

Studio delle misure di mitigazione e compensazione relative agli interventi di adeguamento idraulico all'interno del pSIC IT1332717 "Foce e medio corso del Fiume Entella"

Luca Ciuffardi^{1*}, Mauro Giorgio Mariotti²

¹ *Università degli Studi di Genova Dip. Te.Ris., Corso Europa, 26 - 16132 Genova*

² *Università degli Studi di Genova Dip. Te.Ris., Sede Botanica, Corso Dogali, 1M - 16136 Genova*

* *Referente per la corrispondenza (luca.ciuffardi@unige.it)*

Riassunto

Nell'ambito di uno studio idraulico multidisciplinare sono state elaborate misure di mitigazione e compensazione tese a riqualificare gli ambienti spondali e acquatici del Fiume Entella. Sulla base degli studi ingegneristici, di rilevamenti vegetazionali e censimenti faunistici si è giunti alla progettazione di diverse soluzioni tecniche: gradonate con talee, gradonate miste e terre rinforzate nel caso di argini in terra; interventi di abbassamento della pendenza e rinverdimento delle difese spondali in massi ciclopici; ripristino dei tratti di alveo spianati e rettificati; ricostituzione di zone umide lungo le sponde.

PAROLE CHIAVE: studio idraulico / mitigazione / compensazione / ingegneria naturalistica / argini / difese spondali

A study of the measures of mitigation and compensation concerning the hydraulic adjustment works in the proposed Site of Community Importance IT1332717 "Estuary and middle course of the River Entella"

Within the multidisciplinary hydraulic study, measures of mitigation and compensation have been elaborated to requalify the river banks and the aquatic environments of the River Entella. On the basis of engineering studies, of vegetational and faunistic surveys a planning of different technical solutions has come about: terraced lands with scions, terraced lands with scions and plants, reinforced lands in the case of earth-banks; the intervention of sloping the incline and the replanting of the enormous rocks forming the embankments; the restoration of parts of the river bed which have been flattened and straightened; rebuilding of marsh areas along the river banks.

KEY WORDS: hydraulic study / mitigation / compensation / naturalistic engineering / embankments / river bank defenses

INTRODUZIONE

Il Fiume Entella nasce nei pressi dell'abitato di Carasco (GE) dalla confluenza dei torrenti Lavagna, Graveglia e Sturla: scorre per circa sei chilometri, per sfociare in mare tra i centri abitati di Chiavari e Lavagna (Fig. 1). Malgrado la brevità del suo corso, il bacino dell'Entella risulta piuttosto ampio grazie alla notevole lunghezza dei suoi tre affluenti, che nascono rispettivamente dal Monte Lavagno-

la (1071 m), dal Monte Zatta (1406 m) e dal Passo della Forcella (877 m).

La morfologia del bacino è varia e peculiare: i torrenti Lavagna e Graveglia scorrono infatti parallelamente alla costa per gran parte del loro corso, mentre il Torrente Sturla presenta un andamento perpendicolare al fronte costiero. Le cause di una morfologia così insolita vanno ricercate nelle vicis-

situdini geologiche che hanno interessato l'area durante il sollevamento della catena appenninica: le forze terrestri hanno creato infatti una serie di faglie che, a loro volta, sono andate a condizionare lo scorrimento delle acque superficiali (ANDREOTTI e CASU, 1991). Dal punto di vista litologico, il bacino dell'Entella è costituito da una notevole varietà di formazioni rocciose: il torrente Lavagna scorre in una val-

lata caratterizzata dalla massiccia presenza di formazioni ardesiache; la Valle Sturla è formata essenzialmente da arenarie e argille; in Val Graveglia, oltre alle rocce sedimentarie (tra cui calcari e soprattutto diaspri), è possibile osservare anche strutture vulcaniche e metamorfiche.

L'area dove scorre il Fiume Entella è caratterizzata da un clima mediterraneo umido, a spiccata piovosità primaverile e autunnale; malgrado questi picchi stagionali, la piovosità è comunque ben distribuita durante tutto l'arco dell'anno, ad eccezione dei mesi di luglio e agosto. Un notevole contributo ai valori di portata dell'Entella è fornito anche dagli imponenti fenomeni di condensazione del vapore acqueo che si verificano sulle montagne attorno al bacino: ciò spiega la notevole portata del fiume, sicuramente superiore a quanto ci si potrebbe aspettare analizzando i valori delle precipitazioni (ANDREOTTI e CASU, 1991).

Attualmente lo stato di conservazione degli ambienti ripari e acquatici dell'Entella è piuttosto compromesso, soprattutto a causa dei massicci interventi di origine antropica che si sono succeduti negli ultimi anni: urbanizzazione delle sponde, costruzione di opere longitudinali di difesa spondale e occupazione delle aree golenali da parte di colture agricole in serra (MARIOTTI *et al.*, 2003). Oggi le originarie tipologie vegetazionali risultano così estremamente ridotte e frammentate: l'isolamento tra queste aree residuali si ripercuote di conseguenza sull'efficienza della rete ecologica fluviale, con effetti negativi sui popolamenti faunistici che frequentano l'ambiente tipico del corso d'acqua. La distruzione di estese aree vegetate lungo le rive ha inoltre provocato un'accentuazione dei fenomeni erosivi lungo le sponde,

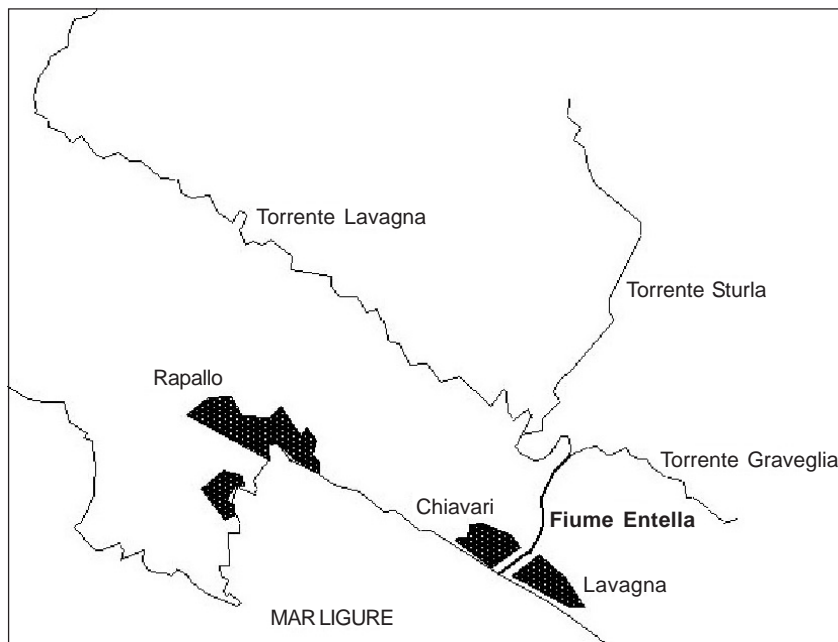


Fig. 1. Il bacino del Fiume Entella.

nonché una notevole diminuzione della capacità di autodepurazione dell'ecosistema fluviale.

Malgrado ciò, in attuazione della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" (SPAGNESI e ZAMBOTTI, 2001), la Regione Liguria ha individuato e proposto come Sito di Importanza Comunitaria proprio il corso del Fiume Entella, per un tratto di circa cinque chilometri compreso tra la foce e la confluenza con i torrenti Graveglia e Lavagna (MARIOTTI *et al.*, 2002). Lungo il corso dell'Entella, infatti, sono ancora presenti, seppur molto frammentati e degradati, ben otto tipi di habitat inseriti nell'Allegato I della suddetta Direttiva (di cui due di interesse prioritario), nonché svariate specie di uccelli tutelate dalla Direttiva 79/409/CEE (tra cui spiccano *Ardea purpurea*, *Aythya nyroca*, *Circus aeruginosus*, *Himantopus himantopus* e *Alcedo atthis*) e cinque specie di pesci (*Barbus plebejus*, *Barbus meridionalis*, *Cobitis taenia*, *Chondrostoma genei*, *Leuciscus souffia*) elencate nell'Allegato II della Direttiva Habitat.

Recentemente la Provincia di Genova ha commissionato a un consorzio temporaneo di imprese (comprendente Enel-Hydro, S.T.I. Consulting e Med-Ingegneria) uno studio idraulico multidisciplinare volto alla messa in sicurezza del Fiume Entella: il lavoro si prefigge l'adeguamento in quota o la nuova realizzazione di difese spondali o arginature arretrate lungo tutto il tracciato compreso tra la foce e la confluenza con il Torrente Sturla. Nell'ambito del progetto suddetto, il presente studio propone soluzioni e misure di mitigazione e compensazione relative agli interventi idraulici previsti, tese a riqualificare sotto il profilo naturalistico-ambientale sia le aree di sponda che l'alveo e l'ambiente acquatico ricadenti all'interno del pSIC.

METODI DI STUDIO

Il presente lavoro prende avvio da un'attenta analisi dello stato di conservazione delle componenti ambientali presenti lungo il corso del Fiume Entella: per quel che riguarda la copertura vegetale,

nel maggio 2003 sono stati effettuati otto rilevamenti fitosociologici, attraverso i quali è stato possibile arrivare all'inquadramento delle tipologie vegetazionali riparie presenti nell'area di studio (MARIOTTI *et al.*, 2003). Nello stesso periodo, in dodici stazioni è stata applicata la tecnica di valutazione della funzionalità fluviale mediante l'indice IFF (SILIGARDI *et al.*, 2000): dallo studio sono emersi giudizi di funzionalità di tipo "pessimo" per quel che riguarda il tratto focivo e "mediocrescente" nel tratto intermedio, mentre una valutazione complessivamente "buona" è stata riscontrata nel settore a monte della confluenza con il Torrente Graveglia (MARIOTTI *et al.*, 2003). Sulla base dei dati raccolti si è giunti così all'elaborazione di un quadro d'insieme relativo alla situazione reale e potenziale della copertura vegetale, con analisi delle criticità osservate e individuazione del ruolo funzionale della vegetazione e degli habitat nella dinamica fluviale e nella rete ecologica.

Analogamente, mediante osservazioni e campionamenti diretti (CIUFFARDI *com. pers.*; MARIOTTI *et al.*, 2003) nonché attraverso l'analisi delle fonti storiche e bibliografiche (ANDREOTTI e CASU, 1991; BORRONI, 1995; MARIOTTI *et al.*, 2003), è stato compiuto un censimento faunistico relativo soprattutto alla fauna ittica e all'avifauna, con una particolare attenzione rivolta alle specie più vulnerabili o in via di rarefazione.

Sulla base dei dati raccolti nella fase di screening si è giunti così alla formulazione di specifiche soluzioni tecniche di ingegneria naturalistica atte a produrre una sostanziale "rinaturalizzazione" delle sponde e dell'alveo, in grado di assicurare un graduale miglioramento degli habitat nonché la creazione di zone idonee al rifugio, all'

attività trofica e alla riproduzione della fauna.

RISULTATI

Misure di mitigazione delle opere di arginatura in terra

Le prime soluzioni progettuali, comprendenti circa 14,6 Km lineari di opere di difesa idraulica, hanno previsto, per uno sviluppo complessivo di circa 11,9 Km (81,6%), tre diverse tipologie di argine: due tipi di argine in terra "semplice" (con differenti pendenze della scarpata) e un tipo di argine in terra rinforzata. Il 19,6% delle opere rimanenti è invece costituito da modificazioni di manufatti esistenti o in costruzione in contesti urbani, non suscettibili di mitigazione.

Argine in terra "tipo A": questo tipo di argine prevede un rapporto di pendenza della scarpata pari a 1/2 (altezza/larghezza); la struttura è formata esclusivamente da terreno compattato. Al fine di consentire un'adeguata rinaturalizzazione dell'opera si ritiene necessario intervenire con la tecnica della gradonata mista con talee e piantine (Fig. 2): l'intervento consiste nello scavo di banchine di larghezza pari a 50-70 cm, iniziando dal piede del pendio. È consigliabile mantenere una contropendenza trasversale della trincea pari almeno al 10%; l'interasse tra le banchine è di 1,5-3 m. In ciascuna trincea vanno posate una accanto all'altra talee (da 10 a 30 per metro) o piantine radicate (distanziate di circa

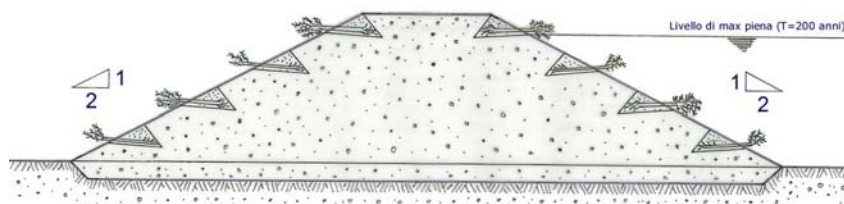


Fig. 2. Mitigazione degli argini in terra "tipo A" (pendenza della scarpata pari a 1/2) mediante la tecnica della gradonata mista con talee e piantine.



Fig. 3. Mitigazione degli argini in terra "tipo B" (pendenza della scarpata pari a 2/3) mediante la tecnica della gradonata con talee.

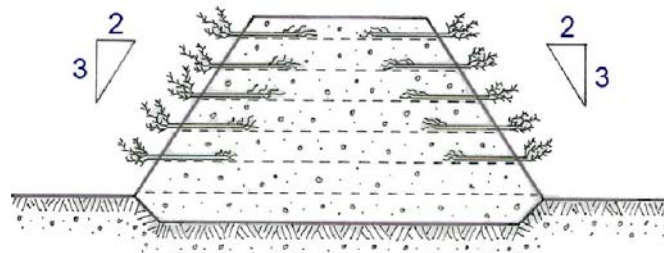


Fig. 4. Mitigazione degli argini in terra rinforzata (pendenza della scarpata pari a 3/2).

0,5-1 m); il materiale vegetale deve essere interrato con terreno per circa 3/4 della lunghezza, al fine di consentirne il radicamento (AA.VV., 1993). Per questo tipo di intervento devono essere utilizzate talee di *Salix eleagnos* e di *Salix purpurea* (lunghezza talee = 1 m), specie che assicurano una rapida e cospicua capacità di trattenere e legare il terreno, evitando così l'instaurarsi di fenomeni erosivi. Per quel che riguarda le piante radicate, si possono impiegare *Alnus glutinosa* e *Salix alba* lungo la scarpata rivolta verso l'alveo, riservando *Populus nigra* e *Acer campestre* al versante esterno dell'argine (altezza piante = 1 m). Alternate alle precedenti essenze arboree possono essere utilizzate anche piantine di *Ligustrum vulgare*, *Sambucus nigra*, *Cornus sanguinea* e *Crataegus monogyna*, al fine di incrementare la diversità ambientale. Allo scopo di assicurare un'elevata percentuale di attecchimento, sia talee che piante radicate devono essere messe a dimora nel periodo compreso tra ottobre e marzo, coincidente con il riposo vegetativo delle specie. La misura può essere applicata su circa 4,3 Km di sponde (29,5%).

Argine in terra "tipo B": rispetto al precedente, questo tipo di arginatura presenta un rapporto di pendenza della scarpata pari a 2/3, pur mantenendo una struttura formata esclusivamente da terreno compattato. In questo caso appare idonea l'applicazione della tecnica della gradonata con talee (Fig. 3): anche questa volta l'intervento consiste nello scavo di banchine in contropendenza di larghezza 50-70 cm, iniziando dal piede del pendio. In ogni trincea va posato un letto di talee disposte a pettine in numero variabile da 10 a 30 per metro, interrate per 3/4 (lunghezza talee = 1 m). Il riempimento delle banchine va effettuato con terreno vegeta-

le. Con questa tecnica vanno utilizzate quasi esclusivamente talee di *Salix eleagnos* e *Salix purpurea* (in grado di radicare efficacemente anche su scarpate ripide), riservando solo un limitato numero di talee di *Populus nigra* e *Ligustrum vulgare* per il versante esterno dell'argine, allo scopo di diversificare la vegetazione. Anche in questo caso le talee vanno messe a dimora durante il riposo vegetativo delle piante, tra ottobre e marzo. La misura può essere applicata su circa 2,9 Km di sponde (19,9%).

Argine in terra rinforzata: questa tipologia presenta un rapporto di pendenza della scarpata pari a 3/2; la costruzione di versanti così ripidi è possibile grazie all'utilizzo di griglie e armature metalliche che, col peso stesso del terreno, assicurano la stabilità della struttura (Fig. 4). In particolare, la terra rinforzata è costruita a strati successivi, inserendo via via il terreno all'interno delle griglie metalliche elettrosaldate, appositamente sagomate per fornire all'opera l'inclinazione desiderata (AA.VV., 1995). La rete metallica, unitamente a una rete biodegradabile interna, assicura così il contenimento del terreno soprattutto durante i primi mesi dopo la fine dei lavori, quando la vegetazione non ha ancora sviluppato sufficienti apparati radicali. L'intervento prevede la messa a dimora di talee tra ogni strato della struttura, in numero variabile da 10 a 30 per metro lineare (lunghezza talee = 1 m). Per facilitare la radicazione delle piante può essere utile interporre tra i due strati di griglia metallica un sottile livello di terreno vegetale; anche in questo caso le talee vanno interrate per 3/4 della loro lunghezza. Inoltre possono essere inserite talee anche all'interno degli strati in rete metallica, durante le operazioni di riempimento con il

terreno: in questo caso, per assicurare alle piante una crescita regolare, è necessario effettuare sulla biostuoia un'incisione a forma di "L". Come nel caso precedente, anche con questa tecnica vanno utilizzate quasi esclusivamente talee di *Salix eleagnos* e *Salix purpurea*, riservando solo un limitato numero di talee di *Ligustrum vulgare* per il versante esterno dell'argine. Anche in questo caso le talee vanno messe a dimora tra ottobre e marzo. In caso di scarsa coesione del terreno contenuto negli strati, può essere utile ricorrere anche alla tecnica dell'idrosemina che, attraverso l'impiego di sementi di essenze erbacee (unitamente a prodotti leganti e concimi), consente un rapido consolidamento della porzione più superficiale, in attesa dello sviluppo delle talee messe a dimora. A differenza dell'impianto di essenze arbustive o arboree, l'idrosemina va effettuata durante il periodo vegetativo delle erbe seminate. La misura può essere applicata su circa 4,7 Km di sponde (32,3%).

Misure di mitigazione delle opere di arginatura in massi ciclopici

Attualmente le sponde dell'Entella presentano, per la quasi totalità della loro lunghezza, arginature costituite essenzialmente da imponenti strutture in massi ciclopici: tali opere rappresentano un forte ostacolo per una spontanea rinaturalizzazione delle sponde, e fungono da insormontabile barriera tra l'ambiente fluviale e le aree poste immediatamente alle spalle delle sponde. Siccome, in seguito agli interventi di adeguamento idraulico previsti, gran parte degli argini in massi perderanno il ruolo di "unica" difesa spondale (in seguito alla costruzione delle nuove arginature più arretrate esaminate al paragrafo precedente), al fine di migliorare le condizioni ambien-

li delle sponde –senza comunque comprometterne eccessivamente la stabilità– è possibile intervenire mediante lavori di abbassamento e rinverdimento delle massicciate (Fig. 5).

In particolare, l'intervento prevede lo spostamento del livello superiore di massi fino al piede dell'opera di arginatura, in modo da ottenere l'abbassamento della massicciata e una conseguente diminuzione della pendenza. I massi posti in alveo alla base dell'opera vanno ancorati (mediante appositi tasselli) a una fune in acciaio, a sua volta assicurata a barre in acciaio verticali, infisse saldamente nell'alveo. Alla base dei massi posti in alveo va assicurata anche una

biostuoia, da tendere fin sopra la massicciata: in questo modo si creano delle tasche in grado di contenere il terreno, difendendolo dall'erosione nei mesi immediatamente successivi all'intervento. All'interno delle tasche (opportunamente riempite con terreno vegetale) vanno messe a dimora (interrandole per 3/4 della loro lunghezza) talee di *Salix eleagnos* e *Salix purpurea*, essenze assai efficaci nell'azione di consolidamento dei versanti e, allo stesso tempo, assolutamente non pericolose in caso di eventi di piena viste le loro caratteristiche di elasticità. Alla sommità dell'argine, si pongono invece a dimora piantine radicate di *Alnus glutinosa* e *Salix alba*, *Ligustrum vulgare*, *Sambu-*

cus nigra, *Cornus sanguinea* e *Crataegus monogyna*. Come già indicato per le tecniche precedenti, anche in questo caso l'impianto delle essenze va effettuato nel periodo compreso tra ottobre e marzo; nelle tasche formate dalla biostuoia, la crescita delle talee deve essere "facilitata" praticando sul tessuto una piccola incisione a "L".

Misure di mitigazione degli interventi in alveo

Le attività di cantiere durante la costruzione delle opere di arginatura, nonché i lavori di vero e proprio spianamento dell'alveo del fiume (spesso accompagnati da massicce movimentazioni e asportazioni di inerti), hanno provocato nel corso degli anni una drastica contrazione del popolamento ittico del Fiume Entella, legata essenzialmente all'eliminazione delle buche, delle zone di riposo e di rifugio (es. massi, tronchi sommersi, ecc.) e della vegetazione naturale delle sponde (anch'essa fonte di rifugio, ombreggiamento e alimentazione per i pesci). Lo spianamento del letto ha causato un forte abbassamento della profondità e un aumento della superficie di scorrimento dell'acqua (Fig. 6A e 6B): nei periodi siccitosi questo fatto comporta grande dispersione dell'elemento liquido con elevati tassi di evaporazione, tali da generare condizioni incompatibili con la vita delle specie che abitualmente vivono nel fiume. In alcuni casi si arriva addirittura al completo prosciugamento del corso d'acqua.

Al fine di evitare il raggiungimento di condizioni così estreme, assolutamente incompatibili con la vita acquatica, appare assolutamente necessario limitare al massimo ogni tipo di intervento all'interno dell'alveo o nelle sue immediate vicinanze. Qualora si debbano comunque effettuare lavori nel letto

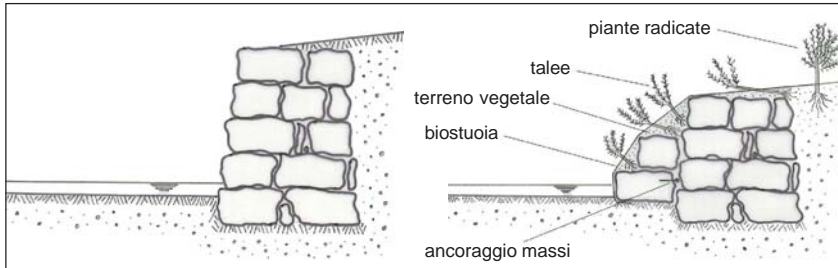


Fig. 5. Mitigazione delle opere di arginatura in massi ciclopici (a sinistra: stato attuale; a destra: stato di progetto).

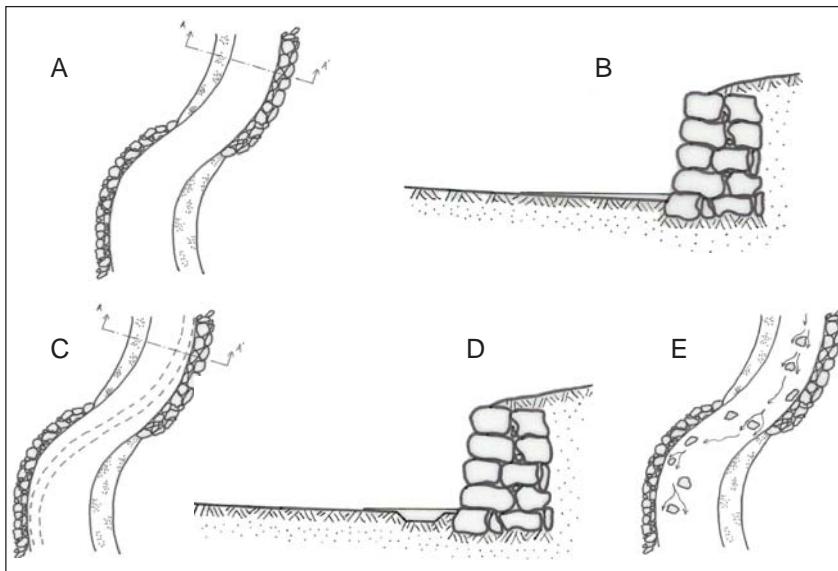


Fig. 6. Mitigazione degli interventi in alveo (A, B: stato attuale; C, D, E: stato di progetto).

del fiume, deve sempre essere previsto lo scavo di un "solco" (o savanella) profondo almeno 0,5 m, in grado di convogliare completamente la portata di magra: in questo modo si evita il prosciugamento del corso d'acqua e si assicura la possibilità di sopravvivenza della fauna ittica e dell'intero ecosistema acquatico. L'andamento dello scavo dovrà seguire il naturale andamento planimetrico del corso (FORNERIS *et al.*, 1996): per quanto rettificato, infatti, il fiume manifesta sempre una sinuosità preferenziale e la savanella dovrà essere costruita seguendo e assecondando questa tendenza naturale. Il "solco" dovrà sempre essere posizionato sull'esterno delle curve (dove il corso tende naturalmente a erodere le sponde): il criterio di effettuare lo scavo seguendo la naturale tendenza del fiume assicura infatti che le acque vadano naturalmente a occupare la depressione artificiale, scongiurando così ogni possibile rischio di prosciugamento (Fig. 6C e 6D).

Al fine di offrire ai pesci zone di riposo e di rifugio è indispensabile inoltre posizionare in alveo grosse pietre e massi ciclopici (Fig. 6E): in questo modo la fauna ittica può trovare punti dove nascondersi per sfuggire ai predatori, nonché aree a corrente più lenta dove riposarsi. Anche in questo caso il posizionamento dei massi dovrà essere effettuato seguendo il naturale andamento planimetrico del corso d'acqua, lungo la lama di corrente principale che, in condizioni naturali, tende sempre a portarsi sull'esterno delle sinuosità dell'alveo. Anche la vegetazione delle rive, situata nelle immediate vicinanze dell'acqua, riveste un'importanza primaria nel mantenimento delle condizioni vitali per l'ittiofauna: le piante che crescono vicino all'acqua assicurano infatti rifugio (con gli apparati radicali), ombreggia-

mento (indispensabile durante il periodo estivo) e possibilità di approvvigionamento alimentare (sia frutti che insetti) a tutte le specie ittiche. Proprio per questi motivi, in occasione di interventi in alveo o sulle sponde nelle immediate vicinanze dell'acqua appare indispensabile prevedere la messa a dimora di talee di *Salix eleagnos* e *Salix purpurea* (anche con le tecniche della fascinata viva o della copertura diffusa con astoni).

Misure di compensazione

Per quel che riguarda l'intervento di adeguamento idraulico all'interno del pSIC "Foce e medio corso del Fiume Entella", le misure di compensazione dovranno interessare soprattutto il mantenimento e la ricostituzione degli habitat tipici delle aree immediatamente arretrate rispetto alle sponde del corso d'acqua.

A questo scopo dovrebbe essere prevista la realizzazione di piccole zone umide nelle aree incolte localizzate all'interno dei nuovi argini, al fine di incentivare la sosta degli uccelli migratori e permettere la reintroduzione di specie di anfibi e pesci un tempo presenti nelle lanche dell'Entella. Per creare una zona umida o una pozza funzionale è necessario seguire alcuni accorgimenti: innanzitutto lo stagno deve presentare punti a differente profondità con una giusta proporzione tra zone profonde e zone di acqua bassa, in modo da poter ospitare specie animali con diverse abitudini di vita e alimentazione; le sponde del bacino devono inoltre presentare un andamento frastagliato e irregolare. Se le dimensioni della zona umida lo consentono, è molto utile realizzare al suo interno piccoli isolotti (SIMONETTA e DESSI-FULGHERI, 1998). In condizioni normali l'approvvigionamento dell'acqua può avvenire

direttamente dalla falda; in caso di pozze molto piccole o di falda profonda, invece, si può prevedere l'isolamento del bacino dal terreno, con riempimento legato esclusivamente agli apporti meteorici. Negli stagni di limitata estensione l'isolamento dal suolo può essere ottenuto attraverso l'impiego di fogli di polietilene (materiale poco costoso e abbastanza durevole) o di gomma butilica (assai più costosa del polietilene, ma dalla durata maggiore); in bacini più grandi l'impermeabilizzazione può essere ottenuta applicando sul fondo, al termine dello scavo, uno strato uniforme di argilla.

Per quel che riguarda la vegetazione, sulle rive dello stagno devono essere messe a dimora specie autoctone tipiche delle zone umide, come la canna palustre (*Phragmites australis*), la tifa (*Typha latifolia*), la carice pendula (*Carex pendula*), l'iris giallo (*Iris pseudacorus*), il farfaraccio (*Petasites hybridus*), il sedano d'acqua (*Apium inundatum*), il coltellaccio (*Sparganium erectum*), la salcerella (*Lythrum salicaria*) e la mestola (*Alisma plantago-aquatica*). Anche nella messa a dimora delle piante bisogna privilegiare una disposizione irregolare, in modo da creare una buona variabilità di ambienti; in particolare *Phragmites australis* e *Typha latifolia* devono essere piantate in gruppi densi su brevi tratti di sponda, soprattutto lungo le rive settentrionali dello specchio d'acqua. La piantagione deve essere effettuata a primavera, in modo che le piante abbiano tutta la stagione favorevole per affermarsi nel nuovo ambiente. È inoltre consigliabile piantare attorno allo stagno essenze come *Acer campestre*, *Ligustrum vulgaris*, *Sambucus nigra*, *Cornus sanguinea* e *Crataegus monogyna*, in modo da creare una vera e propria barriera vegetale in grado di attenuare i fattori di disturbo per la fauna selvatica pre-

sente sulle sponde della zona umida; in questo caso le essenze devono essere messe a dimora nel periodo di riposo vegetativo, compreso tra ottobre e marzo.

DISCUSSIONE

L'applicazione delle misure di mitigazione e di compensazione proposte in questo studio costituisce una svolta nel settore degli interventi idraulici volti alla messa in sicurezza del Fiume Entella: la scelta di intervenire con la costruzione di arginature in terra arretrate e correttamente rinaturalizzate (mitigando nel contempo gli effetti dannosi provocati dalla presenza di chilometri di difese spondali longitudinali in massi ciclopici) permette infatti di "restituire" al corso d'acqua almeno una parte degli ambienti ripariali che gli erano stati sottratti negli anni passati (Fig. 7). Oltre a garantire maggiori condizioni di sicurezza idraulica (attraverso gli interventi proposti vengono infatti ampliate le aree goleali e le casse di espansione), a differenza delle "vecchie" opere di arginatura le soluzioni elaborate assicurano anche la conservazione degli habitat fluviali residui e il loro miglioramento: la mitigazione delle strutture in massi ciclopici consentirà infatti di ripristinare, per quanto possibile, la continuità ecologica tra l'alveo e le aree immediatamente retrostanti, favorendo il ruolo di corridoio ecologico del fiume nei processi di migrazione e dispersione delle specie animali. Analogamente, la costruzione di arginature arretrate in terra e di piccole zone umide (adeguatamente vegetate con essenze autoctone tipiche degli ambienti ripariali) metterà l'intero sito in condizione di fornire zone idonee al rifugio, all'attività trofica e alla riproduzione di svariate specie animali che in passato frequentavano l'Entella. La

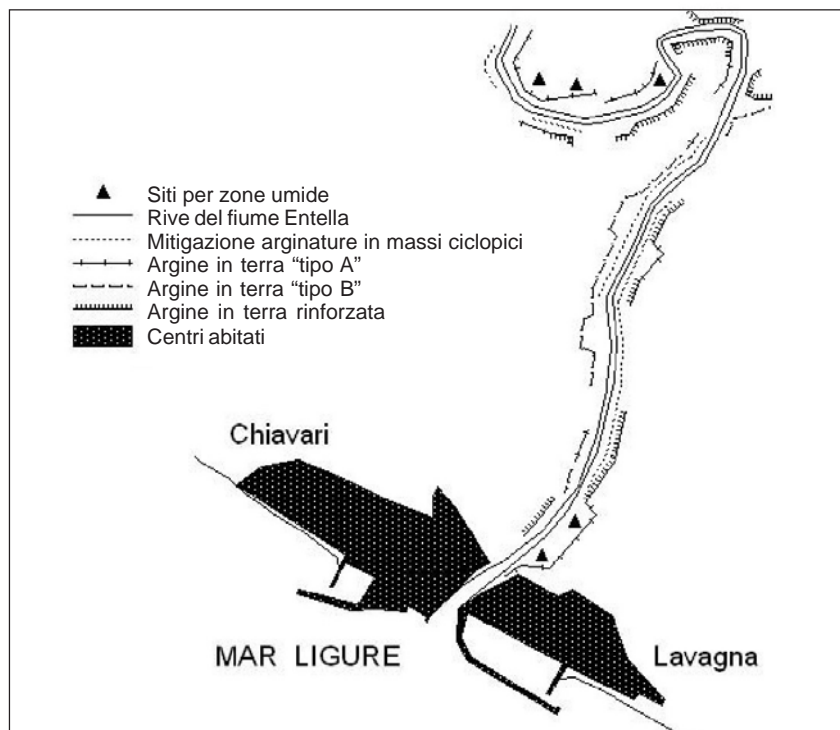


Fig. 7. Inquadramento cartografico riassuntivo degli interventi proposti lungo il corso del Fiume Entella.

mitigazione degli interventi in alveo consentirà inoltre di ristabilire buone condizioni di vita per le varie specie ittiche che abitano il tratto di fiume in questione, la maggior parte delle quali appare attualmente in forte contrazione proprio a causa degli interventi di spianamento e rettificazione del letto: le soluzioni proposte eviteranno infatti il completo prosciugamento di ampi tratti di corso, assicurando nel contempo la presenza di indispensabili zone di riposo, di rifugio nonché di approvvigionamento alimentare.

Cogliere l'occasione di interventi per la sicurezza idraulica per migliorare, entro i limiti della fattibilità, l'ambiente ripario e fluviale è da valutare positivamente anche in un confronto con l'opzione zero. La mancata realizzazione di interventi è infatti impensabile sotto il profilo della sicurezza idraulica e della prevenzione di fenomeni alluvionali che hanno inciso e inci-

derebbero su grandi abitati, ma cristallizzerebbe anche una situazione ambientale che, per la gestione territoriale non sempre attenta degli ultimi decenni, ha raggiunto un notevole livello di degrado e una riduzione quali-quantitativa dei popolamenti animali sia acquatici che terrestri.

CONCLUSIONI

Nell'ambito di uno studio idraulico multidisciplinare commissionato dalla Provincia di Genova e volto alla messa in sicurezza del Fiume Entella, il presente studio propone, per oltre l'80% dello sviluppo delle sponde, soluzioni e misure di mitigazione e compensazione relative agli interventi idraulici previsti, tese a riqualificare sotto il profilo naturalistico-ambientale gli ambienti acquatici e spondali del pSIC e del tratto immediatamente a monte. Per quel che riguarda le arginature, il lavoro propone due

tipi di strutture in terra "semplice": un argine con un rapporto di pendenza della scarpata pari a 1/2 (da rinaturalizzare con la tecnica della gradonata mista con talee e piantine) e un altro con pendenza pari a 2/3 (da mitigare mediante la tecnica della gradonata con talee); è inoltre previsto l'impiego di strutture in terra rinforzata, nelle quali anche in questo caso verranno mes-

se a dimora talee. Le imponenti opere di arginatura in massi ciclopici attualmente già presenti saranno mitigate mediante diminuzione della pendenza e rinverdimento, mentre i tratti di alveo spianati e rettificati verranno ripristinati attraverso lo scavo di una savanella (in grado di convogliare completamente la portata di magra) e mediante il posizionamento di massi

ciclopici (al fine di offrire ai pesci zone di riposo e di rifugio). Infine, nelle aree incolte immediatamente arretrate rispetto alle sponde saranno create piccole zone umide completamente naturalizzate, in modo da incentivare la sosta degli uccelli migratori e permettere la reintroduzione di specie di anfibi e pesci un tempo presenti nelle lanche dell'Entella.

Bibliografia

- AA. VV., 1993. *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Regione Emilia Romagna e Regione Veneto, 237 pp.
- AA. VV., 1995. *Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale*. Regione Liguria Assessorato Edilizia Energia e Difesa del Suolo, 197 pp.
- SILIGARDI M., BERNABEI S., CAPPELLETTI C., CHIERICI E., CIUTTI F., EGADDI F., FRANCESCHINI A., MAIOLINI B., MANCINI L., MINCIARDI M.R., MONAUNI C., ROSSI G., SANSONI G., SPAGGIARI R., ZANETTI M., 2000. *I.F.F. - Indice di Funzionalità Fluviale*. Manuale ANPA, Roma, 224 pp.
- ANDREOTTI A., CASU L., 1991. *Guida naturalistica del Fiume Entella*. Provincia di Genova, Microart's, 86 pp.
- BORRONI I., 1995. *Carta Ittica della Provincia di Genova*. Amm. Provinciale di Genova, 360 pp.
- FORNERIS G., PASCALE M., PEROSINO G.C., 1996. *Idrobiologia*. Consorzio Regionale per la Pesca Valle d'Aosta, Edizioni Eda, 372 pp.
- MARIOTTI M., ARILLO A., PARISI V., NICOSIA E., DIVIACCO G., 2002. *Biodiversità in Liguria. La Rete Natura 2000*. Regione Liguria Assessorato Ambiente e Territorio, Microart's, 299 pp.
- MARIOTTI M., CALLI L., SPANÒ S., 2003. *Studio idraulico di dettaglio con annessa progettazione preliminare degli interventi di adeguamento idraulico del tratto terminale del torrente Entella nei Comuni di Carasco, Cogorno, Chiavari e Lavagna. Fase I: Analisi delle componenti ambientali*. Provincia di Genova (inedito).
- SIMONETTA A.M., DESSÌ-FULGHERI F., 1998. *Principi e tecniche di gestione faunistico-venatoria*. Greentime, 427 pp.
- SPAGNESI M., ZAMBOTTI L., 2001. *Raccolta delle norme nazionali e internazionali per la conservazione della fauna selvatica e degli habitat*. Quad. Cons. Natura, 1, Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica, 375 pp.