

Il progetto di riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di foce Bevano, Comune di Ravenna (RA)

Claudio Miccoli¹, Mauro Ceroni², Ennio Malavolta² e Mario Castelli²

¹ Regione Emilia-Romagna - Direzione Generale Ambiente, Difesa del Suolo e della Costa - via dei Mille 21 - 40121 Bologna Tel. +39-0544-249726 Fax +39-0544-249799

E-mail: cmiccoli@regione.emilia-romagna.it

² Regione Emilia-Romagna - Servizio Tecnico di Bacino Romagna, sede di Ravenna - Piazza Caduti per la Libertà 9 - 48121 Ravenna Tel. +39-0544-249711 Fax +39-0544-249799

E-mail: mceroni@regione.emilia-romagna.it

Riassunto

L'anomalo andamento del tratto terminale di foce del Torrente Bevano ha generato, soprattutto a partire dall'evento meteorologico del 1996, gravi fenomeni di erosione sia delle dune costiere che della retrostante pineta, a cui si deve aggiungere l'innalzamento del rischio di alluvione per i retrostanti territori a causa dell'impossibilità dello stesso Bevano di smaltire in tutta sicurezza eventuali ondate di piena. L'intervento di riqualificazione funzionale del tratto di foce del T. Bevano coniuga la necessità di garantire sicurezza idraulica con quella di tutelare un importante sistema ambientale presente alla foce del Bevano.

Dopo la fase di Valutazione di Impatto Ambientale e la valutazione delle alternative di progetto possibili è stata affrontata la fase operativa. Sono state realizzate due nuove foci (delle quali una entra in funzione solo in caso di piena) e con i materiali dragati per la loro realizzazione (sia nella spiaggia emersa che sommersa) è stata occlusa quella "naturale"; la riva di neoformazione è stata protetta con una palificata e tramite una gaveta (realizzata in legno) si è mantenuto il collegamento idraulico tra il corso d'acqua e la laguna interclusa; si è impostata, anche con fascinate morte e vive, la ricostruzione della duna.

L'intervento è stato quindi progettato con un basso impatto ambientale al fine di risolvere un problema idraulico, realizzando contemporaneamente la ricostruzione del sistema dunoso che rappresenta l'elemento caratterizzante della foce del T. Bevano. E' la prima volta che, in Emilia-Romagna, le dune riconquistano territorio in modo così importante e che si presenta l'occasione in cui sperimentare tecniche di ingegneria naturalistica in un vero e proprio laboratorio naturale, e per monitorare e migliorare in corso d'opera un intervento nato dalla collaborazione di tanti Enti con visioni e missioni diverse per lo stesso ambiente.

Parole chiave: duna, ambiente, fiume, spiaggia, lavori, studi, impatto ambientale.

Abstract

The project goal is to plan the management of watercourse works involving the mouth of river Bevano and its surroundings, on the north Adriatic Sea coast. The river mouth is located in a particularly important physiographic situation, where the hydrogeological water safety issue intersects with the need to manage an important environmental protected system.

The most important part of the protected area is set up around the territory near the mouth of river Bevano, but the influence of the system involves the entire basin of the river and all related inland territory and part of the coastal system. The project (carried out with the help of the University, and national and local authorities) took into account the need to synthesise such needs in "the achievable project." This project does not fulfil the criteria for a perfect classic hydraulic work because it partially ignores the durability of the work. This parameter is sacrificed as a result of typological choices and quality of materials more suitable to the particular environment. The reduced durability of works needed to plan the works with the policy of the need of constant maintenance of the works themselves in time. After undergoing environmental impact assessment and evaluation of work alternatives the active phase of such works took place in spring 2006. Two new river mouths were created, a primary mouth and a secondary one which comes into operation only when the hydrometric level of the river is high.

Sand material (dredged from emerged and submerged beach facing the new river mouths) was used to occlude the natural pre-existing river mouth and to rebuild the coastal dune eroded by the river mouth migration to the north. The newly-formed river bank was protected on the north side by a palisade. The remnant lagoon landlock maintains a hydraulic connection to the river and sea system through an opening breach which allows water exchange and oxygenation during tidal water movement.

A complex intervention, hence, to solve a major hydraulic problem while aiming at producing the lowest environmental impact possible. This fact has an added value, because the reconstruction criteria deal with the existing natural dune system that has always characterised the mouth of T. Bevano. This is the first time that dunes "re-gain" territory in this part of Italy. This experience has to be valued as a unique natural laboratory for testing techniques for bioengineering and environmental reconstruction, monitoring and improving a project and intervention born from the collaboration of many Public authorities with different visions and missions for the same environment.

The peculiar environmental situation brings out the need for constant adaptation of the actual and future maintenance works to the changes related to reactions of the river mouth in a highly dynamic system.

Keywords: river mouth, Bevano, dune, environment, beach, coastline, environmental impact.

Premessa

Il "Progetto esecutivo di Riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano (2005)" è stato redatto nella consapevolezza di effettuare un intervento in un'area molto delicata (Fig. 1).

Tutto il contesto di Foce Bevano era già da tempo caratterizzato da un evidente squilibrio a causa della progressiva erosione delle dune a nord e conseguente esposizione del retrostante territorio al rischio di ingressione marina (Fig. 2). In passato erano già stati ipotizzati diversi interventi, sempre rimandati nel timore di impattare eccessivamente su un'area di altissimo pregio ambientale. In occasione dell'evento alluvionale che ha colpito la Romagna nell'autunno 1996 l'intero sistema del Bevano ha dimostrato la sua criticità idraulica. Dopo questo evento sono stati stanziati fondi per la mitigazione del rischio idraulico, tra cui la sistemazione della foce del Bevano. Il Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli - sede di Ravenna (di seguito STB) 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. Il finanziamento proveniva da fondi stanziati con la Legge n. 226 del 13 luglio 1999 e la L. R. n. 5 del 2000, con i quali 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.

In sede di valutazione preliminare da parte del STB, si è ritenuto opportuno ricercare una soluzione condivisa con tutti gli enti coinvolti nella gestione dell'area e si è convenuto sulla opportunità di attuare in modo volontario le procedure di valutazione di impatto ambientale, come previsto dalla legislazione regionale (LR 9/99), al fine di garantire la migliore valutazione degli impatti del progetto sull'ambiente e il confronto tra diverse scelte di intervento possibili.

Il STB ha quindi attivato un apposito gruppo di lavoro, con la partecipazione di tecnici di Enti diversi, (Auto-

rità dei Bacini Regionali Romagnoli, Provincia di Ravenna, Parco regionale Delta del Po, Università, Corpo Forestale dello Stato, Comune di Ravenna) al fine di predisporre lo Studio di Impatto Ambientale (*Studio di impatto ambientale: Riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano - 2005*).

La scelta operativa è stata quella di raccogliere tutto il materiale conoscitivo disponibile sulla zona interessata dagli effetti del progetto e valutare quali approfondimenti compiere, per individuare la soluzione ottimale al problema.

Il risultato del progetto doveva essere:

- 1 - velocizzare il deflusso a mare delle piene, migliorando le capacità di scolo dei territori a monte;
- 2 - ricostruire un tratto di 500 metri di duna costiera erosa dal movimento verso nord della foce;
- 3 - spostare verso sud la Foce del Bevano.

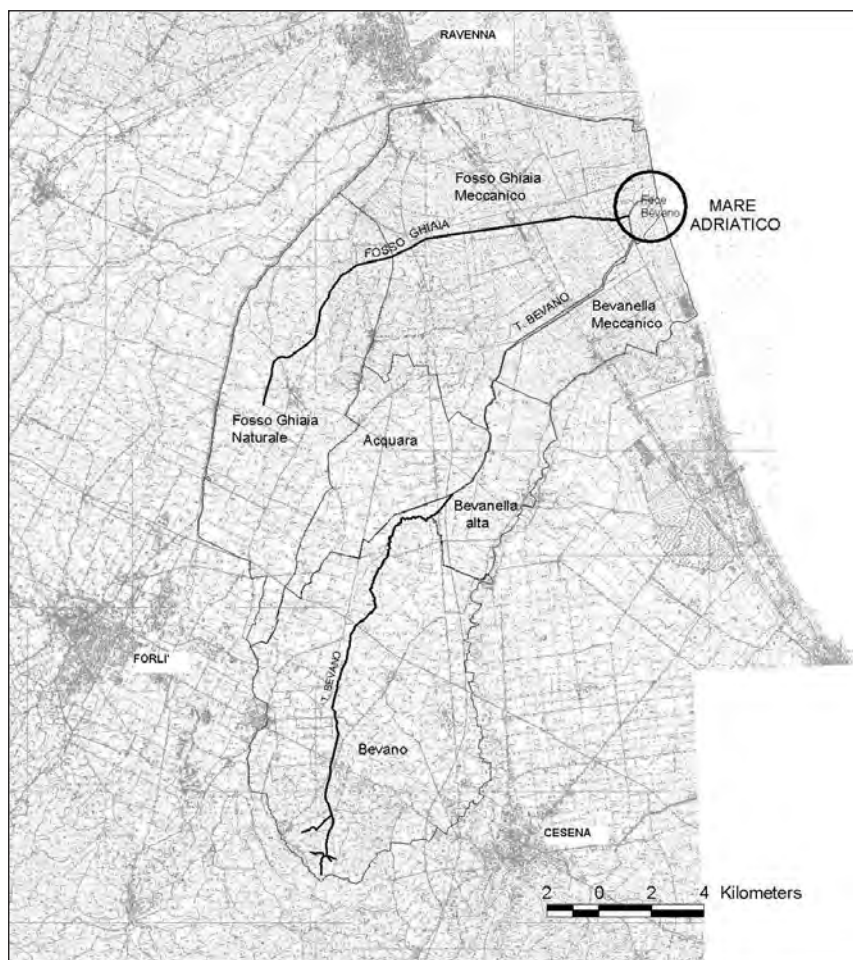


Figura 1 - Localizzazione della zona di intervento.

Il problema tecnico

L'intero bacino, costituito dal torrente Bevano, dal Fosso Ghiaia e dagli altri canali di bonifica, comprende il territorio situato tra il fiume Savio, a sud est, il fiume Ronco a nord ovest ed il crinale spartiacque che da Bertinoro va verso San Vittore di Cesena (a sud) e verso Forlimpopoli (a nord). Il territorio interessato, dall'estensione di circa 308 kmq, si sviluppa per circa il 30% nel territorio della provincia di Forlì e per il restante 70% nella provincia di Ravenna. E' quindi un bacino di piccola estensione e quasi esclusivamente di pianura, in quanto sia il suo ramo principale (Bevano), che i suoi affluenti, traggono origine dalle pendici delle colline sottostanti Bertinoro, ad altezze sui 150-170 metri sul livello del mare e, dopo un percorso di alcuni chilometri, entrano in

zona di pianura. Questi corsi d'acqua sono molto ripidi nel tratto iniziale e non hanno sorgenti proprie, per cui vanno in secca molto rapidamente nei periodi di scarsa piovosità.

Il Bevano, per le caratteristiche del suo bacino idrografico, è soggetto a piene improvvise ma brevi. Nella zona di foce la dinamica prevalente è per gran parte dell'anno quella marina, caratterizzata da un trasporto solido costiero direzionato da sud verso nord e da una forzante anemometrica dominante con direzione sud-est.

Queste condizioni sono quelle che provocano la migrazione della foce e la conseguente erosione della duna. Negli ultimi anni la foce del torrente Bevano ha quindi mostrato una crescente tendenza a migrare sempre più verso nord (Fig. 2). La foce deviata costituiva un ostacolo fisico al deflusso verso mare in occasione delle piene.



Figura 2 - La migrazione della foce del torrente Bevano nel tempo.

La direzione di movimento è passata progressivamente da sud a nord (notare la presenza di altri due meandri già tagliati in passato). Dal 1998 al 2005 il movimento verso nord è aumentato progressivamente di velocità.

La difficoltà dell'acqua a sfociare a mare si ripercuoteva a monte, facendo innalzare il livello dell'acqua nel fiume e contribuendo in modo particolare alla crisi dell'autunno del 1996 (Fig. 3).



Figura 3 - Il Bevano in occasione della rotta dell'autunno del 1996.

Considerato che parte del territorio retrostante è posto al di sotto o subito sopra il livello del mare, viene reso difficile lo scolo anche per i canali artificiali consorziali che drenano tutto il territorio retrostante.

Con simili condizioni anche una decina di centimetri di dislivello dell'acqua nel fiume obbligano la bonifica ad attivare sistemi di pompaggio al fine di mantenere asciutte queste aree. I calcoli idraulici derivanti dallo studio della Autorità di Bacino (*Piano stralcio per il rischio idrogeologico - 2003*) hanno individuato una possibilità di risalto idraulico di circa 20/25 cm, più che sufficiente a causare seri problemi al sistema di scolo dei territori retrostanti, come nel caso del canale Fosso Ghiaia, il cui scolo è totalmente a gravità e non aiutato da opere di sollevamento artificiale.

Per questo motivo le zone della Standiana e di Fosso Ghiaia (poste a 4 km a monte della foce) hanno avuto negli ultimi anni grossi problemi in caso di piogge ed a questo ha contribuito significativamente anche la difficoltà di sbocco a mare del torrente Bevano. I terreni agricoli posti subito ad ovest della pineta costiera hanno una quota di circa -0,50 m. s.l.m.m., che digrada fino ai -1,80 m. s.l.m.m. della zona Standiana.

In aggiunta a questo la foce del Bevano, migrando verso nord, continuava ad erodere la duna esponendo ad erosione e quindi ad ingressione marina il retrostante territorio caratterizzato anche da una importante pineta costiera (Fig. 4). In occasione di grosse mareggiate, senza la protezione della duna, il mare era già penetrato nei canali presenti all'interno della pineta, confermando le previsioni di rischio appena evidenziate.



Figura 4 - La zona di vecchia foce con l'erosione della duna e l'ingressione del mare verso la pineta retrostante.

Il problema ambientale

Tutta la zona di foce Bevano, che è uno dei pochissimi tratti non urbanizzati della costa Romagnola, è protetta con numerosi vincoli a tutela di flora, della fauna e come bellezza naturale nel suo complesso. Il problema principale di un intervento è quindi quello di non interferire con l'equilibrio che questa zona ha raggiunto. Sono presenti due meandri abbandonati con una vegetazione di palude, tra cui una specie molto rara, la "*Salicornia veneta*" (Figg. 5 e 6) e anche molte specie di animali rari e protetti.

L'area è un Sito di Importanza Comunitaria (SIC) ai sensi della Direttiva 92/43/CEE e anche una Zona di Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della Direttiva 79/409/CEE.

Il Sito è denominato IT4070009 "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano".

Per valutare l'impatto dell'intervento da svolgere sull'Habitat e sulle specie protette (flora e fauna), all'interno dello Studio di Impatto Ambientale è stata predisposta una Valutazione di Incidenza, ai sensi del D.P.R. n. 357 dell'8 settembre 1997 (*Studio di impatto ambientale -Riquilificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano*, 2005).

Figura 5 - La *Salicornia veneta*.Figura 6 - I meandri con *Salicornia veneta* (foto: Massimiliano Costa).

Lo studio di impatto ambientale

Il contesto ambientale del progetto è stato analizzato sotto i molteplici punti di vista in precedenza evidenziati. Per la predisposizione dello Studio di Impatto Ambientale (*Studio di impatto ambientale - Riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano*, 2005), sono state valutate a livello preliminare, sette possibili ipotesi di intervento:

- 1 - taglio del penultimo e ultimo meandro attraverso il villaggio abusivo;
- 2 - taglio intermedio dell'ultimo meandro e chiusura foce attuale;
- 3 - taglio dell'ultimo meandro e chiusura foce attuale;
- 4 - nessun intervento;
- 5 - apertura di nuova foce e mantenimento dell'attuale;
- 6 - situazione a tre punti di uscita parziale;
- 7 - chiusura vecchia foce, apertura di foce intermedia e ulteriore uscita parziale a scolmatore.

Per ciascuna ipotesi sono stati valutati i pro e i contro dal punto di vista tecnico ed ambientale.

Data la particolarità della situazione, alcuni tipi di analisi sono stati compiuti a scala vasta (di bacino) in relazione all'influenza dei parametri da valutare, mentre altre analisi hanno necessariamente dovuto limitare l'ambito operativo ad una zona molto più ristretta, corrispondente all'area di intervento.

Sono stati 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.

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

I dati sul comportamento fisico dell'ambiente marino, sono stati raccolti per l'area che va da Lido di Savio a Lido di Dante, mentre per la qualità delle acque marine si sono ritenuti sufficienti i dati delle due stazioni di campionamento nei pressi della foce del torrente Bevano, monitorate da ARPA ed ubicate a sud e a nord della foce.

Le difficoltà principali sono dovute alla indeterminatezza del trasporto solido lungo costa, che ha influenzato lo spostamento della foce del torrente Bevano verso nord.

Trattandosi di un'opera che deve integrarsi con l'ambiente circostante, occorre prevedere la possibilità di interventi periodici per il mantenimento degli obiettivi raggiunti.

E' stata infine scelta soluzione N. 7 (Fig. 7), (*Studio di impatto ambientale: Riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano* - 2005) autorizzata con le Deliberazioni di Giunta regionale n. 2138 del 2 novembre 2004 e n. 842 del 6 giugno 2005, che prevedeva le seguenti azioni:

- 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 scolmatore all'altezza dell'ultimo meandro (l'acqua vi passa solo in caso di alta marea o di piena del fiume);
- chiusura della foce esistente con il materiale sabbioso proveniente dallo scavo delle nuove foci e ricostruzione parziale della duna erosa a protezione della pineta.

Un significativo punto di pressione antropica sull'area è costituito dal villaggio abusivo della Bassona, (al centro della Fig. 7) un agglomerato di baracche e manufatti su cui sono pendenti ordinanze di demolizione e ricorsi al Consiglio di Stato contro di queste, con una situazione di stallo che dura da oltre 20 anni. La situazione di fatto è quella di un insediamento frequentato in estate da almeno un centinaio di persone, sprovvisto di servizi e di sistemi di depurazione efficienti, posto totalmente all'interno della zona protetta. Gli argini artificiali del torrente Bevano arrivano in sinistra idraulica sino a mare, attraversando il villaggio abusivo, raccordandosi (prima della erosione degli ultimi anni) con l'argine artificiale di retroduna a mare, circondando, in destra idraulica, tutta l'area dei meandri abbandonati.



Figura 7 - La zona di foce prima dell'intervento, con individuate le zone interessate dai lavori.

Il progetto esecutivo

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 ed ha predisposto il progetto esecutivo, che è stato approvato in data 29 luglio 2005 (*Progetto esecutivo di Riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano -2005*). I lavori si sono svolti dal 23 gennaio 2006 al 14 aprile 2006.

I lavori hanno comportato lo spostamento della sabbia ricavata dagli scavi realizzati per il nuovo inalveamento ed il suo trasferimento mediante rifluimento in corrispondenza della foce esistente al momento dell'inizio dei lavori, che è così stata chiusa. Il punto di apertura della nuova foce è stato protetto con una palificata in legno in sinistra idraulica per evitare la ripresa del movimento verso nord e tenere vincolata la posizione della nuova foce (Figg. 8, 9, 11 e 13).

La movimentazione della sabbia è stata effettuata con l'ausilio di una draga galleggiante munita di testa disgregante ed attrezzata con una tubazione di rifluimento diam. 200 mm. posizionata a terra, e con l'ausilio di altri



Figura 8 - La realizzazione della palificata in legno nella zona della nuova foce.



Figura 9 - La posa in opera del geotessile a tergo della palificata in legno nella zona della nuova foce.

mezzi meccanici di movimento terra. Il materiale proveniente dal dragaggio è stato ricollocato, come già riferito, 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 e del necessario raccordo tra questa e il cordone dunoso esistente dalla zona di foce verso nord.

La palificata è stata costruita con pali in legno di castagno della lunghezza variabile dai 3,00 ai 6,00 ml e diam. 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 all'effetto ribaltante, mentre al limite est verso mare la palificata è stata prolungata per circa 20 ml 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. 9) al fine di ridurre al minimo la possibilità di asportazione del materiale sabbioso di riempimento per effetto dei fenomeni di trascinamento attraverso i varchi esistenti tra un palo e l'altro, da parte sia delle acque meteoriche che delle mareggiate, con effetto di sormonto dell'opera di contenimento.

Sono state inoltre realizzate viminate morte a protezione della duna di neoformazione, per cercare di limitare il più possibile il trasporto eolico e favorire l'accrescimento della duna.

La duna è stata ulteriormente protetta utilizzando materiale spiaggiato recuperato in zona e concordando con il Comune di Ravenna di lasciare la zona al di fuori delle operazioni di pulizia spiaggia, per favorirne la naturalità ed evitare erosioni al piede a causa dei mezzi meccanici di pulizia. La zona di fiume che è rimasta isolata dal-

la chiusura della vecchia foce è stata mantenuta collegata al sistema mare-fiume tramite la realizzazione di una gaveta in legno, (Fig. 10) con quota di fondo allo 0,00 del medio mare, al fine di garantire un ricambio giornaliero di acqua con la marea e di evitare fenomeni di anossia.



Figura 10 - La gaveta vista da dentro il tratto di fiume abbandonato.



Figura 11 - Le opere di protezione della nuova foce e la gaveta appena completate. Vista da terra verso mare.

Le varie lavorazioni sono state sintetizzate nella Tabella 1, che riassume anche le quantità di ogni lavorazione principale. Il cantiere dei lavori è stato realizzato sulla spiaggia, per disturbare il meno possibile fauna e vegetazione delle dune e sono stati rispettati i periodi imposti dalla Valutazione di Impatto Ambientale al fine di non danneggiare le specie in riproduzione.

Tabella 1 - Sintesi delle lavorazioni effettuate e relative quantità.

Opere di tipo rigido	palificata in legname in corrispondenza dell'ultima curva della nuova foce intermedia.
Movimentazione di sabbia	circa 25.000 m ³ movimentati in loco, sia a terra tramite scavatore e camion (15.000 m ³), sia tramite rifluimento diretto (23.500 m ³)
Mezzi a mare	draga
Mezzi a terra	mezzi di scavo e camion per trasporto con utilizzo di tubo su battigia per rifluimento 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	il periodo di esecuzione è previsto in modo da arrecare il minore disturbo alle specie presenti ed all'ambiente naturale nel suo complesso, sulla base delle considerazioni contenute nella valutazione di incidenza e quindi in periodo invernale

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 fosse in grado di garantire sufficiente portata a mare in caso di piena.

Il livello di base dello scolmatore è stato impostato alla quota 0,00 del medio mare e garantito in questo da una soglia di fondo, anch'essa realizzata con pali in legno.

Nella zona tra la nuova foce e la vecchia foce chiusa a nord è stata ricostruita la duna (Fig. 12) con fascinate morte e utilizzo di materiale naturale legnoso spiaggiato, per una lunghezza di oltre 500 metri. Il materiale sabbioso utilizzato è stato quello risultante dallo scavo della nuova foce e dello scolmatore, senza apporti esterni.

L'intervento effettuato non rappresenta la soluzione definitiva del problema idraulico, ma vuole essere un ten-

tativo di indirizzare l'evoluzione di un sistema naturale (che risente fortemente da tutti i lati di influenze antropiche) verso una direzione che, mantenendo lo stesso livello di caratteristiche di naturalità, possa diminuire i problemi idraulici riscontrati nell'entroterra, nell'ottica di una gestione sostenibile di un territorio che presenta complesse interazioni tra aspetti naturali e pressioni antropiche.



Figura 12 - La zona di duna ricostruita. Vista da nord verso sud. Alla destra il tratto di fiume abbandonato e alla sinistra il mare.



Figura 13 - Le opere di protezione della nuova foce e la gaveta. Vista da mare verso terra.

Opere per la mitigazione ed il monitoraggio ambientale nella fase di esercizio

La filosofia dell'intervento è stata quella di riuscire ad ottenere un risultato significativo dal punto di vista della funzionalità idraulica, tramite azioni ed opere che interagissero il meno possibile con la situazione ambientale naturale nel suo complesso, cercando di garantire una stabilità futura del risultato finale dei lavori, (Figg. 10÷16) pur nella consapevolezza di agire in un ambiente di transizione tra due sistemi, dinamici per definizione, quello marino e quello fluviale.

Un'ulteriore azione di progetto è stata quella relativa all'utilizzo di materiale naturalmente spiaggiato a fini di protezione delle zone di nuova realizzazione della duna (Fig. 12) e di protezione della fauna. 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, nel predisporre uno schema di intervento si è tenuto conto fin da subito della necessità di tenere controllata la futura evoluzione della foce anche dopo il termine dell'intervento, anche al fine di potere svolgere eventuali azioni correttive.

Tali azioni sono riassunte in Tabella 2.

Tabella 2 - Riassunto degli interventi effettuati nella zona della Foce Bevano a partire dal 2006.

Titolo intervento	Importo in €	Descrizione sintetica dei lavori	Durata
Riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano	361.519	Apertura di una nuova foce e di uno scolmatore mediante movimentazione di sabbia pari a circa m ³ 15.000, dragaggio dalla nuova foce con refluenimento di m ³ 23.500 utilizzati per la chiusura della vecchia foce e per il ripristino della duna costiera, protezione dell'argine sinistro mediante la posa di n. 950 pali di m 4 e n. 700 di m 6, realizzazione di una gaveta in legno per favorire l'interscambio dell'acqua con la zona chiusa, escuzione di m 600 di viminata di altezza pari a cm. 30 al piede della duna costiera con specie autoctone.	Dal 23/01/2006 Al 14/04/2006
Lavori di somma urgenza in località Foce Bevano in comune di Ravenna (RA)	30.000	Riapertura dello scolmatore con escavo di m ³ 350 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.	Dal 11/10/2006 Al 15/11/2006
Lavori di ripascimento spiagge in località Lido di Dante e Foce Bevano in comune di Ravenna (RA)	20.000	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.	Dal 04/04/2008 Al 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	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.	Dal 23/03/2009 Al 07/04/2009
Interventi di manutenzione straordinaria anche con ripascimento della costa ravennate (RA)	30.000	Ripristino della palificata manomessa da mareggiate con sostituzione di 206 pali e la posa in opera, a tergo della stessa, di n. 88 sacchi in tessuto sintetico riempiti di materiale sabbioso.	Dal 10/05/2010 Al 31/05/2010

Va sottolineato che il tipo di intervento, che si attua in un ambiente soggetto a dinamiche di vario tipo, la cui prevedibilità è relativa, in quanto le condizioni ambientali sono soggette a variazioni e modificazioni, deve necessariamente essere corredato da azioni di controllo e monitoraggio.

Questo perché la dinamicità della situazione della interazione mare/fiume e la variabilità della situazione rende possibile evidenziare a livello generale le problematiche e rende interessante il lavoro svolto come caso di studio sotto molteplici aspetti.

La gestione

Le mareggiate, la corrente continua di marea, le piene fluviali hanno posto da subito il problema della necessità di sorveglianza e manutenzione continua (Fig 16).

Per quanto riguarda la sorveglianza si è instaurato un sistema di rapporti con il Corpo Forestale dello Stato e la Provincia di Ravenna, al fine di potere essere avvisati con tempestività di eventuali necessità di intervento. Infatti, come nelle previsioni, si è dovuto intervenire a più riprese in special modo sulla barriera in tronchi al fine di stabilizzarla. Per i vari interventi si veda la Tabella 2.

La causa è stata inizialmente una tendenza della corrente di marea a sottoescavare i pali, scalzandoli da sotto nonostante i tiranti. Si sottolinea che la foce del Bevano è prevalentemente controllata (tranne uno o due episodi l'anno di piena o morbida) dalla corrente di marea che in entrata e uscita tende ad erodere verso nord. A questo si è posto rimedio piantando, esternamente a quella esistente, una nuova fila di pali più profondi e in parallelo a quelli esistenti e realizzando alcuni pennelli trasversali (con effetto di repellenti idraulici) per allontanare i filetti idrici, generati principalmente dalla corrente di marea, lontano dalla barriera e diminuirne l'effetto di asporto di sabbia e quindi di scalzamento (Figg. 14 e 15).



Figura 14 - Vista della zona di foce nel 2008 con particolare dei repellenti dentro la zona di foce.



Figura 15 - Vista dall'alto della zona di foce nel 2008, con i repellenti già realizzati nel corso degli interventi di manutenzione (foto: Giovanni Gabbianelli - CIRSA, RA).



Figura 16 - La situazione della foce a partire dal 2009 (foto: Giovanni Gabbianelli - CIRSA, RA).

Dopo la realizzazione dei primi pennelli ed il rinforzo dei pali, l'effetto di scalzamento si è trasferito in modo sempre meno intenso verso monte, mentre nel tratto caratterizzato inizialmente da scalzamento ora è presente una stabilizzante spiaggetta.

In occasione di mareggiate si è avuto il superamento in quota della barriera in pali con conseguente erosione provocata dalle acque di ritorno. Anche a queste situazioni si è posto rimedio ripristinando il tessuto non tessuto posto a tergo dei pali e riposizionando il materiale sabbioso.

Con le mareggiate del dicembre 2008 -aprile 2009, collegate ad alti livelli di marea, si è avuto per la prima volta il superamento della duna di neoformazione tra nuova e vecchia foce, con sua parziale erosione e formazione di *washover* nella zona di meandro morto interna. Su questa situazione si è valutato, d'intesa con gli altri Enti, di non intervenire per lasciare il sistema alla sua evoluzione e non influire sugli studi in corso relativamente all'evoluzione della duna.

A circa cinque anni dalla conclusione dei lavori, sono stati realizzati interventi per complessivi 110.000 €, cioè circa 22.000 €/anno, che rappresentano il 6% del valore dell'intervento iniziale e quindi un più che accettabile costo di manutenzione per un intervento di questa tipologia.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti gli Enti e Istituzioni che hanno collaborato e continuano a collaborare agli studi, alle verifiche e al controllo della zona di Foce Bevano, in un'ottica di partecipazione fra amministrazioni forse unica nel suo genere.

Un ringraziamento particolare a Rita Boarini per i consigli per la stesura definitiva del testo.

Bibliografia

Autorità dei bacini regionali romagnoli (2003) - *Piano stralcio per il rischio idrogeologico*. Approvato con Delibera della Giunta Regionale n. 350 del 17 marzo 2003.

Regione Emilia-Romagna, Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli, sede di Ravenna (2005) - *Progetto esecutivo di Riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano*. Approvato con determinazione n. 11032 del 29 luglio 2005.

Regione Emilia-Romagna, Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli, sede di Ravenna (2005) - *Studio di impatto ambientale: Riqualificazione funzionale nel tratto costiero in corrispondenza di Foce Bevano*. Presentato in data 10 settembre 2003 e approvato con Deliberazioni di Giunta Regionale n. 2138 del 2 novembre 2004 e n. 842 del 6 giugno 2005.

Ricevuto il 12/04/2010, accettato il 04/11/2010.