



 Regione Emilia-Romagna

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



foce
Bevano

l'area naturale protetta e
l'intervento di salvaguardia

Foce Bevano: l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia

Supervisione

[Marioluigi Bruschini](#)

Assessore alla Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile

[Giuseppe Bortone](#)

Direttore Generale Ambiente, Difesa del Suolo e della Costa.

Comitato di Redazione

[Roberto Montanari](#), [Christian Marasmi](#), [Carlo Albertazzi](#)

Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica

[Piermario Bonotto](#)

Responsabile Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica

Autori

[Luisa Perini](#), [Lorenzo Calabrese](#)

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

[Giovanni Gabbianelli](#), [Marco Antonellini](#)

Università di Bologna - Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali (CIRSA)

[Maria Speranza](#), [Lucia Ferroni](#), [Giuseppe Pritoni](#), [Nicola Merloni](#)

Università di Bologna - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali (DiSTA)

[Umberto Simeoni](#), [Corinne Corbau](#), [Valerio Brunelli](#)

Università di Ferrara - Dipartimento di Scienze della Terra

[Paolo Ciavola](#)

Università di Ferrara - Dipartimento di Scienze della Terra, Coastal Processes Research Unit (COPRU)

[Giovanni Nobili](#)

Corpo Forestale dello Stato - Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina (RA)

[Claudio Miccoli](#)

Direzione Generale Ambiente e Difesa del suolo e della Costa

[Mauro Ceroni](#), [Mario Castelli](#), [Ennio Malavolta](#)

Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli

[Massimiliano Costa](#)

Provincia di Ravenna - Settore Politiche Agricole e Sviluppo Rurale

Responsabile del progetto

[Roberto Montanari](#)

Curatore della pubblicazione

[Christian Marasmi](#)

Grafica

[Monica Chili](#)

Regione Emilia-Romagna - Servizio Comunicazione ed Educazione alla Sostenibilità

[Christian Marasmi](#)

Impaginazione

[Christian Marasmi](#)

INDICE

cap.1	Introduzione	4
1.1	Le caratteristiche e l'evoluzione dell'area di foce Bevano	4
1.2	L'area protetta di foce Bevano	8
1.3	La biodiversità: le specie vegetali	10
1.4	La biodiversità: le specie animali	12
cap.2	L'intervento di sistemazione della foce e la ricostruzione della duna	15
2.1	Le problematiche idrauliche e ambientali	15
2.2	La morfodinamica della foce prima dell'intervento	17
2.3	Il progetto di riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di foce Bevano	19
2.4	La gestione dell'area da parte del CFS	23
cap.3	L'intervento di vegetalizzazione della duna	26
cap.4	Il monitoraggio della foce	30
4.1	La morfodinamica dopo l'intervento	30
4.2	Le ipotesi evolutive future	32
cap.5	Il monitoraggio della duna	34
5.1	La falda sospesa	34
5.2	Il trasporto eolico	37
5.3	La copertura vegetale	39
5.4	Il monitoraggio morfologico di dettaglio	41
cap.6	La gestione futura dell'area	44
6.1	Le linee di indirizzo dell'Ente Parco del Delta del Po per l'area di foce Bevano	44
6.2	La manutenzione della zona di foce e la gestione della duna	48
	Bibliografia	51

In Emilia-Romagna, come in numerose altre zone costiere basse e sabbiose che si affacciano sul Mediterraneo, le spiagge sono sempre più frequentemente soggette a fenomeni di erosione e a rischio di sommersione per eventi di mareggiata. Oltre alla diminuzione degli apporti sedimentari fluviali, al fenomeno della subsidenza e al peggioramento del clima meo-marino, uno dei fattori principali dell'esposizione a rischio dei territori costieri è quello legato allo smantellamento progressivo degli apparati dunosi.

Le dune, infatti, rappresentano una naturale struttura di difesa e al contempo una riserva di sabbia per il ripascimento naturale delle spiagge, oltre che un valido contrasto all'intrusione del cuneo salino a difesa delle falde di acqua dolce dell'immediato entroterra.

Un tempo i cordoni dunosi si estendevano lungo gran parte della fascia costiera regionale. Ad oggi, su 130 km di litorale regionale, solo circa 34 km riportano presenze di rilievi dunosi, di cui circa 10 km in provincia di Ferrara, 22 km in provincia di Ravenna e i rimanenti 2 km distribuiti nel tratto costiero più meridionale.

Alcuni anni fa, con la Delibera di Consiglio Regionale 645/2005, la Regione approva le Linee Guida per la Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC) che indicano, fra le varie azioni per la difesa e la riqualificazione dei litorali, anche la ricostruzione delle dune costiere e l'introduzione di disposizioni normative di tutela per le dune ancora esistenti e per il loro recupero e riqualificazione.

In questo contesto la Regione ha portato avanti diverse esperienze, fra cui l'intervento di sistemazione della foce del Torrente Bevano con la ricostruzione e vegetalizzazione della duna che era stata erosa per effetto delle dinamiche costiere in atto nella zona di foce.

Questa pubblicazione permette oggi di fare il punto sulle condizioni dell'area di Foce Bevano a seguito dell'intervento di sistemazione realizzato nel 2006, di dare conto dell'efficacia di tale intervento e delle azioni successive, degli studi e dei monitoraggi intrapresi e ancora in corso, delle attività di manutenzione e gestione dal punto di vista idraulico, naturalistico e della difesa costiera.

Quello che vi presento è un volume molto ricco che, oltre ad illustrare le caratteristiche di un intervento considerato all'avanguardia per tecniche di ingegneria naturalistica, fornisce un ampio quadro delle elevate valenze ambientali di quest'area che, per ricchezza faunistica e vegetale, condizioni morfologiche e di habitat naturali, costituisce un caso ormai unico e prezioso della costa regionale.

Sull'area di Foce Bevano hanno lavorato e stanno lavorando strutture dei diversi livelli istituzionali, Regione, Provincia, Comune, insieme alle Università e in coordinamento con il Parco regionale Delta del Po e il Corpo Forestale dello Stato, un concorso interistituzionale e interdisciplinare al perseguimento di un obiettivo comune di conservazione e tutela dell'area protetta.

Gli ottimi risultati conseguiti verso questo obiettivo comune e anche la ricchezza di questo volume, sono il risultato di un'esperienza di lavoro più che decennale di collaborazione fra queste strutture e soprattutto fra le persone, alte professionalità nei vari settori, che operano con grande competenza e passione.

A tutti loro e agli autori di questo volume, che vi invito a leggere con attenzione, vanno i miei più sentiti ringraziamenti e l'augurio di proseguire sulla strada tracciata per il raggiungimento di risultati sempre migliori.

Marioluigi Bruschini

Assessore alla Sicurezza Territoriale. Difesa del Suolo e della Costa.

Protezione Civile

Introduzione capitolo 1.1

Le caratteristiche e l'evoluzione dell'area di foce Bevano

Luisa Perini e Lorenzo Calabrese

figura 1



In alto: inquadramento geografico dell'area di foce. In basso: il Bevano prima dell'intervento di sistemazione della foce. Sono visibili i meandri, le aree umide, i complessi dunosi e le spiagge.
Foto R. Spadoni

Il Torrente Bevano è un corso d'acqua con un bacino idrografico di limitata estensione (circa 94 km²) che si origina dalle colline presso Bertinoro (FC), a quote relativamente basse (160 m s.l.m.), e che si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 34 km. Dopo aver attraversato la pianura ravennate, dove raccoglie le acque di molti fossati, scoli agricoli e canali di bonifica, sfocia in un settore costiero caratterizzato da un alto pregio dell'ambiente naturale, costituito da zone umide, pinete, spiagge sabbiose ed estesi cordoni dunosi.

L'area della foce del Bevano (conosciuta anche come *Bassona*) si colloca in un ambito di piana costiera generata, sin dall'età preistorica, dai rami deltizi meridionali dell'antico delta del Po e dai corsi d'acqua appenninici (F. Savio, F. Uniti. e F. Reno). L'estensione della piana costiera verso terra aumenta da sud verso nord passando da circa 5 km nei pressi di Cervia, a oltre 30 km lungo il corso del F. Reno per passare ad oltre 40 km nel settore ferrarese. La morfologia della piana costiera ravennate è caratterizzata dalla presenza di aree poco elevate sul livello del mare (tra 0 e 1 m s.l.m.) e da aree depresse per lo più corrispondenti alle zone umide (Saline di Cervia, Ortazzo, Ortazzino, Vene di Bellocchio) ed alle superfici bonificate (Valle Standiana, settori delle Piallasse ravennate, settori della piana deltizia del F.Reno). Le porzioni più elevate, comunque non superiori ai 3-4 m, corrispondono ai dossi di canali fluviali e alle dune antiche e recenti. L'origine dei principali elementi morfologici costieri di questa zona è riconducibile all'azione combinata dei processi marini e fluviali, con una predominanza dell'azione del mare testimoniata dalle particolari caratteristiche dei delta fluviali sia attuali sia antichi.

La parte terminale del torrente Bevano ha un carattere meandriforme con l'ultimo tratto che tende fortemente a migrare verso nord. Nell'area sono ancora ben preservati i resti di meandri abbandonati, le barre fluviali e le zone umide (Ortazzino). Negli ultimi 50 anni la foce del Bevano ha subito profonde modificazioni come è evidente nella sequenza delle immagini in figura 2. In particolare, negli ultimi 30 anni, la migrazione verso nord del tratto terminale del canale fluviale del Bevano è stata causata da processi marini dominanti, come le correnti lungo costa, e da un regime fluviale di bassa energia. Questa migrazione ha prodotto una

rapida erosione della pineta retrostante e delle dune presenti nel lato immediatamente a nord della foce a cui si è aggiunta la difficoltà nello smaltimento delle acque di piena verso mare. Con l'intervento effettuato nel 2006 l'erosione delle dune e della spiaggia si è arrestata e i pericoli di allagamento si sono ridotti (cfr capitolo 2).

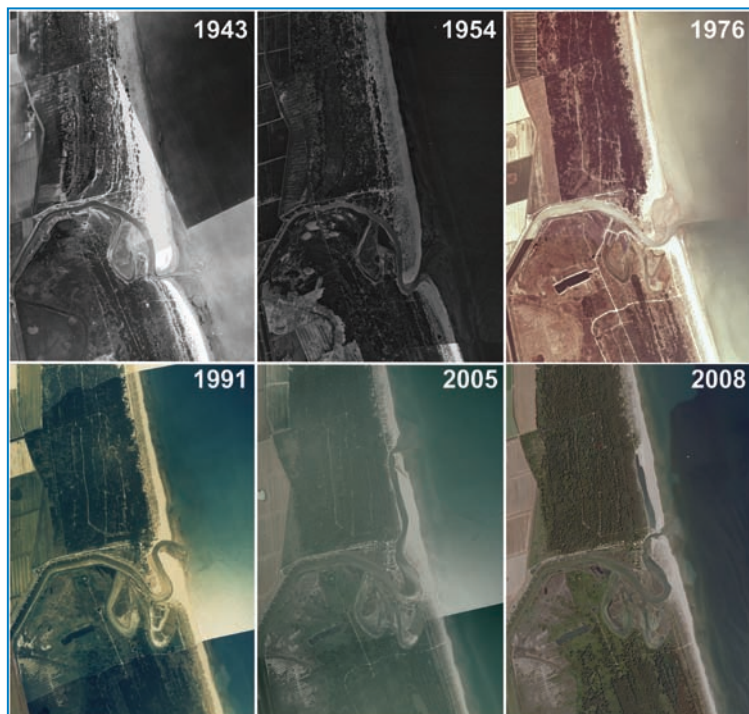


figura 2

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

I complessi dunosi

Le dune antiche (riferibili agli ultimi due secoli) sono completamente ricoperte da vegetazione arborea (la pineta) e perciò stabilizzate; esse occupano un'area di oltre 500 m di ampiezza fra l'entroterra e la spiaggia. Le dune presenti nella fascia tra la pineta e la spiaggia sono le più recenti, (sviluppatе negli ultimi 50 anni) e sono state classificate in base al grado di maturità in 3 categorie: la duna stabilizzata (con ampiezza variabile da pochi metri fino ad oltre 100 m) caratterizzata generalmente da vegetazione arbustiva diffusa, la duna semi-stabilizzata (con vegetazione più rada) e la duna attiva, dove sono evidenti i segni delle modificazioni in atto. Quest'ultima è più discontinua ed è larga circa 10-20 m. La cresta della duna più prossima alla linea di riva ha una quota media di circa 3 m, massima di 4-5 m e minima di 1-1,5 m. La zona che comprende foce Bevano è il settore litoraneo che presenta la maggior continuità del sistema dunoso di tutta la regione (circa 5 km, anche se interrotti dalla presenza della foce stessa). Anche qui, come in altri settori litoranei, si

registra una sofferenza delle dune, a causa dell'impatto antropico, legato al flusso di bagnanti, e dell'erosione dovuta alle mareggiate.

figura 3



Sovrapposizione delle linee di riva del 1893-94 e 1943-44 sulla carta storica regionale: si osserva l'avanzamento dell'area di intercuspide coincidente con la foce del Torrente Bevano.

La spiaggia emersa e sommersa

La spiaggia emersa è caratterizzata da un'ampiezza compresa tra 77 m e 5 m, quest'ultima calcolata nei pressi di Lido di Dante a ridosso delle opere di difesa, con una media di circa 28 m. L'ampiezza diminuisce progressivamente da sud verso nord con l'eccezione del tratto della foce dove si registrano i valori maggiori. La spiaggia emersa ha una pendenza variabile ed è caratterizzata da quote medie dei punti più interni di 2 m (altezza massima 3,75 m). Le quote minori si registrano presso il tratto della foce.

In continuità con la spiaggia emersa, nella spiaggia sommersa si osserva un terrazzo di bassa marea sottile e discontinuo e un bassofondo generico, spesso interrotto da canali ed escavazioni (*rip-channels* e *scours*) generati dalle mareggiate. Nella zona più profonda della spiaggia sommersa, in una fascia compresa tra i 30 m e i 200 m dalla riva, si riconoscono invece sistemi di barre che, procedendo verso il largo, si presentano da oblique a longitudinali, da irregolari e festonate a rettilinee.

L'evoluzione storica

L'evoluzione storica della costa emiliano-romagnola degli ultimi 200 anni risente fortemente delle modificazioni climatiche che hanno segnato il passaggio dalla cosiddetta "Piccola Età Glaciale" (1300-1850 d.C.), caratterizzata da abbondanti precipitazioni e da una forte dinamica fluviale, ad un periodo di "optimum climatico". Questa transizione ha significato una forte riduzione del trasporto solido da parte dei corsi d'acqua, con una conseguente sotto-alimentazione delle foci. Per questo motivo, durante gli ultimi 100 anni, il litorale emiliano-romagnolo è stato caratterizzato da un processo di rettificazione della linea di riva che è avvenuto attraverso l'erosione dei delta dei fiumi appenninici (F.Reno, F. Uniti e F. Savio) e la crescita delle spiagge interposte. L'area del Torrente Bevano, confinata in un ampio golfo tra le cuspide deltizie del F. Savio e di F. Uniti, ha beneficiato del processo di smantellamento delle due foci che ha fornito il sedimento necessario alla progradazione del sistema costiero verso mare, come evidenziato dall'analisi delle carte topografiche storiche, delle foto aeree e delle relative carte geomorfologiche (1943-1982-2000 e 2005) prodotte nell'ambito del Sistema informativo della Costa (SIC) della Regione Emilia-Romagna (fig. 3). Il fenomeno di rettificazione, con avanzamento dei paraggi "concavi" e arretramento di quelli "convessi", è attualmente in corso e dal 1943 ad oggi, in vicinanza della foce del Bevano, si registra un avanzamento del piede della duna pari a 50-100 m mentre, in prossimità delle foci ed in particolare presso Fiumi Uniti, si osserva un sensibile arretramento della duna (circa 50 m a Lido di Dante).

approfondimento 1

Che cos'è una duna? Le funzioni ambientali e di difesa

Giovanni Gabbianelli

Le spiagge (sempre costituite da una parte emersa ed una sommersa) e le dune (dall'olandese "duinen", colline o cumuli di sabbia) sono parte integrante ed indissolubile di un unico sistema ambientale e territoriale che va sotto il nome di "zona di transizione", cioè il naturale e sfumato passaggio tra ambienti terrestri e marini veri e propri (fig A). Un sistema molto dinamico, nello spazio e nel tempo, in cui la sabbia viene costantemente scambiata e ridistribuita dalle onde e dal vento e in cui si sviluppa una tipica vegetazione pioniera particolarmente resistente alla salinità.

L'origine e l'evoluzione delle dune costiere presenta meccanismi abbastanza complessi, ma tre possono essere considerati gli elementi essenziali per una loro naturale formazione e sviluppo:

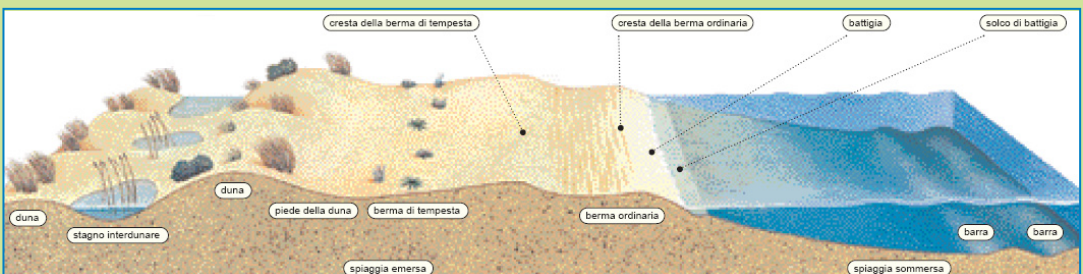
- una spiaggia sabbiosa sufficientemente ampia e con idonea dimensione dei granuli;
- un vento attivo durante l'anno per un sufficiente periodo di tempo, unitamente ad una energia in grado di spostare i singoli granuli e creare così le dune della spiaggia emersa;
- una rapida colonizzazione da parte della vegetazione pioniera (cfr. capitolo 1.3) che trattenendo i granuli può originare piccoli cumuli che danno inizio al processo di formazione delle prime dune mobili.

A livello regionale l'insieme di queste condizioni si registrano, quasi unicamente, nell'area circostante la foce del Torrente Bevano, grazie al persistere dei caratteri di elevata naturalità che è stato possibile salvaguardare in quest'area. Le dune tendono infatti ad essere fragili, in parte mobili, e facilmente esposte al deterioramento e all'erosione, soprattutto a causa delle pressioni esercitate dall'uomo. Se sufficientemente conservate, le dune offrono però una serie di importantissimi benefici tra cui:

- una riserva di sedimenti in grado di rifornire materiale alla spiaggia, contribuendo così a ridurre significativamente l'eventuale erosione;
- una morfologia più elevata che, se continua, è in grado di contrastare efficacemente i possibili rischi di inondazione nell'entroterra causati da intense mareggiate e/o fenomeni di acqua alta;
- la presenza di una falda, seppur modesta, di acqua dolce che viene ricaricata rapidamente dalle piogge; la presenza di tali falde può offrire oggi una efficace azione di contrasto all'intrusione salina (cfr. capitolo 5.1);
- sono nicchie ecologiche (cfr capitolo 1.3 e 1.4) di elevatissimo valore ambientale e paesaggistico.

Non a caso le poche dune residue presenti lungo le coste europee costituiscono oggi habitat particolarmente minacciati ed ormai riconosciuti di prioritaria salvaguardia e conservazione (Direttiva Comunitaria Habitat n. 92/43/CEE; L.R.- RER 9/2002, Delibera CR- RER 468/2003).

figura A



Generale zonazione di un sistema spiaggia - duna. (fonte: Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare)

Introduzione capitolo 1.2

L'area protetta di Foce Bevano

Giovanni Gabbianelli

figura 4



Elenco dei principali vincoli presenti a Foce Bevano

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 (cfr. capitolo 2.4). La Riserva interessa una fascia costiera retrodunale (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.4).

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, ed ancora parzialmente presente nelle fasce marginali e nel sottobosco.

L'area in destra foce (sud), denominata Ortazzino, comprende i meandri fossili del Bevano, parte delle dune 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 ripristinate. 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. In particolare la comunità di Caradriformi nidificanti, assai varia, riveste grande interesse conservazionistico.

approfondimento 2

L'evoluzione storica delle dune in Emilia-Romagna

Umberto Simeoni, Corinne Corbau, Valerio Brunelli

Sui litorali adriatici restano ben poche aree costiere dove i cordoni dunosi non siano stati pesantemente intaccati. Alla fine degli anni '90 l'Atlante delle spiagge italiane evidenziò che le dune erano presenti solo sul 9,8 % (123 km) della costa adriatica, di cui più del 50 % nella sola Puglia. Inoltre il 20,3 % dei cordoni dunosi aveva subito delle modificazioni antropiche ed il 57,7 % era interessato da fenomeni erosivi della spiaggia.

Nell'Ottocento quasi tutto il litorale emiliano-romagnolo era bordato da una serie di cordoni dunosi, con andamento prevalentemente rettilineo o debolmente arcuato in presenza sia delle foci fluviali del Reno, Fiumi Uniti e Savio sia dei moli portuali di Porto Corsini e Rimini. Questi cordoni, lunghi anche qualche chilometro, si estendevano in ampiezza dai 100 m nel riminese ad oltre 700-800 m nel ravennate. Lo sviluppo dell'apparato dunoso è ben documentato dalle carte storiche del XIX secolo. Altre indicazioni sullo sviluppo delle aree dunose provengono da ricerche storiche; ad esempio, quella di Borghi nel 1938 riporta come, alla fine del XIX secolo, sul litorale di Misano vi fossero dune alte 3-5 m, ampie 10-15 m e lunghe 20-30 m.

A cavallo fra il XIX e XX secolo furono effettuati i primi interventi che apportarono grandi modificazioni all'evoluzione naturale delle dune. In Emilia-Romagna, come in molti altri tratti del litorale italiano, per salvaguardare il valore agricolo del territorio costiero furono forestate estese aree dunose. Nel 1935 la piantumazione era giunta quasi al termine e rimanevano scoperti solo piccoli tratti della costa in corrispondenza d'aree edifica-

te (Porto Corsini, Casalborsetti, ecc.) e del litorale compreso tra Lido Adriano e la foce del Bevano. Questi interventi se da un lato hanno alterato le sezioni naturali e degradato le comunità vegetali retrodunali, dall'altro hanno concorso alla conservazione di alcune aree dunose visto che, negli anni successivi, le dune non forestate furono, in pochi decenni, spianate per apprestare nuove colture o per essere edificate.

Nel litorale emiliano-romagnolo la maggior contrazione dei cordoni dunosi costieri fu però determinata dalla crescita dell'edificato turistico-balneare, sviluppatosi con tempi e modi differenti lungo i litorali provinciali. Negli anni '30, ad esempio, lo sviluppo urbano distrusse i cordoni dunosi forlivesi e, negli anni cinquanta, determinò la scomparsa delle sporadiche dune costiere rimaste tra Cattolica e Cesenatico. Nei litorali di Ravenna e Ferrara, invece, lo sviluppo più discontinuo di nuovi lidi e marine, iniziato negli anni '50, consentì una maggiore conservazione di questi depositi eolici. Ciò pone in evidenza come l'uso intensivo degli arenili a scopo turistico-balneare sia stato la causa principale della scomparsa delle dune, anche se i prelievi di sabbia a scopo edilizio e l'espansione delle colture hanno determinato alcune riduzioni localizzate (fig. A).

figura A



Inserimento di alcuni stabilimenti balneari fra le dune a Marina di Ravenna

Introduzione capitolo 1.3

La biodiversità: le specie vegetali

Nicola Merloni e Maria Speranza

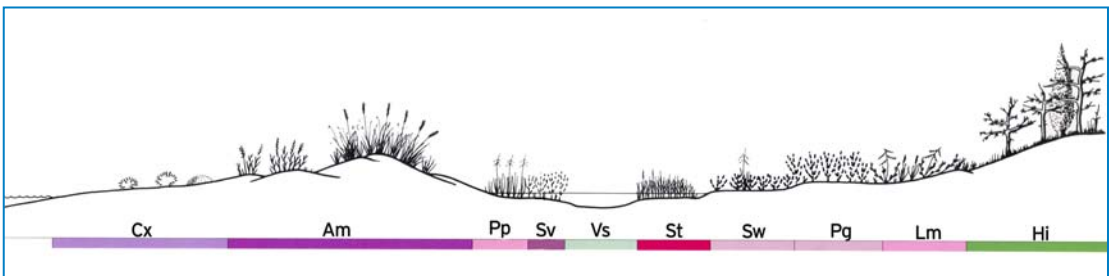
figura 5



Salicornia veneta

L'area circostante la foce del Torrente Bevano, compresa tra Lido di Classe a sud e Lido di Dante a nord, si trova in uno dei tratti di costa di maggior pregio naturalistico per la varietà di ambienti e di specie sia vegetali che animali che essa ospita. Questo patrimonio naturale si è almeno in parte mantenuto grazie al vincolo di Riserva naturale dello Stato, istituito nel 1979 sulla fascia costiera, e al divieto di accesso in un'ampia porzione di territorio retrostante (Ortazzo ed Ortazzino), di proprietà privata. Dal 1988 l'area è parte del territorio del Parco Regionale del Delta del Po e dal 2002 del SIC/ZPS IT4070009 Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano, elemento della rete ecologica europea Natura 2000. La designazione come SIC/ZPS è motivata dalla presenza di numerosi habitat tutelati dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE, tra cui alcuni prioritari (Allegato 1 alla Direttiva). Di grande rilievo conservazionistico è anche *Salicornia veneta* (fig. 5), oggetto di tutela prioritaria a livello europeo (Allegato 2 alla Direttiva), mentre le specie *Bassia hirsuta*, *Erianthus ravennae*, *Plantago cornuti*, *Spartina maritima*, *Trachomitum venetum* (= *Apocynum venetum*) sono rarissime o rare nella flora italiana.

figura 6



Successione di comunità vegetali nei sistemi dunosi di Foce Bevano. Cx: Cakileto; Am: Agropireto-Ammofileto; Pp: Puccinellieto (*Puccinellia palustris*); Sv: Salicornieto; Vs: valle salmastra; St: Spartineto; Sw: Sarcocornieto; Pg: Arthrocnemeto (*Arthrocnemum glaucum*); Lm: Limonieto; Hi: cespuglieto a Ginepro comune e Olivello spinoso. Transetto di F.Piccoli, da Piccoli et al., 1999.

Il particolare ambiente delle sabbie litoranee ha selezionato una flora specializzata (fig.7, fig.8), in grado di tollerare un terreno sciolto ed incoerente, generalmente povero di nutrienti, l'esposizione ai venti marini carichi di sabbia e di particelle di sale, la forte insolazione e l'elevata temperatura in alcune ore del giorno, la forte aridità e le ingressioni di acqua salata con le mareggiate. Le specie vegetali che colonizzano le sabbie costiere sono organizzate in comunità, indicatrici di habitat di grande interesse per la conservazione della biodiversità nel territorio europeo. Tali habitat, sono presenti, con uno stato di conservazione più o meno soddisfacente, nei sistemi dunosi circostanti la foce del Bevano. Si tratta in particolare dell'habitat della "Vegetazione annua delle linee di deposito marine" dominato da *Cakile maritima* e da *Salsola kali*, spesso compromesso dall'erosione marina e dal calpestio dei numerosi visitatori, dell'habitat delle "Dune mobili embrionali", per lo più scarsamente sviluppato, dominato da *Agropyron junceum*, dell'habitat delle "Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila littoralis*", in genere discretamente conservato, dominato da *A. littoralis*, importante edificatrice della duna, e dall'habitat prioritario delle "Dune costiere fisse a vegetazione erbacea (dune grigie)". Il disturbo e la rarefazione della copertura delle comunità autoctone compromettono la qualità della biodiversità, facilitando l'ingresso di specie alloctone, quali *Spartina juncea*, *Ambrosia coronopifolia*, *Cenchrus incertus*, *Yucca gloriosa*, *Oenothera spp.*

Le comunità arbustive del retroduna, comprendono l'habitat delle "Dune costiere con *Juniperus spp.*", dove il ginepro comune si accompagna ad un altro interessante arbusto, l'olivello spinoso (*Hippophae rhamnoides*), e l'habitat delle "Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*". Si tratta di due habitat prioritari e pertanto da tutelare con particolare attenzione. In entrambi gli habitat sono presenti specie arbustive sempreverdi, quali: *Phillyrea angustifolia*, *Pyracantha coccinea*, *Asparagus acutifolius*, *Rubia peregrina*, *Clematis flammula*, proprie del sottobosco della foresta di leccio e pertanto indicatrici di una possibile evoluzione verso tale tipologia di foresta.

Recentemente (settembre 2009) è stata notata l'espansione dei popolamenti di *Salicornia veneta*, già presenti nella zona a sud dell'attuale foce, anche più a nord, nella zona della vecchia foce, al piede della parete sabbiosa che delimita verso l'interno (ovest) il vecchio tratto terminale del Torrente Bevano. Qui si sono creati piccoli accumuli di sedimento fine, originati dal disfacimento della sovrastante parete, colonizzati da nuovi popolamenti di *Salicornia veneta* (fig. 9).

figura 7



Medicago marina

figura 8



Convolvulus soldanella

figura 9



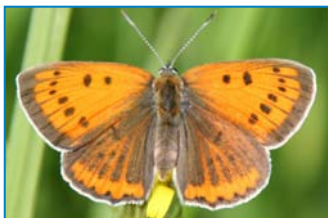
Un popolamento di *Salicornia veneta* di recente formazione al margine del vecchio tratto terminale del Bevano

Introduzione capitolo 1.4

La biodiversità: le specie animali

Massimiliano Costa, Roberto Montanari

figura 10



La Licena e la Testuggine palustre

figura 11



Il Martin pescatore

Nell'area di foce del torrente Bevano sono presenti diverse specie tutelate dalla direttiva Habitat 92/43/CEE: fra gli insetti la splendida Licena (*Lycaena dispar*); fra i pesci la Cheppia (*Alosa fallax*), il Nono (*Aphanius fasciatus*), il Ghiozzetto di laguna (*Knipowitschia panizzae*) e il Ghiozzetto cenerino (*Pomatoschistus canestrinii*); fra i rettili la Testuggine palustre (*Emys orbicularis*), il Saettone (*Elaphe longissima*), la Natrice tessellata (*Natrix tessellata*); fra gli anfibi il Rospo Smeraldino (*Bufo viridis*) e la Rana verde (*Rana lessonae*), il Ramarro (*Lacerta viridis*); fra i mammiferi l'Istrice (*Hystrix cristata*) e alcune specie di pipistrelli: il Vespertilio di Daubeton (*Myotis daubentonii*), il Pipistrello di Savi (*Hypsugo savii*), il Pipistrello albolimbato (*Pipistrellus kuhli*).

Tutte queste specie sono legate alla presenza delle zone umide, in particolare agli stagni costieri, alle praterie esondabili dei meandri fluviali, al corso stesso del fiume.

La Licena e la Testuggine palustre (fig. 10) sono presenti nelle zone umide d'acqua dolce o debolmente salmastra e non frequentano, se non in maniera del tutto marginale e occasionale, l'area che è stata oggetto di intervento e le sue adiacenze. Le altre specie, invece, sono presenti in habitat interessati o connessi direttamente all'intervento.

Nel sito inoltre sono note 44 specie di uccelli tutelate dalla direttiva Uccelli 79/409/CEE fra cui la Garzetta (*Egretta garzetta*), l'Airone (*Egretta alba*), il Fenicottero (*Phoenicopterus ruber*), l'Occhione (*Burhinus oedicnemus*), il Calandro (*Anthus campestris*), il Fraticello (*Sterna albifrons*) e il Martin Pescatore (*Alcedo atthis*, fig. 11).

Di queste 44 specie ve ne sono 20 nidificanti e 9 svernanti; tutte le 44 specie risultano anche in sosta durante le migrazioni, 20 di esse sono esclusivamente di passo.

La maggior parte di queste 44 specie è legata alle zone umide ed è localizzata negli stagni costieri, nelle praterie esondabili dei meandri fluviali, nelle spiagge negli ambienti prativi aperti; il Succiacapre ed alcuni passeriformi frequentano essenzialmente le aree pinetali ed arbustive.

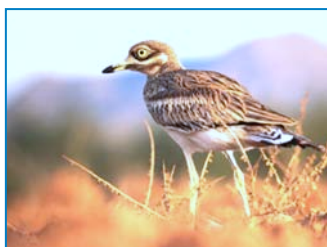
Tra le specie legate alle zone umide molte risultano dipendenti da habitat lagunari e vallivi, in particolare per quanto riguarda la riproduzione. La maggior parte delle specie di uccelli che frequenta la porzione del sito

interessata dall'intervento lo fa per motivi trofici (relativi alla nutrizione) o di sosta e riparo, in inverno o durante la migrazione. Poche sono le specie nidificanti. Il rapporto delle diverse specie con i rispettivi habitat riproduttivi è molto più stretto, rispetto a quello che le stesse hanno con i siti frequentati per motivi trofici o di sosta; gli uccelli sono molto più adattabili in fatto di habitat trofico o di sosta di quanto non lo siano per la scelta degli ambienti in cui nidificare.

Per due specie in particolare, l'Occhione e il Calandro (fig. 12), la fenologia potenziale è diversa da quella rilevata (la fenologia indica le modalità di presenza sul territorio delle varie specie nei vari periodi dell'anno: nidificante, svernante, stanziale, di passo); in altre parole, queste due specie, pur avendo nel sito habitat idonei alla riproduzione, non vi nidificano a causa della presenza di fattori perturbativi. Nella fattispecie, il disturbo antropico causato dalla frequentazione a scopo balneare della spiaggia, pregiudica l'insediamento di tali specie.

Lo stesso fattore, inoltre, causa una presenza molto al di sotto delle potenzialità anche per il Fraticello (fig. 12), che risulta nidificante irregolare e molto localizzato.

figura 12



da sinistra: l'Occhione, il Calandro e il Fraticello

approfondimento 3

Lo stato attuale delle dune in Emilia-Romagna.

Umberto Simeoni, Corinne Corbau, Valerio Brunelli

Tra il 1955 ed il 1980 sul litorale emiliano-romagnolo, con l'esclusione della Sacca di Goro, vi è stato quasi un dimezzamento delle superfici dunose (da 940 ettari a 420 ha). Negli anni '50 le aree dunose si estendevano per circa 35 ha sulla costa forlivese, 560 ha su quella ravennate e 345 ha sul litorale ferrarese. Dopo poco più di due decenni nel forlivese queste aree dunose furono quasi completamente distrutte, nel ravennate si ridussero a 260 ha e nel ferrarese a 160 ha; dei 60 km di spiaggia bordati da apparati dunosi presenti nel 1955 ne rimanevano solo 22 km nel 1980. Le dune litorali del Comune di Ravenna, ad esempio, nel 1982 si estendevano per circa 38,2 km e, nel 2001, erano ridotte a 11,2 km, di cui 9,2 km in buono stato di conservazione e 2 km in situazione precaria. Si stima che 12,3 km di dune siano scomparse a seguito dell'arretramento della costa (ad esempio per l'erosione degli apparati di foce), 9,5 km a causa dell'edificazione e circa 7 km sono stati fortemente intaccati e frammentati dagli stabilimenti balneari. I risultati dei reiterati attacchi portati dall'uomo all'integrità delle dune oggi sono particolarmente evidenti nel litorale emiliano-romagnolo dove, su circa 130 km di costa, solo circa 34 km sono oggi bordati da rilievi dunosi; di questi circa 10 km afferiscono alla provincia di Ferrara, 22 km a quella di Ravenna e i rimanenti 2 km sono distribuiti nel tratto costiero più meridionale (fig. A).

Limitati cordoni dunosi sono rimasti al Lido degli Scacchi, a nord del Lamone, tra Marina di Ravenna e Punta Marina, tra i lidi di Dante e di Classe (a Foce Bevano) e a nord della foce del Reno. Singole dune sono invece presenti al Lido di Volano, a sud del Lido di Spina, tra Lido Adriano e la foce Fiumi Uniti.

Complessivamente le aree dunose si estendono su una superficie di 19 km², ma solo il 3% di questa è occupata da dune attive, di cui circa un quarto sono prospicienti a spiagge con un'ampiezza mi-

nore di 20 m e, dunque, costantemente sottoposte all'azione demolitrice delle onde. Molto spesso la frammentazione dei cordoni dunosi rimasti è dovuta alla presenza di numerosi varchi creati per facilitare l'accesso dei bagnanti al mare. Lungo tali solchi, infatti, fuoriescono trasportate dal vento grandi quantità di sabbia verso l'entroterra accentuando così l'erosione eolica favorita anche dalla modificazione della morfologia naturale delle dune a causa del calpestio dei bagnanti (fig. B).

Il calpestio, inoltre, non favorisce la colonizzazione della vegetazione e la sua conservazione. Con l'assenza della vegetazione vengono quindi meno le azioni d'intrappolamento e di stabilizzazione che la duna esercita nei confronti della sabbia trasportata dal vento, favorendo di conseguenza l'erosione. In ambito regionale il 3 % delle dune attive è privo di una significativa copertura vegetale ed il 58 % presenta solo una rada copertura erbosa.

figura A



Percentuali di sviluppo lineare delle dune lungo il litorale Emiliano-Romagnolo (130 km) diviso per provincia: FE (30km), RA (46km) e FC e RN (44km)

figura B



Varchi antropici creati per favorire l'accesso alla spiaggia o per creare parcheggi a Lido degli Scacchi.

L'intervento di sistemazione della foce e la ricostruzione della duna capitolo 2.1

Le problematiche idrauliche e ambientali

Roberto Montanari

La decisione di intervenire a Foce Bevano è stata determinata dalla necessità di risolvere due ambiti di criticità fortemente legati fra loro: uno di carattere idraulico, che riguardava il bacino idrografico e il sistema di bonifica, e uno di carattere ambientale, che riguardava la progressiva migrazione della zona di foce con il conseguente smantellamento della duna costiera e della pineta retrodunale.

Il Bevano è un corso d'acqua caratterizzato da piene improvvise ma brevi che, in condizioni di scarsa efficienza del sistema di foce, portano ad un forte innalzamento del livello dell'acqua nel torrente, ad una maggiore difficoltà di scolo delle acque dai canali di bonifica (che drenano un territorio posto al di sotto del livello del mare) e determinano un elevato rischio di esondazione.

Il fattore che nel tempo ha accentuato tali criticità è il fenomeno della subsidenza che interessa in modo marcato la pianura ravennate e in particolare il bacino idrografico del torrente, sviluppato prevalentemente in area di pianura. Dal 1984 al 2005, infatti, l'area di foce Bevano si è abbassata di circa 21 cm.

Il progressivo abbassamento del suolo e quindi della pendenza, come forza motrice del deflusso del torrente, ha determinato negli ultimi decenni un sempre maggiore prevalere della forza del mare e dell'accumulo di sedimenti in corrispondenza della foce innescando la sua progressiva migrazione verso nord (fig. 2, pag.5). Gli effetti locali di tale migrazione sono stati lo smantellamento della duna costiera per un tratto di varie centinaia di metri (fino al momento dell'intervento del 2006), il danneggiamento progressivo e la salinizzazione della pineta retrodunale, l'esposizione al rischio di ingressione marina del territorio retrostante posto al di sotto del livello del mare.

A scala più vasta, in conseguenza a questa sostanziale "chiusura a mare" della foce e quindi alla ridottissima capacità di smaltire le piene, l'effetto di "rigurgito idraulico" che ad ogni evento di piena significativo si veniva a determinare, combinato alle basse quote degli argini abbassatisi per effetto della subsidenza, hanno contribuito a mettere in crisi il sistema di bonifica e gran parte del bacino di pianura.

Il torrente è esondato più volte a partire dagli anni '60 e '70 interessando

fig 13



Allagamento di area agricola a seguito dell'alluvione in Romagna del 1996

e danneggiando aree via via più vaste. I principali eventi si sono verificati in occasione di piogge molto intense negli anni 1979, 1981, 1989, e in particolare nel 1996 con il sormonto e collasso di un tratto arginale e conseguenze molto pesanti sulla viabilità principale di pianura, danni a numerose abitazioni e a vaste aree agricole (fig. 13). Anche nel 1997, a fronte di piogge questa volta non particolarmente intense, il sistema ha sfiorato la crisi arrivando al limite di sicurezza nell'area di pianura fra la strada provinciale Dismano e la statale Adriatica.

A seguito dell'evento alluvionale dell'ottobre 1996 la Regione Emilia-Romagna ha avviato uno studio dell'intero sistema idraulico del Torrente Bevano finalizzato alla preparazione di un progetto di adeguamento delle sezioni idrauliche e delle arginature per la messa in sicurezza del territorio rispetto alla portata di piena centennale. Il progetto preliminare approvato nel 2000 prevedeva anche un intervento di sistemazione dell'area di foce, il cui progetto definitivo ha concluso il suo iter di approvazione a seguito dello Studio di Impatto Ambientale dell'agosto 2003. L'elevato valore ambientale dell'area di foce Bevano e i vincoli ambientali esistenti sul suo territorio, hanno richiesto una progettazione dell'intervento particolarmente attenta agli aspetti di conservazione del patrimonio naturale e dei vari elementi che lo compongono: il litorale, le dune costiere, i meandri attivi e abbandonati, la pineta retrodunale, le specie vegetali e animali. Al pregio del patrimonio faunistico e floristico dell'area si accompagna però un significativo fattore di pressione antropica costituito dal villaggio abusivo della Bassona, un agglomerato di baracche e manufatti su cui sono pendenti ordinanze di demolizione e ricorsi al Consiglio di Stato. La situazione di fatto è quella di un insediamento abusivo frequentato in estate da almeno un centinaio di persone, sprovvisto di servizi e di sistemi di depurazione efficienti, che si trova all'interno della zona protetta e contribuisce ad attrarre molte altre persone sempre nel periodo estivo.

Tutte le ipotesi progettuali vagliate in prima fase hanno fatto riferimento a modalità, materiali e tecniche di intervento proprie dell'ingegneria naturalistica. Nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale sono state condotte analisi approfondite in merito agli impatti su tale patrimonio ambientale (tenedo presenti 7 possibili soluzioni progettuali, compresa quella del non intervento) e ai risultati attesi in merito alla funzionalità idraulica della foce e alla soluzione dei problemi del bacino idrografico e della relativa rete di bonifica. La soluzione più efficace è risultata quella che prevedeva l'apertura di una nuova foce in posizione intermedia tra quella del 2004/2005 e l'ultimo meandro del torrente, l'apertura di uno scolmatore con quota di fondo al medio mare (+ 0,00) tale da permettere all'acqua di passare solo in caso di alta marea o di piena del fiume e infine la chiusura della foce esistente con le sabbie provenienti dall'escavo della nuova foce e dello scolmatore e la ricostruzione parziale della duna erosa a protezione della pineta.

Altri elementi relativi alla dinamica della foce, la soluzione scelta a seguito dello Studio di Impatto Ambientale e l'intervento realizzato vengono illustrati più nel dettaglio nel capitolo 2.3.

L'intervento di sistemazione della foce e la ricostruzione della duna capitolo 2.2

La morfodinamica della foce prima dell'intervento

Paolo Ciavola

Le dinamiche di una foce fluviale ed il loro rapporto con le condizioni meteo-marine sono estremamente complesse e comportano una conoscenza delle caratteristiche del trasporto solido e liquido da parte del fiume, degli effetti sulla foce da parte delle correnti di marea e del moto ondoso.

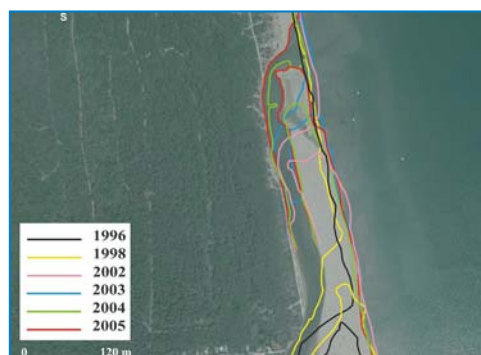
Per quello che riguarda il trasporto solido del Bevano si è stimato che il fiume abbia la capacità di scaricare a mare circa 2400 mc/anno di sabbie, un valore abbastanza modesto, probabilmente sovrastimato, dato che il fiume è regimato artificialmente nel tratto di pianura.

L'evoluzione della foce nel periodo 1996-2005 è stata ben documentata tramite l'analisi di foto aeree (1996, 1998, 2002, 2005), immagini satellitari QuickBird (2003) e dati Lidar (2004). Dall'esame della figura 14, è chiaro come la bocca di foce dal 1996 in poi sia stata sempre rivolta verso nord con una progressiva migrazione in tale direzione.

Nei nove anni presi in considerazione la foce è migrata verso nord di 500-600 m, con un tasso di spostamento annuale nell'ordine di 70-80 m/anno. Questa rapida migrazione, ed in particolare la veloce evoluzione osservata negli anni 2004-2005, ha causato la distruzione di più di 150 m di dune e di parte della pineta costiera, indebolendo il sistema di protezione naturale del territorio dalle mareggiate. Inoltre, nei periodi di magra, la foce è stata spesso chiusa dal trasporto di sabbia lungo costa, interrandosi e rendendo molto difficoltoso lo sbocco a mare in caso di piena.

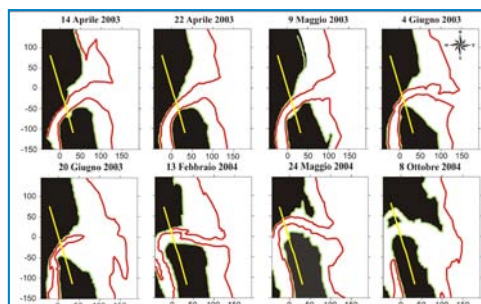
Diversi rilievi topografici, svolti nel periodo aprile 2003-ottobre 2004 (fig. 15), hanno evidenziato la formazione di una freccia litorale a sud della bocca di foce e di una zona di delta sommerso sul fondale antistante la foce, generata dalla marea uscente dalla bocca. Da aprile a giugno 2003 si è osservato uno spostamento della gola del canale di circa 40 m verso nord. Un ulteriore spostamento verso nord di

figura 14



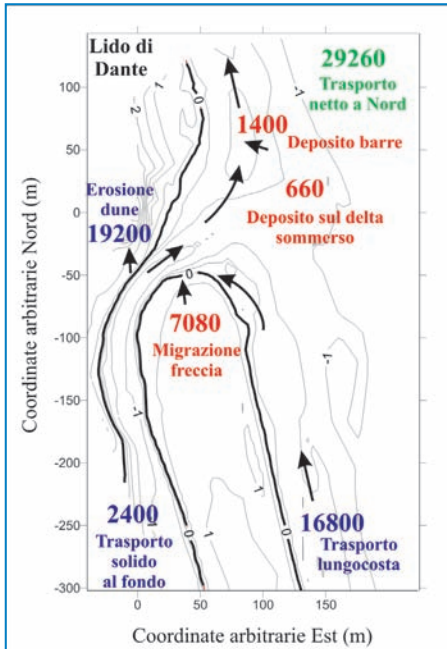
Evoluzione della foce del T. Bevano dal 1996 al 2005 (base fotografica Volo Costa 2005, Regione Emilia-Romagna). Elaborazione M. Gardelli.

figura 15



Evoluzione schematica del tratto terminale della foce del Bevano nel periodo 2003-2004. La linea verde indica la batimetria -0,5 m; la linea rossa la batimetria -1 m. Elaborazione M. Gardelli.

figura 16



Bilancio sedimentario di foce Bevano nel periodo 2003-2004. I valori sono espressi come mc/anno. Le fonti di apporto alla cella sedimentaria sono rappresentate in blu, quelle di perdita per sedimentazione all'interno della cella in rosso. Infine in verde viene rappresentato il trasporto netto verso nord in direzione di Lido di Dante. Le frecce indicano le direzioni di transito sedimentario.

più di 70 m è avvenuto successivamente da giugno 2003 ad ottobre 2004. La migrazione verso nord del tratto terminale del canale è stata quantificata nell'ordine di circa 112 m per il periodo studiato, con una velocità intorno ai 6m/mese.

La figura 15 mostra anche la rotazione verso S-E dell'asse della bocca, che era già stata notata dalla foto-interpretazione per il periodo 1996-2005: il suo andamento diventa quasi ortogonale alla spiaggia nel periodo tra giugno 2003 e febbraio 2004, rimanendo poi tale per tutto il 2004. Queste variazioni sono causate dalla migrazione verso nord della freccia litorale presente a sud della bocca, alimentata dal predominante trasporto litorale verso nord. Tra l'autunno del 2003 e l'autunno del 2004, la zona di foce è rimasta nel complesso stabile, migrando di poche decine di metri: in realtà in questo periodo la foce si è allargata (sezione N-S) a causa della notevole erosione della duna a nord, con conseguente rotazione del segmento terminale del canale di foce verso S-E.

Bisogna considerare inoltre l'importanza dell'apporto di sabbia dovuto all'erosione delle dune che occupavano la sponda nord della foce. Nell'intervallo temporale descritto le dune a nord della bocca fluviale sono state erose ed il sedimento si è depositato in prossimità della foce; in base ai dati raccolti dall'Università di Ferrara nell'ambito del progetto COAST-VIEW è stato schematizzato in figura 16 il bilancio sedimentario annuale della zona prima dell'intervento di rettifica. Esistono evidenze che ci sia un consistente trasporto di sabbie verso le opere di protezione di Lido di Dante (a nord), anche se recenti studi, svolti tramite videomonitoraggio della costa, non hanno mai identificato significativi depositi di sedimento vicino al margine meridionale delle stesse. Si ipotizza quindi che esista un punto, localizzato tra la foce e le strutture di protezione costiera, dove i sedimenti si perdono verso il largo, probabilmente in seguito alla formazione di correnti dirette verso il mare aperto in condizioni di mareggiata.

L'intervento di sistemazione della foce e la ricostruzione della duna capitolo 2.3

Il progetto di riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di foce Bevano

Claudio Miccoli, Mauro Ceroni, Mario Castelli, Ennio Malavolta, Christian Marasmi

Il "Progetto di riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di foce Bevano" è stato redatto nella consapevolezza di effettuare un intervento in un'area molto delicata.

Il sistema era già da tempo in stato di sofferenza, ed erano stati già ipotizzati degli interventi di urgenza, 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 finanziamenti di emergenza per la mitigazione del rischio idraulico, fra cui è stata finanziata anche la sistemazione della foce del Bevano.

Il Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli è stato individuato dalla Regione Emilia-Romagna come soggetto attuatore dell'intervento in quanto dotato dei mezzi tecnici e della esperienza per realizzare tale opera. Con finanziamenti stanziati dalla Legge n. 226/1999 e dalla L. R. n. 5/2000, è stato attivato un programma di interventi strutturali di emergenza e di messa in sicurezza dei punti critici delle reti idrauliche e della costa, dando conto della rilevanza e della necessità di soluzione della problematica del bacino del torrente Bevano e dei relativi comprensori di bonifica, in cui sono localizzati numerosi centri urbani e risiedono attività produttive di notevole importanza.

Si sono studiate a livello preliminare, per la predisposizione dello Studio di Impatto Ambientale, sette possibili ipotesi di intervento (fra cui l'opzione zero), valutando per ciascuna di esse i pro e i contro dal punto di vista tecnico ed ambientale.

Il contesto ambientale del progetto è stato analizzato sotto molteplici punti di vista sia a scala di bacino che a scala di intervento. Si sono raccolti ed analizzati tutti i dati disponibili nelle banche dati territoriali ed ambientali degli enti pubblici locali ed inoltre sono stati utilizzati dati tecnici specifici predisposti per progetti e studi nell'ambito territoriale di interesse.

L'analisi idrauliche hanno dovuto tenere 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

figura 17



Intervento di sistemazione della foce Bevano. Rappresentazione schematica delle principali aree di intervento

figura 18



Chiusura della foce originale e costruzione del nucleo della nuova duna con la sabbia dragata

figura 19



Costruzione palificata sulla sponda sinistra

figura 20



Messa in posa del geotessile

e idrologia sono state anche esse formulate ad una scala maggiore, 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 un comportamento delle correnti significativo per la comprensione della situazione evolutiva della foce.

Per la qualità delle acque marine si sono ritenuti sufficienti i dati delle due stazioni di campionamento nei pressi della foce del torrente Bevano. In base ai dati ambientali acquisiti, è stato valutato più compatibile dal punto di vista tecnico il seguente progetto:

- apertura di una nuova foce in posizione intermedia tra quella attuale e l'ultimo meandro, la quale consente uno scambio continuo di acqua mare/fiume anche in caso di bassa marea;
- apertura di un canale all'altezza dell'ultimo meandro, con quota di fondo al medio mare (+ 0,00); in tal modo l'acqua passa solo in caso di alta marea o di piena del fiume. Le onde vengono smorzate e la zona dei meandri abbandonati non risente di un loro effetto diretto;
- chiusura della foce esistente con il materiale sabbioso proveniente dallo scavo delle nuove foci e ricostruzione parziale della duna erosa a protezione della pineta.

A maggiore chiarimento si riporta in figura 17 lo schema dell'opera, con in rosso la nuova foce e lo scolmatore funzionante in caso di alta marea, di mareggiata o di piena, e in blu la zona di foce che è stata chiusa con ricostruzione della duna.

Il progetto

Sulla base dei risultati della Valutazione di Impatto Ambientale e delle relative prescrizioni, il Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli ha istituito un gruppo di progettazione interdisciplinare che ha predisposto il progetto esecutivo, approvato in data 29 luglio 2005. I lavori si sono svolti dal 23 gennaio al 14 aprile 2006 (tab. 1).

La movimentazione della sabbia è stata effettuata con l'ausilio di una draga attrezzata con una tubazione di refluitamento posizionata a terra, e con l'ausilio di altri mezzi meccanici di movimento terra. Il materiale proveniente dal dragaggio della nuova foce è stato quindi ricollocato sia nella zona della foce originale, in modo da determinarne la chiusura, sia per la costruzione del nucleo di una nuova duna posizionata in corrispondenza di quella esistente prima dell'erosione (fig. 18). Questa nuova duna è stata infine raccordata con il cordone dunoso naturale e non eroso a nord. Per proteggere il nuovo alveo di foce è stata costruita una palificata in corrispondenza della sponda sinistra (fig. 19), cioè quella soggetta a pressione idraulica da parte del Bevano. La palificata è stata costruita con pali in legno di castagno della lunghezza variabile dai 3 ai 6 m e di diametro da 200 a 300 mm, a seconda delle previsioni di escavazione da parte del corso d'acqua. Sono inoltre stati realizzati dei tiranti ancorati a pali infissi sul retro della palificata principale in modo da garantire la resistenza all'effetto ribaltante, mentre verso mare la palificata

è stata prolungata per circa 20 m verso nord in modo da proteggere da fenomeni di aggiramento da parte delle mareggiate.

Nella parte retrostante la palificata è stato posto in opera del geotessile (fig. 20) che ha il compito di ridurre al minimo la possibilità di asportazione del materiale sabbioso dovuto a fenomeni di trascinamento attraverso i varchi esistenti tra un palo e l'altro da parte sia delle acque meteoriche sia delle mareggiate.

Si sono inoltre realizzate viminate morte a protezione della duna di neof ormazione, per intrappolare la sabbia trasportata dal vento e quindi favorire l'accrescimento della duna stessa.

La duna è stata ulteriormente protetta con materiale naturale spiaggiato presente nell'area, concordando con il Comune di Ravenna di sospendere le operazioni di pulizia del tratto di spiaggia in corrispondenza della duna ricostruita, per favorirne la naturalità ed evitare erosioni al piede a causa dei mezzi meccanici di pulizia.

tabella 1

Opere di tipo rigido	Palificata in legname in corrispondenza dell'ultima curva della nuova foce intermedia.
Movimentazione di sabbia	circa 25.000 mc movimentati in loco, sia a terra tramite scavatore e camion (15.000 mc), sia tramite refluento diretto (23.500 mc).
Mezzi a mare	draga
Mezzi a terra	mezzi di scavo e camion per trasporto con di utilizzo di tubo su battigia per refluento sabbia.
Cantiere	temporaneo con ripristino totale dei luoghi e posizionato sulla battigia, senza interessamento delle dune.
Zone di rispetto	Individuate da progetto e recintate durante i lavori.
Dune	sviluppo di nuove dune con fascinate o materiale spiaggiato
Monitoraggio	in corso d'opera e post opera sia a mare che a terra.
Risultati attesi	spostamento della foce a sud della attuale e sua evoluzione verso il largo senza interessamento della duna; abbattimento del rigurgito idraulico in caso di piene; smorzamento moto ondoso vecchia foce e protezione pineta ed entroterra da ingressioni di acque marine.
Tempistica	dal 23 gennaio al 14 aprile 2006
Importo	361.519,00 €

Il cantiere dei lavori è stato realizzato direttamente sulla spiaggia, per disturbare il meno possibile la fauna e la vegetazione presente sulle dune, rispettando i periodi imposti dalla Valutazione di Impatto Ambientale al fine di non danneggiare le specie in riproduzione.

La porzione di alveo del Bevano rimasta isolata dalla chiusura della vec-

figura 21



La gaveta in legno vista da nord

chia foce è stata collegata al sistema mare-fiume tramite la realizzazione di una gaveta in legno posta a livello del medio mare, al fine di garantire un ricambio giornaliero di acqua con la marea e di evitare fenomeni di anossia (fig. 21).

Il sistema è stato completato con la realizzazione a sud della nuova foce di uno “scolmatore di piena” destinato ad entrare in funzione nel caso in cui la nuova foce non sia in grado di garantire sufficiente portata a mare durante una piena. La soglia di fondo dello scolmatore, anch’essa realizzata con pali in legno, è stata impostata alla quota 0,00 del medio mare.

Le opere per la mitigazione ed il monitoraggio ambientale nella fase di esercizio

L’intervento di sistemazione della foce ha permesso di ottenere un risultato significativo dal punto di vista della funzionalità idraulica della bocca di foce tramite azioni ed opere che interagiscono il meno possibile con l’ambiente, garantendo inoltre una stabilità futura dell’opera, pur nella consapevolezza di agire in un ambiente di transizione tra due sistemi dinamici come quello marino e quello fluviale.

Il progetto ha previsto inoltre l’utilizzo del materiale naturalmente spiaggiato come protezione della duna di neoformazione. Questa azione si armonizza con le previsioni del progetto di Riqualificazione di habitat costieri nel SIC e ZPS “Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano” gestito della Provincia di Ravenna.

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, anche al fine di potere svolgere eventuali azioni correttive.

La Regione Emilia-Romagna ha inoltre attivato uno studio specifico sulla dinamica del sistema di foce dopo l’intervento, che è ancora in corso (cfr capitolo 4.1).

figura 22



Immagine da bassa quota dell’area di foce Bevano. A sinistra la nuova foce, a destra la chiusura della vecchia foce con la ricostruzione della duna (foto G.Gabbianelli)

L'intervento di sistemazione della foce e la ricostruzione della duna capitolo 2.4

La gestione dell'area da parte del Corpo Forestale dello Stato

Giovanni Nobili

Il comprensorio naturale situato lungo il litorale tra le località di Lido di Dante e di Lido di Classe (RA) è tutelato dalla Riserva Naturale dello Stato "Duna costiera ravennate e foce del Torrente Bevano" con una superficie di circa 60 ettari (istituita con D.M. 5 giugno 1979) e dalla retrostante pineta litoranea demaniale, per ulteriori 173 ha circa, costituita dalle sezioni "Ramazzotti" (a nord della foce del Bevano) e "Savio" (a sud della foce) della Riserva Naturale "Pineta di Ravenna" (D.M. 13 luglio 1977). La gestione è affidata al Corpo Forestale dello Stato ai sensi della L. 6 dicembre 1991 n. 394 per il tramite dell'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina (RA).

Il complesso della pineta demaniale litoranea, che si estende dal Lido di Volano (FE) fino a Cervia (RA), è il risultato di rimboschimenti artificiali che hanno interessato a più riprese la fascia costiera e che possono esser fatti risalire agli ultimi anni del XIX secolo. L'area del Bevano fu interessata dagli interventi a partire dal 1923 (fig. 23); la funzione principale di questi impianti era legata alla necessità di proteggere le colture agricole, nelle aree bonificate retrostanti, dai venti salsi di provenienza marina.

I piani di assestamento del passato riflettono le situazioni storico-culturali proprie dell'epoca in cui furono redatti e le indicazioni che contengono appaiono molto diverse tra loro, se non opposte. Se da una parte la scelta di un trattamento di tipo intensivo, in ultima analisi quasi "industriale" del piano del 1950 fu in linea con una visione eminentemente produttiva del bosco, la scelta del "non fare" che trapela dal piano di gestione successivo appare altrettanto forte e frutto di una concezione "conservazionistica" del bosco tipica degli anni '70.

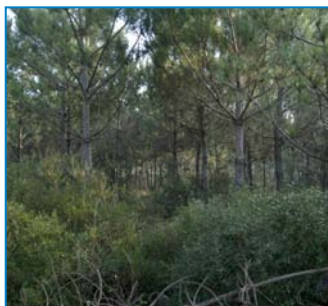
Con le recenti attività gestionali è stato invece privilegiato il ruolo ecologico-funzionale delle pinete, con la finalità di favorire le connessioni tra gli habitat e mitigare la frammentazione dovuta alla presenza antropica sul territorio. Le pinete demaniale litoranee delle province di Ravenna e Ferrara costituiscono infatti un corridoio ecologico protetto che si estende per circa 35 Km di lunghezza su di un tratto di costa di circa 80 Km, tanto più importante se si considera che corre lungo uno degli ambiti costieri maggiormente dotati di infrastrutture turistiche a livello nazionale. Le diverse "Sezioni" della pineta sono quindi parte della Rete

figura 23



Giovane rimboschimento degli anni '30

figura 24



Intervento di spalcatura in un tratto di pineta ancora giovane per favorire la strutturazione verticale della vegetazione

figura 25



Sfoltimento in area recentemente percorsa da un incendio, con rinnovazione sovrabbondante di pino marittimo

Natura 2000; l'area della "Bassona", in particolare, rappresenta circa il 20% della superficie del SIC e della ZPS "Ortazzo, Ortazzino e foce del torrente Bevano".

L'opportunità di operare a livello territoriale venne evidenziata dal Piano d'azione per la conservazione della Natura del Delta del Po, progetto LIFE di LIPU che individua le spiagge e le pinete costiere come elementi di raccordo per favorire le connessioni ecologiche funzionali tra aree di elevato valore naturalistico (come il Bosco della Mesola e le pinete storiche ravennati).

Le recenti acquisizioni faunistiche, con presenza di specie quali scoiattolo ed istrice (fino a qualche anno addietro non segnalate lungo l'area costiera) sono a confermare la funzionalità del sistema.

In linea con questo tipo di approccio, l'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina ha avviato nel 2004 un Progetto LIFE Natura "Tutela di siti Natura 2000 gestiti dal Corpo Forestale dello Stato" (LIFE04NAT/IT/000190) finalizzato a migliorare la funzione di corridoio ecologico svolta dalle pinete costiere. Il Progetto ha realizzato, oltre ad un piano operativo attuabile nel medio periodo, una serie di interventi finalizzati al miglioramento ed alla ricostituzione degli habitat esistenti, nonché la creazione di strutture naturali e di siti di rifugio per le specie faunistiche considerate prioritarie di conservazione a livello europeo presenti nell'area. Tra queste, particolarmente interessante la presenza, nel sito, di una comunità di Chiropteri costituita da sette specie, tra cui la nottola comune *Nyctalus noctula*.

Dal punto di vista selvicolturale, sono stati realizzati interventi finalizzati a migliorare la struttura verticale ed orizzontale del popolamento arboreo, considerato che, almeno a tratti, tende a presentare un'eccessiva densità ed uniformità.

In ambienti di pineta ormai matura, una copertura eccessiva può infatti limitare lo sviluppo delle latifoglie e la presenza di arbusti, mentre interventi mirati di diradamento migliorano la struttura del bosco nonché la stabilità meccanica delle piante. Gli interventi di diradamento possono inoltre sortire effetti positivi nell'innescare processi di rinaturalizzazione per mutamento delle condizioni ecologiche al suolo (luce, umidità ecc.), accrescendo la funzionalità complessiva del sistema.

Per la verifica della migliore tecnica da adottare sono state predisposte apposite aree permanenti campione, per consentire raffronti futuri tra le diverse tipologie di trattamento.

In alcuni casi il diradamento è stato ottenuto tramite cercinatura (asportazione di un anello di corteccia dal tronco degli alberi), limitando in tal modo il rischio di danni dovuti all'abbattimento e rilasciando nel bosco legno morto in piedi, utile per favorire in particolare la presenza di Picidi (comunemente Picchi). Sono stati poi tagliati e/o cercinati circa 200 esemplari di pino silvestre, da considerare specie alloctona, presenti discontinuamente nell'area, allo scopo di limitare la copertura di conifere, lasciando i tronchi in terra come dotazione di legno morto. Dove la pineta si presenta ancora giovane (piante di altezza di 2 - 4 m) sono stati tagliati ed allontanati i rami bassi ormai secchi. Questa tipologia

di intervento favorisce e ad accelera la strutturazione in senso verticale della vegetazione, facendo giungere più luce allo strato arbustivo ed al suolo, con effetti positivi sul sottobosco, sugli anfibi e sui rettili (fig. 24). Interventi di sfollo sono stati condotti dove la pineta è stata di recente percorsa da incendi ed il pino marittimo presenta una rinnovazione naturale sovrabbondante (fig. 25).

I tratti di pineta impiantati nel passato nelle aree di bassura interdunale risentono all'attuale degli effetti della subsidenza che, provocando l'innalzamento della falda, contribuiscono al cedimento degli apparati radicali dei pini. In questi casi si è intervenuto liberando dal pino le bassure umide, caratterizzate da una vegetazione di elevato valore naturalistico (fig. 26). Tra gli interventi gestionali volti alla tutela ed alla salvaguardia del sistema dunoso e degli habitat di spiaggia, una misura adottata già da diversi anni impedisce la rimozione della legna spiaggiata, che costituisce uno scheletro utile per mitigare gli effetti erosivi dell'azione marina. Evidenti effetti positivi di tale misura sono visibili in particolare nel tratto di spiaggia a sud della foce del Bevano mentre in prossimità del Lido di Dante la spiaggia risente della scarsità di apporto solido.

Interventi di ricostituzione della vegetazione degli ambienti di duna sono stati realizzati con le maestranze a disposizione dell'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina in collaborazione con l'Università di Bologna - DISTA nell'ambito del Progetto BEACHMED-e (cfr capitolo 3).

Ma l'aspetto di maggiore criticità per l'area è costituito dalla pesante presenza umana dovuta al turismo balneare sostenuta da questi ambienti ogni anno, in particolare durante il periodo primaverile ed estivo.

Questo tipo di pressione antropica rappresenta un fattore non più sostenibile per gli effetti negativi prodotti che vanno ad interferire sulla geomorfologia dei luoghi, sulla vegetazione (per il calpestio delle dune) ma anche sulla componente faunistica di questi delicati ecosistemi costieri. La presenza umana, difficilmente controllabile specie nei mesi di aprile, maggio, giugno e luglio, da considerarsi sensibili per la nidificazione, di fatto comporta il disturbo di specie di interesse naturalistico un tempo frequenti nell'area, attualmente in forte declino (quali beccaccia di mare, fraticello, fratino) che per la nidificazione utilizzano il piede delle dune e la spiaggia.

Una strategia solamente repressiva non appare sufficiente né idonea a superare le problematiche appena descritte, essenzialmente per l'elevato numero di presenze e per l'ampiezza del fenomeno.

In prospettiva, l'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina, intende perseguire una regolamentazione delle visite che individui aree specifiche, da stabilirsi successivamente ad accordi con gli Enti locali interessati, dove consentire la balneazione e l'utilizzo della spiaggia, così come della pineta, al fine di escludere le restanti porzioni di Riserva dall'accesso incontrollato.

La regolamentazione degli accessi in aree sensibili come le spiagge è una misura auspicata anche da strumenti di gestione territoriale locali, quale il Piano Faunistico Venatorio della Provincia di Ravenna.

figura 26



Pino rovesciato per effetto dell'innalzamento della falda, sramato e lasciato in sito come dotazione di legno morto

capitolo 3

L'intervento di vegetalizzazione della duna

Maria Speranza, Lucia Ferroni, Giuseppe Pritoni

L'impianto vegetazionale nell'area dell'intervento alla foce del Bevano si collega alle attività dell'Operazione Quadro Regionale BEACHMED-e (INTERREG III C), progetto POSIDUNE (cfr. Approfondimento 4), dedicato, fra l'altro, a valutare l'efficacia di interventi di ricostruzione morfologica delle dune costiere, a definire metodologie per il loro ripristino e consolidamento tramite l'impianto di specie vegetali autoctone e a verificare l'efficacia delle tecniche applicate attraverso azioni di monitoraggio.

figura 27



La successione di comunità vegetali coinvolta nella formazione di dune attive costiere è ancora ben visibile in questo tratto di costa ravennate presso Casalborsetti (foto N. Merloni). *Cakile maritima*, *Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis* (nell'ordine in figura) sono le specie che rispettivamente caratterizzano le tre comunità vegetali in successione spaziale dalla linea di riva verso l'interno

La vegetazione gioca un ruolo fondamentale nella costruzione 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 (fig. 27). Dopo un tratto di spiaggia privo di vegetazione, ad almeno 8-10 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*. 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).

figura 28



Da sinistra *Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis* possono essere propagate abbastanza facilmente utilizzando segmenti di rizomi provvisti di gemme o sfruttando la capacità di accestimento dei giovani getti una volta separati dalla pianta madre. La coltivazione in vivaio consente di controllare le condizioni di crescita e di mantenerle idonee ad un buon sviluppo degli individui.

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 (cfr capitolo 2.3). Altro obiettivo più generale era invece 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.

In funzione di tali obiettivi, le specie utilizzate per l’intervento sono state scelte tra quelle che in maniera più significativa, anche se con ruoli diversi, contribuiscono all’accumulo di sabbia nella formazione dei sistemi dunosi naturali. In particolare si tratta di *Agropyron junceum* e di *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 sono state raccolte un numero limitato di individui di entrambe le specie in popolamenti naturali del ravennate, nel tratto di costa compreso tra Casalborsetti a nord e Lido di Classe a sud. Tale materiale è stato poi propagato per via vegetativa e coltivato in vivaio (fig. 28) fino al momento dell’impianto in situ a fine ottobre 2006. La propagazione vegetativa e la successiva coltivazione, effettuate presso l’Azienda Agraria dell’Università di Bologna (AUB), hanno consentito di ottenere nell’arco di pochi mesi (aprile-settembre) nuovi cespi di dimensioni comparabili a

figura 29



Alcuni momenti della realizzazione dell'impianto a fine ottobre 2006, a cui hanno partecipato gli operai dell'Azienda Agraria dell'Università di Bologna (AUB) e del Corpo Forestale dello Stato - Stazione di Punta Marina (RA).

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. 29); 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. Le piante sono state messe a dimora scavando buche della profondità di circa 40 cm; all'interno di ciascuna è stato posto 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. 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 (le 2 più a est con *A. junceum*, le altre 2 con *A. littoralis*), su una striscia di 300 m di lunghezza e 2.5 m di larghezza, con una densità di circa 4 cespi/m². Subito dopo la messa a dimora è stata effettuata un'unica irrigazione artificiale.

L'impianto è stato esteso l'anno successivo (inizio novembre 2007) 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. Si sono utilizzati nuovamente *Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis* secondo il medesimo schema di disposizione spaziale adottato nel 2006. 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. Per l'esecuzione delle operazioni di impianto è risultato fondamentale il supporto di uomini e mezzi fornito dal Corpo Forestale dello Stato - Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Punta Marina (RA).

approfondimento 4

BEACHMED-e e il progetto POSIDUNE

Christian Marasmi



BEACHMED-e, Operazione Quadro Regionale (OQR.), finanziata nell'ambito del Programma INTERREG IIC con capofila la Regione Lazio, ha visto la partecipazione della Regione Emilia-Romagna come partner insieme ad altre regioni italiane, francesi, greche e spagnole.

L'OQR BEACHMED-e ha permesso lo sviluppo e finanziato 9 progetti fra cui POSIDUNE (Interactions de Posidonia oceanica et Sable avec l'Environnement des Dunes Naturelles).

Per conto della Regione Emilia-Romagna hanno partecipato al progetto POSIDUNE in qualità di partner:

- Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Ferrara;
- Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali dell'Università di Bologna;
- Dipartimento di Scienze e Tecnologia Agroambientali dell'Università di Bologna.

Oltre ai partner regionali hanno partecipato a POSIDUNE anche ICRAM (capofila), la Provincia di Pisa, l'EID Mediterranée (Francia) e il FORTH-IACM (Grecia). Il budget totale del progetto è stato di 314.250,00 € di cui 42.550,00 € per l'Emilia-Romagna.

Il progetto ha sviluppato una rete di scambio di esperienze e conoscenze tecniche tra i partner partecipanti per una migliore gestione del sistema spiaggia-duna e per la conservazione e il recupero dei sistemi dunosi.

I partner partecipanti si sono impegnati ad applicare le diverse tecniche disponibili a casi concreti di ripristino di sistemi dunosi in aree pilota.

In particolare, le attività del progetto POSIDUNE condotte in Emilia-Romagna hanno riguardato:

- la messa a punto di un programma per acquisire una maggiore conoscenza dello stato di criticità degli ambienti dunosi, per stimare il potenzia-

le apporto sedimentario, per individuare le più idonee metodologie e tecniche per il loro restauro e protezione (Università di Ferrara);

- la caratterizzazione idrologica e idrogeologica delle residue dune presenti nell'area costiera emiliano-romagnola, come potenziali serbatoi di acqua dolce e come barriere all'intrusione salina (Università di Bologna, CIRSA);
- la valutazione su basi vegetazionali della qualità dei sistemi dunosi regionali e la realizzazione di un impianto di vegetalizzazione sulla nuova duna del sito pilota di Foce Bevano (Università di Bologna, DiSTA).

Nell'ambito delle attività di informazione e sensibilizzazione previste dal progetto POSIDUNE sono stati installati dei cartelloni informativi a tutela dell'intervento di vegetalizzazione della duna di Foce Bevano (fig A).

figura A



Cartelloni informativi installati presso l'area di vegetalizzazione della duna a foce Bevano

Il monitoraggio della foce

capitolo 4.1

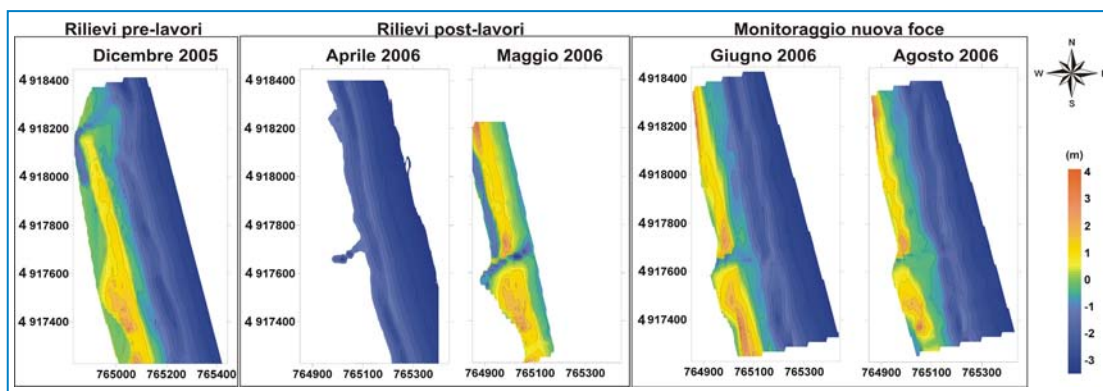
La morfodinamica dopo l'intervento

Paolo Ciavola

Come già ricordato, nel 2006, la Regione Emilia-Romagna ha eseguito i lavori di chiusura della vecchia foce e di apertura di una nuova bocca, situata a circa 500 m più a sud della precedente, all'incirca in una zona che era occupata dalla foce nel 1996 (cfr capitolo 2.3).

In previsione dei lavori di chiusura della vecchia foce e di apertura della nuova, è stato svolto un rilievo topobatimetrico pre-lavori (17 dicembre 2005) che ha permesso di rilevare il tratto terminale del torrente e i vari profili di spiaggia (a distanza di circa 20 m l'uno dall'altro) fino a - 3 m di profondità sulla spiaggia sommersa. Al termine dei lavori è stato eseguito un ulteriore rilievo batimetrico il 21 aprile 2006 ed un rilievo topografico a fine maggio 2006. Il monitoraggio è quindi continuato con due campagne di rilievi topobatimetrici, svolti autonomamente dall'Università di Ferrara (Gruppo COPRU), a fine giugno e a fine agosto 2006 (fig. 30).

figura 30



Mappe dei rilievi topobatimetrici eseguiti prima e dopo l'intervento. Si noti come i rilievi post-lavori siano stati interpolati in due mappe separate, una per la batimetria (aprile 2006) ed una per la topografia (maggio 2006). Elaborazione M. Gardelli.

Dopo l'intervento di deviazione del Torrente Bevano, la sponda settentrionale della foce risultava abbastanza stabile grazie alla presenza delle opere di protezione e contenimento in legno costruite contestualmente alle opere di dragaggio del canale. In realtà i pali di legno in più occasioni sono stati rinforzati o sostituiti in seguito a fenomeni di scalzamento al piede da parte delle correnti di marea (cfr capitolo 6.2).

Durante il periodo di monitoraggio è stato possibile osservare in più occasioni come le onde scavalcassero i pali a protezione della parte esterna (verso mare) della sponda sinistra del torrente, erodendo la spiaggia retrostante e producendo fluidificazione delle sabbie con conseguente perdita attraverso i pali stessi.

Sulla sponda meridionale della foce, subito dopo l'intervento, si è sviluppata una piccola freccia litorale, che mostrava già nei primi mesi di vita una tendenza a migrare verso nord, andando a restringere in parte la sezione del canale (fig. 31). Questo comportamento rispecchia fedelmente le dinamiche litorali osservate durante lo studio della bocca negli anni precedenti l'intervento (cfr capitolo 2.2). Inoltre, in condizioni di scarsa portata da parte del fiume, la zona del canale di foce è caratterizzata dalla deposizione del sedimento trasportato dalla deriva lungo costa con conseguente suo interrimento (fig. 32). Il canale tende a riaprirsi solamente in condizione di maree sigiziali (che hanno delle grandi escursioni di livello tra alta e bassa marea), quando vengono raggiunti i picchi di corrente in uscita dalla bocca.

figura 31



Configurazione della bocca in data 27 luglio 2006. Si nota la piccola freccia che si protrae all'interno del canale.

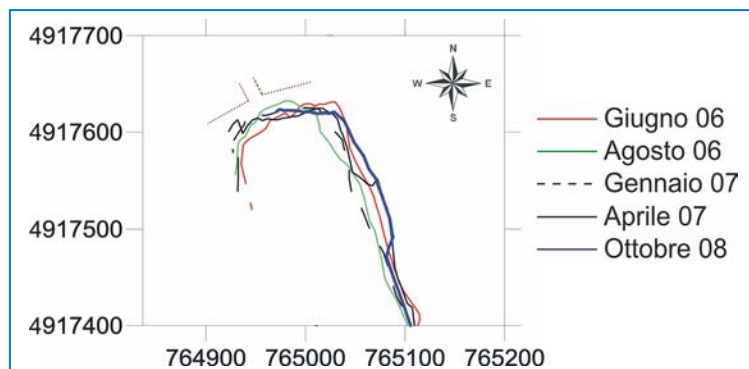


figura 32

Variazione della forma della bocca del T. Bevano, tra giugno 2006 ed ottobre 2008. La posizione delle sponde è stata mappata individuando la linea di livello corrispondente al livello medio del mare (l.m.m.). Il puntinato nella parte superiore dell'immagine indica le opere di contenimento in legno.

Il monitoraggio della foce con rilievi topografici tramite DGPS (Differential Global Positioning System) è continuato anche tra il 2007 e il 2008. Come si può vedere in figura 32, nonostante siano evidenti variazioni della dimensione della bocca in risposta all'interazione tra correnti di marea, moto ondoso e portata fluviale, non si sono avute situazioni in cui la bocca si sia allargata a dismisura.

Il monitoraggio della foce

capitolo 4.2

Le ipotesi evolutive future

Paolo Ciavola

Il comportamento della foce del Torrente Bevano (descritto fino al 2005 nel capitolo 2.2) si può considerare tipico di un sistema morfodinamico libero di seguire la sua evoluzione naturale, influenzato dal trasporto di sedimento lungo costa e dalle correnti di marea. È interessante notare come le dinamiche osservate, dal punto di vista del trasporto sedimentario, possano essere assimilate a quelle di un piccolo canale di marea di tipo misto, governato dall'interazione tra il moto ondoso e le correnti di marea, tipico, ad esempio, dei sistemi di isole-barriera lungo il delta del Po o nel sistema di Grado-Marano. In particolare influiscono sulla conformazione del canale di marea le correnti in uscita dalla bocca del Bevano, che contribuiscono alla formazione di un delta di riflusso sul fondale di fronte alla foce stessa. Al contrario dei sistemi isola-laguna, alla foce del Bevano le correnti generate dalla marea entrante non creano alcuna morfologia all'interno della bocca, in quanto non esiste una zona lagunare a monte del canale, poichè l'area verso terra è costituita solo dal tratto terminale del canale stesso.

L'efficienza idraulica di questo tratto terminale, che si sviluppa parallelo alla linea di riva, controlla la formazione di una freccia litorale, che migra verso nord in seguito all'azione della corrente dominante lungo costa (che va da sud a nord).

La maggior parte dei grandi canali di marea studiati in letteratura migrano nella direzione del trasporto dominante lungo costa, basta citare gli esempi della Gulf Coast della Florida, il sistema di isole-canali della Ria Formosa nel sud del Portogallo e l'Ameland Inlet dei Paesi Bassi. L'unico fattore che potrebbe portare ad un'inversione nella tendenza di migrazione delle foce, quindi in direzione opposta alla corrente di deriva, potrebbe essere un marcato aumento nella frequenza delle mareggiate provenienti da N-E.

Lo studio del clima meteo marino, effettuato nel periodo di monitoraggio, ha messo in evidenza che quando si hanno mareggiate intense da NE la migrazione della foce in parte si arresta, ma tali condizioni non sono mai durate tanto a lungo da determinare un'inversione nella tendenza nello spostamento della foce.

Altro fattore che potrebbe influire sulla variazione delle dinamiche attua-

li potrebbe essere l'apertura "naturale" di una nuova foce a sud dell'attuale, con l'entrata in funzione della zona denominata "scolmatore", in corrispondenza dell'ultima ansa del fiume (cfr. capitolo 2.3). Nonostante tale zona abbia una quota vicina al medio mare, durante il periodo di monitoraggio post-lavori non si è mai osservata l'entrata in funzione del sistema. L'unica eccezione è stato l'inverno 2008-2009, quando durante lo svolgimento di rilievi nell'ambito del Progetto MICORE, in corrispondenza dei fenomeni di acqua alta avvenuti il 1 dicembre 2008, si è verificata un'ingressione marina durante la fase di alta marea. Il fenomeno non ha però creato una nuova foce.

Qualora avvenisse il processo opposto, un'apertura dello scolmatore per effetto di una piena del torrente in condizioni di marea poco sostenuta, la nuova bocca che si andrebbe a formare potrebbe sottrarre portata all'attuale, che con il tempo potrebbe tendere alla chiusura. Il processo sarà studiato in dettaglio tramite studi di modellistica numerica che simulino la concomitanza di diversi eventi.



Il monitoraggio della duna capitolo 5.1

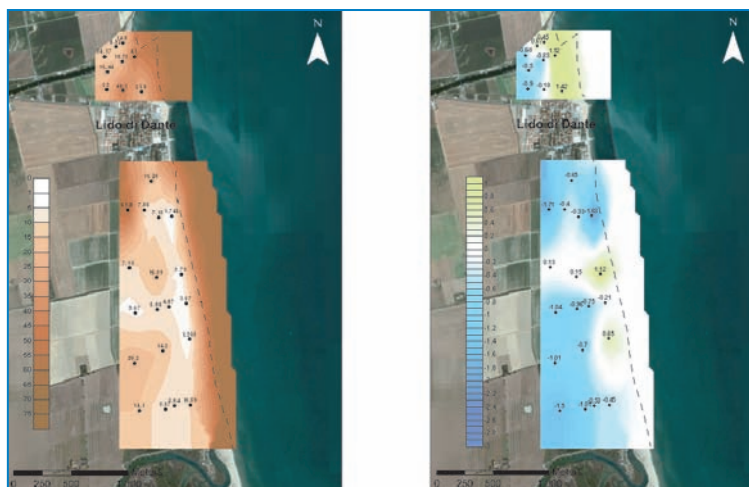
La falda sospesa

Giovanni Gabbianelli, Marco Antonellini

L'intrusione di acqua salina nelle zone costiere è un processo naturale che si registra ovunque lungo le coste basse e sabbiose. L'acqua salata, più densa, s'incunea sotto quella dolce. In una situazione naturale esiste un'interfaccia stabile fra acqua dolce e salata, detta cuneo salino, che si sviluppa ad una profondità dell'ordine di circa 30- 40 volte l'altezza del livello piezometrico rispetto alla superficie del mare. Ciò significa che un abbassamento di 1 cm dell'altezza della falda freatica causa la risalita di almeno 30 cm dell'interfaccia, quindi dell'acqua salata, e viceversa. Soprattutto l'incremento delle attività antropiche ha reso ormai fortemente destabilizzato l'equilibrio idrostatico naturale e l'interfaccia acqua dolce-salata sta risalendo lungo tutta la costa emiliano-romagnola e in particolare nel ravennate.

figura 33

Altezza dell'acquifero (estate 2008), sintesi dei principali risultati dai monitoraggi effettuati nella zona del Bevano (elaborazione V. Marconi). A destra la conducibilità elettrica (mS/cm), a sinistra la profondità della falda (m.s.l. mare). La linea tratteggiata rappresenta la linea di costa



Le dune costiere, grazie alle loro caratteristiche di alta porosità e permeabilità possono rappresentare un buon serbatoio di acqua dolce, facilmente ricaricabile dalle precipitazioni meteoriche. Date la topografia rilevata e la buona capacità infiltrante, l'accumulo di acqua piovana porta la superficie della falda sopra il livello del mare. Per questo i cordoni

dunosi, oltre ad essere importanti in termini di contrasto ai fenomeni di erosione costiera, hanno anche un'importante funzione di controllo rispetto all'intrusione salina. Per altro, l'acqua dolce contenuta in questi acquiferi ha grande importanza per gli habitat costieri, per la biodiversità delle zone umide, per le caratteristiche geo-pedologiche ed agronomiche dei terreni coltivati. Il previsto innalzamento del livello marino, come conseguenza dei cambiamenti climatici ed in combinazione con la subsidenza di origine naturale ed antropica, rende ancora più fondamentale il ruolo che hanno gli ambienti dunosi nel controllo di questi fenomeni.

I diversi monitoraggi e rilievi sinora effettuati nell'area (piezometria, geoelettrica, idrochimica, ecc.) nonché i modelli analitici e numerici, evidenziano chiaramente l'importanza assunta già oggi dalle riserve di acqua dolce disponibili nelle falde freatiche costiere non confinate nel sistema dunoso così come il loro ruolo di contrasto ai fenomeni di intrusione salina. I risultati raggiunti permettono di riconoscere e definire le potenzialità, lo stato qualitativo e le principali cause responsabili della progressiva salinizzazione delle acque costiere; fenomeno che, nella zona investigata, si registra ormai anche ad alcuni chilometri nell'entroterra ed interessa quasi tutte le aste fluviali terminali.

Il tratto di costa in esame, infatti, è caratterizzato da bassissimi gradienti idraulici a causa di ampie porzioni di territorio a quote inferiori al livello del mare, dall'intrusione di acqua dal mare, dalle lagune, da fiumi e da canali aperti alle maree. In questo scenario, i problemi principali sono il difficile deflusso delle acque fluviali a mare e la salinizzazione dell'acquifero freatico superficiale.

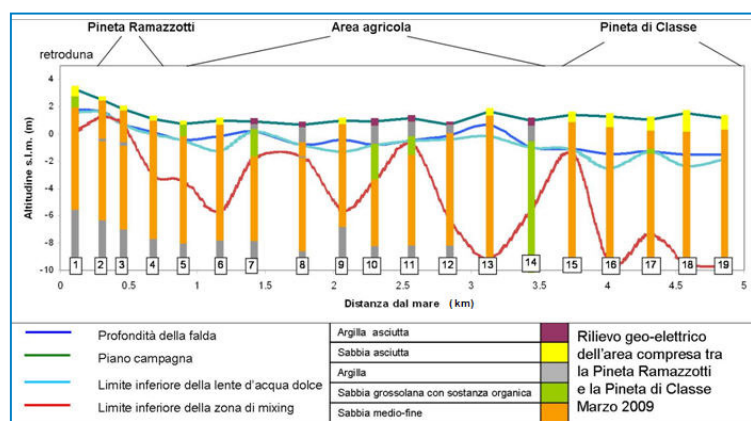


figura 34

Rappresentazione schematica dei risultati delle indagini geoelettriche effettuate nella zona del Bevano, lungo un profilo perpendicolare alla costa (Elaborazione V. Marconi).

Simili condizioni sono oggi ben registrabili anche in un'area poco antropizzata quale quella del Bevano dove le informazioni disponibili indicano come nella fascia costiera si registrino ormai modestissime profondità della falda di acqua dolce e quindi si verificano marcati inquinamenti salini nelle zone alle spalle delle dune (fig. 34). Si nota inoltre come solo in corrispondenza dei cordoni dunosi coperti dalla pineta, topograficamente più elevati e non troppo deteriorati, si registrino nella falda le minori, se non del tutto assenti, contaminazioni saline.

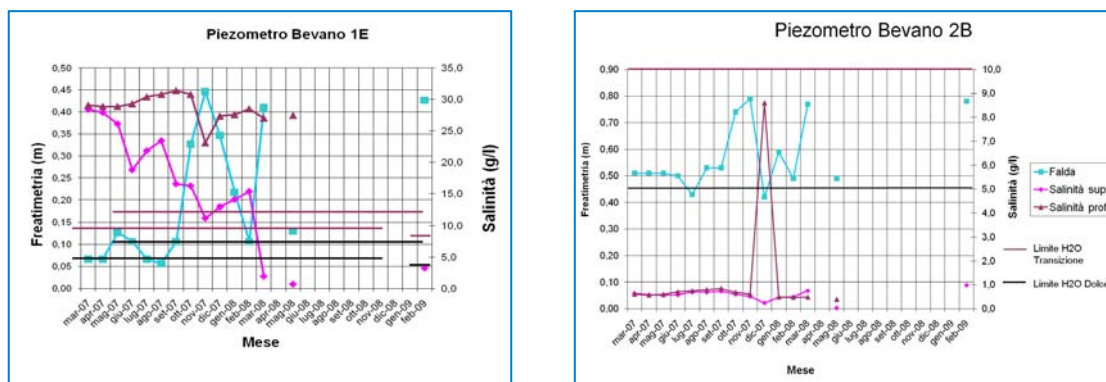
Simili disequilibri dell'intrusione salina caratterizzano anche, così come testimoniato dalle indagini geoelettriche (VES) effettuate sino ad oltre 5 km da costa (fig. 34), anche le zone più interne.

Per quanto riguarda, più nel dettaglio, il cordone dunoso attuale (sia naturale che ricostruito nell'ambito dell'intervento di sistemazione della foce) presente nell'area circostante la foce del Bevano, i monitoraggi confermano la presenza al suo interno di una falda di acqua dolce, seppur modesta ed articolata. La falda è legata alla piovosità, ai tempi di ricarica, alle diverse caratteristiche morfologiche del cordone, al diversificato assetto idrologico - idrogeologico circostante (presenza o meno di canali e/o drenaggi superficiali, stagni retrodunali, ecc.) ed alle variazioni delle maree.

Come si può notare dal grafico in figura 35, nel periodo 2007- 2009 la falda presente nella duna ricostruita immediatamente a nord della foce (grafico di sinistra) ha fatto registrare valori di salinità che presentano un marcato trend di graduale ricostituzione di una falda di acqua dolce, galleggiante sopra quella salata. La salinità superficiale dell'acqua, infatti, è andata progressivamente diminuendo a partire dalla metà del 2007 fino a metà del 2008 mentre, partendo da valori simili a quelli dell'acqua di mare, nel febbraio 2009 si è arrivati a valori di salinità decisamente bassi (sotto i 2 g/l.). Per contro la salinità profonda è invece rimasta sempre pressoché uguale: si è quindi creata nel tempo una lente di acqua dolce che galleggia sull'acqua di mare che si infila nella duna. I massimi di altezza della quota della falda si ottengono in corrispondenza dei periodi maggiormente piovosi

Nel grafico di destra di figura 35, invece, è schematizzata la condizione registrata in un piezometro, posto immediatamente a sud della foce, che testimonia la presenza di una falda con salinità bassa e stabile che è in parte forse ricollegabile anche all'apporto di acque dolci dalla falda della contigua pineta Ramazzotti e/o dal fiume.

figura 35



Variazioni mensili della falda, salinità superficiale e salinità profonda riscontrate nel piezometro PZBEV1E ubicato a nord della foce del Bevano (grafico di sinistra) e nel piezometro PZBEV2B, a sud della foce del Bevano (grafico di destra). Elaborazione E. Balugani.

Il monitoraggio della duna

capitolo 5.2

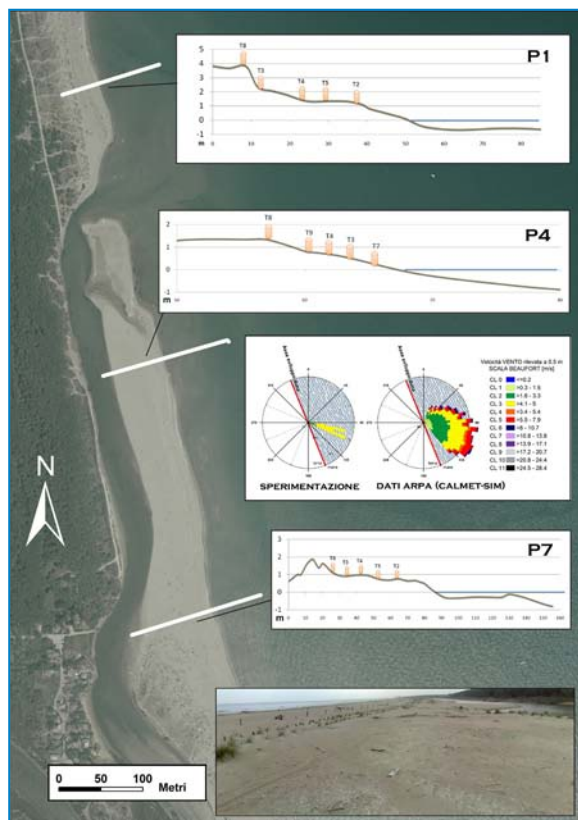
Il trasporto eolico

Umberto Simeoni, Corinne Corbau e Valerio Brunelli

Negli ultimi decenni l'uso di modelli che permettono di stimare il bilancio sedimentario è diventato uno strumento importante per la gestione della fascia costiera. Per stimare il potenziale di crescita delle dune costiere sono state introdotte diverse formulazioni in grado di predire il tasso di trasporto eolico potenziale che considerano però solo l'apporto costruttivo da parte del vento. Un'altra limitazione nel loro uso risiede nei fattori di "disturbo", quali la presenza di ostacoli o le attività antropiche che, essendo difficilmente quantificabili ed estremamente variabili, non vengono prese in considerazione. Alla foce del Bevano, in corrispondenza di dune embrionali, sono state eseguite alcune campagne di misura anemometrica e di campionamento eolico con lo scopo di confrontare il valore teorico derivante dalle formulazioni conosciute in letteratura con i valori derivanti dalla misura diretta di campo (fig. 36).

Per la cattura del sedimento trasportato dal vento sono state utilizzate apposite trappole modificate con un'apertura orizzontale di 5,5 cm. Lungo ogni profilo perpendicolare all'asse delle dune sono state posizionate cinque trappole orientate con l'apertura perpendicolare alla direzione del vento dominante: una sulla sommità ed una al piede della duna, e le altre sulla spiaggia antistante. Durante la sperimentazione, sono state registrati direzione e velocità del vento a tre altezze dal suolo (0,5, 1 e 3 m), umidità e temperatura dell'aria. I sedimenti raccolti dalle trappole e prelevati sulla spiaggia sono stati analizzati e caratterizzati in laboratorio.

figura 36



Ubicazione dei profili di campionamento eolico e loro schematizzazione topo-batimetrica con la posizione delle trappole eoliche (foto aerea pre-intervento del 2006). Sono inoltre riportate le rose del vento annuale medio (direzione e velocità) e quella riferita alla sperimentazione condotta lungo il profilo P4.

I risultati del confronto con i valori sperimentali mettono in evidenza come il tasso di trasporto potenziale (stimato attraverso i modelli matematici) risulti mediamente 3 volte superiore a quello misurato. Queste differenze sono legate alle caratteristiche morfologiche del sistema spiaggia-duna ed ai picchi di velocità del vento verificatisi durante le sperimentazioni. Lo studio condotto suggerisce di accettare le incertezze e di provare su dei sistemi semplificati in modo da limitare le variabili: ad esempio realizzando i campionamenti su una zona piatta, senza vegetazione ed in presenza di sedimenti unimodali e ben classati. Per la realizzazione di scenari di sviluppo degli apparati dunosi, si dovrebbero predisporre ripetute misure del campo di flusso al variare delle dimensioni della duna.

Quanto sopra esposto ed ulteriori studi condotti evidenziano come, per le troppe variabili in gioco, non è possibile determinare con accuratezza il trasporto sedimentario eolico né utilizzando formule, né misure dirette sul campo. Le differenze tra le quantificazioni del tasso di trasporto eolico continueranno a sussistere fino a che non ci saranno significativi miglioramenti tecnologici.

Il monitoraggio della duna

capitolo 5.3

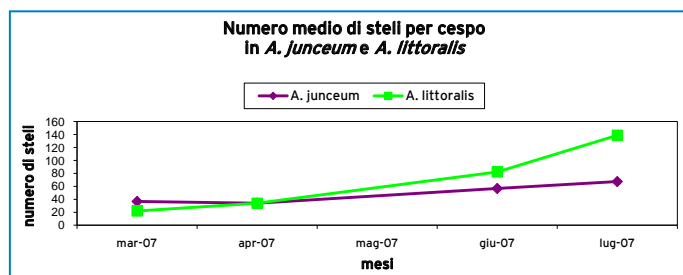
La copertura vegetale

Maria Speranza, Lucia Ferroni, Giuseppe Pritoni

Il criterio secondo cui è stato realizzato l'impianto vegetazionale alla foce del Bevano si avvicina a quelli adottati in altre esperienze italiane (litorale del Cavallino e litorale tra Jesolo Pineta e Cortellazzo in provincia di Venezia; litorale della tenuta presidenziale di Castelporziano) e di altri paesi del Mediterraneo, quali la Francia. Diversamente dalle esperienze citate però, per una migliore riuscita dell'impianto con minime perdite del materiale vegetale utilizzato, nell'intervento del Bevano si sono utilizzate piante ottenute da materiale raccolto in natura e poi propagate e allevate in vivaio prima dell'impianto *in situ*. In ragione di tale differenza, il monitoraggio post-impianto ha dunque un notevole interesse, anche per verificare nel tempo la validità dell'innovazione introdotta.

I controlli eseguiti nei mesi immediatamente successivi all'esecuzione dell'impianto (novembre 2006-febbraio 2007) hanno confermato l'assenza di perdite per entrambe le specie. Nel periodo marzo-luglio 2007 è stato inoltre monitorato su basi quantitative, con conteggio dei nuovi steli prodotti, l'accrescimento di *A. junceum* e *A. littoralis* nel corso del

figura 37



Incremento del numero medio di steli per cespo in *Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis* nel periodo marzo-luglio 2007; ogni valore è la media di otto osservazioni.

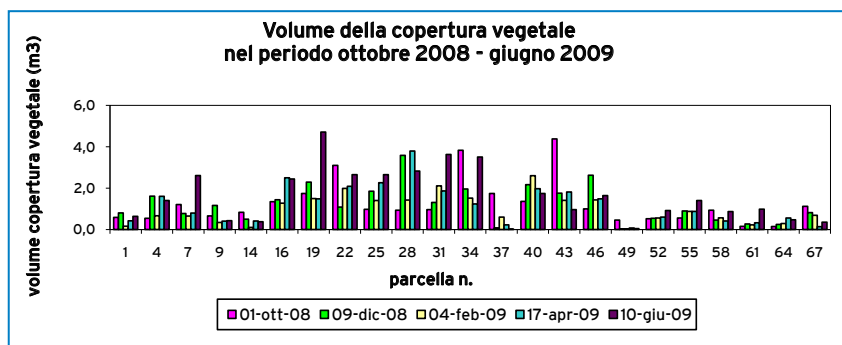
primo periodo di attività vegetativa dopo l'impianto. Entrambe le specie mostrano una buona ripresa dell'attività vegetativa, particolarmente vigorosa per *A. littoralis* a partire dal mese di aprile 2007 (fig. 37).

figura 38



A due anni dall'esecuzione dell'impianto, il Servizio Difesa del Suolo della Costa e Bonifica della Regione Emilia-Romagna ha finanziato un ulteriore monitoraggio della copertura vegetale, curato dal Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali. Sono state eseguite misure dettagliate ogni 2 mesi durante il periodo ottobre 2008 - giugno 2009 su 23 parcelle campione distribuite a intervalli regolari lungo tutta l'area vegetata. Durante il periodo invernale e l'inizio primavera (novembre 2008 - aprile 2009), numerosi eventi di mareggiata di notevole intensità hanno causato in alcune parti, situate a quote più basse rispetto al livello marino, la distruzione di tutta o di una parte significativa della copertura vegetale esistente (figura 38, dati di dicembre, febbraio e aprile) a seguito del verificarsi di *overwash* che hanno interessato l'area piantumata (cfr capitolo 5.4). Ma l'attività vegetativa primaverile ha determinato quasi ovunque un buon recupero della copertura vegetale (fig. 38, dati di giugno 2009).

I monitoraggi effettuati hanno dunque evidenziato che non ci sono state perdite nei mesi immediatamente seguenti all'impianto, che l'accrescimento nella prima stagione di attività vegetativa è stato rilevante, che il recupero dopo eventi marini intensi è buono. Si può dunque affermare che l'impianto di *A. junceum* e di *A. littoralis* ha dato risultati sostanzialmente positivi. L'utilizzo di piante in buone condizioni, grazie all'allevamento in vivaio, è sicuramente un aspetto determinante di tale successo. Esso consente infatti di rimuovere gli effetti negativi, legati a condizioni di crescita non adeguate e/o al cattivo sviluppo del materiale utilizzato, che possono determinarne la perdita fin dai primi momenti dopo la realizzazione dell'impianto. Non altrettanto controllabili sono invece le perdite dovute alle mareggiate, specie se di intensità tale da asportare le piante presenti. Parziali danneggiamenti e sommersione delle piante da parte delle acque marine, anche per diverse ore, sono invece tollerati e non pregiudicano buoni recuperi nella ricrescita, se nel periodo di attività vegetativa non si verificano nuovamente altri eventi di disturbo.



Nel grafico: variazioni del volume della copertura vegetale (*A. junceum* e *A. littoralis* considerate insieme) nelle parcelle monitorate, per il periodo ottobre 2008 - giugno 2009. Nelle foto: immagini dell'impianto in periodi diversi del monitoraggio: ottobre 2008, aprile 2009, giugno 2009.

Il monitoraggio della duna

capitolo 5.4

Il monitoraggio morfologico di dettaglio

Il monitoraggio con rilievi ad alta precisione

Paolo Ciavola

Nell'ambito del Progetto europeo MICORE, si è deciso di rilevare una rete di profili topografici sulla zona dunosa ricostruita durante l'intervento di sistemazione della foce del Torrente Bevano, per valutare il ruolo giocato dai fenomeni di sommersione marina. Infatti il cordone dunoso ricostruito ha una quota media di circa 1-1,5 m sul livello medio del mare, e quindi risulta esposto ai fenomeni di acqua alta e alle mareggiate. Da Ottobre 2008 si è quindi iniziato un dettagliato monitoraggio con rilievi DGPS con precisione centimetrica. I rilievi sono stati eseguiti durante l'inverno 2008-2009 successivamente ad eventi ad alta energia e, quando possibile, durante gli eventi stessi. Osservazioni svolte nel periodo 2006-2008 avevano confermato che da quando il cordone dunoso era stato ricostruito non si erano mai verificati fenomeni di sommersione. Il primo evento monitorato dal progetto MICORE si è verificato il 1 Dicembre 2008, quando uno dei fenomeni di acqua alta più elevata in Nord-Adriatico negli ultimi 100 anni ha generato un'alta marea anomala, con un'elevazione di 1,6 m sul livello medio del mare, in seguito ad un contributo atmosferico (dovuto alla bassa pressione ed all'effetto del vento) di quasi 1 m.

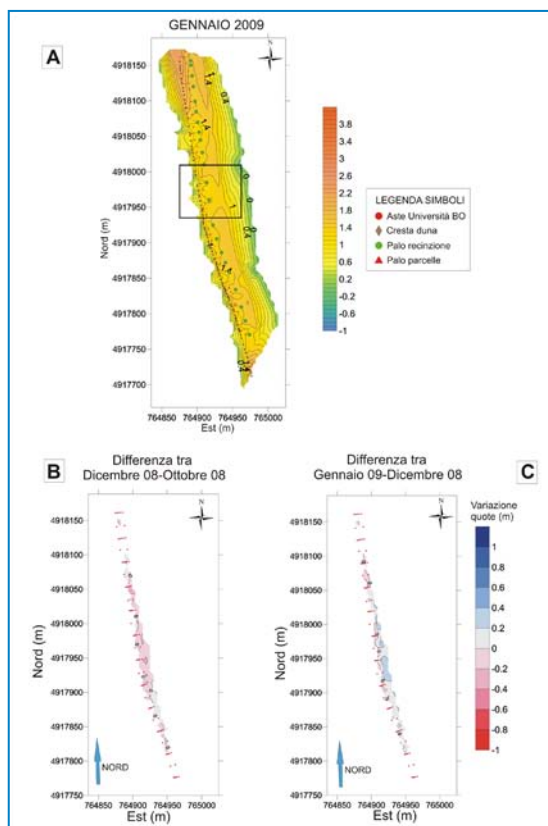


figura 39

Sommersione delle dune durante l'acqua alta del 1 dicembre 2008. A sinistra (A) la parte centrale del cordone dunoso risulta interrotta dal getto d'acqua durante la mareggiata. A destra (B) un dettaglio della zona con il ventaglio di rotta (washover fan). Foto M. Sedrati.

Osservazioni svolte sul campo durante l'evento confermavano la completa sommersione del cordone dunoso (fig 39A), con fenomeni localizzati di sfondamento e formazione di ventagli di rotta (fig 39B).

figura 40



Variazioni morfologiche del cordone dunoso associate all'acqua alta del 1 dicembre 2008. Nella figura in alto (A) si può notare la zona depressa al centro della zona di studio indicata dal riquadro, corrispondente al ventaglio di rotta generato dalla mareggiata. La figura B rappresenta le variazioni di quota della fascia dunosa durante l'evento di acqua alta. La figura C rappresenta le variazioni di quota della fascia dunosa un mese dopo l'evento di acqua alta. Rilievi ed elaborazioni di M. Sedrati e E. Fontana.

figura 41



Processi di sedimentazione durante l'acqua alta del 1 dicembre 2008. Nella foto in alto (A) la spiaggia davanti al cordone dunoso è stata erosa durante la mareggiata, con quote più basse rispetto alla battigia. Nella foto in basso (B) la battigia presenta una zona in marcata accrezione (berma). Nelle settimane successive all'evento questo sedimento è stato trasferito verso la zona delimitata dai pali di recinzione visibili sull'immagine, producendo la sedimentazione visibile sulle mappe in figura 40. Foto E. Fontana.

In seguito all'evento si sono formati dei varchi nella duna ampi sino a 18 m. Inoltre questo evento ha generato in alcuni punti un arretramento della cresta della duna (intesa come punto topograficamente più elevato sulla sezione) di 9 m, verso il vecchio alveo del Bevano. Dal confronto tra i rilievi svolti prima, durante ed un mese dopo l'evento (fig. 40) si possono fare varie considerazioni sul ruolo di questi eventi sporadici. Un mese dopo l'evento (fig. 40A) si può ancora osservare al centro della fascia dunosa una zona depressa in seguito all'erosione durante lo sfondamento del cordone (zona dentro riquadro in figura 40A). Il processo di sommersione ha rimosso circa 0,5 m di sabbia dalla cresta del cordone

dunoso (fig. 40B e 41A), trasportandola all'interno dello specchio d'acqua retrodunale (fig 39B).

Il processo di innalzamento temporaneo del livello marino ha trasferito sabbia anche dalla parte bassa della battigia verso la berma, come si può vedere in figura 41B. La sabbia accumulata è stata successivamente ridistribuita dalle alte maree successive, tanto che un mese dopo l'evento del 1 Dicembre 2008 la perdita di sedimento verso la laguna retrodunale era completamente compensata e varie zone risultavano in accrezione, con quasi mezzo metro di aumento di quota (fig 40C).

Il monitoraggio dell'accumulo di sabbia nella zona vegetata

Maria Speranza, Lucia Ferroni, Giuseppe Pritoni

In parallelo al monitoraggio sullo sviluppo della copertura vegetale, il Servizio Difesa del Suolo della Costa e Bonifica della Regione Emilia-Romagna ha finanziato un monitoraggio di dettaglio sulle variazioni di livello della sabbia nella zona vegetata. Si sono per questo utilizzate delle aste in PVC di 1m di altezza interrate per circa 40 cm (fig. 42) ed allineate ad intervalli regolari in direzione Est-Ovest. Su queste, nel periodo ottobre 2008-settembre 2009, sono state effettuate 16 diverse serie di letture del livello raggiunto dalla sabbia rispetto alla sommità dell'asta stessa (fig. 43).

In figura 44 vengono riportati i valori delle letture effettuate sulle aste in alcune date particolarmente significative: 28 ottobre 2008 (prima delle mareggiate invernali), 16 aprile 2009 (dopo l'ultima mareggiata di inizio primavera 2009), 22 luglio 2009 (pieno periodo estivo 2009).

Ad eccezione delle parcelle interessate da fenomeni di *overwash* durante le mareggiate invernali, si nota ovunque un accumulo di sabbia di circa 20 cm ad inizio primavera, mentre l'accumulo è distribuito in maniera più irregolare durante il periodo estivo. Sebbene nel periodo invernale l'accumulo di sabbia sia prevalentemente legato agli effetti delle mareggiate, sui quali la copertura vegetale non esercita particolare influenza, considerando i dati dell'intero periodo ottobre 2008 - giugno 2009, l'accumulo di sabbia risulta più marcato dove la copertura vegetale è meglio sviluppata ed esercita quindi un più efficace effetto di cattura della sabbia stessa.

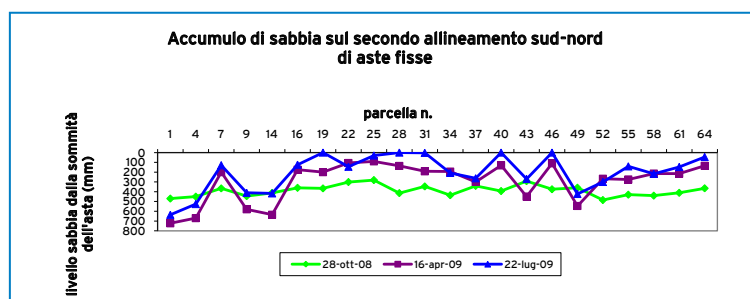


figura 42



Interramento di un'asta per il monitoraggio del livello della sabbia

figura 43



Letture del livello della sabbia lungo un transetto di aste fisse allineate Est-Ovest.

figura 44

Accumulo di sabbia al 28 ottobre 2008, 16 aprile 2009, 22 luglio 2009 lungo un allineamento Sud-Nord (da parcella 1 a parcella 64), corrispondente alla seconda fila delle aste di monitoraggio.

La gestione futura dell'area

capitolo 6.1

Le linee di indirizzo dell'Ente Parco Delta del Po per l'area di Foce Bevano

Il presidente del Parco ha rimarcato “l'importanza del sito Ortazzo-Ortazzino foce Bevano, come cuore del Parco del Delta del Po”, affermando che “il progetto di riqualificazione di habitat costieri per una fruizione sostenibile che la Provincia e la Regione hanno finanziato al Parco del Delta per complessivi 260.400 euro ha permesso di realizzare interventi di conservazione di questo complesso di zone umide, dune e boschi costieri: dal ripristino di chiaviche idrauliche alla ricostruzione delle dune danneggiate. Ha anche comportato la costruzione di strutture per la fruizione come le passerelle per salvaguardare la vegetazione psammofila sulle dune e la torretta che dà la possibilità di ammirare uno dei siti più suggestivi e più tutelati dell'intero parco, il complesso Ortazzo-Ortazzino. È stata così valorizzata una parte del parco del Delta che merita di essere meglio conosciuta”. La torretta del Bevano è stata progettata per permettere l'osservazione sia dell'Ortazzo, sia dell'Ortazzino, che si trova tra il corso del Bevano e i meandri abbandonati del torrente stesso, e che è tutelata come “riserva integrale” o zona A del Parco, in cui vige il divieto di accesso. Si tratta dell'unica zona A del Parco del Delta del Po, poiché è una delle aree di maggiore interesse per la vegetazione, con rari esempi di praterie allagate o umide, su suoli salati a causa dell'affioramento invernale della falda marina. Il paesaggio determinato da queste praterie alternate alle macchie di ginepri, filliree e olivelli che si insediano sulle paleodune, ne fa una delle aree più affascinanti e spettacolari del parco e questa torretta ne permette finalmente l'osservazione, senza arrecare alcun disturbo ai preziosi habitat e alle specie in essi presenti.

L'Ortazzino propriamente detto è un vasto prato umido, in cui la diversa durata di affioramento della falda determina differenti tipologie di vegetazione erbacea. La palude dell'Ortazzo è uno stagno costiero, arginato e nel recente passato utilizzato come risaia. Attualmente, dopo un abbandono trentennale, è quasi interamente rinaturalizzato, se si eccettuano i residui della divisione in “cassi” ed è soggetto agli influssi salmastri della falda, come testimoniato dalla presenza di giuncheti marittimi e puccinellieti, caratterizzandosi nuovamente come un ampio stagno costiero. Le vasche orientali hanno acque più profonde e salate, tipiche di habitat lagunari; le vasche centrali, con acque più basse e salmastre, si prosciugano duran-

te l'estate, originando distese fangose in cui si insediano le comunità alofile annuali tipiche di questi ambienti; infine, le vasche occidentali hanno acque più dolci e presentano estesi canneti e giuncheti. La palude è attraversata da una penisola con pineta a *Pinus pinea*. A sud dell'Ortazzo sono presenti praterie umide e allagate con acque dolci, di recente ripristino.

La Stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia" presenta il proprio cardine nel complesso dell'Ortazzo, Ortazzino e foce del torrente Bevano. La foce si immette nel mare Adriatico tra dune costiere e barre sabbiose, oltrepassando un ambiente vario formato da macchia mediterranea, dai meandri abbandonati sottoposti all'azione delle maree e da praterie umide salmastre in cui affiora la falda marina. Lungo il litorale, da Lido di Dante a Lido di Classe, si estende un lungo cordone di dune costiere attive e di dune fossili con arbusteti costieri, che costituiscono un complesso unico a livello adriatico. La Pineta di Classe e la Pineta di Cervia rappresentano altri relitti dell'antica pineta di Ravenna, in cui il Pino domestico è stato imposto al bosco originario, in quest'area prevalentemente costituito da querceti termofili e mesofili. La Pineta di Classe è oggetto di una serie di complesse indagini, volte ad elaborarne un piano di gestione. Infine, la Salina di Cervia, di origine etrusca e tuttora in funzione, presenta numerosi specchi d'acqua a diversa salinità e distese melmose soprassalate, separate da una rete di bassi arginelli con vegetazione alofila.

La Salina, dal 2003, è gestita da una nuova società, cui partecipano tutti gli enti territorialmente competenti compreso il Consorzio Parco, che ha tra le primarie finalità la conservazione del patrimonio naturale, che in questo sito ha notevoli margini di miglioramento, connessi ad una migliore gestione dei livelli idrici e alla realizzazione di dossi e aree marginali.

La progettazione del Piano di Fruizione

L'area sarà oggetto di un piano di fruizione teso a valutare il carico sostenibile e a regolamentare gli accessi al bosco ed alle aree limitrofe.

Il piano sarà organizzato in due parti:

- la prima parte conterrà la sintesi delle analisi inerenti allo stato di fatto, con la specificazione del contesto socio economico, delle altre emergenze ambientali presenti e delle attuali modalità di accesso e fruizione, l'individuazione delle infrastrutture e dei servizi presenti sia all'interno del bosco (sentieri principali, percorsi attrezzati esistenti, strutture di arredo ecc.), sia nell'ambito territoriale considerato;
- nella seconda parte del piano si individueranno gli interventi necessari per l'inserimento del sito nel contesto territoriale (es. rete di possibili percorsi tematici), si definiranno tipologie e modalità di fruizione attraverso una serie di singoli progetti mirati, si stabilirà un programma temporale degli interventi comprensivo di una stima degli importi di spesa.

Gli interventi di valorizzazione del patrimonio culturale ed ambientale

Nel quadro dell'attività IV.II "Interventi di valorizzazione del patrimonio culturale ed ambientale" del Programma POR della Provincia di Ravenna, è stato presentato il progetto: "Interventi di valorizzazione e rafforzamento dell'attrattività delle stazioni ravennati Parco del Delta del Po per uno sviluppo turistico sostenibile e di alta qualità scientifico-culturale e ambientale per l'intero sistema turistico-costiero dell' Emilia-Romagna", allo scopo di valorizzare le più importanti aree e percorsi delle stazioni del Parco del Delta del Po della Provincia di Ravenna, a completamento e arricchimento di precedenti interventi volti alla fruizione naturalistica del Parco.

L'intervento, sito in una delle zone più belle e incontaminate del Parco, mira allo sviluppo di una fruizione qualificata e sostenibile della zona, basata sul legame scientifico-ambientale e storico-culturale attraverso lo sviluppo di una fruizione sostenibile dell'area, non solo dal punto di vista naturalistico, di cui un aspetto non trascurabile risulta essere la geoconservazione e l'individuazione dei geositi, nonché l'attività conoscitiva del patrimonio geologico e geomorfologico, ma anche dal punto di vista storico-culturale, nell'evidenziare gli aspetti di conservazione e tutela del patrimonio storico-artistico.

Il Piano di fruizione del SIC/ZPS "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano" promosso dal Parco del Delta considera di fondamentale importanza l'insieme delle connessioni con gli elementi e le strutture di diversa valenza ambientale culturale e turistica presenti nel territorio limitrofo, con particolare riferimento a quelli storico-culturali e all'escursionismo legato al paesaggio e agli ambienti naturali.

In particolare, risulta strategica la ricerca di legami strutturati tra le diverse tipologie di turismo e i diversi centri di attrazione turistica; il presente progetto fonda tale ricerca sulla valorizzazione e il potenziamento del centro presso l'Idrovora Bevanella come elemento di attrazione e promozione di un turismo naturalistico, didattico e scientifico anche come segmento per qualificare e destagionalizzare lo stesso turismo costiero. Il modello di fruizione di riferimento è fondato su criteri di qualificazione culturale e comportamentale della fruizione stessa.

La qualificazione educativa e culturale, soprattutto a livello locale, costituirà nel tempo infatti strumento di tutela e valorizzazione degli elementi naturali dei siti.

Un altro importante passaggio è rappresentato dalla ricerca di una maggiore partecipazione e sensibilizzazione dei fruitori sui valori paesaggistici e naturalistici dei siti, nonché dell'importanza della loro tutela a diretto vantaggio e interesse delle stesse attività di fruizione. Per fruitori vanno intesi sia i cittadini residenti nei centri abitati limitrofi, sia i turisti giornalieri o residenziali di diversa provenienza.

E' sottinteso che la "qualificazione" della fruizione turistica nelle accezioni sopra specificate è premessa all'incremento quantitativo di un'af-

fluenza turistica.

Questo insieme di obiettivi e azioni sono intesi nel complesso con funzione incrementale delle presenze, e funzione integrativa e interattiva per e tra i diversi tipi di turismo e i diversi centri di attrazione.

Tema centrale dell'intervento sarà, quindi, la riqualificazione e la fruizione, in qualità di centro visita altamente tecnologico del Parco, dell'Idrovora Bevanella, ubicata presso la confluenza tra Canale Pergami e il torrente Bevano, che diventerà base logistica per escursioni a piedi, in canoa, bicicletta e/o mountain bike, in zone "esclusive" di estrema rilevanza ecologica, geologica, naturalistica e scientifica e ospiterà un agri-campaggio con finalità educative e scientifico-didattiche, la sistemazione del percorso ciclopedonale denominato "Antiche linee di costa - antichi porti e torri di guardia" che da questo manufatto parte sino alla torretta di osservazione presente alla confluenza tra Bevano e Fosso Ghiaia, per ricongiungersi al percorso ciclabile che collega la Basilica di S. Apollinare in Classe e il nuovo Museo Archeologico alla secolare Pineta di Classe e la predisposizione di alcuni punti di attracco per imbarcazioni leggere, con l'intento di fruire dello straordinario paesaggio naturalistico anche via acqua.

figura 45



Vista dall'alto dell'Idrovora Bevanella

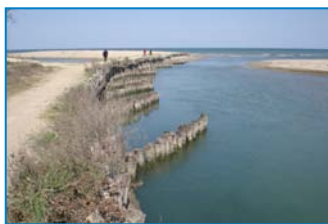
La gestione futura dell'area capitolo 6.2

La manutenzione della zona di foce e la gestione della duna

La manutenzione dell'intervento di sistemazione della foce

Claudio Miccoli, Mauro Ceroni, Mario Castelli, Ennio Malavolta, Christian Marasmi

figura 46



Pennelli trasversali sulla sponda sinistra del Bevano

figura 47



Erosione a tergo dei pali a seguito di un evento di mareggiata

In sede di Valutazione di Impatto Ambientale si è stabilito che l'opera di sistemazione della foce dovesse essere eseguita con tecnologie e materiali poco impattanti in funzione dell'area naturale protetta in cui si andava a collocare. Per le condizioni idrodinamiche di alta energia del sistema (forti mareggiate, correnti di marea, piene fluviali) questa scelta, assolutamente corretta dal punto di vista ambientale, è stata presa nella consapevolezza di una futura sorveglianza e manutenzione continua dell'opera.

Per quanto riguarda la sorveglianza è stata avviata una collaborazione con il Corpo Forestale dello Stato e con la Provincia di Ravenna, impegnati ad avvisare il Servizio Tecnico di Bacino Fiumi Romagnoli con tempestività dell'eventuale necessità di intervento.

Per quanto concerne la manutenzione (tab. 2), come nelle previsioni, si è dovuto intervenire a più riprese in special modo sulla barriera in tronchi a seguito di eventi particolarmente intensi che hanno colpito la zona di foce. Inizialmente le cause che hanno determinato gli interventi erano legate alla tendenza della corrente di marea a scavare al piede i pali, scalzandoli da sotto nonostante i tiranti; infatti, l'evoluzione della foce del Bevano, è prevalentemente controllata, tranne uno o due episodi all'anno di piena o morbida e gli eventi di mareggiata, dalla corrente di marea che in entrata e uscita tende ad erodere verso nord. A questo si è posto rimedio piantando una nuova fila di pali più profonda e in parallelo a quella esistente nonché realizzando alcuni pennelli trasversali (con effetto di repellenti idraulici) per allontanare la corrente di marea dalla barriera e diminuirne l'effetto di asporto di sabbia e quindi di scalzamento (fig. 46).

In occasione di alcune mareggiate si è avuto il superamento in quota della barriera in pali con conseguente erosione provocata dalle acque di ritorno (fig. 47). Anche a questa situazione si è posto rimedio ripristinando il tessuto non tessuto posto a tergo dei pali e riposizionando il materiale sabbioso.

Con le forti mareggiate del dicembre 2008 e dell'aprile 2009, collegate ad alti livelli di marea, si è avuta per la prima volta superamento della duna di neoformazione collocata tra la nuova e la vecchia foce, con sua parziale erosione e formazione di ventagli di rotta nella zona interna di meandro abbandonato. In questo caso, d'intesa con gli altri Enti, si è valutato di non intervenire per preservare l'evoluzione naturale della zona e per non influire sugli studi in corso sull'evoluzione della duna, limitando il ripristino alla sola zona della palificata.

tabella 2

Intervento	Importo (€)	Descrizione sintetica dei lavori	Periodo
Lavori di somma urgenza in località Foce Bevano in comune di Ravenna (RA)	30.000,00	Riapertura dello scolmatore con escavo di mc. 350 e ripristino della palificata a difesa dell'argine sinistro del Bevano e costruzione di n. 5 pennelli deflettenti con pali di legno per un totale di m. 670.	11/10/2006 15/11/2006
Lavori di ripascimento spiagge in località Lido di Dante e Foce Bevano in comune di Ravenna (RA)	20.000,00	Ripristino della palificata manomessa da mareggiate con la posa in opera, a tergo della stessa, di n. 120 sacchi in tessuto sintetico riempiti di materiale sabbioso, costruzione di n. 3 nuovi pennelli deflettenti con l'utilizzo di n. 120 pali da m 6 ciascuno.	04/04/2008 28/10/2008
Lavori di somma urgenza per la messa in sicurezza della barriera a protezione della foce deviata in località Foce Bevano del comune di Ravenna (RA)	30.000,00	Costruzione di n. 4 nuovi pennelli deflettenti con l'utilizzo di n. 300 pali da m 5/6 ciascuno e ripristino della palificata con n. 21 sacchi.	23/03/2009 07/04/2009

Elenco dei principali interventi di manutenzione nell'area di foce Bevano.

La gestione e il monitoraggio futuro della duna

Maria Speranza, Lucia Ferroni, Giuseppe Pritoni

L'intervento di sistemazione della foce del Bevano è stato realizzato all'interno di un sistema fortemente dinamico, in cui l'attività di monitoraggio dei diversi fenomeni che su esso agiscono è essenziale. La gestione della duna può certamente giovare di un monitoraggio delle dinamiche vegetazionali e geomorfologiche a scala di buon dettaglio. Tale monitoraggio, da programmare tra le attività di manutenzione e gestione dell'area, sarà effettuato con adeguata periodicità nel corso del tempo. Esso consentirà di individuare situazioni di criticità e di intervenire con tempestività, evitando il degrado dell'intero sistema.

Il lavoro di monitoraggio 2008/2009 del resto, ha consentito non solo di conoscere il comportamento del sistema oggetto di osservazione, ma ha anche fornito indicazioni di ordine generale, applicabili ad altri analoghi interventi. La metodologia operativa messa a punto nell'ambito dell'esperienza di vegetalizzazione della duna ricostruita di Foce Bevano (cfr. capitolo 3), pur adeguata allo scopo, non è da sola sufficiente a garantire una buona riuscita e un buon funzionamento del sistema duna. Il successo di queste tipologie di intervento è senz'altro condizionata dall'assetto morfologico che si intende dare alle dune ricostruite, volendo porre una particolare attenzione nel renderle meno esposte alle sollecitazioni distruttive delle mareggiate. Non dovrebbe dunque mancare una progettazione delle caratteristiche geomorfologiche dell'area su cui si vuole indurre lo sviluppo di strutture dunali e su cui si opererà l'inserimento di specie vegetali, tenendo conto che le quote di tale area saranno modellate in maniera da essere sufficientemente elevate rispetto al livello del mare.

La manutenzione e la gestione del sistema di foce

Paolo Ciavola

Il monitoraggio morfologico ad alta frequenza svolto nella fase iniziale del progetto ha permesso di delineare le dinamiche della foce, che attualmente appare in uno stato di relativa stabilità. Tale stabilità è controllata dalla presenza ed efficienza delle opere di contenimento in legno. Si fa presente che è necessario valutare una serie di scenari evolutivi della bocca principale, in risposta ad un'eventuale apertura dello scolmatore in condizioni di piena e/o alta marea eccezionale. Attualmente è in fase di svolgimento uno studio numerico basato su un modello morfodinamico tridimensionale, in grado di riprodurre la risposta della foce ad eventi estremi, valutando ad esempio gli approfondimenti dei fondali in corrispondenza delle opere, che potrebbero minare la sicurezza delle opere stesse.

Gli scenari evolutivi della bocca saranno di interesse per la gestione e manutenzione dell'intervento stesso, qualora le opere si trovino in una situazione di crisi o le dinamiche della bocca si modifichino nel tempo. L'ente gestore potrà quindi intervenire modificando le caratteristiche ingegneristiche delle opere di contenimento o decidere di non interferire sull'evoluzione naturale del sistema.



Bibliografia

1.1 Le caratteristiche e l'evoluzione dell'area di foce Bevano

- Calabrese e Lorito in prepl: Geomorfologia Costiera. In: Il Sistema Marino Costiero dell'Emilia - Romagna: Strumenti di analisi e Quadro Conoscitivo - raccolta di studi del Periodo 2000-2009
- Cibin U., Calabrese L., Perini L. (2007) - L'evoluzione della costa emiliano-romagnola: un quadro conoscitivo a supporto delle strategie di difesa. In: Terzo Forum Nazionale, pianificazione e tutela del territorio costiero, questioni, metodi, esperienze a confronto. A cura di Erminio M. Ferrucci, Regione Emilia-Romagna, Maggioli Editore pp 89-104
- Foschi M., Gavaruzzi R., Orlandi F., Pezzoli S., Venturi S., (1999) - Immagini raster ad alta qualità per la realizzazione digitale della Carta storica regionale 1:50.000 in Emilia-Romagna Atti convegno ASITA 1999.
- Perini L. (2005) - Relazione di attività del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Rilievo Della Fascia Costiera Emiliano-Romagnola con sistema LIDAR aerotrasportato. http://www.regione.emiliaromagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa
- Perini L., Calabrese L., Cibin U., Lorito S., Luciani P. (2007) . Il Sistema Informativo della Costa e i prodotti cartografici di supporto agli studi e alle strategie di difesa. In: Terzo Forum Nazionale, pianificazione e tutela del territorio costiero, questioni, metodi, esperienze a confronto. A cura di Erminio M. Ferrucci, Regione Emilia-Romagna, Maggioli Editore pp 71-88.
- Tenix L.t.d. (2006) - Report of survey - Ravenna Coast Italy. Delivered November 2006.
- Veggiani A. (1984) - Il deterioramento climatico dei secoli XVI-XVIII e i suoi effetti sulla bassa Romagna. Studi Romagnoli, 35, 109-124.
- Veggiani A. (1990) - Fluttuazioni climatiche e difesa del suolo nella Pianura Padana orientale, tra i secoli XIV e XVII. Atti del convegno "Uomini, Terra e Acque, 19-20/11/1988 Rovigo, 25-47.

Approfondimento 2 e 3

- AA.VV. (1997) - Atlante delle spiagge italiane. MURST e CNR, Selca, Firenze.
- Borghi G. (1938) - Le spiagge romagnole da Cervia a Punta Gabicce. In: Le spiagge Padane, a cura di Vicentini M., C.N.R., Roma. pp. 73.
- Cencini C. (1980) - L'evoluzione delle dune del litorale romagnolo nell'ultimo secolo. Rassegna Economica, Camera di Commercio, Forli. pp.6-7.
- Fabbi P. (2001) - Studio sul sistema costiero del Comune di Ravenna. Comune di Ravenna, Rapporto interno. pp. 146.
- Idroser (1981)- Piano progettuale per la difesa della costa emiliano-romagnola. Relazione Generale. Regione Emilia-Romagna, Bologna. pp. 388.
- Simeoni U. e Bondesan M. (1997) - The role and responsibility of man in the evolution of the Adriatic alluvial coasts of Italy. In: Briand F. e Maldonado A. (eds), Transformations and evolution of the Mediterranean co-

astline. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée (CIESM), Science Series, 18(3). pp.111-132

Simeoni U, Del Grande C. e Gabbianelli G. (2003) - Variazioni ed ipotesi evolutive dell'assetto altimetrico del litorale emiliano-romagnolo. Studi Costieri, 7: 81-93.

1.3 La biodiversità: le specie vegetali

Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. GU L 206 del 22.7.1992, rettifiche: GU L 59 dell' 8.3.1996, GU L 31 del 6.2.1998.

Piccoli F., Merloni N. & Corticelli S., 1999 - Carta della vegetazione del Parco Regionale del Delta del Po. Stazione Pineta di Classe e Salina di Cervia. Scala 1:25.000. Regione Emilia-Romagna, Servizio Cartografico e Geologico

2.2 La morfodinamica della foce prima dell'intervento

Armaroli, C., Balouin, Y., Ciavola, P., Capatti, D. (2005). Nearshore Bars as a Natural Protection of Beaches, Field Evidence from Lido di Dante Beach, Adriatic Sea. Proceedings of: ICCM'05 Conference, Tavira, Algarve, Portugal, pp. 295-303.

Armaroli C., Ciavola P., Balouin Y. e Gatti M. (2006). An integrated study of shoreline variability using GIS and ARGUS techniques. Journal of Coastal Research, SI 39: 473-377.

Armaroli, C., Balouin, Y., Ciavola, P., Gardelli M. (2006). Bar changes due to storm events using ARGUS: Lido di Dante, Italy. Proceedings of: Coastal Dynamics 2005, ASCE, New York, USA, ISBN: 0-7844-0855-6.

Balouin Y., Ciavola P. e Michel D. (2006). Support of subtidal tracer studies to quantify the complex morphodynamics of a river outlet: the Bevano, NE Italy. Journal of Coastal Research, SI 39: 602-607.

Ciavola P., Gatti M., Armaroli C. e Balouin Y. (2004). Valutazione della variazione della linea di riva nell'area di Lido di Dante (RA) tramite GIS e monitoraggio con GPS cinematico. Atti della XXI Giornata dell'Ambiente, Aree Costiere, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma. Pp. 113-121.

Ciavola P., Billi P., Armaroli C., Preciso E., Salemi E. e Balouin Y. (2005). Valutazione della morfodinamica di foce del Torrente Bevano (RA): il ruolo del trasporto solido di fondo. Geologia Tecnica ed Ambientale, 2005/1: 41-57.

Gardelli, M., Caleffi, S., Ciavola, P. (2007). Evoluzione morfodinamica della foce del torrente Bevano. Studi Costieri, 13, pp. 55-76.

2.4 La gestione dell'area da parte del Corpo Forestale dello Stato

AA.VV., 2008. Le pinete demaniali litoranee dell'Alto Adriatico. Progetto LIFE - Natura 2004 "Tutela di siti Natura 2000 gestiti dal Corpo Forestale dello Stato" (LIFE04NAT/IT/000190). Corpo Forestale dello Stato - Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina, Ravenna, pagg. 150.

A.S.F.D., 1960. L'Azienda di Stato per le Foreste Demaniali. Volume I. Soc. A.B.E.T.E.. Roma.

Cantiani P., Ferretti F., Pignatti G., Andreatta G., Nobili G., 2009. Le pinete demaniali costiere di Ravenna e Ferrara: analisi dei tipi forestali e strutturali per la scelta del trattamento selvicolturale nel processo di pianificazione. Ann. CRA - Centro Ric. Selv. Arezzo - Vol. 35, 2007-2008: 61 - 68.

Gariboldi A., Lambertini M., Tallone G. (red.), 1997. Delta del Po: verso un futuro sostenibile, Piano per la conservazione della natura del Delta del Po (Sintesi), Unione Europea DG XI - Ministero dell'Ambiente Servizio Conservazione Natura, realizzato da LIPU, Parma, pagg. 112.

Longhi G., 1969. Foresta "Pineta di Ravenna". Piano di Assestamento esecutivo per il decennio 1970-1979. Azienda di Stato per le Foreste Demaniali.

Nobili G., 2007 - Le pinete demaniali litoranee dell'Alto Adriatico: interventi per un ruolo ecologico attuale.

Progetto LIFE - Natura 2004 "Tutela di siti Natura 2000 gestiti dal Corpo Forestale dello Stato". Atti del Convegno "La selva antica di Ravenna a cento anni dalla legge Rava", Fondo per l'Ambiente Italiano, 3 dicembre 2005, Ravenna. Longo Editore, Ravenna.

3.1 L'intervento di vegetalizzazione della duna

Speranza M., Venturi G., Monti A., Pritoni G., Pellizzari M., Merloni N., Ferroni L., 2008 - Realizzazione di un intervento di vegetalizzazione sulla nuova duna del sito pilota di Foce Bevano (Ravenna). In: Beachmed-e in Emilia-Romagna: i risultati. Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile, Regione Emilia-Romagna, pagg. 49-51.

Speranza M., Venturi G., Monti A., Pritoni G., Merloni N., Pellizzari M., Ferroni L., 2008 - Végétalisation de la dune artificielle de Foce Bevano (Ravenna, Italie). Beachmed-e Posidune INTERREG III C, Cahier Technique de phase C, pagg.131-148.

Speranza M., Venturi G., Monti A., Pritoni G., Ferroni L., 2008 - Restoring the functions of the habitat of shifting dunes in a pilot site of the Northern Adriatic coast (Italy). "Towards a sustainable future for European ecosystems - Providing restoration guidelines for Natura 2000 habitats and species". 6th European Conference on Ecological Restoration, SER Europe. Ghent (Belgium). 8-12 September 2008. (pp. 1 - 4). BRUSSELS: Kris Decler

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.

5.1 La falda sospesa

Antonellini M., Mollema P., Giambastiani B., Banzola E., Bishop K., Caruso L., Pellegrini L., Sabia M., Ulazzi E., and Gabbianelli G., 2008. Salt water intrusion in the coastal aquifer of the southern Po Plain, Italy. *Hydrogeology Journal*, Vol. 16, Issue 8, pp.1541- 1566

Corpo Forestale dello Stato, Ravenna, 2004. Le Pinete Demaniali Litoranee dell'Alto Adriatico. Progetto Life.

Gabbianelli G., Antonellini M., Mollema P., Minchio A., Stecchi F., Balugini E., Savelli D., 2008. Caratterizzazione idrologico-idrogeologica delle dune costiere. In Regione Emilia Romagna Ed: "BeachMed in Emilia. Romagna: i risultati", pp 45- 48, Stampa Tipografia Moderna, Bologna.

IGRG, 2009. Progetti di ricerca in corso.

Mollema P., Antonellini M., Minchio A. and Gabbianelli G., 2008. The Influence of Three-dimensional Dune Topography on Salt Water Intrusion in Marina Romea, Italy: A Numerical Modeling Study Using LIDAR Data. *Proceedings 20th Saltwater Intrusion Meeting (SWIM)*, pp. 151- 154, Florida USA.

Ulazzi E., Antonellini M., Gabbianelli G., 2008. Saltwater intrusion in a unconfined coastal aquifer: the case study of Cervia (North Adriatic sea, Italy); In P.Meire et al. (eds): "Integrated Water Management: Practical Experiences and case Studies". Series: Nato Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, Vol. 80. pp. 295- 308. Springer

5.2 Il trasporto eolico

Bagnold R.A. (1941) - *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. Morrow, New York, (republished in 1954 by Methuen, London).

Carter R.W.G. (1988) - *Coastal Environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press, London, UK, p.617.

Konings, Ph. (1990) - Eolian sand transport at the Belgian coast: morphodynamic implications and use in coastal management. *Proc. Littoral 90, Marseille, Eurocoast*, pp.120-124.

Kawamura R., (1951) - *Study of Sand Movement by Wind*. University of Tokyo, Reports of Physical Sciences Research, 5:95- 112 (in Japanese). (Translated in 1964 as University of California Hydraulics Engineering

Laboratory Report HEL 2- 8, Berkley, CA, pp 1- 38).

Zingg A.W. (1953) - Wind Tunnel Studies of the Movement of Sedimentary Material. Proceedings, 5th Hydraulic Conference, State University of Iowa, Studies in Engineering Bulletin. Vol.34. pp.111-135.

Hsu S.A. (1986) - Correction of Land-Based Wind Data for Offshore Applications: A Further Evaluation. Journal of Physical Oceanography. Vol.16. pp.390-394.

Jackson D.W.T., McCloskey J. (1997) - Preliminary results from a field investigation of Aeolian sand transport using high resolution wind and transport measurements. Geophysical Research Letters. Vol.24(2). pp.163-166.

Gomes N., Andrade C., Romariz C. (1992) - Sand transport rates in the Tróia-Sines arc, S.W. Portugal. In: Coastal Dunes, R.W.G. Carter, T. G. F. Curtis, M.J. SHEELYSKEFFINGTON (eds.) - Balkena (Rotterdam). pp.33-42.

Gómez-Pina G., Muñoz-Pérez J.J., Ramírez J. L., Ley C. (2002) - Sand dune management problems and techniques, Spain. Journal of Coastal Research SI. Vol.36. pp.325-332 (ICS 2002 Proceedings) Northern Ireland ISSN 0749-0208.

Davidson-Arnott R.G.D., Law M.N. (1996) - Measurement and prediction of long-term sediment supply to coastal foredunes. Journal of Coastal Research Vol.12. pp.654-663.

Alcántra-Carrió J., Alonso I. (2000) - Aeolian sand transport across the Isthmus of Jandia (Fuerteventura): An annual rates prediction. Actas do Simpósio Brasileiro sobre praias arenosas, pp.70-72.

Rebêlo L.P., Brito P.O., Monteiro J.H. (2002) - Monitoring the Cresmina dune evolution (Portugal) using differential GPS. Journal of Coastal Research SI Vol.36. pp.591-604.

Goldsmith V., Rosen P., Gertner Y. (1990) - Eolian transport measurements, winds, and comparison with theoretical transport in B.O. Bauer, R.G.D. Davidson-Arnott / Geomorphology 49 (2002) 89-108 107 Israeli coastal dunes. In: Nordstrom, K.F., Psuty, N.P., Carter, R.W.G. (Eds.), Coastal Dunes: Form and Process. Wiley, Chichester, UK, pp.79-101.

Bauer B. O., Sherman D. J., Nordstrom K. F., Gares P. A. (1990) - Aeolian transport measurement and prediction across a beach and dune at Castroville, California. Nordstrom, K. F., Psuty, N. P., Carter, R. W. G., (Eds.), Coastal Dunes: Form and Process. John Wiley, Chichester. pp.39-55.

Bauer B.O., Namikas S.L., (1998) - Design and field test of a continuously weighing tippingbucket assembly for aeolian sand traps. Earth Surface Processes and Landforms, Vol.23 pp.1171-1183.

Sterk G., Jacobs A.F.G., Van Boxel J.H. (1998) - The effect of turbulent flow structures on saltation sand transport in the atmospheric boundary layer. Earth Surface Processes and Landforms Vol.23. pp.877-887.

5.3 Il monitoraggio della copertura vegetale

AGENC Agence pour la Gestion des Espaces Naturels de Corse (1994) - Restauration des dunes à faible dynamique edificatrice en Corse. Bastia.

Boucheron (1987) - Aménagement et gestion des dunes littorales. Ministère de l'Environnement, France.

Caniglia G. (2006) - Stato attuale dei litorali del Veneto. Informatore Botanico Italiano, Atti del Convegno "Conservazione e recupero degli habitat costieri", Ancona, 19-20 maggio 2005.

Caniglia G. Casetta D., Nascimbeni P.; Pizzinato C. (1998) - Aspetti del dinamismo della vegetazione nell'edificazione di un sistema dunoso artificiale (Venezia-Cavallino). Atti del 10° Seminario IAED - La progettazione ambientale nei sistemi costieri. 12: 42-53.

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. (1998) - Ricostruzione e naturalizzazione delle dune artificiali sul litorale di Cavallino. Quaderni Trimestrali Consorzio Venezia Nuova, 2: 45-61.

De Lillis M., Costanzo M., Bianco P.M.; Tinelli A. (2004) - Sustainability of sand dunes restoration along the coast of the Tyrrhenian sea. Journal of Coastal Conservation, 10: 93- 100.



foto di copertina e pag. 55 a cura del I.G.R.G.- CIRSA (Università di Bologna, Sede di Ravenna)
Finito di stampare nel mese di novembre 2009 dal Centro Stampa della Regione Emilia-Romagna

una pubblicazione a cura del



Servizio Difesa del Suolo
della Costa e Bonifica

Via dei Mille 21
40121 Bologna
telefono: 051 5276811
fax: 051 5276941
email: difSuolo@regione.emilia-romagna.it
www.ermesambiente.it/difesasuolo