli argini (da realizzare con sommità a quote inferiori), abbassamenti e ripiantumazioni nei piani golenali. L'obiettivo è quello di avere ulteriori volumi di laminazione proprio nella zona terminale del bacino imbrifero (maggiore efficienza d'invaso) per creare un'area più naturale, con macchie di vegetazione (vero e proprio "polmone" all'interno di una pianura fortemente antropizzata e sfruttata) e mantenimento della sinuosità dell'alveo di magra del corso d'acqua. Tale sistemazione risulta attuabile con cifre stimate intorno al milione di euro (gli espropri sono la voce principale).
4. **Rete ecologica** lungo il T. Bevano (anche secondo le indicazioni di studi dell'Autorità di Bacino, tipo quello di Manuzzi 2004) attraverso la creazione di piste ciclabili, allargamenti d'alveo, la ricostruzione di fasce tampone (di fondamentale importanza come filtro fra corso d'acqua e terreni intensamente coltivati), di piccole aree di espansione e rinaturalizzazione alle confluenze con i scoli di bonifica e aree di laminazione.

Oltre ad acquisire i terreni occorrerà anche sistemare le arginature per evitare problemi di rigurgito delle acque sugli scoli minori; l'intento è quello di collegare le frazioni e le aree boscate con una viabilità lenta e ricreare ambienti più naturali possibili. Tali operazione potrà essere ottenuta con fondi dei Comuni e con perequazioni di singoli frontisti privati.

5. **Unione delle confluenze** fra torrente principale e scoli di bonifica con espropri, allargamenti di sezione, anticipo della confluenza, asportazioni di terreno per laminazione delle acque e ripiantumazioni arbustive e arboree consone all'ambiente e per aumentare gli effetti di fitodepurazione; le somme necessarie per tali sistemazioni non superano i 300.000,00 € (espropri o servitù escluse).
6. **Aree di decantazione, fitodepurazione e laminazione** (Fig. 63) a monte della via Emilia per evitare gli effetti di deposito del materiale solido ed abbattere possibili inquinanti con benefici qualitativi a valle; una stima approssimativa di tali sistemazioni si aggira sui 500.000,00 € (espropri ed opere a setti in pietra).
7. **Aree di Progetto di gestione integrata** di tutta l'asta fluviale, in un'ottica di gestione completa dell'intera asta, con interventi diffusi (da linee guida Regione Emilia-Romagna, 2012) ed un programma manutentivo unitario sui territori forlivesi e ravennati, che coinvolga altri enti e privati



Figura 63 Esempio di sistemazione di un tratto ad area di laminazione.

8. Progetto LIFE sulla riqualificazione fluviale e sulla creazione di una rete ecologica da Bertinoro alla foce, in relazione all'obiettivo del punto 4, con collegamento fra le aree protette (SIC) presenti a monte e quelle (anche ZPS) presenti alla foce; un forte coinvolgimento fra i vari portatori di interesse sta portando a interessanti sviluppi non solo di carattere fattivo (proposta di un elenco di possibili interventi) ma anche di tipo culturale (condivisione di intenti e di metodologie).

Una stima generale delle aree coinvolte (specie per le voci 2, 3, 4, 5 sopra descritte) porta ad ottenere un ulteriore volume di invaso in linea (aree di naturale laminazione piuttosto che vere e proprie casse) per l'espansione delle piene pari a 1.200.000,00 m³ con un taglio approssimativo di un ulteriore 10% del picco di piena (tale da adeguare il torrente alle piene duecentennali di progetto).

Gestione e prospettive

Capitolo 4.2

Manutenzione dell'intervento di sistemazione della foce del t.Bevano nel periodo 2010-2013

Claudio Miccoli, Fabia Foschi, Ennio Malavolta

L'intervento di sistemazione della foce del torrente Bevano eseguito fra gennaio e febbraio 2006 ha richiesto negli ultimi anni, come già previsto in sede di progettazione anche in considerazione della tipologia dei manufatti realizzati (scelta di materiali a basso impatto ambientale), manutenzioni periodiche.

Interventi di manutenzione sono state eseguiti mediamente ogni 1-2 anni (Tab. 1) ed hanno richiesto impegni finanziari da un minimo di 12.000,00 € (annualità 2013) ad un massimo di 34.000,00 € (annualità 2010). Gli interventi si sono resi necessari soprattutto in seguito ai più significativi fenomeni meteo marini, in concomitanza dei quali si è assistito ad un sormonto della palificata, posta in sinistra

idraulica, e conseguente erosione del terrapieno retrostante a causa dalle acque di ritorno.

In particolare il recente evento meteo marino di eccezionale rilevanza, verificatosi il 31 ottobre-1 novembre 2012, per la contemporaneità del massimo di marea astronomica, acqua alta per ingorgo da vento e altezza d'onda fino a 2,5 m al largo e 2 m sotto costa, è stato la causa dei gravi danni registrati in modo diffuso lungo tutta la costa emiliano-romagnola.

In seguito a questa mareggiata si è reso necessario un intervento di manutenzione urgente alla foce del Torrente Bevano, poiché sono stati rilevati fenomeni erosivi nel terrapieno retrostante la palificata, che hanno messo in luce i tiranti del manufatto, talvolta



Figura 64 Fenomeni erosivi a tergo della palizzata a seguito di eventi estremi di mareggiata.

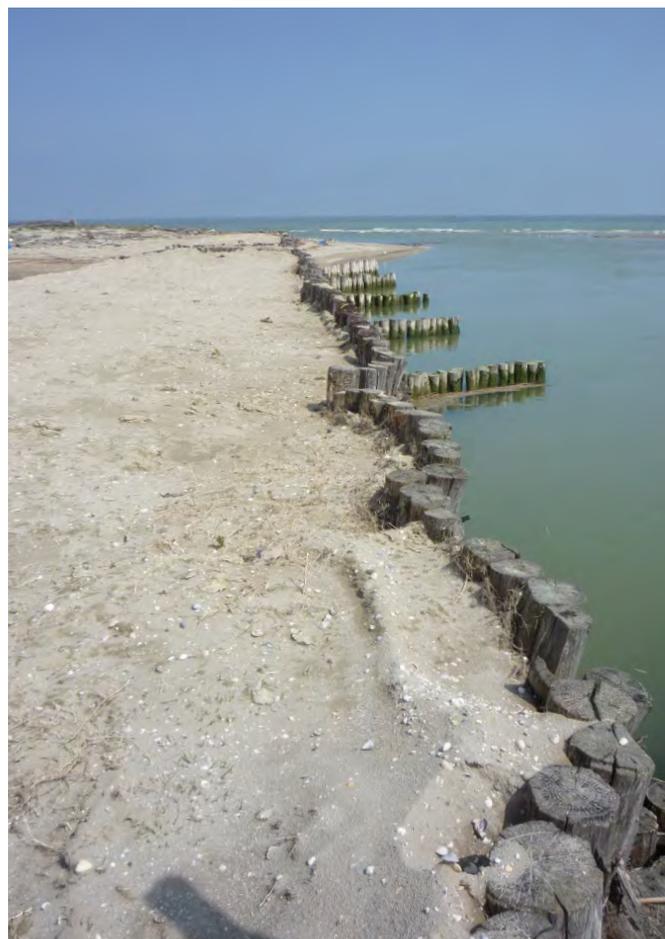


Figura 65 Sistemazione dell'area retrostante i pennelli in sinistra idraulica (manutenzione aprile 2013).

INTERVENTO	IMPORTO (€)	DESCRIZIONE SINTETICA DEI LAVORI	PERIODO
Intervento di manutenzione straordinaria anche con ripascimento della costa ravennate (RA)	34.000,00	Ripristino della palificata manomessa da mareggiate con la sostituzione ed inserimento di n. 200 pali da m 6,00, posa di 700 m ² di tessuto non tessuto in filo continuo e la posa in opera, a tergo della stessa, di n. 88 sacchi in tessuto sintetico riempiti di materiale sabbioso.	10/05/2010 31/05/2010
Intervento indifferibile ed urgente per la messa in sicurezza di alcuni tratti del litorale ravennate in comune di Ravenna (RA) a seguito della mareggiata del 31/10/2012 - 01/11/2012.	12.000,00	Ripristino della palificata manomessa da mareggiate con la sostituzione di n. 20 pali da m 6,00, posa di 200 m ² di tessuto non tessuto in filo continuo e la posa in opera, a tergo della stessa, di n. 10 sacchi in tessuto sintetico riempiti di materiale sabbioso.	06/03/2013 15/03/2013

Tabella 1 Elenco dei recenti interventi di manutenzione presso la foce del Torrente Bevano.

completamente divelti, per un tratto complessivo di circa 50 m. (Fig. 64).

Il sopra citato intervento di manutenzione, realizzato nel periodo febbraio-marzo 2013, ha ricompreso la rimozione dei teli di geotessuto divelti dalla mareggiata, talora dispersi nelle aree limitrofe, che

quindi non svolgevano più la loro funzione di filtro, la profilatura del terrapieno a tergo della palificata esistente per consentire una regolare regimazione delle acque di superficie e il rinforzo della palificata stessa nei punti critici sempre con l'impiego di pali in legno, similari a quelli in essere (Fig. 65).

Gestione e prospettive

Capitolo 4.3

L'incendio della Pineta "Ramazzotti" e gli interventi di ripristino

Giovanni Nobili

La Riserva Naturale dello Stato "Pineta di Ravenna" (sezione "Ramazzotti" in località Lido di Dante, Ravenna) e, in maniera limitata, l'adiacente Riserva Naturale "Duna costiera ravennate e foce del torrente Bevano", sono state interessate in data 19 luglio 2012 da un incendio boschivo particolarmente distruttivo a causa del forte vento che ha provocato il rapido propagarsi delle fiamme, anche a livello di chioma, interessando circa 65 ettari di superficie boscata, 58,5 dei quali inclusi nelle citate aree protette (Figg. 66, 67, 68).

nacciato, senza però provocare danni a persone e/o cose, due campeggi posti tra l'abitato e la pineta.

Il protrarsi di un lungo periodo di siccità ha contribuito ad amplificare gli effetti del fuoco.

Oltre a tratti di vegetazione dunosa e retrodunosa (olivello spinoso, ginepro comune, fillirea) ed alla siepe antieolica di protezione verso mare, costituita da olivello di Boemia e tamerice, è stata completamente distrutta dall'incendio la pineta litoranea, composta principalmente da pino marittimo con esemplari sparsi di pino domestico e leccio. Non è



Figura 66 A livello territoriale l'incendio ha del tutto interrotto la continuità ecologica con porzioni adiacenti di diversi habitat (foto da elicottero C.F.S.).

L'area bruciata è ubicata immediatamente a ridosso del cordone di dune litoranee, con una lunghezza sul fronte verso mare superiore al chilometro ed una profondità verso l'entroterra di circa 4-500 m, ovvero tutta la profondità della pineta in quel punto. L'area colpita è situata circa un chilometro a sud dell'abitato di Lido di Dante. L'evento ha altresì mi-

stata risparmiata la vegetazione delle bassure interdunosi più interne, con esemplari di farnia, orniello, frassino meridionale.

Completamente distrutto il ricco sottobosco, costituito dalle specie tipiche dei litorali romagnoli (oltre alle specie già citate, piracanta, prugnolo, ligustro, canna di Ravenna, ecc.).



Figura 67 Tracciato GPS del perimetro dell'area incendiata (evidenziata anche la parte bruciata esternamente alla Riserva Naturale).

Gli interventi di ripristino della vegetazione sono stati avviati immediatamente dal Corpo Forestale dello Stato, tramite l'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina (Ravenna), organismo di gestione dell'area, con la collaborazione del Parco del Delta del Po, della Provincia e del Comune di Ravenna per mantenere la continuità ecologica e paesaggistica del territorio. Il ripristino permetterà di evitare che il suolo sabbioso nudo, a ridosso del mare e sottoposto all'azione dei venti, possa essere danneggiato in modo tale da non permettere il recupero naturale, se non in tempi estremamente lunghi, e garantirà la pubblica incolumità ai fruitori del sito. L'estensione dell'area colpita e le condizioni ambientali della stessa consigliano di favorire in primo luogo la ripresa naturale della vegetazione, rimandando a fasi successive il reimpianto di nuove pianticelle.

Per incrementare la naturalità e la biodiversità, nonché per il recupero dei valori ambientali e paesaggistici, nella programmazione degli interventi di

recupero bisognerà adottare criteri essenzialmente naturalistici in considerazione del rapido mutare delle condizioni locali a causa delle variazioni climatiche, del progredire della subsidenza e dell'erosione marina, allo scopo di favorire l'affermarsi di un tipo di vegetazione più equilibrato, in senso soprattutto ecologico, rispetto la situazione precedente.

Area di intervento: ruolo ecologico, condizioni stazionali, obiettivi generali di gestione

Secondo G. Pignatti (2008), le pinete del litorale ravennate rivestono un importante ruolo ecologico come corridoio boscato costiero di collegamento tra la parte meridionale del delta del Po e l'estremità più mediterranea della Romagna, toccando una serie di foci di corsi d'acqua appenninici (Reno, Fiumi Uniti, Bevano). Questo corridoio, una volta quasi continuo, si presenta oggi interrotto da insediamenti antropici e spesso ridotto ad una sottile striscia di poche decine di metri a ridosso della costa.

La ricchezza ecologica dell'area è legata in primo luogo a fattori ambientali, ed in particolare alla vicinanza al mare ed alla complessa dinamica dei sistemi dunosi antichi e recenti che si riflettono in un'accentuata variabilità microstazionale. Dal punto di vista fitogeografico l'area si caratterizza come "ponte" fra contingenti floristici settentrionali (ad es. *Hippophae rhamnoides*) e mediterranei (come *Rosa sempervirens*, *Lonicera etrusca*, *Phillyrea angustifolia* ecc.). Contemporaneamente, tutta l'area è soggetta ad una costante subsidenza, che ha determinato negli ultimi decenni un progressivo estendersi delle condizioni stazionali in senso mesofilo ed igrofilo.

Le stesse pinete hanno avuto la funzione di fissare le dune vive e le paleo dune più interne, frenando la mobilità delle sabbie, bloccando le perdite di materiale verso terra e contribuendo a mantenere un sistema chiuso nell'ambito del litorale. Ciò ha favorito la scomparsa delle formazioni arbustive intermedie, che sopravvivono ormai solo in poche radure formatesi a seguito della morte dei pini. In condizioni naturali, questa composita gamma di bassi suffrutici e di cespugli "costruttori", misti di latifoglie e sempreverdi, costituisce invece la migliore difesa naturale della pineta dal vento del mare, carico di sabbia, salsedine.

Il tipo forestale che maggiormente caratterizza la sezione Ramazzotti è quello xerofilo (Pineta delle sommità dunose). Si tratta del tipo di pineta più aperto, che occupa dune più recenti, sia pure conso-



Figura 68 Foto dell'incendio boschivo del 19 luglio 2012 prese dalla spiaggia (fonte: ravennanotizie.it).

lidate ma spesso più vicine al litorale, o dune antiche non livellate, anche nelle zone interne. Oltre al pino marittimo (*Pinus pinaster*) e domestico (*Pinus pinea*), sono presenti talvolta leccio (*Quercus ilex*) ed orniello (*Fraxinus ornus*) in maniera meno costante. Nello strato arbustivo è abbondante la fillirea, in misura minore anche rovo, ginepro comune e leccio, l'erba è quasi sempre povera di specie.

Ampiamente rappresentata è anche la pineta mesofila (Pineta delle zone pianeggianti e interne), con soprassuolo denso di pino, su suoli sabbiosi derivati dal livellamento di antiche dune (emergenti oggi solo poche decine di centimetri), che spesso si presentano costipati (azioni di rimboschimento, turismo). Nello strato arboreo il pino marittimo (talvolta il domestico) è presente con copertura più o meno elevata, mentre il leccio, pur presente, non è quasi mai abbondante.

Nelle fasi e condizioni più evolute, nello strato arboreo compaiono anche farnia (*Quercus robur*), frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa*). Queste specie, in alcuni punti, possono sostituire i pini, formando un soprassuolo dominato dalle latifoglie; si tratta comunque di popolamenti originatisi attraverso sottopiantagioni delle pinete e assecondati dalle cure colturali; la rinnovazione di queste specie è localmente buona. Nello strato arbustivo prevalgono rovo, asparago, agazzino, ligustro. Nell'erba sono presenti in abbondanza brachipodio e rubia. A Lido di Dante questo tipo di pineta è comunque più raro e la vegetazione è più xerofila.

I fattori ecologici più importanti ai quali è possibile ricondurre la distribuzione delle specie vegetali nel sito, sono legati alla densità del soprassuolo arboreo, in grado di condizionare la luce e le condizioni di temperatura del sottobosco ed il profilo del terreno, che riflette l'andamento degli antichi cordoni dunosi.

Sotto il bosco più denso, sia esso costituito da pini

o da latifoglie, la copertura arbustiva si riduce (più come sviluppo vegetativo, che come numero di specie) e vengono a mancare le specie più eliofile. Fra queste merita di essere citato il ginepro che spesso si può rinvenire in condizioni deperenti sotto la chioma delle piante arboree, residuo di una vegetazione precedente più giovane ed aperta, nella quale la luce entrava con abbondanza. Un analogo discorso si può fare per specie come le rose, oggi piuttosto rare. Al contrario, nelle zone aperte, ad esempio quelle create da incendi o nelle parti umide, la vegetazione erbacea ed arbustiva si sviluppa con maggiore vigore. Il secondo fattore importante, considerando anche il substrato fortemente sabbioso, è il profilo del terreno. Poche decine di centimetri bastano spesso a determinare la presenza di vegetazione più igrofila (es. *Holoschoenus*, *Erianthus* ecc.).

Va sottolineato che tutta l'area costiera è interessata da un processo di subsidenza che tenderà ad accentuare nei prossimi decenni il carattere "mesofilo" delle pinete. Oggi i tratti più xerofili si trovano in prossimità della costa dove si conserva parzialmente il profilo delle antiche dune, ormai completamente stabilizzate dalla vegetazione forestale e da interventi di fissazione lungo l'arenile. Raramente questi tratti si rinvengono all'interno, in prossimità di antiche dune più o meno elevate. Alla luce di quanto esaminato sopra, gli obiettivi generali di gestione prioritariamente perseguiti sono i seguenti:

- **a) Ricchezza di specie attraverso varietà di biotopi.** La ricchezza di specie dipende dalla presenza di biotopi nei quali compaiono le diverse specie. Poiché mancano conoscenze sulle priorità da seguire per proteggere e mantenere le specie, è necessario che la gestione selvicolturale punti a mantenere-ricreare una rete di biotopi forestali. In questo è bene sfruttare tutta la gamma di "strumenti" selvicolturali a disposizione (piuttosto che preferire ad esempio, un solo tipo

di trattamento o di diradamento). Per certi versi, dal punto di vista della biodiversità, il risultato finale potrebbe portare a popolamenti in cui nello spazio si alternano situazioni pluri e mono-stratificate; dense, mediamente dense, rade; a rinnovazione continua o puntiforme, ecc.

- **b) Mescolanza specifica arborea**, dove un aspetto importante come la mescolanza influisce su una serie di fattori (differenza di illuminazione, densità, presenza di superfici in rinnovazione, qualità delle zone di alimentazione ecc.) che condizionano la sopravvivenza in periodi di necessità. Per la mescolanza non è tanto la presenza di specie diverse a fare la differenza, quanto come questa mescolanza si manifesta: si ritiene che quella su piccole superfici sia migliore per la varietà di specie, ma l'effetto cambia da specie a specie.

Si può osservare che la gestione tradizionale del passato delle pinete costiere di Ravenna si è già orientata, come attestano anche i piani di gestione precedenti, ad avviare, ad esempio, la mescolanza specifica arborea, ottenuta con l'introduzione delle latifoglie sotto il pino o con il tentativo di innescare processi di rinnovazione con la creazione di buche di varia dimensione in alcuni tratti di bosco. Tuttavia

rimane evidente che oggi, alla luce delle accresciute esigenze dal punto di vista della salvaguardia della biodiversità, risultano ancora migliorabili alcuni aspetti importanti, anche nell'ottica di conservare l'intero ecosistema della pineta, che in futuro dovrà affrontare nuove sfide dovute a mutamenti ambientali (erosione, subsidenza ecc.) o di natura biotica (ad es. la possibilità di proliferazione del parassita *Matsucoccus feytaudi*) di fronte alle quali un sistema omogeneo con i caratteri tipici del rimboschimento mostra tutta la sua fragilità.

Indirizzi di gestione

Il contesto socio-economico

Il Piano di prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi delle Riserve Naturali Statali delle Province di Ravenna e Ferrara 2012-2016, redatto dall'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina, organismo di gestione dell'area, conferma la Sezione Ramazzotti della Riserva Naturale Pineta di Ravenna come area ad alto rischio per gli incendi boschivi.

Tuttavia, la superficie media percorsa da incendio nelle Riserve Naturali amministrata dall'UTB di



Figura 69 Ripresa naturale della vegetazione nella pineta "Ramazzotti", successiva ad eventi di incendio dopo circa 5 e 10 anni dai rispettivi eventi (Foto Giovanni Nobili).

Punta Marina è pari a circa 518 m², con una media di circa 5 eventi/anno, quasi tutti di origine dolosa (Fig. 69). Non mancano casi di incendi di una certa estensione, circa 21 ettari nel 1991 nella stessa sez. Ramazzotti, oppure, nella vicina a Lido di Classe, nel 2000, ulteriori 20 ettari circa, in buona parte però in area privata confinante con la Riserva.

L'incendio del 19 luglio u.s., con 58,5 ettari in area protetta ed ulteriori 7 in area privata, è quindi da ritenersi eccezionale. Ciò ha suscitato un forte interesse pubblico e numerose proposte sul da farsi "dopo l'incendio".

Anche nei passati piani di assestamento, riferiti al decennio 1970-1979, furono discussi i criteri per la soluzione di alcuni aspetti critici della gestione delle pinete. In particolare, nel piano di assestamento appena citato si evidenziava l'opportunità di arrivare ad una struttura disetanea operando con metodo colturale, sopprimendo piante deperenti e favorendo la rinnovazione a gruppi anche con nuove specie. Sotto il profilo ecologico, altri sottolineavano invece la necessità di conservare la pineta di marittimo che, anche se più o meno artificialmente impiantata in epoche lontane, rappresentava ormai un paesaggio

con ampie giustificazioni monumentali ed estetiche; inoltre andava assicurata la massima difesa delle associazioni arbustive con potenzialità naturalistiche in senso evolutivo.

Le pinete litoranee sono ecosistemi recenti di origine artificiale. Questo impianto recente ha fatto inizialmente sottovalutare il patrimonio di biodiversità della pineta demaniale, che in effetti risulta minore di quella storica, ormai millenaria, e solo ricerche recentissime ne hanno quantificato il valore in termini di ricchezza floristica. La presenza accertata di 568 specie vegetali su circa 1790 ettari delle Riserve Naturali dello Stato in Provincia di Ravenna non solo è un indice quantificato della loro biodiversità, ma regge molto bene il confronto con quello, prevedibilmente più alto, con 844 specie su poco più di 2000 ettari delle pinete "storiche".

L'inserimento nella Rete Natura 2000 delle pinete demaniali prende dunque atto della raggiunta maturità e della ricchezza biologica da queste ospitata ma, allo stesso tempo, evidenzia l'importanza di habitat di transizione un tempo diffusi ed ormai quasi scomparsi (habitat cod. 2160 "dune con presenza di olivello spinoso" e 2250 "perticaia costiera di gine-

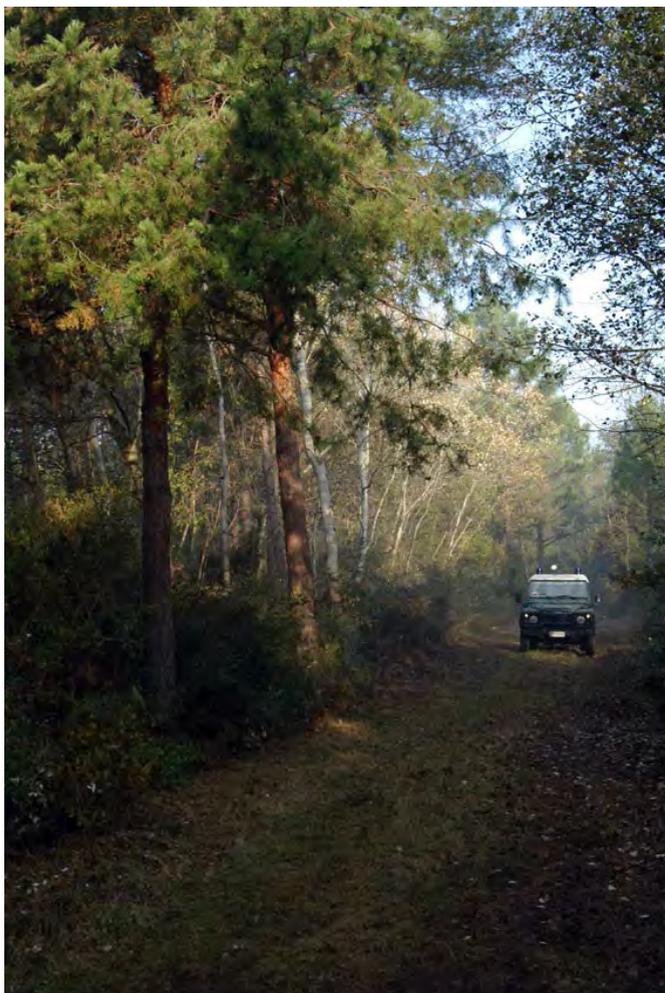


Figura 70 La pineta Ramazzotti prima e dopo l'incendio del 19 luglio 2012 (foto a destra, fonte: livingravenna.blogspot.it)

pri”) che l’impianto delle pinete costiere ha contribuito a rendere rari in Regione.

Per un cittadino di Ravenna, in particolar modo se si tratta di un operatore del settore del turismo, la presenza della pineta coincide con i concetti di ambiente, natura e tradizione. Ipotizzare una sostituzione – anche se solo limitata e parziale – del pino con tipi di vegetazione più naturale, solo difficilmente può essere accettato in quanto qualificante dal punto di vista ambientale e naturalistico.

L’Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina, che sta procedendo con la stesura dei Piani di gestione di tutte le Riserve Naturali amministrative, ha quindi già avviato i contatti con tutti gli Enti locali affinché le discussioni pubbliche risultino indirizzate verso obiettivi realistici e in una giusta prospettiva multidisciplinare.

E’ altresì ineludibile dover tener conto – nel caso si ipotizzi la ricostituzione di una pineta “pura”, con un intervento di rimboschimento “tradizionale” – di una prospettiva temporale che previsionalmente supera i 40-50 anni, che quantomeno dovrebbe far riflettere sulle probabili modificazioni del territorio costiero a seguito del progredire della subsidenza, dei cambiamenti climatici in atto, dell’erosione.

Nel breve periodo, inoltre, una valutazione degli interventi da porre in atto per l’avvio della fase di ricostituzione della pineta non può prescindere dalle finalità turistiche dell’area e dalle problematiche collegate alla sua frequentazione.



Figura 71 Il pino marittimo mostra una rapida ripresa dopo il passaggio delle fiamme (settembre 2012, foto Giovanni Nobili).

Linee guida generali di intervento

Gli interventi da porre in atto dovranno necessariamente considerare tre aspetti essenziali:

- da un lato, l’origine artificiale antropica dei soprassuoli forestali percorsi dalle fiamme, la cui

struttura è stata decisamente influenzata dal fenomeno degli incendi boschivi a cui il pino marittimo è evolutivamente adattato sviluppando meccanismi tipicamente xerofili e pirofili;

- l’opportunità di cogliere l’occasione (si potrebbe dire sia dal punto di vista “colturale” che “culturale”) affinché l’evento, in tutta la sua tragica potenza distruttiva, possa contribuire ad accrescere la quantità e la qualità della biodiversità complessiva presente nell’area attraverso la rinnovazione della pineta e la ricostituzione di habitat antecedenti il suo primitivo impianto;
- l’esigenza di assicurare, sin dal breve periodo, la ripresa del tradizionale uso turistico-ricreativo dell’area, possibilmente improntandolo sempre più a criteri di sostenibilità.

Intervento prioritario e propedeutico a tutto ciò è la completa rimozione della massa legnosa presente in piedi. Alcune porzioni di limitata superficie saranno comunque lasciate alla libera evoluzione (ipotizzabili 4-5 aree della superficie complessiva di circa 2-3 ha, individuate in differenti condizioni ambientali). Per la ricostituzione della copertura boschiva, si intende in primo luogo assecondare la naturale capacità di resilienza dell’ecosistema, favorendo i naturali meccanismi di riparazione e autopoietici della bio-geocenosi distrutta per lo sviluppo della vegetazione naturale dell’area.

La rinnovazione naturale di pino marittimo si presenterà verosimilmente sovrabbondante in alcuni ambiti quale conseguenza del passaggio delle fiamme, più scarsa altrove.

In una prima fase si ritiene dunque indispensabile sfruttare l’attitudine del pino marittimo alla rapida colonizzazione delle sabbie a scopo protettivo e preparatorio, viste le condizioni ambientali fortemente critiche per qualsivoglia altro tipo di vegetazione ed in considerazione dell’esperienza acquisita in precedenti eventi di incendio nell’area.

Come accennato, forte è l’aspettativa dell’opinione pubblica di Ravenna per la ricostituzione della “pineta” pre-esistente (Fig. 70).

Si ritiene tuttavia maggiormente qualificante, dal punto di vista naturalistico, indirizzare la ricostituzione verso un popolamento di pino marittimo meno compatto, a gruppi, in modo da non costituire una pineta d’alto fusto ma, almeno nella porzione sul lato mare, composto da individui anche in parte prostrati, inseriti entro macchie di arbusti quali ginepro, fillirea, olivello spinoso, con specie accompagnatorie ora scarsamente rappresentate quali lonnicera e rosa.



Figura 72 L'area colpita dall'incendio viene liberata dalle piante non recuperabili (fonte: livingravenna.blogspot.it)

Nelle bassure retrodunose si intende inoltre favorire la ripresa di specie quali giunco e canna di Ravenna. Più in particolare, l'impiego di conifere per il rimboschimento interesserà solo ambiti limitati e circoscritti, ove non si riscontri alcun tipo di ripresa, utilizzando tali specie essenzialmente con finalità paesaggistiche e preparatorie, eventualmente per "raccordare" ecologicamente l'area bruciata con le porzioni di pineta rimaste intatte. Il pino domestico potrà essere impiegato con funzioni anche estetiche nelle porzioni di pineta più interne, con individui isolati e/o in piccoli gruppi, oppure ai lati della viabilità longitudinale principale.

Nelle zone più lontane dal mare, l'impianto di specie di latifoglie autoctone dovrà comunque seguire la morfologia del suolo, con leccio ed orniello sulle sommità dunose, nelle aree più rilevate, mentre specie quali farnia e frassino meridionale verranno invece poste a dimora - inizialmente in percentuale limitata - solo nelle bassure interdunose più interne. Tutte le considerazioni appena effettuate sono da considerarsi particolarmente favorevoli per il miglioramento della funzionalità del sito anche quale

habitat faunistico, prevedendo la creazione di una struttura boscata diversificata sia in senso verticale che orizzontale, con alternanza di zone variamente aperte e margini dalla funzione ecotonale.

Interventi previsti

Una volta liberata l'area dal materiale legnoso bruciato e dalle piante irrimediabilmente danneggiate a cura di una ditta specializzata opportunamente incaricata, gli interventi di ripristino verranno quindi tutti effettuati in amministrazione diretta dal Corpo Forestale dello Stato.

Rimossa la vegetazione, la vicinanza al mare e l'ampia superficie potrà accentuare i fenomeni di erosione eolica precedentemente all'affermarsi della copertura, vista anche la necessità di dover intervenire con mezzi meccanici, almeno per la rimozione delle piante bruciate.

Un'incognita di non poco conto, per la ripresa ecosistemica, sarà quella rappresentata dalla scarsità di piogge degli ultimi anni.

Per la ricostituzione della copertura boschiva, gli interventi selvicolturali che si prevede di applicare sono improntati all'adozione di tecniche di rinnovazione di origine mista (ossia tanto naturale quanto artificiale) indirizzate a favorire sia le specie arboree sia quelle arbustive.

La rinnovazione per via naturale del soprassuolo avverrà sia per via gamica sia per via agamica. La componente sessuata verrà assicurata dalla disseminazione naturale proveniente dall'apertura dei coni di pino marittimo presenti nell'area bruciata. Sarà necessario provvedere al monitoraggio della germinazione del seme al fine di poter valutare quelle aree ove la sua consistenza non risulti tale da permettere un'efficace rinnovazione della compagine boschiva lasciando cioè ampi spazi a chiare.

La componente asessuata della rinnovazione naturale del soprassuolo, invece, deriverà dalla ceduzione dei fusti delle latifoglie. La modalità di taglio prevista è l'abbattimento al colletto del fusto o, preferibilmente, il ricorso alla tecnica della tramarratura.

La rinnovazione per via artificiale del soprassuolo, possibile solo per via gamica, sarà fatta prevedendo la messa a dimora di specie autoctone, spontanee o naturalizzate prioritariamente in quelle aree che la rinnovazione naturale non riesce a colonizzare efficacemente. In particolare saranno messe a dimora:

- piantine di leccio prevalentemente sul lato mare (est) dell'area percorsa dalle fiamme e comunque nelle zone a giacitura più rilevata;

- piantine di farnia e orniello prevalentemente sul lato interno (ovest) dell'area incendiata;
- piantine di pino domestico, lungo i bordi del viale longitudinale centrale dove andrà così formandosi un preciso elemento formale;
- piantine delle altre specie, in particolare lungo i bordi degli altri stradelli, a costituire schermi estetici per minimizzare l'impatto visivo da parte di chi si troverà a percorrere i tracciati e per creare situazioni ecotonali;
- piantine di arbusti provenienti da seme locale di fillirea, ginepro e olivello spinoso, in particolare sul lato verso mare per costituire arbusteti pionieri.

Si ribadisce che la messa a dimora delle piantine di specie arboree sarà fortemente condizionata dall'esistenza di condizioni microstazionali idonee e dalla possibilità di disporre di individui in fitocella e provvisti di apparato radicale adeguatamente lungo.

Laddove necessario, i selvaggioni e il postime verranno assistiti con irrigazioni di soccorso da eseguirsi specialmente in occasione di periodi di forte e prolungata siccità.

Per difendere l'area dall'aerosol marino verranno utilmente ceduate, allo scopo di favorire la ripresa vegetativa degli esemplari già presenti di olivello di Boemia e tamerici, che costituiscono la fascia longitudinale di protezione antieolica.

Fondamentale, per la ripresa della vegetazione ed il controllo delle infestanti, nei cinque anni successivi al reimpianto le necessarie cure colturali che prevedono risarcimenti delle fallanze e pulizie dalle erbe infestanti e dai rovi, anche a scopo di prevenzione antincendio.

Come materiale di propagazione verrà impiegato materiale forestale certificato proveniente dai vivai del Centro Nazionale per lo studio della Biodiversità Forestale di Peri (VR) e/o di Pieve Santo Stefano (AR), prodotto da seme di provenienza locale.

Considerato che verrà in ogni caso favorita la rinnovazione naturale, l'eventuale impianto seguirà la

morfologia del suolo, avendo cura di evitare la creazione di "filari" non adatti al recupero paesaggistico e naturalistico dell'area.

Il sesto d'impianto previsto, al fine di utilizzare i mezzi meccanici leggeri necessari per effettuare le cure colturali, sarà di almeno 3-4 m.

Interventi accompagnatori

Nel rispetto degli obiettivi generali di gestione della Riserva, si prevede di realizzare, nella fase esecutiva degli interventi di recupero, una serie di interventi che contribuiscano al miglioramento generale dell'area dal punto di vista sia ecosistemico che della fruizione (aspetto, come accennato, particolarmente prioritario e delicato per la gestione del sito).

Dal punto di vista ecosistemico, pur trattandosi di una facies di pineta essenzialmente xerofila, andrebbe valutata l'opportunità di rimodellare il sistema dei canali di drenaggio andando a creare habitat differenziati, utili serbatoi di biodiversità che, allo stesso tempo, potrebbero rivelarsi particolarmente utili ed importanti per diminuire la suscettibilità all'incendio.

Ugualmente, la creazione di pozze e zone umide interdunose potrebbe rappresentare un utile diversificazione ambientale da realizzarsi, ad esempio, in aree dove si verificasse l'assenza dell'attesa ripresa spontanea della vegetazione. In questi specifici casi dette depressioni artificialmente create potrebbero essere naturalizzate con trapianti di specie adatte (giunchi, canna di Ravenna) reperite nella limitrofa sezione Savio della Riserva Naturale Pineta di Ravenna.

Dal punto di vista della fruizione, nel breve periodo, verranno attivate misure per diminuire l'eccessiva frequentazione antropica.

Sono state previste, inoltre, iniziative volte alla "musealizzazione" dell'area incendiata (tabelle esplicative/didattiche sull'evento, sull'ecologia degli incendi boschivi, sugli interventi di recupero) ed attivate visite guidate rivolte ai cittadini.

Gestione e prospettive

Capitolo 4.4

Nuove indicazioni per la fruizione turistica del litorale naturale protetto tra Lido di Dante e Lido di Classe

Giovanni Nobili

Il litorale naturale protetto tra Lido di Dante e Lido di Classe dispone delle potenzialità attrattive per un turismo di qualità, che si mostri come alternativo al turismo balneare, competitivo con quest'ultimo in termini di destagionalizzazione e di permanenza del turista sul territorio. Sono purtroppo note, invece, le problematiche che affliggono questa stessa area in termini di degrado, conseguenza della frequentazione diffusa ed incontrollata del passato.

L'attività di controllo e di salvaguardia svolte dal Corpo Forestale dello Stato, organismo di gestione della Riserva tramite l'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina, nonché l'adozione di un "Regolamento delle modalità di fruizione", a partire dal giugno 2010, hanno consentito di raggiungere favorevoli risultati anche dal punto di vista della sicurezza pubblica.

Risultano nettamente diminuite, rispetto agli scorsi anni, le sanzioni penali per consumazione di atti osceni. In particolare appare essere diminuito, almeno negli orari di maggior presenza di pubblico, l'utilizzo della pineta quale luogo di incontri sessuali. La soluzione della problematica relativa all'inseadimento abusivo presso la foce del Bevano – ora completamente demolito (Fig. 73) – permette, da questo punto di vista, prospettive finora inattuabili. Per raggiungere gli obiettivi di protezione ambientale previsti, l'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina, ad iniziare dall'estate del 2012, per la fruizione della spiaggia tra Lido di Dante e Lido di Classe ha applicato il vigente Piano Territoriale della Stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia" (D.d.G. RER n. 489 del 23.04.12, Fig. 74).

Verificata la reale efficacia degli strumenti di regolamentazione delle modalità di fruizione per contrastare i fenomeni degenerativi, si è infatti ritenuto opportuno affrontare la problematica soprattutto con metodologie di livello essenzialmente gestionale.

Nonostante il netto miglioramento rispetto alcuni anni addietro, la situazione è però da ritenersi ancora problematica.

Successivamente al disastroso incendio del luglio 2012, il Consiglio Comunale di Ravenna ha emanato un Atto di indirizzo per la rinaturalizzazione della Pineta Ramazzotti e del prospiciente sistema ambientale costiero richiedendo espressamente all'organismo di gestione della Riserva di operare affinché "Il livello di protezione e tutela della pineta e della spiaggia corrispondente sarà deciso[...]sulla base delle esigenze della rigenerazione; sarà di molto superiore a quello attuale sia per la pineta che per la spiaggia[...]ammettendo all'interno dell'area solo visite guidate o altre forme di fruizione controllata,



Figura 73 Demolizione dei capanni presso la foce del Bevano, inverno 2011 - 2012 (Foto Giovanni Nobili).



Figura 74 Spiaggia di Lido di Classe nel periodo della nidificazione (giugno 2012): il divieto di accesso viene sostanzialmente rispettato (Foto Giovanni Nobili).

sempre finalizzata all'educazione, al rispetto e alla crescita della cultura dell'ambiente".

Ultimati gli interventi di rimozione delle piante bruciate nell'area percorsa da incendio, si rende infatti necessario garantire la ripresa vegetativa dell'area incendiata evitando il libero transito dei visitatori sul terreno attualmente privo di qualsivoglia copertura vegetale affermata e, contestualmente, proseguire con la salvaguardia della popolazione nidificante di fraterno e dei processi ecologici legati agli habitat di spiaggia e di duna, stante il rapido procedere dell'erosione marina che riduce la spiaggia disponibile e concorre allo smantellamento del sistema adunale.

L'applicazione di regolamentazioni all'accesso alla spiaggia è del resto irrinunciabile visto lo stato di criticità della popolazione nidificante di fraterno, nonché l'impossibilità di riprodursi di specie potenzialmente presenti (beccaccia di mare e fraticello).

Il Corpo Forestale dello Stato - per il raggiungimento dei propri prioritari obiettivi istituzionali di conservazione della biodiversità - affinché tali chiusure non risultino punitive nei confronti del tessuto socio-economico locale, ha prospettato un nuovo modello di visita, basato sul presupposto di separare il turismo balneare - da considerarsi, quando eccessivo, incompatibile con le finalità di tutela dell'area - dal turismo escursionistico, da favorire, diversificare e sostenere, in quanto fondato sul valore intrinseco della Riserva e della biodiversità in essa contenuta.

Per raggiungere tale obiettivo, la separazione tra turismo balneare (accesso libero nei tratti di spiaggia più vicini agli abitati) e turismo escursionistico è stata realizzata fisicamente tramite delle recinzioni. La "filosofia" della proposta è la medesima del Piano territoriale di Stazione vigente, adattata tuttavia ad una situazione reale evidentemente mutata rispetto al 2006.

La chiave del successo di quanto prospettato sta nell'accettazione delle regole da parte dei fruitori. Il turista "balneare" può diventare turista "escursionista", e viceversa. Il contesto socio-economico della Riserva ha necessità di disporre di questo territorio che rappresenta, per le località limitrofe, un indubbio potere attrattivo. Una visione in cui il turista balneare viene completamente escluso non appare sostenibile.

Lo scopo della proposta quindi, se correttamente recepita e quindi rispettata, è quello di mettere a di-

sposizione del territorio un'area di elevatissimo valore naturalistico, da fruire tuttavia in modo che sia evidente la forte connotazione di tutela ambientale. Solo in tal modo può venire garantita contestualmente la valorizzazione e la riqualificazione sociale di questi luoghi.

L'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina da diversi anni ormai è impegnato affinché la spiaggia compresa nella Riserva sia percepita in quanto parte insostituibile della stessa, con un ruolo ecologico e con precise finalità di conservazione, certamente diverse da quelle di una qualsiasi "spiaggia libera". Per un bagnante inconsapevole, una spiaggia naturale è solo un luogo improduttivo se non sono consentite attività ricreative e di svago, mentre per le finalità della conservazione la necessità è quella di sottrarre questa sottile fascia di sabbia alla presenza dell'uomo che, anche del tutto inconsapevolmente, è in grado di provocare l'estinzione locale di diverse specie.

Al contrario di aree naturali remotamente collocate in luoghi selvaggi e difficilmente raggiungibili, quest'area protetta è da sempre frequentata intensamente da residenti ma anche da turisti, quasi sempre per finalità del tutto diverse da quelle naturalistiche ed escursionistiche (Fig. 75). I passaggi necessari affinché un visitatore generico acquisisca la consapevolezza di trovarsi in un luogo particolare, con precise regole predisposte per garantirne la conservazione, non costituiscono solamente azioni di contorno (azioni di sensibilizzazione, educazione ambientale) ma risultano essenziali in quanto interventi finalizzati ad incrementare la percezione dell'area protetta sul territorio.



Figura 75 Utilizzo inconsapevole della spiaggia naturale. L'ambiente naturale viene del tutto occupato dai bagnanti (Foto Giovanni Nobili).

Gestione e prospettive

Capitolo 4.5

La conservazione della biodiversità del litorale naturale protetto tra Lido di Dante e Lido di Classe in una prospettiva di lungo periodo

Giovanni Nobili

Il comprensorio naturalistico costiero tra il Lido di Dante ed il Lido di Classe (RA) include, sul lato mare, la Riserva Naturale dello Stato “Duna costiera ravennate e foce del Torrente Bevano” (istituita con D.M. 05.06.1979) e, verso l’interno, la pineta costiera inclusa nella Riserva Naturale “Pineta di Ravenna” (D.M. 13.07.1977), distinta nelle sezioni “Ramazzotti” e “Savio”, rispettivamente a nord ed a sud della foce del Bevano.

L’area è altresì parte della Rete Natura 2000, essendo inclusa nel SIC - ZPS “Ortazzo, Ortazzino e foce del torrente Bevano” (IT4070009).



Figura 76 La duna, oltre essere funzionale alla protezione degli habitat retrostanti è ricca di specie vegetali ed animali e rappresenta un elevato interesse paesaggistico (Foto Giovanni Nobili).

Si tratta di circa 6 km rappresentativi di un contesto territoriale ormai unico lungo la costa emiliano-romagnola, se si eccettua il tratto di litorale immediatamente a nord della foce del Reno ed alcune porzioni delle spiagge e degli scanni del Delta del Po e costituisce un patrimonio ambientale e naturalistico di considerevole valore per la ricchezza di habitat e di specie ma anche per la capacità di attrarre potenzialmente un turismo di qualità elevata, alternativo al più diffuso turismo balneare, in grado però di competere con quest’ultimo in termini di destagionalizzazione e di permanenza del turista sul territorio. Considerato il grado di antropizzazione dei

litorali nazionali e soprattutto di quello romagnolo, l’istituzione lungo questo tratto costiero di una serie di aree protette fu senza dubbio lungimirante.

Nonostante i vincoli esistenti, tutta l’area mostra però preoccupanti ed evidenti segni di degrado essendo soggetta ad una serie di minacce di origine soprattutto abiotica. A livello territoriale è infatti sottoposta agli effetti dell’erosione costiera e della subsidenza, che provocano episodi di ingressione marina e tendono ad incrementare il livello di salinizzazione della falda. Si tratta di fattori che agiscono in maniera sinergica con fenomeni di portata globale, come i cambiamenti climatici e l’innalzamento del livello medio del mare, che tendono ad accrescere gli effetti negativi prodotti.

E’ evidente come le problematiche accennate risultino particolarmente critiche sia per la conservazione “fisica” del sito nel suo complesso che per la conservazione della biodiversità specifica e della rete di relazioni ecosistemiche che le Riserve ospitano.

Mareggiate ripetute, di forte intensità, acuiscono preoccupanti crisi erosive. Episodi di ingressione, con diffusi allagamenti, evidenziano la generale tendenza alla “marinizzazione” di territori che solo alcuni decenni fa erano dominio della terraferma. Il tasso di erosione appare troppo rapido per un sistema che non è in grado di opporvisi con le normali risposte omeostatiche. Si tratta infatti di biotopi fortemente specializzati che sono dotati di scarsa capacità di autoriparazione dopo aver subito un danno.

A lungo andare l’insieme di tutte dette condizioni interferisce con il ruolo che queste aree protette svolgono a livello territoriale dal punto di vista ecologico-funzionale, interrompendone sia il collegamento lineare in senso nord-sud lungo il litorale, visto che l’andamento delle Riserve è longitudinale e costiero, sia comprimendo la successione ecologica di collegamento tra il mare e l’entroterra.

Si assiste ad una progressiva perdita netta degli habitat presenti preceduta dalla loro rapida modifica e frammentazione, dovuta anche alla diffusa presenza antropica durante il periodo balneare. La diversità

specifica risente localmente anche dell'aumentare della presenza di specie vegetali e/o animali aliene o che, comunque, sono in grado di avvantaggiarsi opportunisticamente della rapidità dei cambiamenti in atto. Il sistema sembra dunque destinato ad una radicale modifica in tempi rapidi, se la scala di riferimento temporale è quella ecologica, e la diversità delle specie presenti nell'area appare il valore destinato a subire le maggiori conseguenze negative che già vanno, in qualche modo, evidenziandosi in maniera preoccupante.

Difesa costiera e conservazione della biodiversità

In senso conservazionistico "l'intorno ecologico" della foce del Torrente Bevano appare caratterizzato da elevati livelli di rarità, fragilità, rarefazione, isolamento.

Ad evidenziare l'estrema dinamicità del sito e la complessità dei rapporti ecologici intercorrenti tra le diverse componenti ecosistemiche, può risultare utile elencare la molteplicità degli habitat Comunitari rappresentati, con il relativo codice:

- 1110 Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina;
- 1130 Estuari;
- 1150 Lagune;
- 1210 Vegetazione annua delle linee di deposito marine;
- 1310 Vegetazione annua pioniera di Salicornia e altre delle zone fangose e sabbiose;
- 1320 Prati di Spartina (*Spartinion*);
- 1410 Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*);
- 1420 Perticaie alofile mediterranee e termo-atlantiche (*Arthrocnemetalia fruticosae*);
- 1510 Steppe salate (*Limonietalia*);
- 2110 Dune mobili embrionali;
- 2120 Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche);
- 2130 Dune fisse a vegetazione erbacea (dune grigie);
- 2160 Dune con presenza di *Hippophae rhamnoides*;
- 2230 Prati dunosi di *Malcolmietalia*;
- 2250 Perticaia costiera di ginepri (*Juniperus spp.*);
- 2270 Foreste dunari di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*;
- 6420 Praterie mediterranee con piante erbacee alte e giunchi (*Molinion-Holoschoenion*);
- 9340 Foreste di *Quercus ilex*;

E' evidente come, in questo luogo, i diversi fattori che di regola agiscono lungo costa possano interferire congiuntamente in maniera differenziale sui molteplici habitat presenti.

E' inoltre ipotizzabile che l'erosione marina e i fenomeni collegati, quali acqua alta ed episodi di ingressione ed allagamento, siano destinati ad aumentare nei prossimi anni in frequenza ed intensità, in diretta correlazione con le modifiche climatiche.

Se, in generale, l'analisi storica della dinamica costiera delle coste nord adriatiche evidenzia l'estrema mobilità della linea di riva, si tratta quasi sempre di modifiche graduali, inquadrabili entro cicli dotati di un qualche tipo di periodicità (climatica, sedimentaria), spesso temporalmente definite, potenzialmente reversibili: fasi alterne di espansione e regressione, in grado comunque di garantire la vitalità del sistema ambientale nel suo complesso.

La fase di crisi erosiva attuale procede invece, e lo fa rapidamente, sempre verso un'unica direzione, agendo su un sistema molto più rigido che in passato, in assenza di alternative per i sistemi biologici naturali ai quali non venga offerta una prospettiva gestionale.

Il procedere dell'erosione porta alla rapida compressione della successione ecologica che dalla spiaggia, attraverso la linea di deposito marina, le dune mobili, le dune grigie, ecc., giunge a stadi più stabili delle associazioni vegetazionali che a loro volta, però, vengono interessate, anche ad una certa distanza dal litorale, dagli effetti indiretti del processo, come avviene ad esempio con la risalita di sali nella falda sottostante le pinete come conseguenza dell'ingressione del cuneo salino.

Il problema, ormai noto, è che raramente l'uomo ha lasciato agli ecosistemi costieri gli spazi per consentire loro una risposta elastica alle sollecitazioni ricevute o la possibilità di ricostituirsi altrove, durante fasi anche temporanee di deposito.

Rallentare il procedere delle dinamiche negative

Attualmente, la criticità maggiore è quindi la rapidità con la quale le interferenze agiscono sulle specie, gli habitat ed i processi ecologici: la prima delle strategie gestionali percorribili è quindi quella di cercare di rallentare i processi di degrado del sistema, anche con interventi di tipo sperimentale.

Di regola gli interventi di protezione dei litorali soggetti ad erosione possono dividersi in due categorie in funzione del loro scopo principale: difesa delle spiagge e difesa delle dune. Per la conservazione

degli ambienti naturali gli interventi maggiormente efficaci – ovviamente quando ciò è possibile – dovrebbero opportunamente tentare di garantire la coesistenza dei due differenti ambienti.

Difatti, su una spiaggia in erosione, dove anche le dune siano regolarmente attaccate dal moto ondoso, sarebbe necessario prevedere interventi per la stabilizzazione della linea di riva in quanto nessuna opera di protezione delle dune (in particolare quelle eseguite con tecniche di ingegneria naturalistica) può resistere a lungo alle sollecitazioni indotte dal moto ondoso se non è attenuato da una spiaggia di sufficiente estensione.

In effetti risulta che la fascia ottimale per l'attecchimento di cespi di *Ammophila littoralis* è compresa tra 50 e 70 m dal mare. Nel caso di eventuali interventi di rinaturalizzazione è quindi fondamentale disporre di un'ampiezza di spiaggia non inferiore a circa 50 metri.

L'approccio di intervento generalmente considerato come il meno impattante per la protezione di un tratto costiero naturale è il ripascimento artificiale. Alimentando periodicamente le spiagge in erosione con sabbie prelevate in aree di deposito, si apportano sul litorale i sedimenti erosi dal mare, sostituendosi così all'azione dei fiumi. Lungo i tratti costieri caratterizzati da un'ampiezza di correnti longitudinali, i ripascimenti possono attivare il nastro trasportatore del trasporto solido. Si tratta comunque evidentemente di soluzioni che dal punto di vista del contrasto all'erosione costiera garantiscono risultati solo temporanei, certo non risolutivi. Ricorrere unicamente ai ripascimenti risulta particolarmente rischioso in quanto l'intervento è del tutto dipendente da una disponibilità economica continua.

Oltre che oneroso, l'intervento può altresì rivelarsi rapidamente inefficace quando viene realizzato

lungo tratti costieri soggetti a subsidenza particolarmente rapida, come è il caso del tratto di litorale tra Lido di Dante e Lido di Classe.

In generale, gli interventi di difesa che tendono ad irrigidire il sistema sono quelli meno idonei a garantirne la naturale elasticità. Interventi ad elevata rigidità (difese radenti), sebbene insostituibili nelle situazioni più critiche, sono quelli che meno si inseriscono in un contesto naturalistico. Questi interventi, di concezione chiaramente ingegneristica, raramente si sono rivelati risolutivi e, rendendo anelastica la linea di costa, spesso hanno anzi ampliato il problema aggravandolo e rendendolo irreversibile. Soprattutto vicino ai centri abitati, le opere di protezione rigide o semirigide - anche del tutto o parzialmente sommerse - possono essere però accompagnate da interventi di ripascimento.

In effetti, l'adozione congiunta di diverse tipologie di intervento (barriere soffolte, impiegate per attenuare e dissipare l'energia dell'onda; pennelli, utilizzati per rallentare il transito dei sedimenti lungo costa; ripascimenti, arginature, ecc.), può produrre effetti positivi per la conservazione di sistemi ambientali complessi come quelli naturali costieri, tuttavia, l'efficacia complessiva ha sempre una durata limitata nel tempo.

In realtà quindi, gli effetti negativi sulla biodiversità possono proseguire anche in presenza degli interventi di protezione e ripascimento largamente diffusi per la difesa delle località costiere, delle spiagge e delle attività economiche e turistiche. Occorre poi considerare che verosimilmente, anche nel futuro, gli sforzi difensivi maggiori verranno riservati a contrastare i fenomeni erosivi laddove minacciano abitati ed infrastrutture. Un'opportunità che occorrerebbe cogliere è quella di indirizzare tipologie di intervento realizzate con finalità del tutto diverse perché possano contribuire alla conservazione della biodiversità. Tali misure compensative sono chiaramente previste dalla normativa regolante le procedure di valutazione di incidenza ambientale. La possibilità di utilizzare sedimenti provenienti da interventi di dragaggio potrebbe consentire la realizzazione di dune artificiali di protezione da rinaturalizzare, oppure rendere possibile la ricostituzione di habitat semisommersi di transizione, di elevata valenza naturalistica, scomparsi a causa della subsidenza. La progettazione quindi, sia se riferita ad un singolo intervento sia quella riguardante programmi a scala più ampia, dovrà quindi tener conto dei "valori" naturalistici che non potranno rappresentare semplici elementi di contorno ma saranno priori-



Figura 77 La fauna intertidale è uno dei primi anelli della catena trofica dell'ecosistema "spiaggia". (Foto Giovanni Nobili).



Figura 78 *Cylindera (Eugrapha) trisignata*: coleottero predatore della linea di riva (Foto Giovanni Nobili).

tari nella giustificazione dell'intervento stesso. Dopo queste brevi considerazioni ci si rende conto però che coniugare gli interventi manutentivi che tradizionalmente interessano il territorio (dragaggio di porti-canale, ripascimenti, creazione di arginature) con le necessità gestionali finalizzate alla conservazione ambientale rappresenta certamente un'opportunità da sfruttare ma che, quasi sempre, non può risultare efficace ad una scala sufficientemente estesa per contrastare gli effetti sulle specie. Difficilmente è possibile individuare soluzioni progettuali in grado di stabilizzare la linea di riva per periodi di tempo tali da garantire efficacemente la conservazione della biodiversità. Ciò anche ipotizzando una disponibilità economica illimitata. Se l'obiettivo finale è quello della conservazione degli habitat e delle specie, si impongono una prospettiva ed una visione diverse.

Rigidità del sistema ed indirizzi di gestione

Piuttosto che cercare di fermare il dinamismo forse occorre trovare il modo per adattarvisi. In una situazione di elevato dinamismo in senso geomorfologico, gli interventi di stabilizzazione causano un aumento della staticità rispetto alle condizioni naturali ed il sistema perde di funzionalità. In ogni caso, quando gli interventi riguardano aree naturali, è comunque lecito attendersi interferenze tra le opere di difesa e le componenti biologiche del sistema. In via del tutto teorica occorrerebbe invece invertire la rotta e cercare di rendere più dinami-

co e quindi adattabile il sistema. Certamente sono evidentemente inadeguate soluzioni che tendono a stabilizzare sistemi anche naturali.

Un cordone dunoso eccessivamente stabilizzato non costituisce più la migliore difesa dall'erosione costiera. Laddove gli interventi per la stabilizzazione della linea di riva compromettono la dinamica naturale dei venti e del ciclo delle sabbie, è impossibile tenere "viva" la duna, che è destinata a deperire e scomparire.

Analogamente, quando una pineta matura si viene a trovare troppo vicino al mare in conseguenza dell'erosione marina in quel punto, la stessa contribuisce ad irrigidire il sistema tanto quanto un'infrastruttura del tutto artificiale. In tale situazione il ringiovanimento ecologico della comunità vegetale si presenta come l'unica via per garantire la naturale transizione tra gli ambienti di spiaggia/duna ed il retrostante popolamento forestale.

Invece della purtroppo ormai consueta visione delle pinete costiere separate dal mare quasi solo dalle scogliere radenti, una zona di "macchia" ricca di arbusti, nuclei di pino in rinnovazione, zone umide salmastre di retroduna, che fungano da protezione dai venti e da fascia ecotonale, con una dinamica più rapida e, quindi, meno rigida (più adattabile) rispetto al progredire di problematiche come erosione e subsidenza, fornirebbe un servizio ecologico senza dubbio migliore.

Per paradosso, tratti di pineta costiera, brevi porzioni di duna, ormai del tutto estranei ai processi di efficienza ecologica del territorio, potrebbero invece



Figura 79 Riserva Naturale del Bosco della Mesola (fonte: www.liceocuriel.it).

conservarsi più a lungo preservati dalle strutture rigide poste a protezione delle località abitate. Questi residui frammenti di territorio, testimoni di situazioni ormai passate, potranno avere valenza paesaggistica ma non possono certamente garantire prospettive rispetto la conservazione della biodiversità locale. Talvolta la rigidità del territorio può avere un'origine "amministrativa". La tutela ambientale non si persegue con le recinzioni, le aree protette dovrebbero avere confini permeabili. Esistono possibili alternative?

Arretramento degli ambienti naturali ed habitat alternativi

In molti casi si tratta quindi letteralmente di disegnare un nuovo territorio.

Se si considera il punto di vista conservazionistico come prioritario, l'ipotesi di arretrare gli ambienti naturali appare quantomeno inevitabile e presuppone certamente l'umiltà di accettare i cambiamenti. Dal punto di vista fisico l'intento dovrebbe essere quello di trasformare patches territoriali attualmente del tutto lineari come le Riserve e le pinete costiere, in strutture più profonde che dovranno necessariamente tendere all'integrazione con un paesaggio antropizzato già definito.

Un'eventuale scelta in tal senso non sarebbe ovvia-

mente attuabile ovunque. Il litorale nord adriatico è generalmente costituito da un'alternanza di cordoni dunosi fossili, di solito occupati dalle pinete, alternati a zone depresse, occupate da zone umide oppure da terreni agricoli bonificati. Nel caso un cordone dunoso venisse eroso, il paesaggio naturale ne risentirebbe quindi grandemente, il mare non avrebbe ostacoli fino al cordone successivo.

Ovviamente le aree maggiormente favorite per il mantenimento di contesti territoriali che abbiano un significato naturalistico e che mantengano una reale funzionalità ecologica sono quelle più estese e differenziate, maggiormente esposte però ai fenomeni erosivi in quanto non sono protette artificialmente con nessuna struttura. Alcuni esempi a partire da nord: 1) i comprensori circostanti il Bosco della Mesola (Riserva Naturale Bosco della Mesola, Fig. 79) e la pineta di Volano (Riserva Naturale Po di Volano) con le retrostanti estensioni agrarie e zone umide come la Valle Bertuzzi; 2) l'area immediatamente a nord della foce del Reno, per buona parte inserita entro le Riserve Naturali Sacca del Bellocchio con le retrostanti zone umide private e le Valli di Comacchio; 3) la porzione di litorale comprendente la foce del Bevano, appunto, con tutto il comprensorio umido dell'Ortazzo e dell'Ortazzino e la pineta storica ravennate di Classe.

Non si tratta di proposte innovative, né provocatorie:

in realtà le possibilità appena indicate sono già previste con l'istituzione locale della rete Natura 2000 che include tutte le suddette zone entro i rispettivi SIC-ZPS. I collegamenti ecologici dovrebbero essere garantiti, longitudinalmente, dalle spiagge e dalle pinete litoranee, trasversalmente, dai corsi d'acqua. L'impegno maggiore dovrebbe quindi essere dedicato certamente alla conservazione delle attuali aree *core*, sottoposte a processi di rapida trasformazione, ma, soprattutto, è necessario impegnarsi nella creazione di nuove aree *core*.

Nell'ambito di questi territori, le Riserve Naturali dello Stato costituiscono la prima linea di difesa ed hanno il ruolo di serbatoi di biodiversità esportabile, almeno per certe specie.

La collaborazione inter-istituzionale

E' evidente a questo punto è che l'impegno necessario non può riguardare solo un singolo Ente.

La collaborazione con altre istituzioni è prassi consueta nelle attività dell'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina, in quanto sancita chiaramente dalle norme di settore (art. 1, comma 5, della L. 394/91, ai sensi della quale "Nella tutela e nella gestione delle aree naturali protette, lo Stato, la Regione e gli enti locali attuano forma di cooperazione e di intesa") ed è rivolta soprattutto a rendere comuni le scelte gestionali con il Parco del Delta del Po ed i Comuni di volta in volta interessati, ma anche con la Regione, le Province ed i portatori locali di interesse (Comitati Cittadini, Pro Loco). Consente poi di adottare norme e regolamenti per garantire la

tutela legale delle aree vulnerabili rispetto il disturbo antropico. La collaborazione, se rivolta ad Istituti di ricerca (Università, ISPRA, ARPA Emilia-Romagna), produce la conoscenza necessaria per la realizzazione di progetti qualificanti di conservazione (LIFE Natura, Beachmed-e).

La collaborazione tra Istituzioni facilita quindi l'integrazione tra diversi interessi. Ad esempio gli stessi interventi di difesa costiera potrebbero contribuire a migliorare le condizioni strutturali di visitazione turistica lungo certi comprensori costieri.

Una prospettiva di lungo termine quindi potrebbe, e dovrebbe, rappresentare lo spunto e l'occasione per nuove e proficue collaborazioni a favore della biodiversità, come la programmazione nella gestione dei bacini idrografici, da intraprendersi d'intesa con gli Enti regionali preposti. Ma se l'obiettivo finale consiste in un nuovo assetto del territorio, ciò potrà solamente essere il risultato di un processo che coinvolge le Istituzioni ed i cittadini direttamente interessati. Il complesso di condivisione e sensibilizzazione, da intendersi come concreto intervento gestionale, dovrà essere indirizzato a realizzare la consapevolezza (proprio come se questa fosse un bene materiale) sul rapido progredire delle problematiche che concorrono alle modifiche del territorio ed ai loro effetti sulla biodiversità, affinché localmente non vada persa.

La biodiversità come valore

La conservazione della biodiversità nel lungo periodo presuppone il mantenimento dei flussi



Figura 80 Il frattino, specie "ombrello", è la specie di avifauna maggiormente minacciata in Regione (Foto Giovanni Nobili).

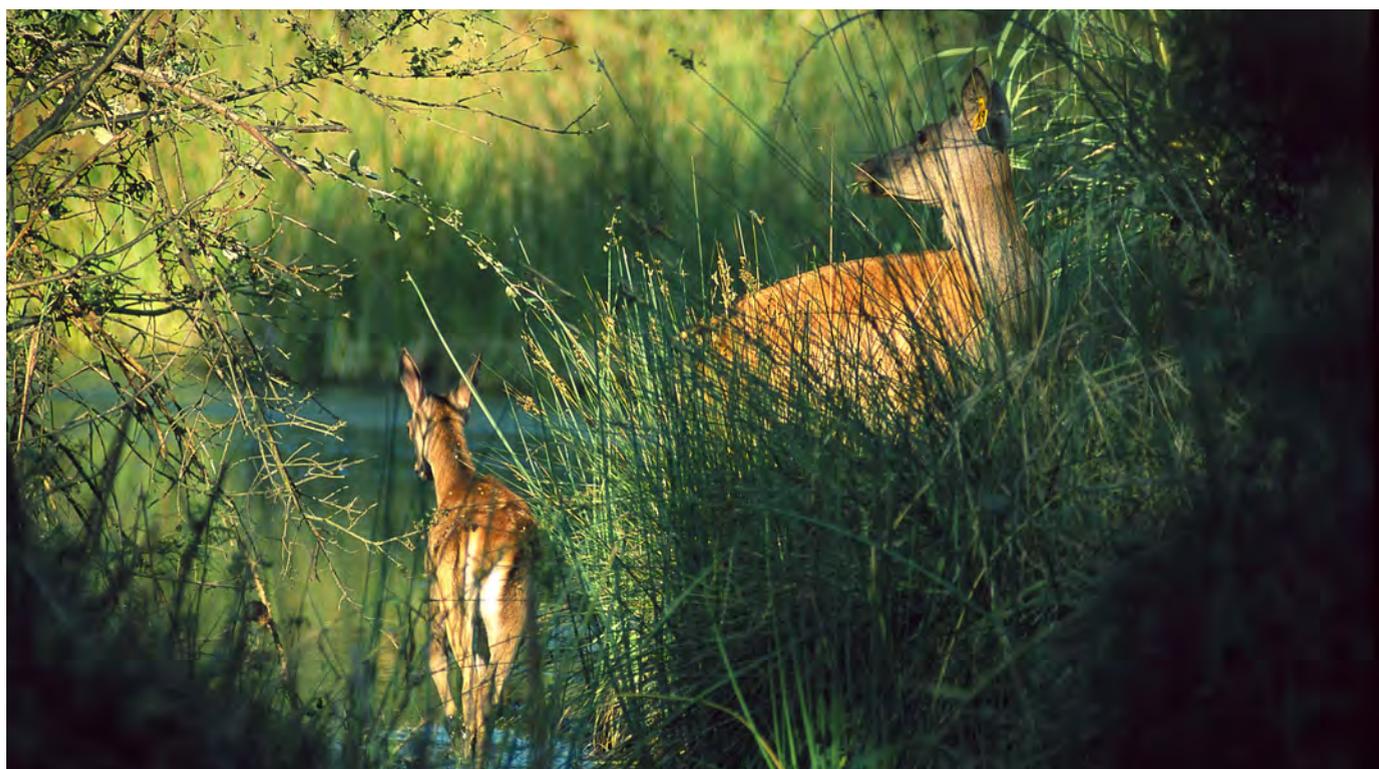


Figura 81 Cervi presso la Riserva Naturale del Bosco della Mesola (fonte: www.parcodeltapo.it).

di geni e di energia, ovvero la conservazione dei processi a livello genetico, specifico, ecosistemico.

Dato per scontato che l'adozione di interventi di conservazione sia necessaria, bisogna decidere quali specie privilegiare e perché. Valutare soprattutto se esiste un interesse concreto per salvaguardare le specie di flora e di fauna.

Per l'attribuzione del valore naturalistico ad una specie si fa in genere riferimento agli elenchi di specie allegati alla normativa vigente del settore, di volta in volta riferibile a livelli locali, nazionali e/o internazionali. Tali attribuzioni risentono delle diverse situazioni locali, anche culturali. Impiegando termini come specie "bandiera" oppure "ombrello" si focalizza l'attenzione, rispettivamente, su specie "simbolo" o su specie la cui protezione consente di tutelare, a cascata, altre specie presenti nel medesimo habitat. Un approccio scientifico è utilmente adottabile in caso di specie o popolazioni caratterizzate geneticamente, testimonianza di particolari percorsi evolutivi. Un approccio funzionale evidenzia il ruolo di certe specie nell'ecosistema. In fase di erosione l'apporto di sostanza organica spiaggiata può venire limitato e le condizioni fisiche modificate radicalmente: le interferenze sulla composizione della comunità di organismi detritivori legati alle linee di deposito marine può dunque comportare effetti negativi indiretti lungo tutta la catena trofica tipicamente semplificata di un ambiente come la spiaggia. In effetti, fonti bibliografiche evidenziano

che le opere di difesa provocano la diminuzione del numero di individui e di specie di uccelli sulle spiagge.

Esistono dunque diversi approcci alla conservazione. In generale, per un cittadino, ogni azione di tutela viene subita, e quindi spesso non condivisa, in quanto presuppone la rinuncia all'accesso di "beni" che fino a quel momento erano stati altrimenti liberamente fruibili. Se le ragioni dell'intervento di salvaguardia restano limitate al solo livello culturale il rischio che non vengano sufficientemente comprese è realistico. Almeno nelle fasi iniziali, quindi, un approccio di tipo utilitaristico può far accettare, meglio di altri, scelte innovative.

Occorre far leva sul valore economico di questi ambienti e delle specie in essi presenti. Negli scorsi decenni il sentire comune ha generalmente riconosciuto ai servizi ecologici chiare potenzialità economiche. Il valore della biodiversità solo raramente viene invece percepito come un'opportunità per il territorio e per quanti sul territorio vivono e producono. Se pensiamo poi alla biodiversità delle spiagge, ambienti chiaramente percepiti come valore economico e sociale, la ricchezza e la peculiarità delle specie solo difficilmente viene riconosciuta come alternativa rispetto ai servizi ricreativi che sono in grado di offrire.

L'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina da diversi anni ormai è impegnato affinché le spiagge comprese nelle Riserve siano percepite

come aree finalizzate alla conservazione, non come usuali “spiagge libere”. Luoghi di riconosciuta ed indubbia attrazione turistica che occorre però indirizzare verso la visitazione consapevole e l'escursionismo. In prospettiva, questo passaggio è necessario se si vogliono porre le basi per una strategia di conservazione che consenta di ampliare l'orizzonte gestionale fino al medio-lungo periodo. Questo perché solo con un orizzonte temporale più esteso, almeno 20 o 30 anni, si può tentare di garantire la conservazione della biodiversità di questi luoghi.

Il principale stimolo ad operare può provenire solo dalla consapevolezza della portata di quanto sta accadendo.

Il “paesaggio” della biodiversità

Un paesaggio, in Italia, è ricco di aspetti naturali ma anche di storia e di cultura. Si può proporre un accostamento tra i paesaggi così intesi ed i paesaggi rappresentati dal patrimonio genetico di una specie animale o vegetale.

Anche le specie e le popolazioni sono infatti il risultato della loro storia naturale evolutiva e delle interazioni con la cultura locale. Pensiamo ad esempio al cervo della Mesola (Fig. 81) ed a come questa popolazione sia strettissimamente legata al territorio che abita, alle circostanze storiche e sociali che ne hanno consentito la conservazione fino ad oggi: non solo il risultato, quindi, di asettiche mutazioni genetiche che ne determina l'unicità.

Uno dei caratteri morfologici più evidenti del cervo della Mesola è la leggera maculatura del mantello estivo che permane negli esemplari adulti. Tale tratto, rarissimo in altre popolazioni di cervo rosso europeo, è invece presente in altri cervi mediterranei

(cervo berbero). Curiosamente, i cervi diretti all'abbeverata rappresentati nei mosaici del Mausoleo di Galla Placidia (V sec.) a Ravenna, mostrano un manto uniformemente marrone nella lunetta rivolta ad occidente, simboleggiante l'inverno, con l'acqua presente nella pozza evidentemente ghiacciata.

I cervi raffigurati nella lunetta rivolta ad oriente, quale simbolo della buona stagione e della rinascita, con i tralci adornati di fiori, mostrano invece una leggera pomellatura analogamente a quanto avviene alla Mesola. Essendo dotati di palco l'intenzione dell'artista non era certamente quella di raffigurare esemplari giovani.

Ciò documenta verosimilmente la maggiore estensione passata dell'areale di questa specie sulle coste dell'Alto Adriatico, confermando inoltre il forte realismo dell'arte bizantina anche nelle sue espressioni più simboliche, ma simboleggia anche l'eredità delle generazioni che ci hanno preceduto.

Dal livello dei geni a quello delle specie, la diversità rappresentata dalle miriadi di specie che popolano un paesaggio, il “paesaggio di specie”, è delicatezza, è complessità, è la varietà dei processi che ne garantisce le relazioni e, quindi, le prospettive di conservazione futura.

Un paesaggio non è godibile solo per gli aspetti più eclatanti, le vallate, l'ansa di un fiume o un castello su uno sperone di roccia, ma ci attrae perché è l'insieme di tanti piccoli elementi minimali, come certe specie apparentemente insignificanti, sconosciute ai più, ciascuna dotata del proprio invisibile ma concreto corredo genetico. L'invito è fermarsi ad osservare e scoprire, forse per la prima volta, questi aspetti minimali del paesaggio, perché costituiscono delle vere e proprie perle, che bisogna saper guardare per apprezzare.

Gestione e prospettive

Capitolo 4.6

Una visione comune per la gestione integrata e sostenibile dell'area di foce Bevano

a cura di Giovanni Gabbianelli, Roberto Montanari, Paolo Ciavola, Maria Speranza, Christian Marasmi

Sette anni dopo gli interventi che portarono all'apertura della nuova foce del T.Bevano (gennaio-aprile 2006) si può oggi disporre, grazie alle molteplici attività di monitoraggio e di studio proseguite nell'area in questi anni, di un quadro evolutivo utile alla valutazione quali-quantitativa dei risultati ottenuti rispetto alle iniziali ipotesi progettuali. Non secondaria risulta infatti la possibilità di poter meglio formulare per l'area future ipotesi e scenari previsionali e gestionali di medio termine; questo aspetto è di particolare importanza in considerazione delle variazioni climatiche in atto e, in particolare, di quelle legate al previsto innalzamento del livello medio mare che in zona risulta incrementato da fenomeni di subsidenza antropicamente indotti.

Ministero Ambiente per la salvaguardia della zona a *Salicornia veneta* (Fig. 82; sottoposta a tutela prioritaria a livello europeo così come previsto dall'All. 2 alla Direttiva Habitat 92/43/CEE) e del mantenimento di uno stagno retrodunoso. Prescrizioni che prevedevano, implicitamente, che la nuova foce potesse presentare nel tempo problemi di potenziale instabilità, se non altro, in considerazione della sua forzata posizione rispetto alle esistenti e prevalenti condizioni meteo-marine e di deriva litoranea locali. Questa forzata stabilità, così come era stato previsto dall'inizio, avrebbe richiesto, nel corso degli anni successivi, alcuni interventi correttivi e di ripristino. Da un punto di vista generale i risultati raggiunti possono ritenersi in gran parte positivi.



Figura 82 Intervento di modifica della foce e costruzione della una duna artificiale vegetata e retrostante stagno retrodunoso. In rosso è evidenziata l'area di salvaguardia della *Salicornia veneta*.

Per quanto riguarda le iniziali ipotesi progettuali e i successivi interventi, è doveroso ricordare come questi avevano piena consapevolezza dell'obbligo di alcune imprescindibili e limitanti prescrizioni quali, solo a titolo di esempio, quelle imposte dal

Con riferimento al patrimonio di biodiversità presente nell'area, l'apertura della nuova foce, in collegamento con lo stagno retrodunoso, non solo ha mantenuto la preesistente popolazione a *Salicornia veneta*, ma ne ha reso possibile un'ulteriore espan-



Figura 83 Andamento delle linee di riva dal 1997 al 2011. Si nota una sostanziale stabilità dell'ampiezza della spiaggia.

sione, generando una via di comunicazione tra il sito occupato dal popolamento originario e lo stagno stesso. Il cambiamento di regime idraulico ha determinato il formarsi di nuovi habitat favorevoli alla specie, in corrispondenza di quello che era l'ultimo tratto del vecchio corso del Bevano. A Nord della nuova foce, sulla riva interna dello stagno, si è infatti insediato un popolamento di *Salicornia veneta* di discrete dimensioni, verosimilmente originato come espansione del popolamento già presente a Sud della foce.

L'area vegetata artificialmente con *Ammophila littoralis* e *Agropyron junceum*, sta funzionando come nucleo attivo per la disseminazione spontanea di ammfila e di agropiro su tutta l'area circostante; diversamente da quanto succede alla foce del Bevano, dove *Ammophila littoralis* è in espansione, molti popolamenti di ammfila presenti in aree limitrofe, sono oggi in regresso a causa dei fenomeni erosivi e di subsidenza, che compromettono l'integrità della duna mobile.

Infine, anche l'artropodofauna ha trovato nella nuova duna una possibilità di allargamento del proprio habitat. I censimenti effettuati dimostrano infatti una sostanziale somiglianza tra l'artropodofauna della duna già da tempo stabilizzata, presente a Sud della foce, e la nuova duna in formazione, a Nord della foce stessa.

Con riferimento ad aspetti idraulici e geomorfologici, la nuova foce ha mantenuto una sostanziale stabilità ed ha fornito una concreta soluzione ai problemi posti dalla progressiva e continua migrazione verso nord di quella pre-esistente. Migrazione che,

tra i suoi principali effetti negativi, aveva portato, nell'arco di pochi anni, all'erosione di oltre 700 m di cordone dunoso, oggi parzialmente ricostruito (Fig. 82) durante l'intervento di riqualificazione funzionale della foce (vedi Capitolo 1).

Non secondario poi che, nel suo insieme, il nuovo assetto della foce non abbia indotto significative negatività, sia a livello di spiaggia sia nel valore e valenza naturalistico-ambientale dell'area e questo grazie anche alle caratteristiche dell'intervento.

La spiaggia emersa, come valutabile già ad una prima e speditiva analisi della figura 83, ha conservato una buona stabilità ed ampiezza. Condizione questa che testimonia un persistente equilibrio nei budget sedimentari con sostanziale apporto delle sabbie necessarie al naturale ripascimento e riequilibrio della spiaggia stessa, anche rispetto alle perdite erosive indotte dai tassi di subsidenza. Tassi che, dall'analisi dei dati da interferometria InSar, sono oggi valutabili nell'intorno dei 6-8 mm/anno. Naturalmente questa disponibilità di sabbie non è ricollegabile agli input provenienti dal Torrente Bevano, notoriamente privo di carico sedimentario utile a tali scopi, ma fondamentalmente sono legati, oltre che ai pochi apporti del Savio, all'erosione delle spiagge più meridionali rispetto alla foce. In particolare la sabbia è per lo più provenuta dall'erosione del litorale di Milano Marittima nord che nel 2007 era stato alimentato con apporti di sabbia esterna al sistema costiero (circa 90.000 m³ dai depositi sottomarini al largo di Ravenna).

Vale inoltre la pena ricordare che l'intervento di deviazione della foce ha contemplato, sin dall'inizio,

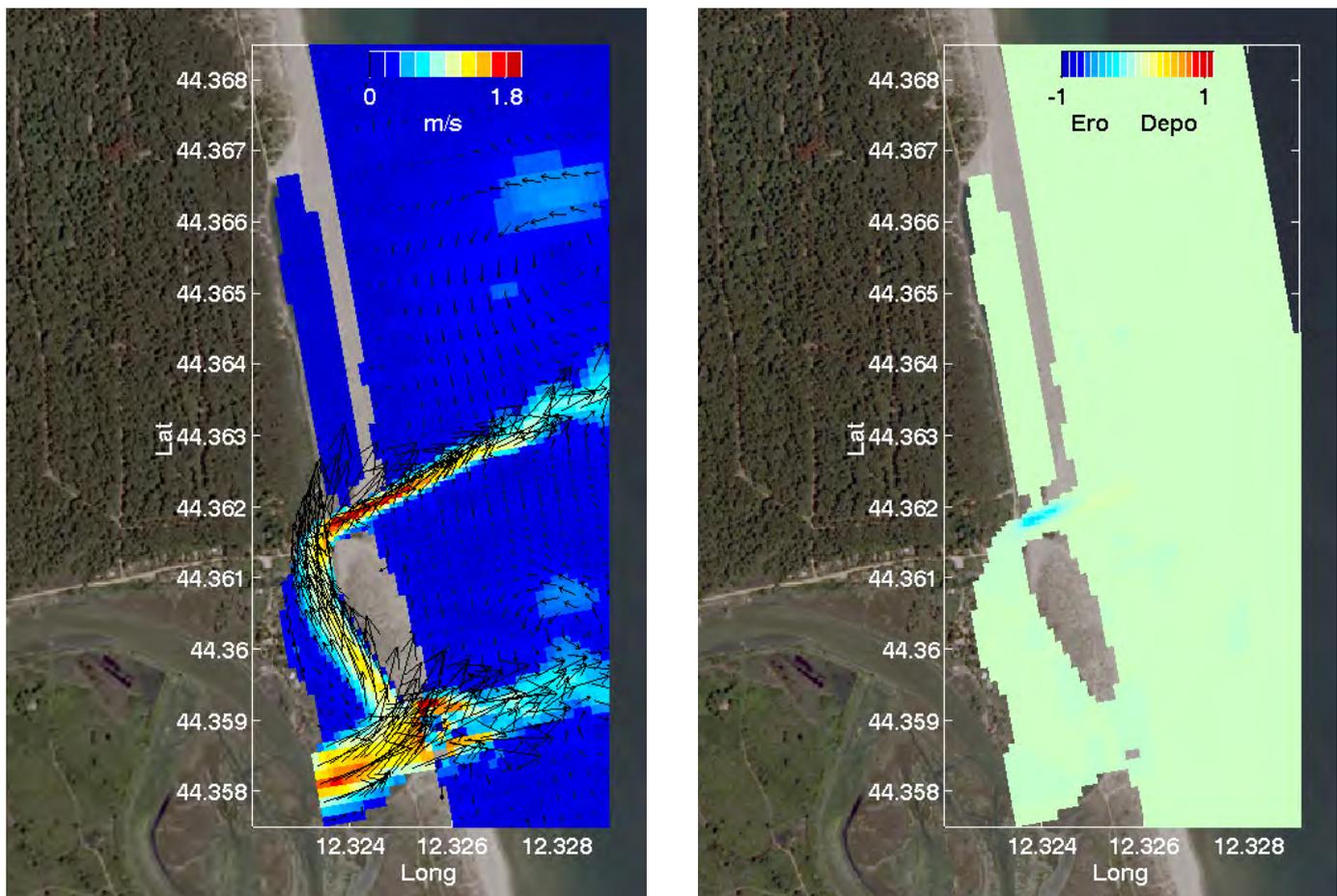


Figura 84 A sinistra campo di moto superficiale al picco dell'evento di piena; a destra valori di variazione del fondo (adimensionali) previsti tra l'inizio e la fine dell'evento di piena.

la possibilità dell'apertura di una seconda bocca nell'ansa dell'ultimo meandro del fiume, cioè in corrispondenza dello scolmatore (vedi capitolo 1). Tale processo permetterebbe di spostare il sistema della foce ulteriormente verso sud, ma richiederebbe una certa efficienza idraulica che attualmente è mancante a causa della regimentazione artificiale del fiume. Simulazioni per un evento di piena con un periodo di ritorno trentennale, assumendo che questa avvenga durante una fase di alta marea, mostrano che effettivamente una nuova bocca si potrebbe formare (Fig. 84). A causa però della presenza dello scolmatore, che impedirebbe un approfondimento del fondale, e del forte trasporto litorale in quest'area, la bocca appena formata ritornerebbe presto a chiudersi.

Per quanto riguarda il nuovo cordone dunoso costruito a seguito degli interventi intrapresi nel 2006, non sembra aver pienamente risposto alle previsioni progettuali soprattutto per quanto riguarda il suo sviluppo altimetrico. Il cordone risulta infatti ancor oggi inferiore rispetto alle elevazioni utili (2-3 m circa) per contrastare completamente i fenomeni di inondazione indotti a livello meteo-marino (*run-*

up, storm surges, ecc). Le ragioni e le cause di questo sono diverse e almeno in parte ricollegabili ad una incompleta conoscenza dei caratteri geometrici e dinamici del sistema a livello locale (livello del mare, anemometria, ondametria, eventi estremi, ecc). In particolare, una sua efficienza solo parziale è oggi testimoniata dalla presenza in questa zona di diffusi fenomeni di *washover* (Fig.85), connessi all'azione di forti mareggiate o altri fenomeni marini estremi. A questo proposito va ricordato che l'ampiezza di spiaggia tale per cui possono determinarsi significativi processi di trasporto eolico per l'accrescimento di un cordone dunoso, è stimata in 40-60 m dal piede della duna. L'apporto di sabbia proveniente dalla zona di Milano Marittima nord, che ad oggi si è ormai esaurito, ha permesso sì il mantenimento dell'ampiezza di spiaggia (Fig. 83) al netto degli effetti della subsidenza e dei fenomeni di mareggiata, ma non il suo allargamento ad un'ampiezza tale da determinare un trasporto eolico che portasse ad un generalizzato accrescimento della duna ricostruita. Nonostante questo si può rilevare che, in corrispondenza dell'impianto di *Ammophila littoralis*, sebbene alcuni eventi estremi ne abbiano interrotto la



Figura 85 La foto aerea evidenzia la formazione di ventagli di washover a tergo della duna ricostruita.

continuità, si sono registrati risultati positivi, sia per quanto riguarda l'affermazione, lo sviluppo e la resilienza dei cespi piantumati, sia per quanto riguarda la capacità di intercettare e trattenere la sabbia nell'area vegetata. Tale area è risultata essere una zona di incremento delle quote topografiche, misurate con strumentazione di elevata precisione. Uno dei principali fattori limitanti all'ottenimento di un cordone dunoso con quote utili a contrastare fenomeni di inondazione è piuttosto la modesta quantità di sabbia localmente disponibile. Una maggior circolazione di sabbia nel sistema, di cui si è monitorata la progressiva diminuzione nel corso del tempo, a partire dall'anno di esecuzione dell'intervento, avrebbe potuto determinare il raggiungimento di quote maggiori del giovane cordone dunoso, con un avvicinamento più rapido alle quote critiche utili di 2-3 m, precedentemente citate.

Si può comunque affermare che i risultati ottenuti in questo caso vanno comunque valutati in un'ottica di esperienza, tra le prime realizzate a livello regionale, il cui monitoraggio permette oggi di meglio definire, precisare e valutare le variabili ed i problemi fisico-naturali e modellistici legati a simili interventi. Questi interventi sono ormai di primaria attenzione per una pianificazione e gestione dello spazio costiero anche in termini di diminuzione della vulnerabilità e del rischio.

In questo ambito infatti i sistemi dunosi, con la loro posizione rilevata, svolgono una fondamentale azione di resilienza e di contrasto, sia all'erosione sia alla salvaguardia delle zone retrostanti (pinete, terreni agricoli o insediamenti antropici posti, come nel caso in esame, al di sotto del livello del mare) da mareggiate, acque alte, ecc. Non ultimo, infine, il ruolo di queste dune come serbatoio di acque dolci

per il sostentamento e la qualità dell'ecosistema ambientale presente e sino a rappresentare un ostacolo naturale all'intrusione salina.

Nel loro insieme già tali sintetiche considerazioni e riflessioni sono sufficienti a mettere in luce come gli obiettivi di conservazione e ripristino dei sistemi costieri comportino necessariamente, a differenza di quanto affrontato nel 2006, l'adozione di un processo di analisi e gestione realmente interdisciplinare e attuabile attraverso un approccio coerente con l'attuale visione di una Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC). In tal senso la Commissione Europea ha da tempo messo in risalto la particolare importanza di una gestione che, per le aree più vulnerabili quali quelle costiere, debba ormai tener conto della componente ambientale e applichi al meglio le logiche le valutazioni rispetto alla vulnerabilità ed al rischio.

Al tempo della progettazione dell'intervento a foce Bevano, la Regione stava ancora elaborando le proprie linee guida GIZC (sulla base della Raccomandazione europea 2002/413/CE) con il coinvolgimento di ben 9 settori regionali a diverso titolo e competenze afferenti all'ambito costiero. Se allora si stavano appena gettando le basi, oggi i tempi sono ormai maturi per una gestione davvero integrata, di questa come di altre zone costiere regionali, che si intersechi con una pianificazione sostenibile, attenta agli aspetti territoriali e ambientali. Una pianificazione e gestione che oggi tenda quindi a:

- contrastare il cambiamento climatico;
- proteggere la natura, la flora e la fauna e, ove necessario, risanare la struttura e il funzionamento dei sistemi naturali, arrestare la perdita di biodiversità e, non ultimo, proteggere il suolo dall'erosione e dall'inquinamento;

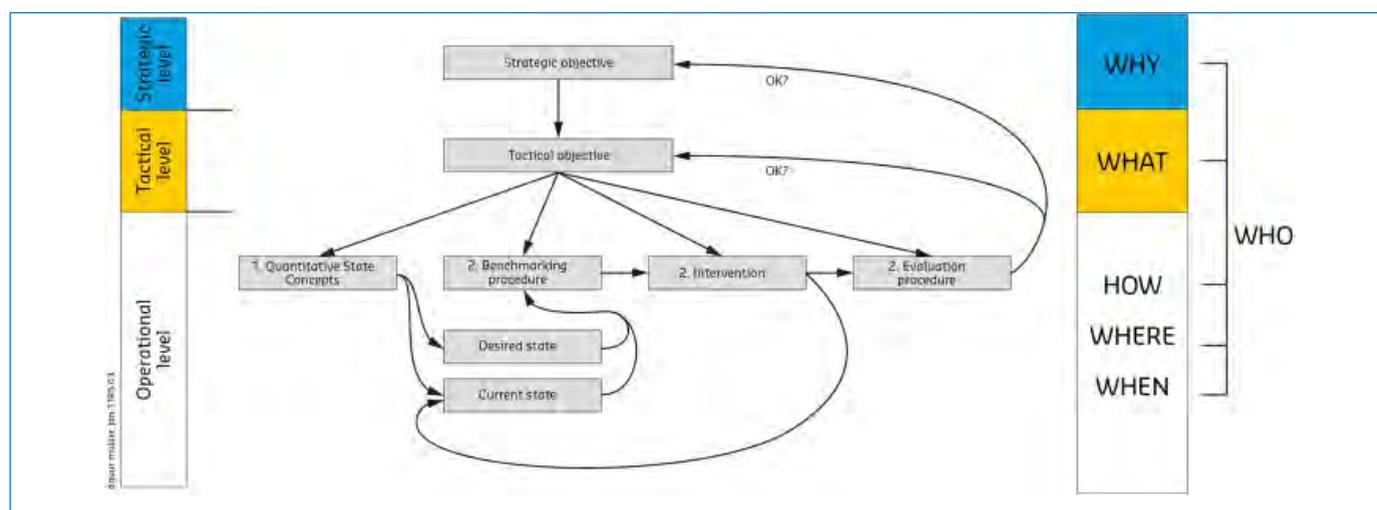


Figura 86 Schema decisionale per gli interventi di difesa della costa adottato in Olanda.

- preservare le risorse naturali e migliorare la gestione dei rifiuti;
- raggiungere questi obiettivi anche attraverso la salvaguardia degli habitat, con l'estensione della Rete Natura 2000 e delle sue aree SIC e ZPS anche lungo la spiaggia sommersa.

Naturalmente il tutto nella consapevolezza che l'uso degli "scenari" (uno dei più comuni strumenti adottati per la costruzione e elaborazione d'ipotesi circa una potenziale futura evoluzione territoriale) implica sempre oggettive e incontrollabili limitazioni. In generale, gli strumenti, le teorie e i modelli di tipo stocastico sono i più indicati a descrivere e studiare situazioni che variano in base a leggi probabilistiche (e non deterministiche), quali i fenomeni naturali, poiché in essi è presente, sia per la loro stessa natura, sia per gli errori di osservazione, una componente casuale o accidentale. Uno scenario differisce quindi anche dalla "previsione" poiché esso vuol solo rappresentare "un futuro plausibile", mentre la previsione è "il futuro più probabile".

In tal modo potrà essere anche debitamente considerato e valutato come i cambiamenti nei sistemi costieri siano generati dall'interazione tra cosiddette variabili oggettive e soggettive, che costituiscono un unico e indissociabile "sistema ambientale- territoriale". Le prime si identificano con quei parametri che possono essere misurati a livello numerico; le seconde, viceversa, sono rappresentate dalla complessità dei fattori socio-economici, politici e culturali (tra cui i portatori di interesse) che in un qual-

che modo influenzano o percepiscono il sistema. Parametri notoriamente molto difficili sia da quantificare sia da prevedere nel loro sviluppo temporale, anche di breve e medio-termine.

In estrema sintesi dunque, per il futuro sarà sempre più opportuno ed indispensabile procedere alla programmazione di interventi ed alla loro progettazione attraverso approcci integrati ed a partire da un definito e chiaro processo logico-procedurale integrato. Metodo di cui esiste ormai un'ampia esperienza e relativi modelli relazionali anche in ambito applicativo e di Gestione Integrata delle Zone Costiere. Un meccanismo che metta in sinergia le varie competenze e gli obiettivi delle Istituzioni presenti sul territorio e dei vari portatori di interesse locali e che permetta una reale integrazione verticale (fra i diversi livelli di governo del territorio) e orizzontale (fra i vari settori influenti sul sistema costiero) nel processo programmatico e decisionale relativo agli interventi necessari alla conservazione del sistema.

A titolo di esempio si riporta in figura 86 quanto da alcuni anni è spesso in uso in Olanda per strutturare ed effettuare interventi nelle zone costiere. Caratteristiche principali di questo tipo di approccio sono, ovviamente, la definizione di chiari obiettivi ai diversi livelli e decisioni tecnico-operative. Insieme, i vari componenti sono in grado di rispondere a tutte le questioni fondamentali poste da una efficiente politica di sviluppo sostenibile oltre che di pianificazione e gestione di medio periodo.



bibliografia



BIBLIOGRAFIA

1. Inquadramento dell'area e sintesi della pubblicazione del 2009

AA.VV. (2009). Foce Bevano: l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia. Regione Emilia Romagna, Servizio Difesa del Suolo della Costa e Bonifica.

2.1 Il benthos della zona intertidale della spiaggia della foce del T.Bevano

Arpa Emilia-Romagna (2011)- Le mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia- Romagna: 1946- 2010. pp69. http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/archivio_pdf/costa/atlantemareggiatecompletoweb.pdf

Autorità Bacino del Po (2012). Mappatura della pericolosità nelle aree costiere marine della Regione Emilia-Romagna ricadenti nel distretto padano - Specifica Tecnica. Allegato 6.4. <http://www.adbpo.it/on-multi/ADBPO/Home/PianodiGestionedelRischiodiAlluvioni/Attivitaincorso/documento13341.html>.

Ciavola P., Armaroli C., Chiggiato J., Valentini A., Deserti M., Perini L., Luciani P. (2007). Impact of storms along the coastline of Emilia-Romagna: the morphological signature on the Ravenna coastline (Italy): Journal of coastal research SI 50 : 540-544.

Defeo O., McLachlan A., (2005). Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. Marine Ecology Progress Series 295, 1-20.

EuroSION (2004). A guide to coastal erosion management practices in Europe: lessons learned. "Coastal erosion – Evaluation of the needs for action" Directorate General Environment European Commission http://www.euroSION.org/shoreline/lessons_learned.pdf.

Giere O. (2009). Meiobenthology. The Microscopic motile fauna of aquatic sediments. Ed. Springer. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 527 pp.

Montanari R., Marasmi C. (a cura di) (2011) Nuovi strumenti per la gestione dei litorali in Emilia-Romagna: SICELL il sistema gestionale delle celle litoranee. Regione Emilia-Romagna.

Mulder J.P.M., Hommesa S., Horstmanb E.M. (2011). Implementation of coastal erosion management in the Netherlands. Ocean & Coastal Management 54, 888-897.

Schlacher T.A., Schoeman D. S., Dugan J., Lastra M., Jones A., Scapini F., McLachlan, A. (2008). Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. Marine Ecology 29 (1): 70-90.

2.3. Struttura dell'artropodofauna terrestre nell'ambiente della duna ricostruita

Audisio P. (2002). Litorali sabbiosi e organismi animali. In "Dune e spiagge sabbiose – Ambienti fra terra e mare" – Quaderni Habitat - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Museo Friulano di Storia Naturale – Comune di Udine, pp. 63-117.

Chinery M. (2004). Guida agli insetti d'Europa. Atlante illustrato a colori.

Clark W.H, Blom P.E. (1992) An efficient and inexpensive pitfall trap system. *Entomological News* 103(2): 55-59.

Contarini E. (1990) Eco-profilo d'ambiente della coleotterofauna di Romagna: 4-arenile, duna e retroduna della costa adriatica. *Bollettino del Museo civico di Storia Naturale di Venezia* 41: 131-182.

Francati S., Ferroni L., Speranza M., Dindo M.L. (2011).- Indagine su artropodi e altri invertebrati in ambienti dunosi costieri recentemente restaurati: risultati preliminari. - XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia (Genova 13-16 giugno 2011), Atti, p. 176.

Ferroni L., Speranza M., Venturi G., Monti A., Pritoni G. (2009). Coastal sand dune restoration in the Northern Adriatic coast: a pilot study. 19th Conference of the Society for Ecological Restoration International, Perth 23-27 August 2009, pag 74.

Piccoli F., Merloni N. e Corticelli S. (1999). Carta della vegetazione del Parco regionale del Delta del Po. Stazione Pineta di Classe e Saline di Cervia. Scala 1: 25000. Regione Emilia Romagna-Servizio Cartografico e Geologico.

Speranza M., Ferroni L., e Pritoni G. (2009). L'intervento di vegetalizzazione della duna. In: AA.VV., Foce Bevano: l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia. Regione Emilia Romagna, Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica, pag 26-28.

New T.R. (1999) By-catch, ethics and pitfall traps. *Journal of Insect Conservation* 3: 1-3.

Zanella L., Uliana M., Scarton F., Barberi F. e Ratti E. (2009) Valutazione ambientale di alcuni arenili veneti con formazioni a dune mediante lo studio della coleotterofauna specializzata (Insecta, Coleoptera). *Bollettino del Museo civico di Storia Naturale di Venezia* 60: 41-88

3.1. Assetto idrogeologico del sistema dunoso

Antonellini M., Mollena P., Giambastini B., Bishop K., Caruso L., Minchio A., Pellegrini L., Sabia M., Ulazzi E., Gabbianelli G. (2008). Salt water intrusion in the coastal aquifer of southern Po Plain, Italy: Hydrogeology journal, 16, pp. 1541-1556.

Antonellini M. and Mollema P. N. (2010a). Impact of groundwater salinity on vegetation species richness in the coastal pine forests and wetlands of Ravenna, Italy. *Ecological Engineering*, 36, 1201-1211.

Antonellini M., Balugani E., Gabbianelli G., Laghi M., Marconi V., Mollema P. (2010b). Lenti d'acqua dolce nelle dune della costa Adriatico-Romagnola. In *Studi Costieri* 2010.

Balugani E. (2008). Caratterizzazione idrogeologica del sistema di dune tra foce Bevano e Lido di Classe. Tesi di Laurea, Corso di Laurea in Sc. Ambientali, Università di Bologna- Campus di Ravenna.

Marconi V. (2011). Effetti della vegetazione e del drenaggio, sull'intrusione salina nell'acquifero freatico costiero della zona compresa fra foce dei Fiumi Fniti e Foce Bevano (ravenna). Tesi di Dottorato, Università di Bologna, 180 pp.

Pifferi M. (2012). Idrologia di un cordone di dune costiere nella zona naturale a sud di Foce Bevano. Tesi Laurea Magistrale Scienze Ambientali, Università di Bologna, 153 p.

Regione Emilia-Romagna (2012). ARPA. Carte climatiche regionali: Precipitazioni/afflussi http://www.arpa.emr.it/dettaglio_documento.asp?id=1109&idlivello=64 .

3.2. Impatti delle mareggiate e indicatori morfologici

Calabrese L. (2009) - Lo studio delle modificazioni geomorfologiche della spiaggia emersa associate alla mareggiata del dicembre 1992 attraverso la foto-interpretazione, tra le foci dei fiumi Savio e F. Uniti (Ravenna, Italia). Relazione di attività. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Deserti M. e Valentini A. (2011) Il clima meteo-marino del bacino adriatico nel settore emiliano romagnolo.

Report tecnico.

Montanari R, Marasmi C. (a cura di) (2011) – Nuovi strumenti per la gestione dei litorali in Emilia-Romagna. Regione Emilia-Romagna

Perini L., Calabrese L., Deserti M., Valentini A., Ciavola P., Armaroli C. (a cura di) (2011) – Le Mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna, 1946-2010. I quaderni di Arpa, pp. 141. Arpa Emilia Romagna, Bologna, ISBN 88-87854-27-5.

Perini L., Luciani P e Calabrese L. (2011) Stato delle aree critiche della costa Emiliano-Romagnola risultati del monitoraggio GPS – aggiornamento settembre 2011. Relazione di attività. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Sedrati M., Ciavola P., Armaroli C. (2011). Morphodynamic evolution of a microtidal barrier, the role of overwash: Bevano, Northern Adriatic Sea. *Journal of Coastal Research* SI 64, 696–700.

3.3. Evoluzione della spiaggia e del sistema di dune (zona sud e zona nord)

Armaroli C., Ciavola P. (2011). Dynamics of a nearshore bar system in the northern Adriatic: a video-based morphological classification. *Geomorphology* 126, 201-216.

Armaroli C., Ciavola P., Perini 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.

Armaroli C., Grottoli E., Harley M. D., Ciavola P. (2013). Beach morphodynamics and types of foredune erosion generated by storms along the Emilia-Romagna coastline, Italy. *Geomorphology*, SI, (in stampa)

Ciavola P., Armaroli C. (2010). Evoluzione recente del sistema dunale di Lido di Dante-Foce Bevano (Ravenna): fattori naturali ed impatto antropico. *Studi Costieri* 17, 19-38.

Ciavola P., Tondello M., Carniel S., & Sclavo M. (2012). Artificial deviation of a small inlet (Bevano, northern Italy): prediction of future evolution and planning of management strategies using open-source community coastal models. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(33), management.57. doi:10.9753/icce.v33.management.57

Grottoli E., Ciavola P. (2012). Morfodinamica e risposta a corto e medio termine ad eventi di mareggiata delle spiagge comprese tra Foce Bevano e Lido di Classe (RA). *Studi Costieri* 20, 25-46.

Masselink G., Short A.D. (1993). The effect of tide range on beach morphodynamics. *J. Coastal Res.* 9, 785-800.

Short A.D. (1999). *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. Wiley, Chichester, 392 pp.

Wright L.D., Short A.D. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches. *Mar. Geol.* 56, 93-118.

3.4 Evoluzione della copertura vegetale della duna ricostruita e sua relazione con le variazioni morfologiche superficiali

AA.VV. (2009). Foce Bevano: l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia. Regione Emilia Romagna, Servizio Difesa del Suolo della Costa e Bonifica.

European Environment Agency (2006). *The changing faces of Europe's coastal areas*. Copenhagen.

Preti M. (ed.) (2009). Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2007 e piano decennale di gestione. I Quaderni di ARPA – ARPA Emilia-Romagna, Bologna, 271 pp.

Speranza M., Ferroni L., Pritoni G. (2010). Dal monitoraggio di un intervento pilota al protocollo operativo per la realizzazione della copertura vegetale di dune costiere. *Studi Costieri*, 17: 181-195.

Vittuari L. (2008). Precise global georeferencing of sites and geodetic techniques for morphological surveys within a common reference frame. In: ARCHAIA Case Studies on Research Planning, Characterisation, Conservation and Management of Archaeological Sites. p. 59-66, Oxford:Archaeopress, ISBN: 978-1-4073-0357-4

4.1 Idee progettuali di riqualificazione fluviale del torrente Bevano

Brath A. (2003). Studio sulla problematica del rischio idraulico costiero. Studio Autorità dei Bacini Romagnoli

CIRF (Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale) 2006. La Riqualificazione Fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A. Nardini, G. Sansoni (curatori) e collaboratori, Mazzanti Editori, Venezia.

Da Deppo L., Datei C., Salandin P. (2000) - Sistemazione dei corsi d'acqua. Edizioni Libreria Cortina Padova

Geomed di Ravenna (2007), Approfondimento delle conoscenze sull'evoluzione geomorfologica dei principali corsi d'acqua naturali dei bacini regionali romagnoli. Studio Autorità di bacini Romagnoli.

Manuzzi M. (2004). Le reti ecologiche dei Bacini Regionali Romagnoli Studio Autorità di bacini Romagnoli.

Mazzoli, P. (1999). Analisi del rischio idraulico nel torrente Bevano e verifica degli interventi di mitigazione, tesi in Ingegneria, Bologna.

Maione U., Brath A. (1998) La difesa idraulica dei territori fortemente antropizzati. Editoriale BIOS

Maione U., Brath A., Mignosa P. (2000) Sistemazione dei corsi d'acqua – metodi avanzati nella progettazione di interventi di ingegneria naturalistica. Editoriale BIO

Mazzoli, P. (1999) Analisi del rischio idraulico nel torrente Bevano e verifica degli interventi di mitigazione, tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Università di Bologna, relatore prof. Ing. A.Brath,

MED Ingegneria S.r.l (2003 e 2005), Aggiornamento delle analisi idrauliche sulla base dei rilievi topografici recenti e costruzione di un modello operativo condiviso per la pianificazione e progettazione degli interventi nell'autorità dei bacini regionali romagnoli. Studio Autorità di bacini Romagnoli.

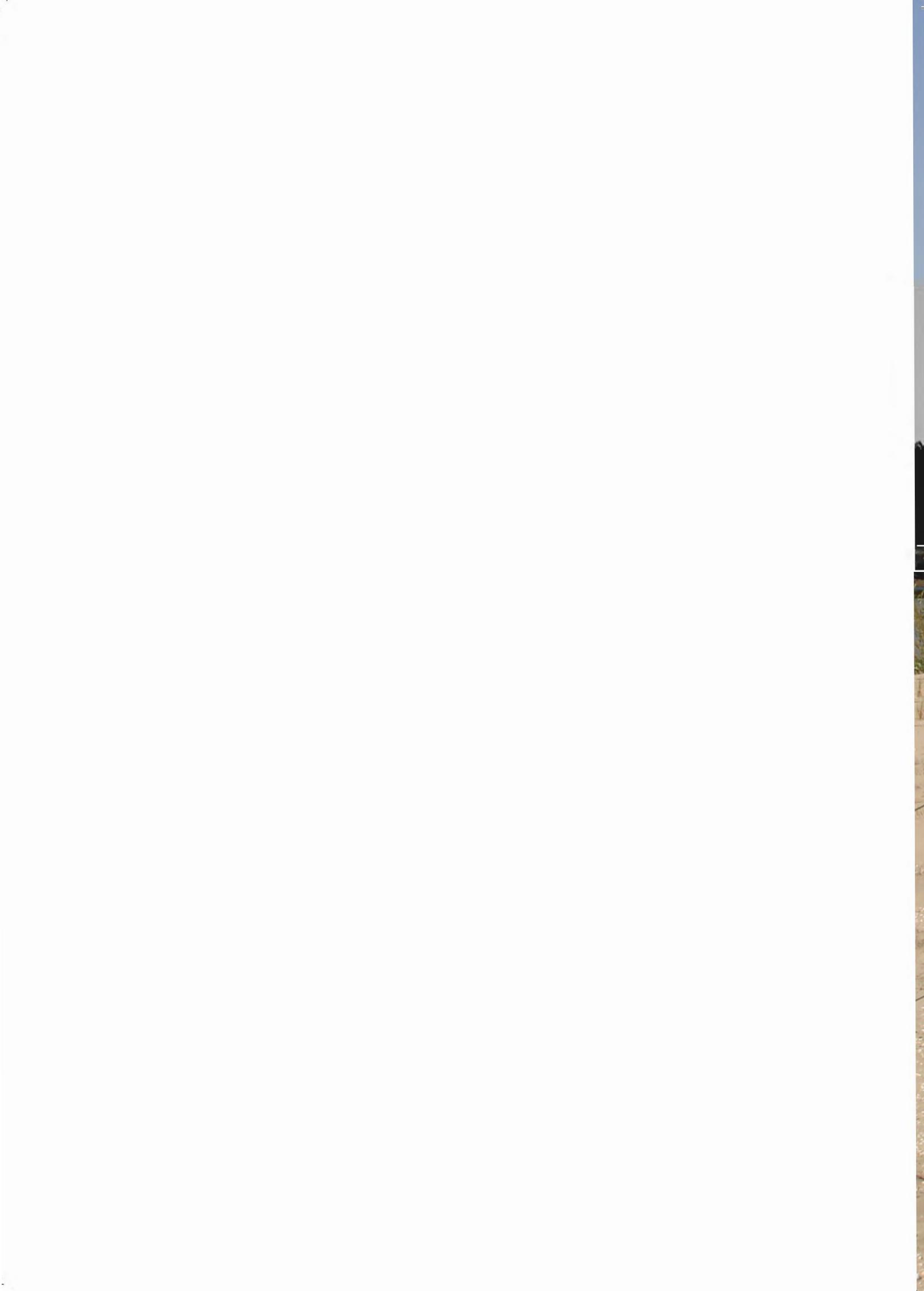
Regione Emilia-Romagna (2012). Linee guida per la riqualificazione ambientale dei canali di bonifica in Emilia-Romagna.

Sormani D., (1998) Relazione idraulica – Progetto Generale di sistemazione del Torrente Bevano, SPDS Forlì-Cesena e SPDS Ravenna.

Sormani D., Pardolesi F. (2009) Laminazione delle piene e riqualificazione fluviale in Romagna, rivista Riqualificazione Fluviale - n. 2/2009. Speciale Atti "1° Convegno italiano di RF", Sarzana 18-20 Giugno 2009.

Sormani D., Pardolesi F. (2011). Laminazione delle piene sul reticolo idrografico minore e riqualificazione fluviale, Convegno su "La gestione del rischio idraulico e del dissesto geomorfologico: le opportunità della riqualificazione fluviale", Roma 11 Marzo 2011.

Sormani D., (2012). Il torrente Bevano: dalla sistemazione idraulica alla riqualificazione fluviale, Atti "2° Convegno italiano sulla riqualificazione fluviale", Bolzano 6-8 Novembre 2012



appendice





**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE E TECNOLOGIE AGROAMBIENTALI**

e

**REGIONE EMILIA-ROMAGNA
SERVIZIO DIFESA DEL SUOLO, DELLA COSTA E BONIFICA
DIREZIONE GENERALE AMBIENTE E DIFESA DEL SUOLO E DELLA COSTA**

per il

**MONITORAGGIO DELLO SVILUPPO DELLA VEGETAZIONE E DELL'ACCRESCIMENTO
DELLA DUNA IN CORRISPONDENZA DELL'INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE
FUNZIONALE DEL TRATTO COSTIERO DI FOCE BEVANO**

Relazione finale

PARTE VII

**PROPOSTA DI PROTOCOLLO PER LA REALIZZAZIONE/RESTAURO
DELLA COPERTURA VEGETALE DI DUNE SABBIOSE COSTIERE**



Responsabile scientifico: Prof. Maria SPERANZA (DiSTA)

Collaboratori: dott. Lucia FERRONI, dott. Giuseppe PRITONI (DiSTA)

**Coordinamento: dott. Roberto MONTANARI - Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica -
Regione Emilia-Romagna**

29 Ottobre 2009

INDICE	pag
0. Premessa	3
1. Il modello di riferimento per i sistemi dunosi costieri dell'Alto Adriatico	4
2. La specie chiave da utilizzare negli interventi di costruzione/restauro di sistemi dunosi	6
3. Considerazioni sulla biodiversità	8
4. Provenienza del materiale vegetale utilizzato, tempi e modalità di raccolta	9
5. Propagazione e coltivazione in vivaio	10
6. Piantumazione: epoca, aspetti logistici, modalità	12
7. Protezione dal calpestio	14
8. Monitoraggio	15
9. Esempio costi	15
10. Letteratura citata	16

PROPOSTA DI PROTOCOLLO PER LA REALIZZAZIONE/RESTAURO DELLA COPERTURA VEGETALE DI DUNE SABBIOSE COSTIERE

0. Premessa

Come risulta dal recente rapporto dell'European Environment Agency (EEA, 2006), che traccia un esauriente quadro della situazione, le aree costiere sono in gran parte dell'Europa in uno stato di forte criticità. Tra i fattori che agiscono negativamente su di esse, l'alterato equilibrio tra sedimentazione-erosione, per il ridotto apporto a mare di sedimenti da parte dei corsi d'acqua regimati, è uno di quelli a maggior impatto. Si stima che a scala europea il deficit di sedimenti sia di 100 milioni di tonnellate/anno (Eurosion – www.eurosion.org). Ad accentuare gli effetti di tale squilibrio, si aggiungono l'innalzamento del livello del mare, legato anche a fenomeni di subsidenza, e la tendenza ad un incremento di intensità negli eventi di mareggiata e inondazione.

Considerata l'importanza socio-economica delle aree costiere, il ripristino di un equilibrio nel bilancio sedimentazione-erosione è problema di grande importanza; un'azione di questo genere richiede sia l'identificazione di aree dove sono in atto processi di sedimentazione, sia l'identificazione di riserve strategiche di sedimenti, da cui i sedimenti stessi possano essere prelevati senza compromettere altri equilibri. In funzione del raggiungimento di questi equilibri e con una visione più moderna e più ampia del problema, si tende oggi a privilegiare la gestione complessiva dei sedimenti piuttosto che la sola difesa della costa e la gestione della spiaggia. A questo scopo si ricorre a tecniche "soft" di ingegneria costiera, che ben si conciliano con la valorizzazione degli ecosistemi naturali (dune, stagni retrodunali, ecc.), la cui integrità contribuisce a mantenere positivo il bilancio di sedimentazione e quindi anche alla difesa del territorio retrostante (EEA, 2005). Interventi di ripascimento della spiaggia possono pertanto essere vantaggiosamente affiancati da interventi che tendano a trattenere la sabbia là dove essa è stata artificialmente depositata, agendo sia al lato mare che a lato terra, promuovendo, in questo secondo caso, la costruzione e/o il restauro di sistemi dunosi che possano dinamicamente integrarsi con il sistema spiaggia.

Sul litorale emiliano-romagnolo la riduzione dei sistemi dunosi costieri e delle comunità naturali ad essi collegate iniziò a cavallo tra il XIX e il XX secolo, a seguito delle opere di rimboschimento tese a salvaguardare il valore agricolo del territorio costiero (Cencini, 1980). Ma a partire dagli anni '50 del secolo scorso, l'uso intensivo degli arenili e delle zone retrostanti a scopo turistico-balneare è stato la maggior causa di contrazione dei sistemi dunosi costieri. Attualmente le aree dunose regionali si estendono su una superficie di 19 km², ma solo il 3% di tale superficie è occupata da dune attive, di cui circa un quarto è a rischio di erosione marina, visto il ridotto sviluppo della spiaggia antistante (< 20 m). La scarsa attenzione e l'uso inappropriato dei sistemi dunosi nelle aree a frequentazione turistica (calpestio, creazione di varchi per l'accesso alla spiaggia e per parcheggio), rappresentano altri elementi negativi che, da soli o sommati agli effetti dell'erosione marina, provocano un degrado del sistema. La copertura vegetale delle poche dune attive rimaste è spesso scarsa o quasi assente (Simeoni et al., 2009), comunque non tale da assicurare la funzioni di cattura e stabilizzazione dei sedimenti che è esercitata da una copertura vegetale non disturbata e adeguatamente sviluppata.

Nell'ambito del piano regionale decennale di gestione della costa, che prevede il ricorso ad interventi di ripascimento (Preti, 2009), risulta importante, laddove possibile, affiancare a tali interventi un miglioramento delle condizioni dei sistemi dunosi esistenti o la realizzazione di sistemi dunosi nuovi. Ripascimento e sistema dunoso efficiente dovrebbero infatti agire in sinergia per ristabilire l'equilibrio del bilancio sedimentazione-erosione. Laddove non sussistono le condizioni/necessità per effettuare ripascimenti, ugualmente può essere opportuno intervenire con operazioni di piantumazione se la copertura vegetale dei sistemi dunosi esistenti si presenta più o meno degradata. Ciò allo scopo di iniziare e/o accelerare il recupero della funzionalità del sistema, secondo un approccio che si inserisce nelle linee di azione della *Restoration Ecology* (SER, 2004).

L'esperienza acquisita nel corso del progetto Beachmed-e sottoprogetto POSIDUNE (2006/2008) presso il sito pilota di Foce Bevano e nel corso del monitoraggio 2008/09, finanziato dal Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica della Regione Emilia-Romagna ed effettuato nel medesimo sito, consente di formalizzare alcune linee guida che rappresentano un primo protocollo operativo applicabile in ambito regionale per la ricostruzione e/o il restauro della copertura vegetale di sistemi dunosi. Va a questo riguardo evidenziato che:

- La ricostruzione/restauro di un sistema ecologico o di sue componenti avviene necessariamente con forti semplificazioni rispetto al riferimento naturale.

- Attraverso interventi di ricostruzione/restauro che, per quanto semplificativi, rispettino gli elementi chiave del funzionamento del sistema stesso è possibile avviare dinamiche utili al ripristino, anche in tempi brevi, di alcune delle funzioni del sistema, oltre che al raggiungimento in tempi più lunghi, di condizioni di maggiore naturalità.
- Adeguate procedure di ricostruzione/restauro rappresentano dunque uno strumento pienamente sostenibile per il recupero delle funzioni di ecosistemi distrutti e/o compromessi, oltre che per il miglioramento della qualità ambientale.
- L'avviarsi di dinamiche positive, anche in presenza di fattori di disturbo e in assenza di ulteriori input favorevoli, è di per sé indice della buona riuscita e della sostenibilità dell'intervento.

Le immagini di figura 1 esemplificano visivamente le considerazioni qui sopra enunciate.



Figura 1 – Il sito di Foce Bevano alla data del 24 maggio 2006 e del 27 maggio 2009. L'aspetto della copertura vegetale e lo sviluppo raggiunto sono indice della sostenibilità dell'intervento effettuato.

1. Il modello di riferimento per i sistemi dunosi costieri dell'Alto Adriatico

E' senz'altro opportuna una breve descrizione di come è strutturato, dal punto di vista geomorfologico e vegetazionale, un sistema dunoso costiero ben conservato, in quanto modello di riferimento per eventuali interventi di ricostruzione/ripristino di sistemi dunosi. Si fa qui riferimento a quella parte del sistema dunoso costituito da dune non fissate, che rappresentano la parte "viva" e dinamicamente attiva del sistema (figura 2).

Dal punto di vista geomorfologico, per valutare la vulnerabilità all'erosione della costa, si possono utilizzare parametri quali la quota della cresta e la continuità laterale della duna, l'ampiezza e la quota di chiusura della spiaggia libera emersa, la pendenza e la classificazione morfodinamica della spiaggia sommersa (Calabrese *et al.*, 2010). Ugualmente tali parametri e le corrispondenti classi di vulnerabilità dovrebbero essere presi in considerazione nella fase di progettazione di sistemi dunosi artificiali, o nella fase di restauro di sistemi dunosi naturali. Si cercherà di realizzare al meglio possibile rispetto ai vincoli esistenti, situazioni geomorfologicamente stabili o che possono tendere alla stabilità in tempi relativamente brevi in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del sito e degli interventi da effettuarsi sulla copertura vegetale. Considerati i vincoli esistenti e le dinamiche geomorfologiche in atto, si valuterà anche l'effettiva convenienza all'esecuzione degli interventi ipotizzati. A titolo esemplificativo, secondo Calabrese *et al.* (2010), in un sistema dunoso a vulnerabilità media la cresta della duna si trova ad una quota di 1.5-2.5 m, la continuità del sistema dunoso può essere inferiore a 300 m, la spiaggia antistante ha un'ampiezza di 40-70 m e una quota di chiusura a 1.0-1.5 m. La pendenza della spiaggia sommersa è di 0.7-0.8% e il dominio morfodinamico è mediamente dissipativo. Partendo da una situazione in cui la cresta della duna si trovi a quota intorno a 1.5 m o di poco inferiore e gli altri parametri soddisfino le condizioni per un livello di vulnerabilità media, un intervento di piantumazione può incrementare la stabilità del sistema se la copertura vegetale funzionerà in tempi brevi come trappola nei confronti della sabbia e porterà ad un incremento della quota della cresta della duna stessa. Condizioni in cui l'ampiezza della spiaggia risulti inferiore a 40 m sono invece da ritenersi critiche, con livelli di vulnerabilità variabili da alta (per 20-40 m di ampiezza) a molto alta

(> 20 m di ampiezza). Interventi di piantumazione, stante la breve distanza dalla linea di riva, risulterebbero frequentemente esposti ad eventi di mareggiata e non potrebbero neppure contare su un'adeguata alimentazione di sabbia asciutta trasportata dal vento, essendo molto ridotta o addirittura assente la parte di spiaggia non bagnata dalle onde che alimenta il trasporto di sabbia per via eolica. In situazioni di ridotto sviluppo della spiaggia, interventi di restauro di cordoni dunosi in erosione, se non accompagnati da altre misure che possano incrementare la profondità della spiaggia, non sono da prendere in considerazione.

Riguardo alla vegetazione, questa gioca un ruolo fondamentale nella genesi dei sistemi dunosi costieri, contribuendo alla sedimentazione della sabbia trasportata dal vento e alla sua fissazione. In un sistema dunoso naturale le sabbie vengono colonizzate da comunità di specie vegetali in grado di tollerare condizioni ambientali più o meno difficili e selettive in funzione della distanza dal mare e quindi dei fattori limitanti che agiscono sul sistema: aerosol marino, possibilità di sommersione da parte delle onde, salinità dell'acqua di falda. Dopo un tratto di spiaggia privo di vegetazione, ad almeno 15-20 m di distanza dalla linea di riva si forma una comunità pioniera a copertura fortemente discontinua (*Cakiletum*), composta esclusivamente da piante annuali tra cui predomina *Cakile maritima*. La presenza di specie annuali è indice assai significativo dell'elevato disturbo che caratterizza questo tipo di comunità, frequentemente sottoposta all'azione diretta delle onde. In posizione più arretrata e dunque in ambiente meno selettivo, si sviluppa la comunità dell'*Agropyretum* dominata dalla perenne *Agropyron junceum* (= *Elymus farctus*, = *Elytrigia juncea*). *A. junceum* fissa la sabbia con i suoi lunghi rizomi orizzontali e costituisce un ostacolo per il vento, ben maggiore di quanto non sia il rado *Cakiletum*; il livello della sabbia si innalza perciò a formare delle dune dette "embrionali". Ad ulteriore distanza *Ammophila littoralis* è la specie che predomina nella comunità vegetale dell'*Ammophiletum* e che maggiormente contribuisce all'edificazione della duna. Contro i suoi ampi e densi cespi, alti anche più di un metro, il vento di mare accumula continuamente nuova sabbia determinando la formazione di dune "mobili", che possono raggiungere alcuni metri di altezza (2-10 m e più). L'immagine di figura 2 mette chiaramente in evidenza anche un altro aspetto di interesse: aumentando la distanza dal mare la struttura (sviluppo verticale e stratificazione) della vegetazione diventa più articolata e complessa. L'ostacolo fornito dalla copertura vegetale e l'effetto trappola nei confronti della sabbia trasportata dal vento aumentano i parimenti, determinando la tipica morfologia del versante della duna rivolto verso mare.



Figura 2 – Un esempio di sistema dunoso ben conservato a Casal Borsetti. La foto, scattata nel 2000, è di Nicola Merloni (Cervia).

2. Le specie chiave da utilizzare negli interventi di costruzione/restauro di sistemi dunosi

Da quanto precedentemente detto sulla vegetazione dei sistemi dunosi naturali ben conservati, le specie che con particolare evidenza determinano fissazione e accumulo di sabbia sono *Ammophila littoralis*, in primo luogo, e, secondariamente, *Agropyron junceum* (figura 3). Tali specie sono dunque quelle da utilizzare se il risultato che si intende perseguire come primo effetto di un'azione di costruzione/restauro di sistemi dunosi è quello di avviare/incrementare un significativo accumulo di sabbia.

Ammophila littoralis raggiunge dimensioni davvero significative grazie alla spiccata capacità di produrre nuovi e vigorosi getti vegetativi dall'ampio sistema di rizomi che si sviluppa sotto la sabbia (figura 4). I cespi sono particolarmente densi e la parte aerea mantiene la capacità di intercettare sabbia per tutto il corso dell'anno, non verificandosi decrementi della massa fogliare legati alla stagionalità. Il sistema di rizoni e radici avventizie sotterranee contribuisce a stabilizzare in profondità il sedimento sabbioso catturato dalla parte subaerea. *A. junceum*, pur essendo una rizomatosa perenne come *A. littoralis*, ha una minore capacità di produzione di nuovi getti; i cespi che esso forma sono molto meno densi, oltre che di minor altezza; la specie è inoltre caratterizzata da un periodo di riposo vegetativo estivo, in cui la massa fogliare e il volume dei cespi si riducono notevolmente, con conseguente netta diminuzione della capacità di intercettare e accumulare sabbia.



Figura 3 – Evidente differenza di struttura e dimensioni tra *Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis* a 20 mesi dalla piantumazione, presso il sito di Foce Bevano



Figura 4 – A sinistra, particolare di un cespo di *A.littoralis* e dello sviluppo di nuovi getti da rizomi sotterranei. A destra, l'articolato sistema sotterraneo di rizomi e radici avventizie di *A. littoralis*.

Agropyron junceum, in quanto specie propria della duna embrionale, quindi di una fascia vegetata più vicina alla linea di riva di quella della duna mobile dove predomina *A. littoralis*, tollera meglio gli effetti dell'aerosol

marino. In caso di mareggiate può tollerare anche una temporanea sommersione da parte dell'acqua di mare. Tuttavia, se la mareggiata determina la sedimentazione di abbondanti quantità di sabbia, tali da ricoprire completamente i cespi di agropiro, questo può rappresentare un problema per la sopravvivenza della pianta. *A. littoralis*, ha minori capacità di tollerare gli effetti continui dell'aerosol marino, ma temporanee sommersioni in acqua in occasioni di mareggiate, come l'interramento da parte di abbondanti quantità di sabbia non pregiudicano la sua sopravvivenza. La sommersione da parte della sabbia stimola piuttosto la formazione di nuove parti dell'apparato rizomatoso sotterraneo e di nuovi getti aerei, con un positivo effetto di ringiovanimento dell'intera pianta.

La maggior velocità di crescita di *Ammophila littoralis*, unita ad altre caratteristiche favorevoli allo sviluppo di una importante massa vegetale e, conseguentemente, la maggior efficienza di questa specie nella cattura e fissazione della sabbia, la rendono nettamente preferibile ad *A. junceum* in tutti quei casi in cui si vuole privilegiare un accrescimento il più rapido possibile del sistema dunoso restaurato/ricostruito (figura 5). E' da tenere però presente che, essendo questa specie propria di quella parte della vegetazione delle dune attive, situata a maggior distanza dal mare, il suo utilizzo deve essere strettamente subordinato alla presenza di una spiaggia sufficientemente profonda (almeno 40-45 m dalla linea di riva).

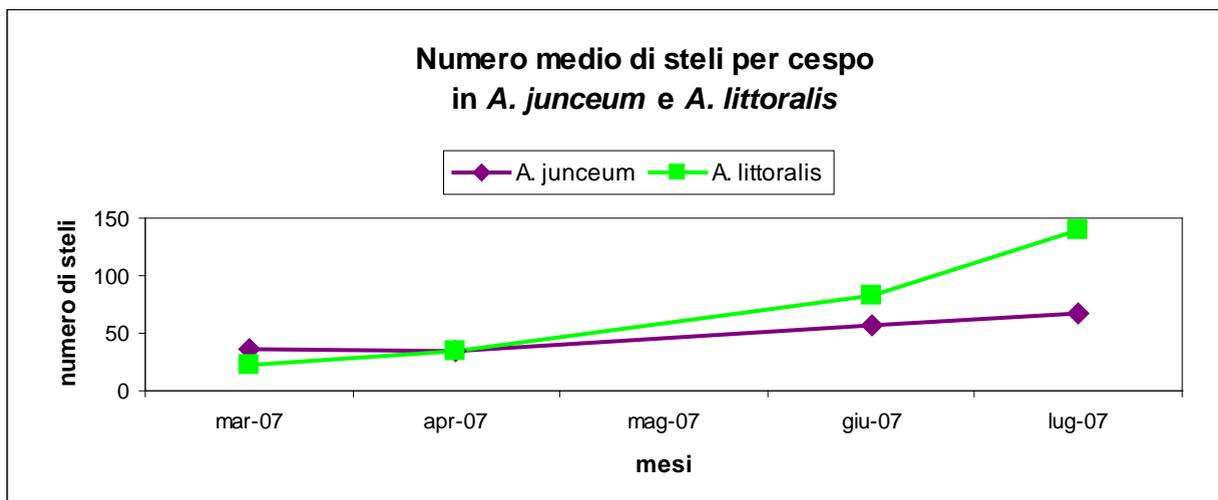


Figura 5 – Accrescimento di *Ammophila littoralis* e di *Agropyron junceum* attraverso la produzione di nuovi ricacci vegetativi. I dati riportati derivano da osservazioni eseguite sull'impianto di Foce Bevano nel corso del periodo primaverile-estivo 2007, prima stagione di attività vegetativa dopo la piantumazione effettuata nell'ottobre 2006.

Nonostante che *Agropyron junceum* sia per la sua struttura morfologica meno efficiente di *A. littoralis* nell'intercettazione della sabbia, l'impiego di questa specie è da ritenersi ugualmente utile per integrare piantumazioni di *Ammophila littoralis*, che finirebbero per avere un livello di biodiversità eccessivamente ridotto, qualora si utilizzasse la sola ammfila. In un impianto misto di *A. littoralis* e *A. junceum*, la proporzione tra le due specie può indicativamente essere di 2/3 di ammfila e di 1/3 di agropiro. Considerando le diverse dimensioni che le due specie possono raggiungere, al momento della piantumazione si avrà cura di distribuire i cespi di agropiro in posizione più esterna rispetto a quelli di ammfila, tenendo anche conto della direzione dei venti dominanti.

3. Considerazioni sulla biodiversità

Nei sistemi viventi, una buona biodiversità specifica favorisce il potenziamento delle relazioni di reciproca integrazione tra i diversi componenti del sistema, aumenta la complessità del sistema stesso, lo rende più stabile rispetto alle perturbazioni esterne e contribuisce ad avvicinarlo alla struttura funzionale di un sistema naturale.

Nella realizzazione di un intervento di costruzione/restauro della copertura vegetale di sistemi dunosi può essere inizialmente privilegiata la funzione di cattura e trattenimento della sabbia tramite l'impianto di specie come *A. littoralis* e *A. junceum*, provvedendo successivamente, anche dopo qualche anno, all'inserimento di altre specie per incrementare il livello di biodiversità del sistema. Se l'intervento di costruzione/restauro viene effettuato in un sito dove nelle immediate vicinanze sono presenti sistemi dunosi già vegetati, si può pensare che in un arco di tempo di 7-10 anni la biodiversità dell'area di intervento tenderà ad aumentare a seguito dell'arrivo di semi e/o propaguli vegetativi di altre specie psammofile presenti nelle aree vicine. Le osservazioni fatte al sito di Foce Bevano, dove una delle due estremità dell'area piantumata è adiacente ad un sistema dunoso naturale vegetato, indicano tuttavia che il processo di colonizzazione spontanea avviene con relativa lentezza. A più di tre anni dalla piantumazione, c'è stato un discreto ingresso di specie nuove, quali *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Anthemis maritima*, *Medicago marina*, *Echinophora spinosa*, *Euphorbia paralias*; il numero di individui e l'estensione di superficie colonizzata da tali specie è però ancora molto limitato.

In questo contesto va inoltre prestata particolare attenzione a specie di origine esotica che vengono coltivate a scopo ornamentale nei giardini di abitazioni ubicate in prossimità delle spiagge o negli stabilimenti balneari. Molte di queste sono in grado di insediarsi anche in ecosistemi naturali e di propagarsi con rapidità, sottraendo spazio alle specie autoctone, più efficaci nella funzione di intercettazione della sabbia e di consolidamento della duna. *Carpobrotus* spp. e *Yucca gloriosa* (figura 6), ad esempio, rientrano in questa categoria di specie. A prevenzione della loro diffusione negli ambienti dunosi, ne andrebbe vietata la coltivazione nelle aree limitrofe.



Figura 6 – *Carpobrotus acinaciformis* (a sinistra) e *Yucca gloriosa* (a destra)

4. Provenienza del materiale vegetale utilizzato, tempi e modalità di raccolta

Riguardo al reperimento del materiale da utilizzare per la piantumazione, questo dovrà essere rigorosamente di provenienza locale, da siti dove siano presenti popolamenti spontanei delle specie che si intende utilizzare. Tutti i siti della costa romagnola dove esistono sistemi dunosi con popolamenti vegetali naturali possono essere considerati idonei per la raccolta di materiale da impiegare in interventi di restauro effettuati in ambito regionale. Possono essere presi in considerazione anche siti delle vicine coste venete nell'area del delta del Po, considerato che si tratta di territori dello stesso ambito bioclimatico.



Figura 7 – Foce Bevano: sviluppo raggiunto dalla copertura vegetale dopo 8 mesi dall'impianto (foto a destra). L'impianto è stato realizzato il 26 ottobre 2006; la foto di sinistra è del 26 novembre 2006, la foto di destra è del 22 giugno 2007.

Con riferimento alle specie *A. littoralis* e *A. junceum*, che vengono qui proposte come specie chiave per gli interventi di restauro, la raccolta del materiale riguarderà parti vegetative della pianta, quali segmenti dei rizomi sotterranei con le rispettive foglie e radici. Per non danneggiare la consistenza dei popolamenti naturali in cui vengono effettuate le raccolte, è necessario raccogliere una quantità limitata di materiale e prevedere una fase di propagazione vegetativa in vivaio che consenta di incrementare il materiale vegetale disponibile da utilizzare nell'intervento. La raccolta in natura va effettuata intorno alla fine di febbraio-inizio marzo, poco prima della ripresa dell'attività vegetativa. Vanno raccolti rizomi situati in corrispondenza della parte periferica e quindi più giovane dei cespi della pianta, dove è più facile siano localizzati nodi con tessuti meristemati pronti ad attivarsi e a produrre nuovi getti. Nell'effettuare la raccolta in natura si effettueranno prelievi limitati su uno stesso sito, raccogliendo comunque il materiale da più piante madri, ben distanziate tra loro. Si effettueranno inoltre raccolte in più siti. Questo consente di disporre di materiale diversificato dal punto di vista genetico e nello stesso tempo di disporre con buoni quantitativi, senza effetti negativi sulla consistenza delle popolazioni da cui viene effettuato il prelievo.

La raccolta di materiale vegetativo effettuata in natura in febbraio-marzo consente di avere pronte per il mese di ottobre le piante da piantumare e, ad un anno dalla raccolta, di aver già le piante *in situ*, pronte per una prima stagione di crescita. Alla fine della prima stagione vegetativa, dopo 8-9 mesi dalla piantumazione, si può già raggiungere un discreto sviluppo della copertura vegetale (figura 7) che comincia a determinare accumulo di sabbia.

La quantità di materiale vegetale raccolto va commisurata in funzione delle dimensioni dell'area su cui si interverrà e del tipo di intervento (costituzione ex novo di una copertura vegetale, integrazione di una copertura vegetale già esistente). Per *A. junceum* e *A. littoralis* si può comunque far conto di riuscire ad ottenere alla fine della procedura di propagazione e dopo una stagione di crescita, circa 2.5 volte il numero di cespi raccolti. Ovviamente è sempre opportuno mantenere un certo margine nelle valutazioni che si vanno a fare.

5. Propagazione e coltivazione in vivaio

A. junceum e *A. littoralis*, hanno strategie di crescita e di occupazione dello spazio che si prestano ad essere facilmente sfruttate per ottenere in tempi abbastanza rapidi materiale vegetale attraverso propagazione vegetativa. Entrambe sono specie perenni, caratterizzate da un sistema di rizomi sotterranei, articolati in nodi ed internodi; i rizomi si allungano nella sabbia e dalle gemme portate in corrispondenza dei nuovi nodi formati dai rizomi, si sviluppano nuove foglie e nuove radici. Ne consegue un incremento delle dimensioni della pianta e un progressivo allargamento dello spazio aereo e sotterraneo da essa colonizzato. *A. littoralis* è particolarmente vigorosa nell'accrescersi attraverso questa modalità (figura 8). *A. junceum* segue anch'esso questo schema di sviluppo, anche se con minore vigoria. Per la propagazione vegetativa delle due specie in vivaio, si possono quindi utilizzare segmenti dei rizomi sotterranei su cui siano presenti una o più gemme, che, staccati dalla pianta madre, verranno posti in vasi (si consigliano vasi di 18-20 cm di diametro) contenenti 2/3 di sabbia e 1/3 di terra di campo (figura 9). Il distacco fisico dalla pianta madre ha un effetto stimolante sull'attivazione delle gemme poste sui segmenti di rizoma; da ciascuna di queste gemme originerà un nuovo cespo con foglie e radici (figura 10). Ugualmente si possono utilizzare i cespi con foglie, cui originariamente erano collegati i rizomi di cui sopra. Anche nel cespo esistono nuclei di tessuto meristematico che determinano l'accettimento, la formazione di nuovi ricacci con foglie e radici, oltre che nuovi rizomi. I segmenti di rizoma e i cespi producono innanzitutto nuove radici che, a un mese dalle operazioni di propagazione, raggiungono un significativo sviluppo. Successivamente si ha la produzione di nuove foglie e accrescimento anche della parte subaerea.



Figura 8 – *Ammophila littoralis* (a sinistra) e *Agropyron junceum* (a destra) colonizzano lo spazio disponibile mediante la produzione di rizomi sotterranei e successiva formazione di cespi subaerei. Osservando la disposizione dei giovani cespi prodotti è possibile immaginare la disposizione dei rizomi sotterranei che collegano tra loro e alla pianta madre i vari cespi.

Tutto il materiale preparato per la propagazione può essere tenuto all'aperto (figura 11), curando soltanto il mantenimento di un'adeguata disponibilità di acqua. A partire da giugno e fino alla fine di agosto-prima metà di settembre è necessario proteggere le piante con un telo ombreggiante. Ad inizio estate, durante la coltivazione in vivaio si possono anche verificare fioriture, più facilmente in *A. junceum*. E' opportuno eliminare gli scapi fioriferi per indirizzare l'utilizzo dei metaboliti prodotti dalla pianta verso la formazione di parti vegetative, piuttosto che di fiori, semi e frutti. E' inoltre necessario provvedere di tanto in tanto ad operazioni di ripulitura di parti morte e di rimozione manuale di infestanti che si sviluppano nei vasi.

A. junceum e *A. littoralis* si riproducono anche per seme. I semi vengono prodotti con abbondanza all'inizio dell'estate, all'incirca nella prima metà di luglio, e possono anch'essi essere raccolti da popolamenti spontanei delle due specie seguendo le precauzioni già indicate per la raccolta del materiale vegetativo, in modo da avere materiale diversificato dal punto di vista genetico. Tuttavia la riproduzione da seme richiede circa 12 mesi in più per ottenere piante di dimensioni paragonabili a quelle che si possono ottenere a seguito di propagazione vegetativa. Considerati i tempi più lunghi e quindi anche le maggiori cure necessarie per la più lunga permanenza in vivaio, tale via non risulta particolarmente conveniente.



Figura 9 – Il sistema rizomatoso sotterraneo di *A. junceum* (a sinistra) e *A. littoralis* (a destra).



Figura 10 – Cespi di *A. junceum* (a sinistra) e di *A. littoralis* (a destra) ottenuti per propagazione vegetativa da segmenti di rizoma provvisti di gemme, staccati dalla pianta madre.

6. Piantumazione: epoca, aspetti logistici, modalità

Le operazioni di piantumazione vanno eseguite nella seconda metà del mese di ottobre e anche fino ai primi di novembre, quando in natura le temperature sono ancora miti, nettamente al di sopra dello zero, ma non vi sono più momenti di carenza idrica. Collocando le operazioni di piantumazione in questo periodo dell'anno, si dà modo alle piante allevate in vaso e mantenute in vivaio per tutto il periodo estivo, di riattivare in settembre la crescita vegetativa radicale e fogliare finché sono ancora in condizioni controllate per quanto riguarda l'irrigazione. Ai fini di una buona riuscita dell'impianto è infatti necessario che le piante utilizzate sino tutte in ottime condizioni e non abbiano subito stress idrici e/o nutrizionali.



Figura 11 – Il materiale allevato in vivaio e operazioni di ripulitura del medesimo.

Per quanto riguarda gli aspetti logistici legati alla realizzazione dell'impianto, è quanto mai necessario che l'area dove si interverrà sia raggiungibile con mezzi di trasporto comuni o che l'ultimo tratto prima di arrivare al luogo dell'impianto sia percorribile con un trattore o altro mezzo in grado di avanzare su terreno sabbioso (figura 12). Il posizionamento delle piante va effettuato scavando nella sabbia buche di 30-40 cm di profondità, all'interno di ciascuna delle quali verrà posizionato il contenuto di un vaso, avendo cura di mantenere il più intatto possibile il pane di terra con le radici e di rincalzare bene la sabbia intorno a queste. Se possibile, si consiglia di effettuare un'irrigazione artificiale subito dopo la messa a dimora (figura 13).



Figura 12 – Trasporto del materiale vegetale sul sito dell'intervento.

In funzione del materiale vegetale disponibile e del tipo di intervento, si possono adottare differenti densità di impianto. Nell'esperienza fatta a Foce Bevano, dove si interveniva su una superficie totalmente priva di copertura vegetale, si è utilizzata una densità di circa 4 cespi/m², che ha dato buoni risultati in termini di copertura già ad un anno dall'impianto. Nelle medesime condizioni si sarebbe potuta adottare anche una densità di 5-6 cespi/m². In interventi dove si trattasse di incrementare una copertura vegetale già esistente,

si adatteranno, ovviamente, densità inferiori, anche variabili da tratto a tratto dell'intervento, in funzione delle specifiche condizioni. Nell'ipotesi di totale assenza di copertura vegetale e di utilizzo di *A. littoralis* congiuntamente con *A. junceum* in rapporto 2/3-1/3 come consigliato in questo protocollo, valori di densità di 4-5 cespi/m² danno ottima certezza di ottenere una copertura superiore a quella ottenuta nella sperimentazione di Foce Bevano, dove si è lavorato con un rapporto *A. littoralis*-*A. junceum* di 1:1. Considerate le capacità di accrescimento delle specie utilizzate, densità superiori a quelle indicate risulterebbero eccessive. Queste valutazioni derivano anche dal fatto che la procedura adottata nella sperimentazione di Foce Bevano ha assicurato la sopravvivenza di tutte le piante fino alla primavera successiva e perdite del tutto trascurabili alla fine dell'estate del medesimo anno. Del resto, anche in esperienze precedenti, in cui si sono adottate diverse densità di impianto, si è poi giunti a concludere che, relativamente ad *A. littoralis* una densità di 4 cespi/m² sia preferibile rispetto a densità superiori (9 cespi/m²), perché la prima faciliterebbe la colonizzazione spontanea da parte di altre specie psammofile, incrementando la biodiversità del sito (Cecconi & Nascimbeni, 1997; Nascimbeni 1998).



Figura 13 – Messa a dimora di un cespo di *A. junceum* e trasporto di acqua per una prima irrigazione subito dopo l'impianto.

Riguardo infine alla distribuzione spaziale delle piante che vengono piantumate, nel caso di realizzazione di una copertura vegetale su un sito che ne è totalmente privo, si possono adottare disposizioni regolari per file, parallele alla linea di riva, ma dove i cespi si alternano di posizione tra file adiacenti. Questo è lo schema che è stato adottato a Foce Bevano (figura 7), dove la scelta di uno schema di impianto regolare è stata in parte obbligata anche dalla presenza di una barriera frangivento, a moduli 6 m x 2 m preesistente al progetto di piantumazione di specie vegetali. L'effetto che ne è risultato in termini visivi è forse di eccessiva regolarità e artificiosità, particolarmente evidente nei primi anni dall'impianto, ma tendente ad attenuarsi nel corso del tempo per via di differenze nella crescita, o per la perdita di alcuni cespi. In compenso, in fase di messa a dimora delle piante uno schema regolare è più facilmente realizzabile e si presta meno a dar luogo ad errori da parte degli esecutori del lavoro.

Nel caso di integrazioni di copertura vegetale già esistente, nella maggior parte dei casi bisognerà adottare schemi di impianto più flessibili, che tengano conto della probabile necessità di inserire gruppi di piante qua e là in maniera irregolare. In casi di questo genere, dove si inseriscono piante in una copertura vegetale già esistente, di origine naturale, bisognerebbe cercare di rifarsi il più possibile al pattern naturale, fatte salve le esigenze di restaurare soprattutto le capacità di accumulo di sabbia del sistema.



Figura 14 - Immagine d'insieme (a sinistra) e dettaglio dello schema di piantumazione di *A. littoralis* (al centro) per l'intervento realizzato al Lido del Cavallino. A destra, schema di piantumazione di *A. littoralis* e di *Elymus arenarius* per la stabilizzazione di dune in Scozia.

Altri casi relativamente recenti di realizzazione di una copertura vegetale su sabbia apportata con ripascimenti (Lido del Cavallino, Venezia (Cecconi & Nascimbeni, 1997; Cecconi & Ardone, 1998)), o su sistemi di dune sabbiose costiere degradate (Scottish Natural Heritage) hanno adottato schemi di impianto ripetitivi e regolari (figura 14).

7. Protezione dal calpestio

Per una buona riuscita dell'intervento e per far sì che la copertura vegetale possa crescere e svilupparsi senza subire danneggiamenti da calpestio e da frequentazione antropica impropria, è d'obbligo proteggere l'area piantumata con una recinzione, indirizzando gli accessi alla spiaggia su percorsi stabiliti che interrompano il meno possibile la continuità del sistema dunoso (figura 15). Si ricorda a questo proposito che una continuità di almeno 300 m di lunghezza del sistema dunoso è uno dei parametri che contribuisce a mantenere ad un livello medio la vulnerabilità rispetto all'erosione dei sistemi costieri (Calabrese *et al.*, 2010). Oltre agli accessi obbligati su corridoi opportunamente distanziati, si può meglio ovviare all'interruzione della continuità della duna con la costruzione di passerelle di legno che fungono da sovrappasso rispetto alla duna stessa (figura 16).



Figura 15 – A sinistra, esempio di recinzione a protezione di un impianto di *A. littoralis*. A destra, accesso alla spiaggia attraverso un percorso obbligato e recintato.



Figura 16 – A sinistra, frequentazione antropica impropria ed evidenti segni di riduzione della copertura vegetale a seguito di calpestio, in uno dei tratti più ampi della duna naturale compresa tra Lido di Dante e Foce Bevano. A destra, passerella in legno per eliminare gli effetti del calpestio nell'accesso alla spiaggia.

8. Monitoraggio

Nel progettare un intervento di costruzione/restauro della copertura vegetale di sistemi dunosi, è quanto mai opportuno prevedere anche le risorse finanziarie per il monitoraggio dell'intervento. Questo aspetto è in genere trascurato, anche se di notevole importanza. Saranno oggetto del monitoraggio lo sviluppo della vegetazione, l'evoluzione geomorfologica del sito, gli eventi di mareggiata, il regime dei venti per un periodo di tempo significativo (almeno 3-5 anni). Scopo del monitoraggio è di verificare a posteriori la risposta della copertura vegetale e della sedimentazione di sabbia nella zona vegetata, di correlare tali risposte agli eventi fisici che con esse interagiscono, di intervenire prontamente con azioni di ripristino localizzate, qualora dovessero verificarsi delle parziali distruzioni del sistema, di incrementare le conoscenze sul funzionamento di processi naturali allo scopo di poterli prevedere e meglio dominare. Un investimento in monitoraggio degli interventi effettuati, può significare maggior efficienza e risparmio di costi in analoghi interventi futuri.

9. Costi

A titolo di esempio si riporta qui una sintetica indicazione dei costi sostenuti per la realizzazione della piantumazione effettuata a Foce Bevano nell'ottobre 2006 su una superficie di 750 m². I costi esposti coprono la raccolta del materiale vegetale in natura, la propagazione e coltivazione in vivaio, il trasporto del materiale vegetale sul luogo e l'esecuzione della piantumazione.

ATTIVITA'	COSTO
Raccolta materiale vegetale in natura (6 uscite x 300 euro)	1800,00 euro
Propagazione e coltivazione in vivaio (irrigazioni, concimazioni, allestimento ombreggiatura) di 1200 cespi di <i>A. littoralis</i> e di 2400 cespi di <i>A. junceum</i>	6000,00 euro
Trasporto <i>in situ</i> del materiale vegetale e relativa piantumazione (manodopera, irrigazione post-impianto, utilizzo trattore)	3700,00 euro
Totale	11.500,00 euro
Totale/m ² vegetato	15,30 euro

10. Letteratura citata

- Calabrese L., Lorito S., Perini L., 2010 – Vulnerabilità all'erosione della costa ferrarese. In: Perini L. & Calabrese L. (eds.) – Il sistema mare-costa dell'Emilia-Romagna. Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Pendragon, Bologna, pp. 211-223.
- Cecconi G., Ardone V., 1998 – La progettazione dei litorali con ripascimento delle spiagge: l'esperienza dei litorali di Cavallino e Pellestrina. Atti del 10° Seminario IAED – La progettazione ambientale nei sistemi costieri, 12: 11-31.
- Cecconi G., Nascimbeni P., 1997 – Ricostruzione e naturalizzazione delle dune artificiali sul litorale di Cavallino. Quaderni Trimestrali Consorzio Venezia Nuova, 2: 45-61.
- Cencini C., 1980 – L'evoluzione delle dune del litorale romagnolo nell'ultimo secolo. Rassegna Economica, Camera di Commercio, Forlì, pp. 6-7.
- European Environment Agency, 2005 – The European environment. State and outlook 2005. Copenhagen.
- European Environment Agency, 2006 – The changing faces of Europe's coastal areas. Copenhagen.
- Nascimbeni P., 1998 – Ricostruzione e naturalizzazione delle dune artificiali sul litorale di Cavallino. Atti del 10° Seminario IAED – La progettazione ambientale nei sistemi costieri, 12: 32-41.
- Preti M. (ed.), 2009 – Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2007 e piano decennale di gestione. I Quaderni di Arpa - Arpa Emilia-Romagna, Bologna, 271 pp.
- SER (Society for Ecological Restoration), 2004 – The SER Primer on Ecological Restoration, Version 2. Society for Ecological Restoration – Science and Policy Working Group. <http://www.ser.org/reading-resources.asp>
- Scottish Natural Heritage – A guide to managing coastal erosion in beach/dune systems. <http://www.snh.org.uk/publications/on-line/heritagemanagement/erosion/>
- Simeoni U., Corbau C., Brunelli V., 2009 – Lo stato attuale delle dune in Emilia-Romagna. In: Marasmi C. (ed.) – Foce Bevano: l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia. Regione Emilia-Romagna, Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica, pag.14.

L'area di foce Bevano è considerata una delle zone più significative dal punto di vista ambientale e paesaggistico di tutto il litorale dell'Emilia-Romagna. Nel 2006 la Regione ha deciso di intervenire per ridurre il rischio idraulico nei territori retrostanti. Si è così attuata una riqualificazione funzionale a basso impatto ambientale accompagnata dalla ricostruzione della duna costiera erosa dalla migrazione verso nord della stessa foce. Con la prima pubblicazione "Foce Bevano, l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia" (2009) era stato posto l'accento sull'evoluzione della zona di foce illustrando i risultati dei monitoraggi (vegetazionale, morfologico, idrogeologico) effettuati nei primi tre anni successivi ai lavori.

Questo nuovo volume - a ormai sette anni dall'intervento - ha come obiettivo quello di fare il punto sullo stato dell'area protetta per quanto riguarda gli aspetti evolutivi ambientali e naturalistici, oltre che di assetto morfologico, idrogeologico, vegetazionale, tracciando un quadro gestionale integrato e di prospettiva dei vari elementi.

una pubblicazione a cura del



**Servizio Difesa del Suolo
della Costa e Bonifica**

Viale della Fiera 8

40127 Bologna

telefono: 051 5276811

fax: 051 5276841

email: difsuolo@regione.emilia-romagna.it

ambiente.emilia-romagna.it/suolo-bacino



ISBN 978-88-8186-007-4



9 788881 860074