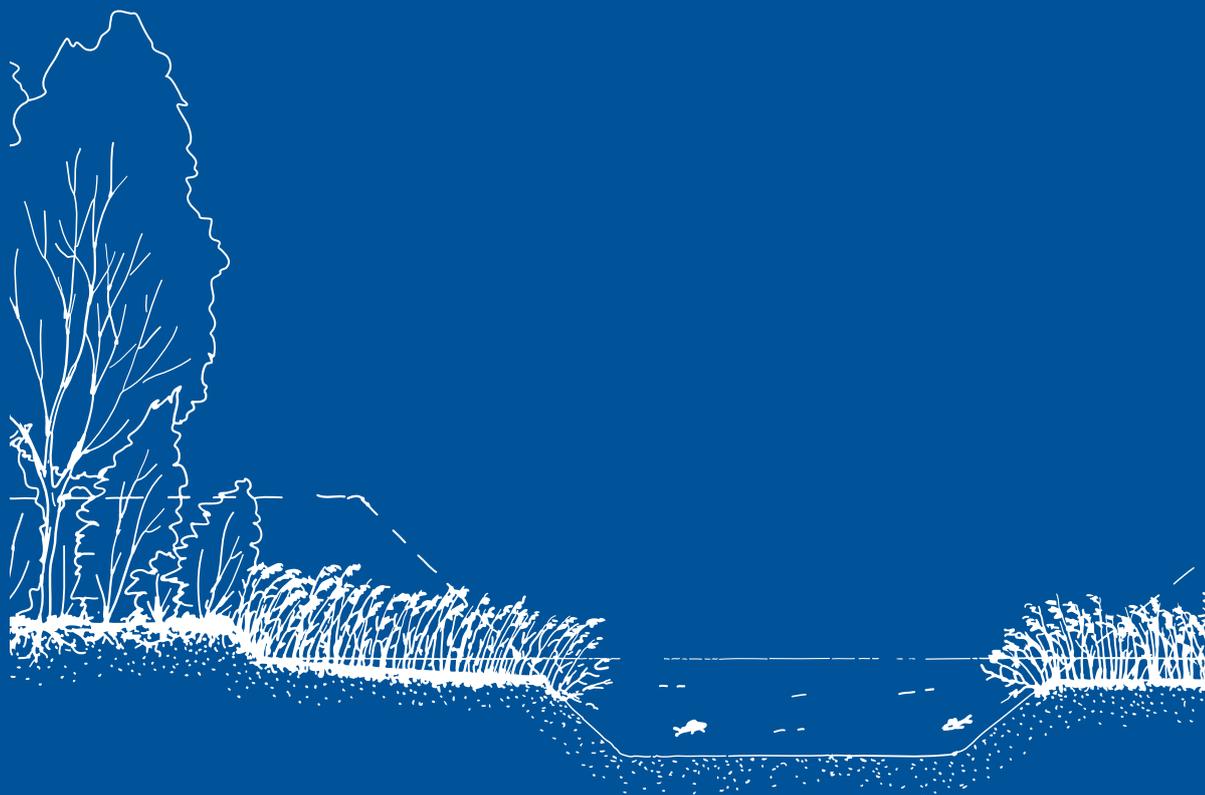
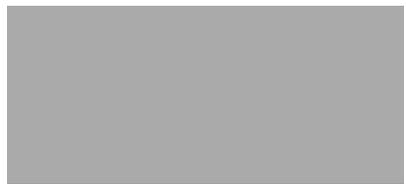


# Linee guida per la riqualificazione ambientale dei canali di bonifica in Emilia-Romagna

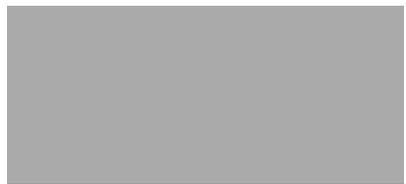






**Linee guida  
per la  
riqualificazione ambientale  
dei canali di bonifica  
in Emilia-Romagna**

Assessorato Sicurezza territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione civile  
Assessorato Agricoltura, Economia Ittica, Attività faunistico-venatoria  
Direzione generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa



**A cura di**  
Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica  
*A. Caggianelli, F. Ricciardelli*  
CIRF (Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale)  
*M. Monaci, B. Boz*

**Supporto tecnico-scientifico**  
CIRF

**Hanno fornito notizie**

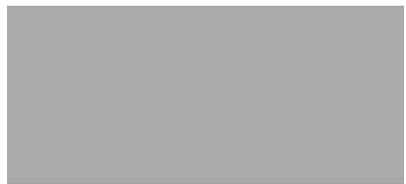
*A. Bodria* (Consorzio della bonifica Parmense)  
*A. Ruffini, M. Fantesini, F. Gozzi* (Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale)  
*C. Negrini, C. Zampighi, F. Tonelli, E. Mantovani* (Consorzio della bonifica Burana)  
*M. Marchesini, M. Vezzani, C. Gasparini* (Consorzio della bonifica Renana)  
*V. Chierici, C. Formignani, B. Guzzon* (Consorzio di bonifica della pianura di Ferrara)  
*E. Cangini, P. Silvagni, M. Baldi* (Consorzio di bonifica della Romagna occidentale)  
*L. Prometti, E. Pantieri, F. Galli* (Consorzio di bonifica della Romagna)  
*E. Belli, L. Massimo* (URBER)  
*C. Cavazza, L. Canciani, M. Ceroni, C. Iuzzolino, M. Milandri, W. Simonati* (Regione Emilia-Romagna)  
*C. Bendoricchio, P. Cornelio, S. Raimondi* (Consorzio di bonifica Acque Risorgive)  
*A. Mantovani, M. Maccari* (Consorzio di bonifica Terre dei Gonzaga in destra Po)  
*R. Ori, M. Guidi* (Provincia di Modena)  
*G. De Togni* (Provincia di Bologna)  
*A. Morisi, L. Zanni, F. Govoni* (Comune di San Giovanni in Persiceto)  
*G. Trentini, G. Fossi* (Studio associato Elementi)  
*M. Bacci* (Iris ambiente)

**Disegni**  
Regione Emilia-Romagna  
*M. Milandri*

**Grafica**  
CIRF (Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale) e Aequa Engineering srl  
*G. Ruocco Guadagno, E. Prendin*

**Ringraziamenti**  
Si ringrazia il Consorzio di bonifica Acque Risorgive (Chirignago – Venezia)  
per la disponibilità e le informazioni fornite.

© 2012 Regione Emilia-Romagna



# INDICE

0	PREMESSA	01
1	I CONSORZI DI BONIFICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA	03
2	LA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEI CANALI	07
3	LINEE GUIDA PER LA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEI CANALI	09
	<b>3.1 INTERVENTI IDRAULICO-NATURALISTICI</b>	<b>10</b>
	3.1.1 PROBLEMA DA AFFRONTARE	10
	3.1.2 CAUSE PRINCIPALI	10
	3.1.3 APPROCCIO METODOLOGICO	11
	3.1.4 TIPOLOGIE DI AZIONE	11
	Aumento della sezione mediante creazione di un alveo a due o più stadi	12
	Creazione di nuovi canali naturaliformi	17
	Costruzione di una cassa di espansione a finalità idraulico-naturalistica	19
	Accordi per la realizzazione di esondazioni controllate nei terreni agricoli	24
	3.1.5 EFFETTI DEGLI INTERVENTI	26
	3.1.6 PRECAUZIONI	27
	<b>3.2 INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA PER IL CONTROLLO DEL DISSESTO SPONDALE</b>	<b>29</b>
	3.2.1 PROBLEMA DA AFFRONTARE	29
	3.2.2 CAUSE PRINCIPALI	29
	3.2.3 APPROCCIO METODOLOGICO	30
	3.2.4 TIPOLOGIE DI AZIONE	31
	Definizione di una fascia di mobilità morfologica e/o risagomatura della sponda	31
	Palificata rinverdita	33
	Palizzata rinverdita	39
	Copertura diffusa con astoni di salice	42
	3.2.5 EFFETTI DEGLI INTERVENTI	44
	3.2.6 PRECAUZIONI	45

3.3	INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ACQUA	47
3.3.1	PROBLEMA DA AFFRONTARE	47
3.3.2	CAUSE PRINCIPALI	47
3.3.3	APPROCCIO METODOLOGICO	48
3.3.4	TIPOLOGIE DI AZIONE	48
	Controllo dell'inquinamento diffuso mediante l'utilizzo di fasce tampone vegetate	48
	Interventi di riqualificazione morfologica finalizzati all'incremento della capacità autodepurativa dei canali	52
	Creazione di zone umide in e fuori alveo	57
	Gestione della vegetazione in alveo funzionale all'incremento dei processi depurativi	62
3.3.5	EFFETTI DEGLI INTERVENTI	63
3.3.6	PRECAUZIONI	63
3.4	INTERVENTI DI TIPO NATURALISTICO	65
3.4.1	PROBLEMA DA AFFRONTARE	65
3.4.2	CAUSE PRINCIPALI	65
3.4.3	APPROCCIO METODOLOGICO	65
3.4.4	TIPOLOGIE DI AZIONE	66
	Riqualificazione morfologica	66
	Creazione di filari arboreo-arbustivi lungo i canali	67
	Creazione di habitat per gli anfibi	73
	Creazione di habitat per la fauna ittica	77
	Diversificazione dell'alveo	78
	Diversificazione della morfologia delle sponde	81
	Gestione ambientale della risorsa idrica	84
	Realizzazione di passaggi per pesci	86
	Contenimento delle specie invasive	88
3.4.5	EFFETTI DEGLI INTERVENTI	93

3.4.6	PRECAUZIONI	93
3.5	MANUTENZIONE A BASSO IMPATTO DELLA VEGETAZIONE	95
3.5.1	PROBLEMA DA AFFRONTARE	95
3.5.2	CAUSE PRINCIPALI	96
3.5.3	APPROCCIO METODOLOGICO	97
3.5.4	TIPOLOGIE DI AZIONE	97
	Manutenzione gentile della vegetazione in alveo	97
	Manutenzione della vegetazione arborea e arbustiva nelle sponde e nelle pertinenze dei canali	109
	Ombreggiamento per il controllo della vegetazione in alveo	115
	Manutenzione della vegetazione nelle aree di laminazione/zone umide in alveo	119
	Macchinari	119
3.5.5	EFFETTI DEGLI INTERVENTI	122
3.5.6	PRECAUZIONI	122
3.6	FORESTAZIONE DELLE PERTINENZE DEI CANALI E CREAZIONE DI UNA FILIERA LEGNO-ENERGIA	123
3.7	RIQUALIFICAZIONE DEI CANALI IN AMBITO URBANO	125
3.8	GESTIONE DEI CANALI NEI SITI RETE NATURA 2000 (SIC E ZPS)	129
4	APPROCCIO METODOLOGICO PER LA SCELTA DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEI CANALI	131
4.1	ANALISI DEI PROBLEMI ESISTENTI	132
4.2	INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI FORZA DEL TERRITORIO	135
4.3	DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI	135
4.4	DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI INTERVENTO	136
4.5	IDENTIFICAZIONE DI IPOTESI (ALTERNATIVE)	

PROGETTUALI	136
4.6 CONFRONTO TECNICO-ECONOMICO-AMBIENTALE TRA POSSIBILI ALTERNATIVE	139
4.7 COINVOLGIMENTO DEI PORTATORI DI INTERESSE	143
5 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE	143
6 SITOGRAFIA ESSENZIALE	153

## PRESENTAZIONE

La storia della nostra Regione è stata fortemente segnata dalla millenaria lotta per la bonifica e la messa a coltura delle grandi estensioni di terreni occupati, in modo permanente o temporaneo, dalle acque stagnanti che ne hanno caratterizzato il paesaggio fino alla fine degli anni '50 del secolo scorso. Tutte le popolazioni che si sono via via insediate sul nostro territorio hanno dedicato una quota particolarmente significativa delle proprie risorse – economiche, fisiche, intellettuali – per scavare canali, alzare argini, costruire manufatti di altissimo valore tecnico con l'obiettivo di ampliare le superfici coltivabili, migliorare le condizioni di vita e garantire la sicurezza dei cittadini. Oggi le zone umide scampate alla bonifica sono confinate su superfici limitate; l'elemento che caratterizza l'intero territorio di pianura, dal piacentino al riminese, è rappresentato da una fittissima rete di canali, da numerose opere idrauliche e da imponenti impianti idrovori che garantiscono elevati standard di sicurezza ad una realtà economica tra le più sviluppate a livello europeo. Il lavoro delle passate generazioni ha quindi consentito di accumulare un capitale di valore inestimabile; il nostro compito, di amministratori e di cittadini, è quello di salvaguardarlo ed incrementarlo per le generazioni future. Per questo i Consorzi di Bonifica sono chiamati ad un impegno continuo, in costante evoluzione per affrontare nuove problematiche derivanti dalle mutate condizioni del nostro territorio e dalle nuove richieste della società. La progressiva semplificazione degli agroecosistemi, la scomparsa di ambienti di grande valore ecologico quali i maceri, le piantate, le valli, la formidabile espansione edilizia e la realizzazione di imponenti infrastrutture viarie, ferroviarie ed industriali hanno provocato una drastica riduzione della biodiversità nella nostra pianura.

Anche per questo la gestione sostenibile delle reti idrografiche e della risorsa acqua ha assunto un valore particolare in quanto – oltre a rispondere positivamente ad una domanda di sicurezza territoriale e di disponibilità della risorsa in costante crescita – consente di rispondere ad una pluralità di esigenze di tipo collettivo, quali la fruizione per attività ricreative, la salvaguardia degli ecosistemi acquatici, il miglioramento della qualità delle acque e la valorizzazione degli ambiti di pertinenza della rete di bonifica.

Riquilibrare un canale significa praticarne una gestione che tenga conto di tutte le richieste che provengono, in modo esplicito o indiretto, dall'uomo, dagli animali, dalle piante, dall'ambiente in senso lato ed a tutte assicuri una risposta adeguata in un quadro integrato nel quale nessun obiettivo e nessuna strategia ne invalida o ne sminuisce un'altra.

A questo impegno ci chiamano le recenti direttive comunitarie, le normative statali e regionali e gli strumenti di pianificazione attivi nella nostra Regione.

Sia il Piano di Tutela delle Acque sia i Piani distrettuali di Gestione individuano, tra le misure prioritarie, quelle finalizzate alla rinaturalizzazione dei corsi d'acqua. Il PTA, in particolare, per i corpi idrici definisce azioni puntuali finalizzate alla rinaturalizzazione per ripristinare processi di autodepurazione e apporto alle falde e, nell'ambito delle misure per il risparmio idrico nel settore agricolo attraverso la gestione delle infrastrutture per l'adduzione e la distribuzione, prevede che i Consorzi di bonifica e di irrigazione concorrano alla realizzazione di azioni di salvaguardia ambientale e di risanamento delle acque, anche al fine della loro utilizzazione irrigua, della rinaturalizzazione e della fitodepurazione, per il raggiungimento di un "Potenziale Ecologico Buono", analogo allo Stato Ecologico Buono fissato per i corsi d'acqua naturali.

Con questo volume intendiamo quindi mettere a disposizione dell'intera società regionale uno strumento di lavoro in grado di fornire un fattivo contributo alla corretta evoluzione dell'attività di bonifica.

*Paola Gazzolo,*

Assessore Sicurezza territoriale, Difesa del Suolo e della Costa,  
Protezione Civile

*Tiberio Rabboni,*

Assessore Agricoltura, Economia ittica, Attività faunistico-venatoria

**Le Linee guida per la riqualificazione ambientale dei canali di bonifica in Emilia-Romagna sono state approvate con deliberazione della Giunta regionale n. 246 del 5 marzo 2012**

## PREMESSA

La Regione Emilia-Romagna nell'anno 2003 ha realizzato, nell'ambito del progetto europeo LIFE EConet e con la collaborazione del CIRF, l'attività denominata "I canali di bonifica e i corsi d'acqua delle Province di Modena e Bologna - Verso la creazione della rete ecologica di pianura". Questo lavoro ha individuato un primo insieme di modalità operative utili alla creazione della rete ecologica, definite di concerto con gli, allora, Consorzi di Bonifica Renana, Reno Palata, Parmigiana-Moglia-Secchia e Burana-Leo-Scoltenna-Panaro, e sostanziate in un corpo di prime "Linee guida per la riqualificazione dei canali di bonifica" e di 17 schede progetto relative a interventi di riqualificazione realizzabili in situazioni e siti specifici.

Alcuni di questi progetti sono in seguito stati realizzati dai Consorzi di bonifica interessati, così come da altri Enti locali, formando un primo insieme di siti campione.

La Regione, a distanza di 5 anni dall'esecuzione dei primi interventi, ha deciso di integrare e sviluppare ulteriormente il documento del 2003 utilizzando, come base di partenza, un'analisi dei progetti di riqualificazione dei canali realizzati sia nell'ambito del LIFE EConet sia al di fuori di questa iniziativa.

Le Linee guida qui descritte rappresentano il risultato di questo lavoro di affinamento e approfondimento e costituiscono un primo elenco, comunque non esaustivo e ulteriormente aggiornabile, di tecniche utilizzabili per la riqualificazione ambientale dei canali; queste sono da intendersi non tanto come un manuale tecnico-progettuale ma piuttosto come uno strumento di indirizzo e di stimolo per gli operatori per l'utilizzo di tipologie progettuali e di gestione "ambientale" dei canali.

Ogni tipologia di intervento descritta nelle Linee guida è corredata da una descrizione sintetica della tecnica suggerita e dei problemi che intende affrontare, delle precauzioni che occorre adottare nella sua applicazione e delle eventuali necessità di approfondimenti futuri. A corredo di ciascuna tipologia sono inoltre presenti "Box di progetto" relativi ad interventi realizzati sul territorio italiano, che mostrano una sua possibile applicazione pratica.

Nell'ultimo capitolo delle Linee guida si presenta infine una descrizione sintetica del processo pianificatorio/progettuale che potrebbe essere utile seguire per la scelta degli interventi di riqualificazione dei canali.



## I CONSORZI DI BONIFICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

L'Emilia-Romagna è il primo esempio in Italia di bonifica integrale<sup>A</sup>: i Consorzi di bonifica che ricadono sul suo territorio gestiscono, infatti, circa 19.800 km di canali, una quarantina di casse d'espansione, alcune centinaia di impianti idrovori (Figura 1), oltre che paratoie, botti, ecc., che permettono di mantenere libere dalle acque vaste superfici dedicate all'agricoltura, agli insediamenti abitativi e a quelli industriali (Figura 2), e allo stesso tempo forniscono la risorsa idrica necessaria per l'irrigazione dei terreni agricoli.

Circa 5.700 km di questi canali sono dedicati alla sola attività di scolo (allontanamento delle acque dai terreni), 11.000 km svolgono funzioni irrigue e 3.100 km sono adibiti all'uso promiscuo, con funzionamento sia di scolo che irriguo a seconda delle necessità e dei periodi dell'anno.

L'alveo dei canali si presenta, a seconda della funzione svolta e alla conformazione del terreno, come inciso, inciso arginato e pensile, ovvero con il fondo del canale posto a quote superiori al piano campagna.



*Figura 1*  
Canale collettore di  
Burana  
(Fonte: Consorzio della  
bonifica Burana)

Il ruolo dei Consorzi nel contenere possibili fenomeni di allagamento di ampie porzioni di territorio regionale è ancor oggi fondamentale: molti insediamenti si trovano, infatti, interclusi tra corsi d'acqua arginati o addirittura sono posti a quote inferiori rispetto a quella degli alvei (Figura 3) e il mal funzionamento della rete di bonifica potrebbe generare conseguenze catastrofiche.

A - Se è abbastanza naturale collegare il termine "bonifica" al concetto del prosciugamento delle terre, non altrettanto immediato può apparire il collegamento con l'irrigazione, mentre proprio nella complementarità di queste due azioni e degli altri interventi di valorizzazione produttiva del suolo a fini agricoli e, negli anni più recenti, di protezione e riqualificazione ambientale, trova fondamento la bonifica integrale.

Più in generale, con la loro azione i Consorzi di bonifica hanno contribuito, e contribuiscono tuttora, allo sviluppo dell'economia emiliano-romagnola, rendendo la regione una delle zone ancora oggi più innovative e progredite d'Europa.

I Consorzi di bonifica che ricadono nel territorio dell'Emilia-Romagna hanno assunto dal 1 ottobre 2009 un nuovo assetto e una nuova denominazione in seguito alla riorganizzazione complessiva dei confini consortili e delle strutture organizzative, modifiche che sono illustrate in Figura 4 e descritte di seguito, riportando la relazione tra nuove e vecchie denominazioni:

- **Consorzio di bonifica di Piacenza:** riunisce il Consorzio di bonifica Bacini Piacentini di Levante e il Consorzio di bonifica Bacini Tidone Trebbia;
- **Consorzio della bonifica Parmense:** mantiene i confini pre-riorganizzazione;
- **Consorzio di bonifica dell'Emilia Centrale:** nasce dalla fusione del Consorzio della bonifica Parmigiana Moglia Secchia e del Consorzio della bonifica Bentivoglio Enza;
- **Consorzio della bonifica Burana:** ex Consorzio di bonifica della Burana Leo Scoltenna Panaro, a cui si sono aggiunti alcuni comuni dell'ex Consorzio della bonifica Reno Palata;
- **Consorzio della bonifica Renana:** ha acquisito parte del comprensorio del Consorzio della bonifica Reno Palata;
- **Consorzio di bonifica della Pianura di Ferrara:** nasce dall'unione del Consorzio di bonifica Valli di Vecchio Reno, del Consorzio di bonifica del I° Circondario Polesine di Ferrara e del Consorzio di bonifica del II° Circondario Polesine di San Giorgio;
- **Consorzio di bonifica della Romagna Occidentale:** mantiene i confini pre-riorganizzazione;
- **Consorzio di bonifica della Romagna:** nasce dalla fusione del Consorzio di bonifica della Romagna Centrale, del Consorzio di bonifica Savio e Rubicone e del Consorzio di bonifica della Provincia di Rimini.

A questi si aggiunge il Consorzio di bonifica Terre dei Gonzaga in destra Po, il cui territorio consortile ricade quasi interamente nella Regione Lombardia, in quanto gestisce anche una parte

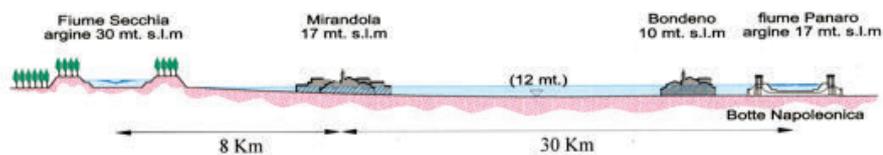
dei territori di bonifica della Provincia di Reggio Emilia, in Emilia-Romagna.



Figura2  
La sistemazione idraulica dei terreni nella pianura dell'Emilia-Romagna: si nota nella foto la fitta rete di scoline e canali che attraversano il territorio (in blu), rendendo possibile lo scolo delle acque e l'irrigazione dei terreno agricoli.

Il mancato funzionamento delle infrastrutture idrauliche del Consorzio può generare vasti allagamenti

Area consortile di Bassa Pianura - Sezione OVEST-EST



Area consortile di Bassa Pianura - Sezione SUD-NORD

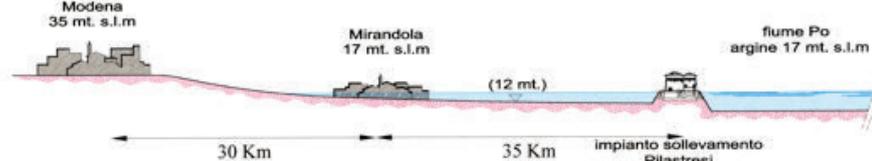


Figura 3  
Un esempio dei dislivelli esistenti nella pianura modenese tra i fiumi Secchia e Panaro e tra Modena e il fiume Po. (Fonte: Consorzio della bonifica Burana)

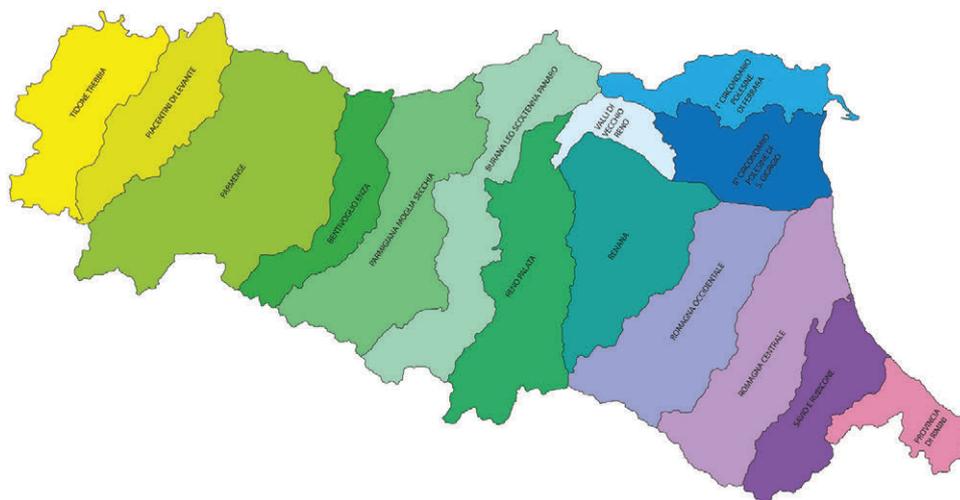


Figura 4  
 I Consorzi di Bonifica dell'Emilia-Romagna prima della riorganizzazione e nella configurazione attuale (in basso)

## LA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEI CANALI

La necessità di garantire insediamenti e popolazioni contro il rischio di alluvioni ha portato nei decenni a costruire e gestire i canali in modo che possano allontanare rapidamente le acque dai territori nel minor tempo possibile, mantenendo alta la loro capacità di trasportare l'acqua grazie ad alvei quanto più possibile rettilinei e privi di asperità (vegetazione in alveo, diversità morfologica locale, ecc.) e generalmente poveri di alberature lungo le sponde, così da permettere il passaggio dei mezzi meccanici adibiti a mantenere gli alvei nella situazione descritta.

Lo sviluppo degli insediamenti degli ultimi decenni, che non ha tenuto conto della necessità di garantire l'invarianza idraulica, ha aumentato ulteriormente le portate che i canali devono smaltire, mettendo così in crisi l'efficienza delle reti consortili.

In alcune aree la situazione di criticità idraulica è stata resa ancora più critica dal fenomeno della subsidenza che, a causa di abbassamenti differenziati del terreno, ha portato a diminuire e, in alcuni casi, invertire le pendenze dei canali, rendendo difficoltoso lo smaltimento delle acque.

A questa situazione si è aggiunta progressivamente la problematica degli scarichi di depuratori e scolmatori di piena che riversano nei canali grandi quantità di sostanze inquinanti, peggiorandone la qualità dell'acqua e quella dell'ecosistema nel suo complesso.

Come conseguenza di questa condizione l'ambiente di pianura appare semplificato e degradato, ma mantiene intatte le potenzialità per un significativo incremento della naturalità, grazie proprio alla fitta rete dei canali che lo attraversa e interconnette.



*Figura 5  
I canali possiedono il potenziale per essere importanti corridoi ecologici tra le aree di naturalità residua della pianura (Canale Diversivo Burana). (Foto: Consorzio della bonifica Burana)*

Affinchè le potenzialità ambientali e paesaggistiche della rete consortile possano esprimersi pienamente, la riqualificazione ambientale dei canali diviene allora una scelta essenziale che, se attuata secondo le presenti Linee guida, potrà essere trasformata da necessità ecologica in opportunità.

Con le Linee guida si vuole, infatti, estendere il significato che è spesso stato attribuito alla riqualificazione ambientale dei canali, associata in genere ai soli interventi di rivegetazione delle sponde, ad azioni sugli scarichi fognari o dei depuratori o, tutt'al più, ad interventi puntuali di creazione di microhabitat in alveo e sulle sponde (come rifugi per pesci, buche e raschi, ecc.), la cui realizzazione è però sino ad ora stata subordinata al mantenimento di un deflusso delle piene libero da impedimenti e da una gestione della manutenzione sostenibile anche economicamente, tenuto conto che gli oneri per l'esercizio e la manutenzione delle opere di bonifica sono a carico dei proprietari di beni immobili.

**La riqualificazione ambientale dei canali descritta dalle Linee guida intende fare un passo in avanti rispetto a questo approccio, ampliando le opportunità per ottenere un miglioramento ambientale dei canali e del territorio attraversato: si propone infatti l'uso di interventi di riqualificazione per contribuire a risolvere problemi di interesse antropico, come il rischio idraulico, la qualità dell'acqua, il dissesto spondale, la banalizzazione del paesaggio, la scarsa fruibilità del territorio e gli alti costi di manutenzione. In questo modo, la riqualificazione ambientale dei canali non rimane subordinata alla garanzia del deflusso delle piene o ad altri obiettivi strutturali, ma diviene essa stessa strumento per raggiungere questi obiettivi, in una logica di progettazione integrata degli interventi.**

Le azioni suggerite da queste Linee guida non potranno ovviamente essere applicate in ogni situazione e sarà necessario valutare attentamente i pro e i contro del loro utilizzo. Mentre però nell'approccio classico di progettazione e gestione dei canali l'intervento di riqualificazione è preso in considerazione solo come compensazione/mitigazione di interventi di ingegneria civile-idraulica o come intervento ambientale a sé stante, con l'approccio della riqualificazione ambientale dei canali qui prospettato si suggerisce di valutare, a monte di ogni scelta operativa, se la soluzione dei problemi in atto può essere trovata con interventi di riqualificazione multiobiettivo e, solo nel caso ciò non sia possibile, di far ricorso ad interventi di ingegneria classica, ad integrazione o completa sostituzione di quelli ambientali.

## LINEE GUIDA PER LA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEI CANALI

La riqualificazione ambientale dei canali può essere messa in atto grazie all'utilizzo di diverse tipologie di azione, descritte nei capitoli seguenti:

- Interventi idraulico-naturalistici;
- Interventi di ingegneria naturalistica per il controllo del dissesto spondale;
- Interventi per il miglioramento della qualità dell'acqua;
- Interventi di tipo naturalistico;
- Manutenzione a basso impatto della vegetazione;
- Forestazione delle aree di pertinenza dei canali e creazione di una filiera legno-energia;
- Riqualificazione dei canali in ambito urbano;
- Gestione dei canali nei siti Rete Natura 2000 (SIC e ZPS);

## 3.1 INTERVENTI IDRAULICO-NATURALISTICI

### 3.1.1 PROBLEMA DA AFFRONTARE

#### Esondazioni – Rischio idraulico

Le acque di piena dei canali, in determinate situazioni pluviometriche, possono esondare al di fuori della sezione di deflusso e interessare centri abitati e/o aree agricole.

### 3.1.2 CAUSE PRINCIPALI

Le esondazioni possono essere generate principalmente dalle seguenti cause:

- a scala di bacino
  - portate da smaltire maggiori rispetto a quelle di progetto, a causa dell'accresciuta urbanizzazione e conseguente impermeabilizzazione del suolo, che rendono la sezione del canale idraulicamente insufficiente;
  - mancanza/diminuzione di aree per la laminazione delle piene a monte delle zone su cui il rischio idraulico deve essere mantenuto basso (centri abitati, aree agricole di pregio, ecc.);
  - impossibilità dei canali a immettere le acque nella rete posta a valle, a causa, ad esempio, di livelli idrici troppo elevati nei corpi idrici recettori;
  - subsidenza.
- a scala locale
  - sezione idraulicamente insufficiente a causa dell'accumulo di sedimenti sul fondo;
  - presenza di infrastrutture (ponti, ecc.) che limitano la sezione disponibile al deflusso;
  - presenza di vegetazione in alveo che limita il deflusso delle acque.

### 3.1.3 APPROCCIO METODOLOGICO

Gli interventi per la riduzione del rischio idraulico caratterizzano in modo sostanziale i progetti di riqualificazione dei canali realizzati con una logica integrata e multiobiettivo (si veda Cap.4).

L'approccio proposto prevede di diminuire la frequenza delle esondazioni attraverso la realizzazione di interventi di miglioramento dell'ecosistema del canale, in particolare grazie all'ampliamento della sezione e alla sua diversificazione ambientale, azioni che costituiscono il principale intervento per attuare una sinergia tra obiettivi idraulici ed ecologici.

Scopo principale di questi interventi è di **rallentare il deflusso delle acque**, aumentando così la capacità di laminazione delle piene dei canali e del territorio posti a monte dei centri abitati e delle aree dove le esondazioni possono causare danni ingenti agli insediamenti e alle persone.

Ove questi interventi non siano possibili o richiedano anche altre azioni per la diminuzione del rischio idraulico, la creazione di casse d'espansione può essere considerato un intervento utile dal punto di vista ambientale, purché progettate a fini multipli (idraulico-naturalistici-ambientali).

### 3.1.4 TIPOLOGIE DI AZIONE

Le principali tipologie di intervento di tipo idraulico-naturalistico utili per la riqualificazione dei canali sono:

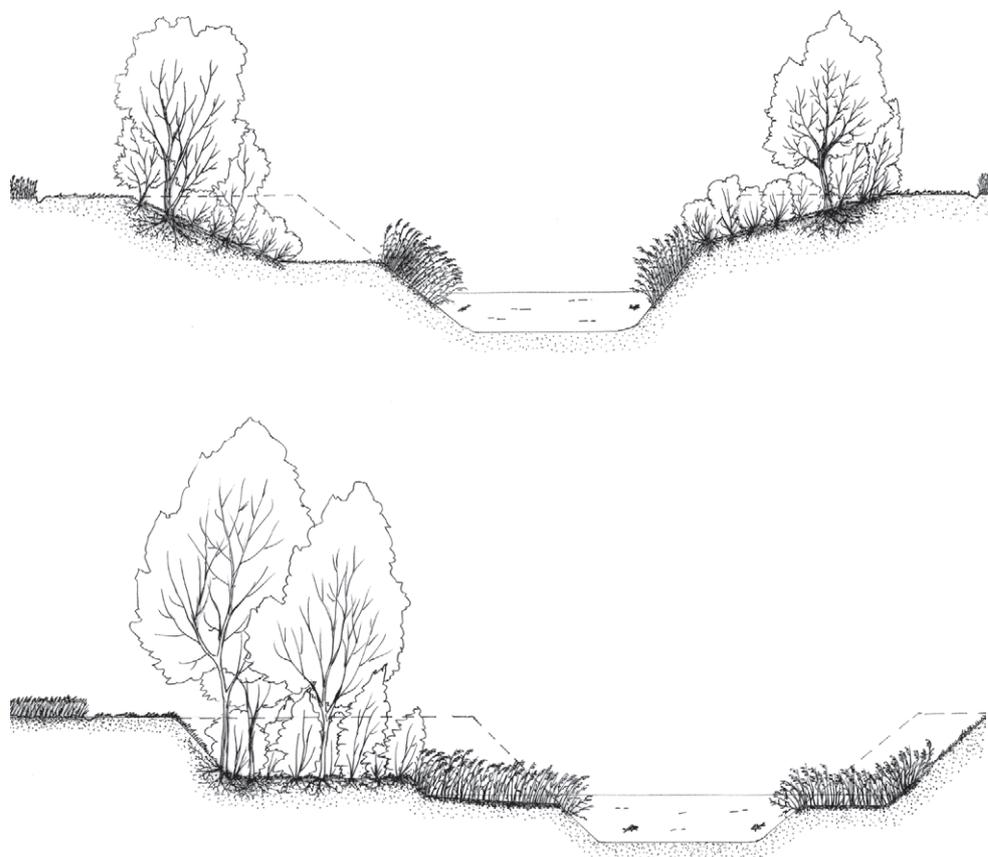
- aumento della sezione mediante creazione di un alveo a due o più stadi;
- creazione di nuovi canali naturaliformi;
- costruzione di una cassa di espansione a finalità idraulico-naturalistica;
- accordi per la realizzazione di esondazioni controllate nei terreni agricoli.

### **3.1.4.1 Aumento della sezione mediante creazione di un alveo a due o più stadi**

L'intervento prevede:

- sbancamento di una o entrambe le sponde allo scopo di ampliare la sezione disponibile al deflusso delle acque e creare una o più golene allagabili periodicamente, poste eventualmente a livelli differenti; la sezione può essere sia di tipo naturaliforme (soluzione preferibile) che di tipo geometrico (Figura 6);
- mantenimento/creazione di un alveo di magra in modo da evitare la dispersione della portata su una superficie troppo ampia, con conseguente aumento della temperatura dell'acqua e relativi problemi per la fauna e le specie vegetali presenti;
- mantenimento/induzione di processi di diversificazione morfologica (aree a diversa velocità di corrente e profondità, ecc.) che favoriscono la creazione e il mantenimento di habitat, con benefici positivi per le specie animali e vegetali;
- messa a dimora di arbusti (e/o alberi) nella golena e/o lungo le sponde dell'alveo di magra, in funzione delle simulazioni idrauliche e della scabrezza consentita;
- conservazione e/o incremento della presenza di piante acquatiche in alveo, che può essere consentita anche dal punto di vista idraulico grazie alla sezione più ampia, su cui effettuare uno sfalcio periodico tendenzialmente a frequenza minore rispetto alla situazione pre-allargamento.

*Figura 6  
Allargamento di sezione  
a due stadi (sopra) e  
tre stadi (sotto). Nel  
primo caso la sponda  
(indicata dalla linea  
tratteggiata) viene  
sbancata e arretrata,  
così da permettere  
la messa a dimora di  
piante nella golena che si  
viene a creare e, sul lato  
opposto, lungo la sponda  
riprofilata. Nella seconda  
figura, lo sbancamento  
porta alla creazione di  
due golene poste a livelli  
differenti e allagabili con  
tempi di ritorno diversi;  
nella golena più prossima  
all'alveo di magra si  
creano le condizioni per  
lo sviluppo di vegetazione  
palustre, mentre nella  
golena maggiormente  
rialzata si può prevedere  
la messa a dimora di  
vegetazione arboreo-  
arbustiva.  
(Disegni:  
Massimo Milandri)*



## BOX DI PROGETTO

### Creazione di un alveo a due o più stadi

(Consorzio di bonifica Acque Risorgive (ex Dese Sile); Venezia - Chirignago)

*Figura 7*

*Esempio di allargamento di sezione per la creazione di un alveo a due stadi.*

*La foto mostra il canale come si presentava prima dell'inizio dei lavori: alveo rettilineo, sponde rivestite da muri in calcestruzzo, assenza di vegetazione in alveo e sponde gestite in modo da evitare la crescita di vegetazione erbacea e arboreo-arbustiva.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*



*Figura 8*

*Aspetto del canale mostrato in precedenza una volta riqualificato: la sponda sinistra è stata sbancata sino a creare una golenza allagabile, subito colonizzata da specie palustri. Nelle parti più elevate della golenza sono inoltre state messe a dimora specie arboree, secondo una densità conforme con le esigenze idrauliche del canale. Questo è ora in grado di trattenere maggiori volumi di acqua in caso di piena e risulta più efficiente in termini di capacità autodepurativa.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*



*Figura 9*

*Creazione di una golena allagata. L'area a destra nella foto è stata soggetta a sbancamento, allo scopo di creare una golena parzialmente allagabile, in seguito colonizzata da vegetazione acquatica, salici arbustivi e ontani. La sponda sinistra è invece stata mantenuta priva di vegetazione, così da permettere il passaggio dei mezzi del Consorzio lungo la pista di servizio; la manutenzione dell'alveo del canale avviene così solo da una sponda, lasciando quella opposta adibita a funzioni idraulico-ambientali.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*



*Figura 10*

*Creazione di una golena a due stadi. La sponda destra del canale è stata arretrata mediante sbancamento dell'area retrostante, sino a creare una golena suddivisa in due livelli differenti e progettata per essere allagata parzialmente con piene ordinarie e totalmente con piene straordinarie; queste vengono contenute grazie alla costruzione di un nuovo argine (in giallo nella foto), arretrato rispetto al ciglio di sponda originario.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*

*Figura 11*  
Arretramento di un argine per la creazione di un alveo a due stadi. In primo piano si nota una banchina di nuova formazione, realizzata al posto del vecchio argine (linee tratteggiate), ora ricostruito più esternamente, e l'impianto di vegetazione arborea su di essa. In secondo piano si nota invece lo sdoppiamento dell'alveo, con il vecchio argine (freccia) lasciato sul posto per assumere la funzione di isola fluviale.  
(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)



*Figura 12*  
In primo piano la gola di neoformazione, ricavata al posto del vecchio argine, ora sbancato e ricostruito a maggior distanza. La gola in alveo è successivamente stata colonizzata da vegetazione acquatica, aumentando così la capacità autodepurativa del canale, oltre alla sua funzionalità ecologica.  
(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)

### **3.1.4.2 Creazione di nuovi canali naturaliformi**

Quando esigenze di natura idraulica richiedono la costruzione di nuovi canali (ad esempio di un by-pass che alleggerisca la pressione idraulica sui centri abitati attraversati) o quando è necessario aumentare i volumi a disposizione della rete idraulica per scopi depurativi (aumento della capacità di autodepurazione del sistema dei canali), la costruzione del nuovo corso d'acqua può rappresentare l'opportunità per raggiungere più obiettivi contemporaneamente (idraulici, naturalistici, igienico-sanitari e fruitivi), utilizzando al meglio le risorse economiche a disposizione.

In questo caso il progetto dovrebbe ricreare le forme e i processi che si riscontrano in un corso d'acqua naturale, mediando con le esigenze imposte da un sistema comunque artificiale come quello della rete dei canali (presenza di paratoie, necessità di eventuale uso irriguo delle acque, ecc.). Il tracciato e la sezione dovrebbero quindi essere morfologicamente e planimetricamente diversificati, dotati di un alveo di magra e di golene allagabili, in cui possano realizzarsi, anche solo parzialmente, processi evolutivi morfologici quali erosione, deposito, traslazione di sedimenti, ecc.. In questo modo possono crearsi le condizioni perché si sviluppino in alveo e sulle sponde una vegetazione da gestire con modalità meno invasive rispetto alle pratiche usuali.

## BOX DI PROGETTO

### Creazione di un nuovo canale naturaliforme

(Consorzio di bonifica Acque Risorgive; Venezia - Chirignago)



Figura 13

Creazione ex-novo di un canale naturaliforme su terreno agricolo. Dall'alto in basso: l'area di intervento prima (aprile 2002), durante (febbraio 2004) e dopo (settembre 2005) l'esecuzione dei lavori. Si noti come la vegetazione abbia velocemente colonizzato il canale, progettato per poterla accogliere senza generare problemi idraulici finché la densità non supera una soglia predeterminata. La gestione della vegetazione in alveo prevede di mantenere aperto un canale di corrente in cui il flusso delle acque può scorrere liberamente (a destra nella foto in basso), permettendo invece la presenza controllata di vegetazione acquatica nel resto della sezione; la manutenzione avviene in questo caso solo da una sponda (a destra della foto), resa percorribile per il passaggio dei mezzi del Consorzio. (Foto : Consorzio di bonifica Acque Risorgive)

### **3.1.4.3 *Costruzione di una cassa di espansione a finalità idraulico-naturalistica***

Ove gli interventi di riqualificazione dei canali realizzati attraverso allargamenti di sezione non siano possibili o sufficienti, la diminuzione del rischio idraulico può essere ottenuta attraverso la creazione di casse d'espansione a fini multipli (in sostituzione o meglio affiancamento degli allargamenti di sezione); queste, oltre alla finalità prettamente idraulica, devono permettere di raggiungere anche obiettivi naturalistici, così da divenire nodi ecologici in un contesto ambientale di pianura generalmente molto banalizzato. Le casse possono inoltre essere sfruttate anche come serbatoi di accumulo delle acque a scopi irrigui e come zone umide finalizzate a scopi depurativi.

Gli obiettivi ora elencati non hanno la possibilità di essere perseguiti contemporaneamente, o comunque non tutti al massimo livello, e il loro raggiungimento comporta un'accurata progettazione, che consideri tutti gli aspetti progettuali messi in campo (idraulici, naturalistici, igienico-sanitari).

## BOX DI PROGETTO

### Cassa di espansione del Dosolo

(Consorzio della bonifica Renana - Comune di Sala Bolognese - Provincia di Bologna)

*Figura 14*

*La cassa è stata realizzata nel 1925 per contenere temporaneamente le acque del fiume Dosolo quando, per le intense precipitazioni, non riescono a defluire nel fiume Reno. Per circa 70 anni dopo la sua realizzazione, compatibilmente con la funzione idraulica, i terreni della Cassa sono stati utilizzati per l'agricoltura. Grazie alla condivisione di intenti fra l'allora Consorzio di Bonifica Reno Palata e il Comune di Sala Bolognese, negli anni '90 la cassa è stata interessata da un'intensa attività di valorizzazione ambientale, che ha portato alla creazione di boschi e zone umide. (Foto: Marco Monaci)*



*Figura 15*

*La cassa alterna prati e campi con pioppeti, boschi, siepi, zone umide, su una superficie di 55 ha dotata di una capacità d'invaso di 1 milione di mc. Il risultato è un'interessante area ad elevata diversità biologica che, per le sue caratteristiche, si presta anche a finalità dimostrative, nonché ad una fruizione turistico-ricreativa. (Foto: Marco Monaci)*

## BOX DI PROGETTO

### Cassa di espansione a servizio del Canale Lorgana

(Consorzio della bonifica Renana, 2008 - Comune di Malalbergo - Provincia di Bologna)

Figura 16

La Cassa d'espansione sul Canale Lorgana è stata progettata con una doppia finalità, idraulica e naturalistica. L'intervento insiste su di un'area di circa 6,7 ha posta a sud del nucleo abitato di Malalbergo, nettamente delimitata da elementi morfologici e infrastrutturali. L'area confina infatti a nord con il Canale della Botte, a sud con il Canale Lorgana e a nord-ovest con la strada statale numero 64 "Porrettana". Verso est, infine, l'area è delimitata da una strada campestre esistente. La foto mostra la zona umida presente all'interno della cassa d'espansione e le opere di regolazione presenti.

(Foto: Marco Monaci)



Figura 17

Particolare della zona umida: in primo piano il fosso di collegamento tra i canali Lorgana e Botte e un'opera di connessione con il fosso, realizzata in massi. Sullo sfondo si notano l'argine perimetrale della cassa (a destra nella foto) e gruppi di alberi parzialmente sommersi (a sinistra).

(Foto: Marco Monaci)

## BOX DI PROGETTO

### Cassa di espansione “Oasi della Celestina”

(Consorzio di bonifica dell’Emilia centrale - Comuni di Campagnola Emilia e Novellara - Provincia di Reggio Emilia)

*Figura 18*

La cassa ha una estensione complessiva di 10,6 ha. Le acque meteoriche di piena sono invasate in un canale perimetrale che circonda l’area della Celestina, di lunghezza complessiva 1.222 m, e in due vasche, una a Sud (cassa alta) e una a Nord (cassa bassa o dei cavalieri). Il volume d’acqua che è possibile contenere all’interno della vasca è di 90.000 mc circa. I due bacini palustri all’interno dell’area contribuiscono ad aumentare la diversità del sito in termini di habitat e vengono a tal fine alimentati da una portata d’acqua anche in tempo asciutto, per ottenere la riossigenazione e il ricambio delle acque.

(Foto: Consorzio di bonifica dell’Emilia centrale)



*Figura 19*

Il canale perimetrale che circonda la cassa: oltre a permettere il riempimento dei due invasi e scaricare le acque verso il fosso di uscita, il canale ospita specie vegetali idrofile e funge da sistema fitodepurante, grazie ad un battente d’acqua che viene mantenuto pari a circa 50cm. Nell’area sono inoltre presenti siepi arbustive e un bosco planiziale misto (salice bianco, farnia).

(Foto: Consorzio di bonifica dell’Emilia centrale)



## BOX DI PROGETTO

### Cassa d'espansione del Cavo Tresinaro

(Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale- Comune di Rio Saliceto - Provincia di Reggio Emilia)

*Figura 20*

La cassa, realizzata nel 1990, è stata costruita per invasare le acque piovane e limitare le piene del Cavo Tresinaro. La cassa, denominata anche *Ca' de Frati*, si estende per un 1 milione di mq e può contenere 2,5 milioni di mc di acqua. All'interno della cassa sono stati ricreati ambienti ormai rari nella pianura: 43 ha di zona umida (mantenendo ad acque libere la porzione perimetrale della cassa, come si può notare dalla foto), 33 ha di prato umido e 10 ha di macchia radura (entrambi nella parte centrale della cassa).

(Foto: Roberto Ori)



*Figura 21*

Nella depressione della cassa è presente un sistema di canali disposti a serpentina che consentono la fitodepurazione delle acque immesse. L'opera idraulica nel suo complesso punta a ricreare l'ambiente naturale della pianura (alternanza di zone umide, prati, macchie e radure) presente prima della realizzazione delle opere di bonifica.

(Foto: Roberto Ori)

#### **3.1.4.4 Accordi per la realizzazione di esondazioni controllate nei terreni agricoli**

L'azione proposta in questo caso non consiste in un intervento diretto sul canale, ma nella ricerca di accordi con i proprietari dei terreni agricoli attraversati dal canale; scopo dell'azione è individuare aree agricole a monte di centri abitati sulle quali permettere l'esondazione controllata delle acque di piena, così da evitare l'inondazione dell'area urbanizzata posta a valle.

Si tratta di un'azione sperimentale, la cui difficoltà principale consiste nell'applicare modalità appropriate di accordo (che potrebbero riguardare anche l'attivazione di meccanismi assicurativi) e di compensazione economica per il servizio svolto dai terreni agricoli a favore del centro abitato "protetto" dalle piene; utile in tal senso potrebbe essere il ricorso a forme di indennizzo o di servitù idraulica.

Con questa soluzione tecnica potrebbe essere possibile diradare le operazioni di manutenzione della vegetazione lungo il canale interessato, grazie alla diminuzione delle esigenze di funzionalità idraulica del corso d'acqua, e potrebbero successivamente essere ridotti gli interventi di artificializzazione della rete e i relativi costi di manutenzione.

Le colture presenti nelle aree agricole che accolgono le acque esondate dovrebbero essere in grado di non risentire della temporanea sommersione; tra le possibili soluzioni, si potrebbe prendere in considerazione quella di praticare colture adatte a queste condizioni, quali boschi planiziali vocati alla produzione di biomassa a servizio di una filiera legno-energia e pioppeti (si veda Par.3.6).

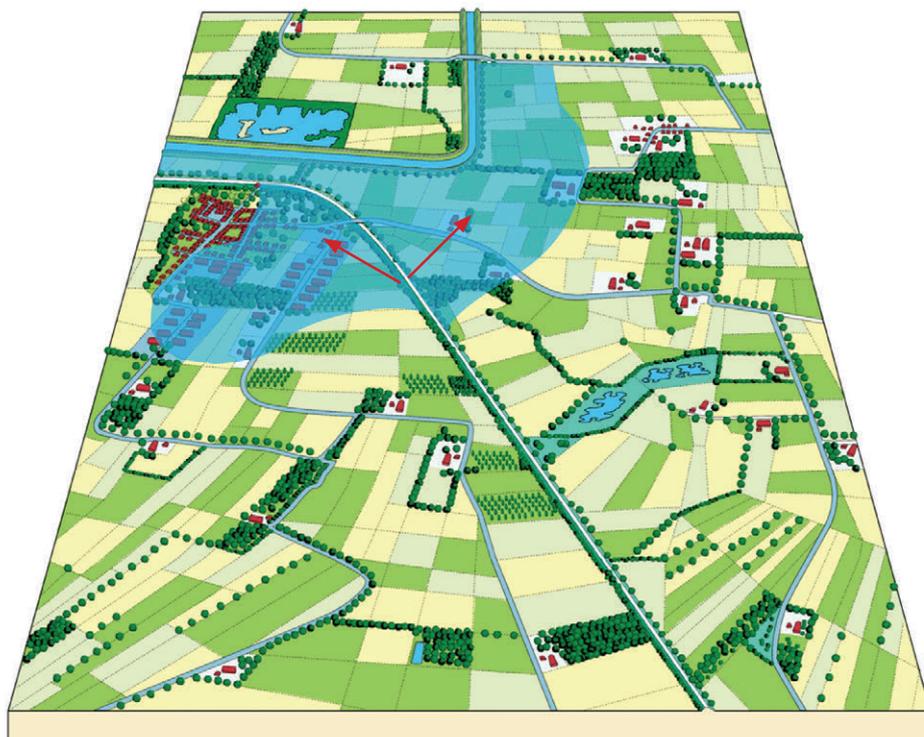


Figura 22  
 Aree per l'esondazione controllata delle piene nei terreni agricoli.  
 In alto: nell'esempio il canale indicato in figura causa problemi di esondazione su un centro abitato (aree azzurre).  
 In basso: grazie ad accordi con i proprietari dei terreni agricoli, in caso di piena le acque inondano temporaneamente le aree di loro proprietà (aree azzurre), evitando così problemi alle zone più urbanizzate poste a valle.  
 (Immagine: rielaborata da materiale prodotto nell'ambito del progetto LIFE ECOnet)



### 3.1.5 EFFETTI DEGLI INTERVENTI

Gli allargamenti di sezione di tipo naturalistico, oltre a permettere un aumento dei volumi disponibili per accogliere le piene e favorire un rallentamento delle acque nei tratti allargati (diminuendo così il picco di piena nei tratti a valle), consentono, con i dovuti accorgimenti tecnici, l'instaurarsi di processi evolutivi geomorfologici ed ecologici che portano alla creazione di habitat e alla colonizzazione da parte della vegetazione riparia e igrofila, con un complessivo beneficio per le biocenosi.

*Gli effetti positivi degli interventi di allargamento e diversificazione della sezione possono essere così sintetizzati:*

- Effetti idraulici
  - Diminuzione del rischio di esondazioni
- Effetti ambientali ed ecologici
  - Sviluppo/mantenimento/incremento di dinamiche evolutive morfologiche ed ecologiche (nel solo alveo di magra o nell'intera sezione), con conseguente creazione di habitat
  - Miglioramento della qualità dell'acqua
  - Miglioramento dello stato della vegetazione spondale e delle rive
  - Miglioramento dello stato della vegetazione acquatica
  - Miglioramento dello stato delle comunità faunistiche (macroinvertebrati, fauna ittica, fauna terrestre, avifauna, anfibi, ecc.)
- Effetti secondari di tipo antropico
  - Miglioramento paesaggistico
  - Incremento delle possibilità di fruizione (percorsi naturalistici, pesca, ecc.)
  - Possibile diminuzione dei costi di manutenzione

*Gli effetti positivi della realizzazione di casse d'espansione di tipo idraulico-naturalistico-ambientale possono essere così sintetizzati:*

- Effetti idraulici
  - Diminuzione del rischio di esondazioni

- Effetti ambientali ed ecologici
  - Creazione di un nodo ecologico
- Effetti secondari di tipo antropico
  - Miglioramento paesaggistico
  - Incremento delle possibilità di fruizione (percorsi naturalistici, luoghi di osservazione della fauna, ecc.)

### **3.1.6 PRECAUZIONI**

Gli interventi di allargamento di sezione eseguiti con finalità sia idrauliche che naturalistiche costituiscono una notevole novità rispetto alla prassi di progettazione dei canali; necessitano quindi di approfondimenti specifici al fine di definire al meglio la morfologia di progetto, la messa a dimora delle specie vegetali (o la loro colonizzazione spontanea) e la gestione delle portate in funzione degli effetti ecologici che si intendono ottenere, che andranno poi attentamente monitorati negli anni per adattare il piano di manutenzione all'evoluzione del sito di intervento.



## 3.2 INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA PER IL CONTROLLO DEL DISSESTO SPONDALE

### 3.2.1 PROBLEMA DA AFFRONTARE

#### Dissesto spondale

I canali sono spesso soggetti a fenomeni di dissesto delle sponde, che negli anni perdono la loro regolare conformazione originale e tendono ad arretrare a discapito dei terreni retrostanti.

### 3.2.2 CAUSE PRINCIPALI

Il dissesto spondale può essere generato principalmente dalle seguenti cause:

- a scala di bacino
  - eventi di piena più intensi rispetto a quelli di progetto a causa della accresciuta urbanizzazione e conseguente impermeabilizzazione del suolo; le sponde del canale divengono quindi soggette a sforzi tangenziali superiori a quelli di progetto.
- a scala locale
  - presenza di terreni che per le loro caratteristiche chimico-fisiche intrinseche (es. suoli argillosi o iperargillosi) sono più predisposti a fenomeni franosi di diversa entità;
  - presenza di attività fossorie di specie esotiche (nutrie, gamberi) che tendono ad accentuare in maniera notevole il dissesto spondale dei canali;
  - mancanza di vegetazione ripariale a protezione della sponda dall'erosione;
  - erosione delle acque al piede della sponda;
  - mancanza di vegetazione al piede di sponda, reso così erodibile da parte della corrente;
  - operazioni di manutenzione della vegetazione, con danneggiamento del piede di sponda da parte dei mezzi meccanici;
  - cicli di riempimento e svuotamento del canale, in particolare

in quelli ad uso irriguo o promiscuo;

- presenza di ostacoli locali in alveo, con deviazione della corrente verso la sponda;
- carico sulle sponde generato dal passaggio di mezzi pesanti lungo le strade o le piste di manutenzione che confinano con il canale.

### **3.2.3 APPROCCIO METODOLOGICO**

Sono possibili due approcci alternativi:

- Definizione di una fascia di mobilità morfologica e/o risagomatura della sponda

Il dissesto spondale viene gestito permettendo al canale di evolvere entro confini prefissati, senza ricorrere ad opere di consolidamento, così che il corso d'acqua possa trovare una conformazione di equilibrio che richieda minori oneri di manutenzione ordinaria e straordinaria; si tratta quindi di applicare ai canali il concetto di fascia di mobilità morfologica utilizzato per i corsi d'acqua naturali. Per accelerare il miglioramento ambientale è però possibile prevedere in alternativa la risagomatura della sponda con diminuzione della pendenza.

- Consolidamento spondale mediante tecniche di ingegneria naturalistica

Se valutazioni tecniche ed economiche indicano che è necessario intervenire per contenere il dissesto spondale, è consigliabile prediligere tecniche che apportano benefici integrativi al territorio, oltre a quello strutturale legato al consolidamento delle sponde, quali l'aumento della qualità ambientale del canale e del territorio e una maggiore integrazione delle opere nel paesaggio rurale.

Le tecniche dell'ingegneria naturalistica possono permettere, se ben progettate, di raggiungere tale scopo.

Condizione fondamentale perché ciò avvenga, è che le tecniche prescelte si basino sull'uso prevalente di materiali vegetali vivi come elemento strutturale e che usino specie autoctone di provenienza locale.

### **3.2.4 TIPOLOGIE DI AZIONE**

Le tecniche suggerite e descritte nei paragrafi seguenti per ottenere il controllo del dissesto spondale e la riqualificazione ambientale dei canali, sono:

- definizione di una fascia di mobilità morfologica e/o risagomatura della sponda;
- palificata rinverdita;
- palizzata rinverdita;
- copertura diffusa con astoni di salice.

Tale elenco non ha la pretesa di essere esaustivo, ma deve essere considerato come una esemplificazione dell'approccio multiobiettivo proposto con le Linee guida.

#### **3.2.4.1 Definizione di una fascia di mobilità morfologica e/o risagomatura della sponda**

Con la definizione di una fascia di mobilità (Figura 23), il canale cessa di essere considerato un corso d'acqua da mantenere morfologicamente stabile e viene così consentita una certa dinamica evolutiva, seppur molto limitata a causa dei vincoli imposti dall'uso intensivo a fini agricoli del territorio circostante, dalla presenza di infrastrutture di diversa natura e dalle necessità di gestione di un alveo generalmente regolato da opere idrauliche (paratoie, idrovore, ecc.) per fornire servizi alla collettività (irrigazione, smaltimento delle piene, ecc.).

La scelta di utilizzare l'approccio proposto dovrebbe essere fatta eseguendo un'attenta analisi costi-benefici, comparando i costi dell'eventuale acquisto della fascia di terreno da dedicare all'evoluzione del canale con quelli delle opere di difesa spondale necessarie per il contenimento del dissesto, tenendo conto anche dei minori oneri di manutenzione in un consistente periodo di tempo. Il canale così riqualificato tenderà a raggiungere, in un certo lasso di tempo, un assetto delle sponde e dell'alveo simili a quelli di un alveo naturale, soggetto a processi evolutivi paragonabili (arretramento delle sponde, creazione e traslazione di barre e sedimenti di fondo alveo, ecc.).

In queste condizioni non si rende necessario effettuare operazioni di manutenzione regolare delle sponde così come la realizzazione di opere per la difesa spondale, atte ad evitare l'erosione stessa.

L'imitazione degli ambienti naturali e la comprensione dei processi fisici alla base dei fenomeni che avvengono in alveo possono e devono portare allo sviluppo di sistemi in grado di automantenersi nel tempo.

Il miglioramento ambientale potenzialmente ottenibile lasciando al canale una maggior libertà plano-altimetrica, può in alternativa essere accelerato tramite la risagomatura della sponda, rendendola meno acclive e più adatta alla colonizzazione da parte delle specie vegetali. L'azione consiste in questo caso in un intervento fisico che necessita in ogni caso, come per la definizione della fascia di mobilità, di acquisire una porzione di territorio limitrofa al canale, così da permettere l'arretramento del ciglio di sponda.



*Figura 23  
Creazione di una fascia di mobilità mediante interventi fisici sul canale.*

*In alto: canale rettilineo con sponde in calcestruzzo, privo di qualunque possibilità di divagazione laterale. Al centro: sbancamento di una sponda, al fine di creare una zona allagabile all'interno della quale è possibile una certa mobilità morfologica dell'alveo. In basso: lo stesso canale dopo che per alcuni anni i processi evolutivi geomorfologici ed ecologici sono stati assecondati. La morfologia è divenuta più varia e simile a quella di un piccolo corso d'acqua naturale, si sono formati numerosi microhabitat e la vegetazione acquatica e riparia ha colonizzato l'alveo e le sponde. (Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*

### 3.2.4.2 Palificata rinverdita

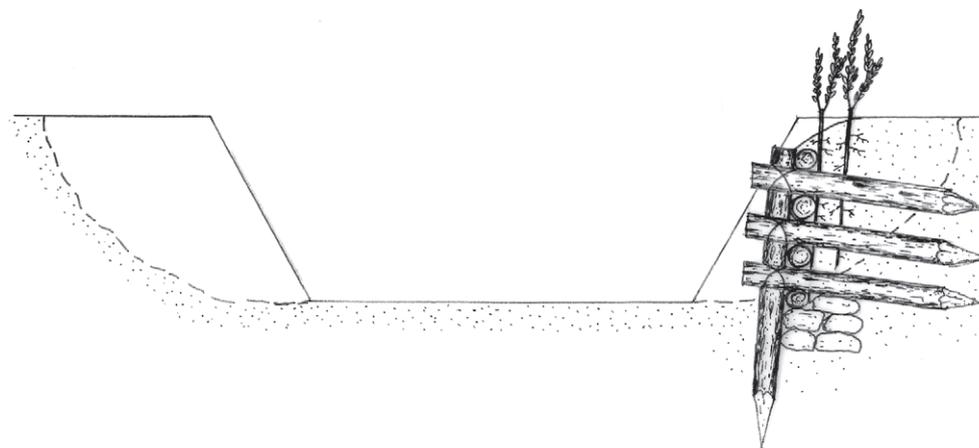
Nel caso in cui il canale scorra parallelo ad una strada, o comunque nel caso in cui le opere per il contenimento dei fenomeni di dissesto debbano sopportare un carico elevato, si suggerisce come tecnica di ingegneria naturalistica l'utilizzo di una palificata spondale a doppia parete oppure con palo frontale verticale (Figura 24 e Figura 25).

La palificata è una struttura in legname tondo di castagno costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere frontali, in cui si possono inserire delle talee di salice; le piante che nasceranno da queste talee contribuiranno al consolidamento della sponda attraverso il fitto intreccio di radici.

L'opera, addossata alla sponda in erosione, permette un rapido e duraturo consolidamento della stessa, oltre alla ricostruzione di una fascia alberata e di habitat per microfauna acquatica.

La palificata rinverdita può essere utilizzata non solo lungo canali di scolo ma anche lungo la rete irrigua e promiscua, avendo l'accortezza di posizionare le talee e le specie vegetali in modo che non possano subire una sommersione prolungata degli apparati radicali, che ne potrebbe precludere l'attecchimento.

*Figura 24*  
Sezione tipo di un canale in cui è stata inserita una palificata rinverdita. Lo schema rappresenta il caso in cui la sezione di progetto negli anni si sia modificata a causa di fenomeni di dissesto, sino a divenire molto più larga (linea tratteggiata). Nel caso rappresentato in figura, la palificata è posizionata nello spazio compreso tra il profilo attuale della sponda e quello originario; sono inoltre presenti astoni di salice inseriti verticalmente nella palificata, pronti a svolgere negli anni una funzione di consolidamento strutturale a supporto della paleria in castagno. (Disegno: Massimo Milandri)



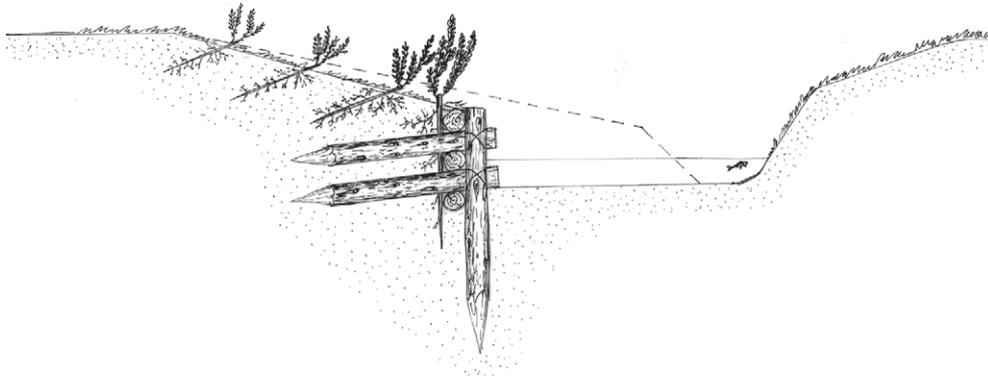


Figura 25  
 Sezione tipo di un canale in cui è stata inserita una palificata rinverdita. Nello schema la sezione del canale si è notevolmente ristretta rispetto alla situazione di progetto, trovandosi occupata dal materiale franato dalla sponda in dissesto (linea tratteggiata). Tramite l'utilizzo di una palificata rinverdita si amplia nuovamente la sezione e si crea al contempo una fascia riparia mediante messa a dimore di talee e astoni di salice.  
 (Disegno: Massimo Milandri)



Figura 26  
 Aspetto di una palificata rinverdita nel periodo autunnale, dopo qualche anno dalla fine dei lavori: si noti lo sviluppo degli astoni di salice sulla sommità della palificata, a ridosso della strada.  
 (Foto: Mario Fantesini)

## BOX DI PROGETTO

### Palificata rinverdita: Canale di Budrione

(Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale, 2004-2005 - Comune di Carpi - Provincia di Modena)

Figura 27

*Il canale di Budrione, di tipo promiscuo, come appariva nel 2004: il corso d'acqua soffriva di problemi di dissesto spondale, causati principalmente dai cicli di riempimento e svuotamento della stagione irrigua, i quali avevano portato ad un arretramento delle sponde con potenziale problemi di instabilità alla strada adiacente.*

*(Foto: Marco Monaci)*



Figura 28

*Per affrontare la problematica spondale evidenziata nella figura precedente, le sponde del canale di Budrione sono state stabilizzate mediante la realizzazione di una palificata rinverdita (nella foto l'intervento appena realizzato, nel 2005).*

*(Foto: Marco Monaci)*

*Figura 29*

*La palificata rinverditata mostrata nella figura precedente a 5 anni dalla relizzazione dei lavori (2009): si può notare come gli astoni di salice, messi a dimora nella parte sommitale della palificata, abbiano permesso lo sviluppo di una fascia riparia a salice bianco e salice rosso che, oltre a svolgere funzioni di tipo naturalistico, contribuisce alla stabilizzazione della sponda insieme alla paleria morta in castagno.*

*(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 30*

*La palificata rinverditata vista dal lato strada, a 5 anni dalla fine dei lavori (2009). L'ingombro dei rami nei confronti della strada è attentamente gestito dal Consorzio di bonifica, che provvede ad una regolare potatura al fine di garantire la libera circolazione lungo l'asse viario.*

*(Foto: Marco Monaci)*

## BOX DI PROGETTO

### Palificata rinverdita: Fossetta dei Morti

(Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale, 2004-2005 - Comune di Carpi - Provincia di Modena)

*Figura 31*

*La fossetta dei morti nel 2004: la sezione del canale si presentava parzialmente occupata dai materiali costituenti la sponda, scivolati all'interno dell'alveo. A causa di questa situazione, la strada presente in sponda destra nella foto aveva subito problemi di stabilità, evidenziati da numerose crepe longitudinali, parallele al canale.*

*(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 32*

*Per affrontare la problematica evidenziata nella figura precedente, la sezione del canale è stata ripristinata mediante riprofilatura della sponda e costruzione, parallelamente alla strada, di una palificata rinverdita (nella foto l'intervento appena realizzato, nel 2005).*

*(Foto: Marco Monaci)*

*Figura 33*

*La palificata rinverditata mostrata nella figura precedente a 5 anni dalla realizzazione dei lavori (2009): si può notare come gli astoni di salice, messi a dimora nella parte sommitale della palificata, abbiano permesso lo sviluppo di una fascia riparia a salice che, oltre a svolgere funzioni di tipo naturalistico, contribuisce alla stabilizzazione della sponda insieme alla paleria morta in castagno. (Foto: Marco Monaci)*



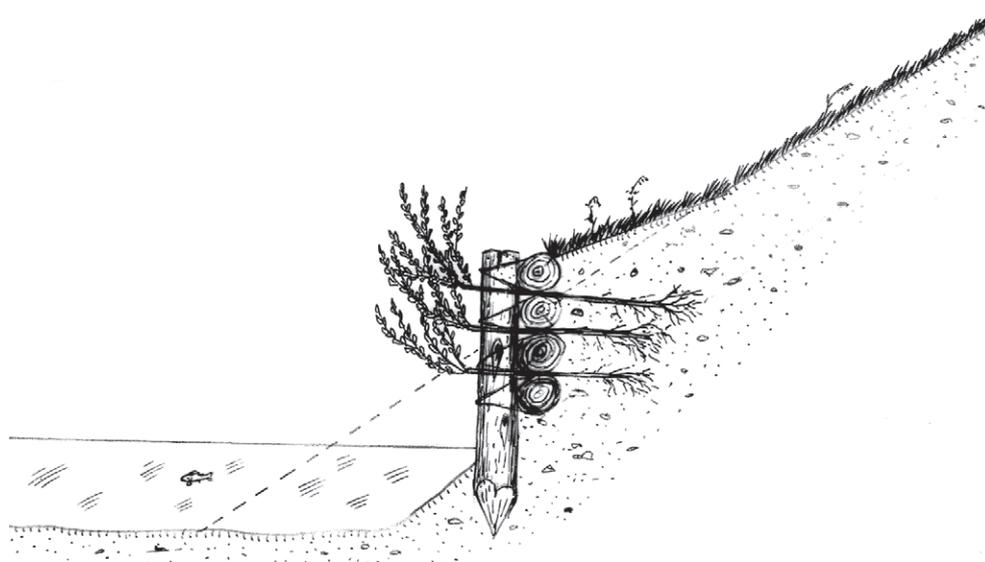
*Figura 34*

*La palificata rinverditata vista dal lato strada, a 5 anni dalla fine dei lavori (2009). L'ingombro dei rami nei confronti della strada in questo caso non costituisce un problema pressante, in quanto è presente una banchina che separa il filare alberato dall'asse viario. (Foto: Marco Monaci)*

### 3.2.4.3 Palizzata rinverdita

Le palizzate orizzontali sono realizzate con paleria morta di castagno sbucciato, o viva di salice, posta in orizzontale e fissata con filo di ferro a picchetti verticali in castagno (o salice) profondamente infissi nel suolo (Figura 35); il radicamento dei getti di salice aumenta l'effetto consolidante dell'opera e permette la creazione di una fascia riparia lungo il canale.

*Figura 35*  
*Sezione tipo di un canale la cui sponda è sorretta da una palizzata rinverdita con talee di salice, poste a dimora all'interno dell'incastellatura dei tronchi di castagno. La costruzione della palizzata al di fuori della sezione del canale (linea tratteggiata) permette lo sviluppo delle talee senza che queste limitino la sezione di deflusso e creino particolari problematiche idrauliche.*  
*(Disegno: Massimo Milandri)*



Come la palificata, anche la palizzata rinverdita può essere utilizzata non solo lungo canali di scolo ma anche lungo la rete irrigua e promiscua, avendo l'accortezza di posizionare le talee e le specie vegetali in modo che non possano subire una sommersione prolungata degli apparati radicali, che ne potrebbe precludere l'attecchimento.

## BOX DI PROGETTO

### Palizzata rinverdita: Canale di San Pietro

(Consorzio della bonifica Burana, 2004-2005 - Comune di Spilamberto - Provincia di Modena)

Figura 36

*In alto: il Canale di San Pietro prima dei lavori (2004); la sponda in erosione è sorretta in modo precario da una struttura non autorizzata costituita da legname, materiali metallici ed inerti.*



*Al centro: la sponda del canale è stata liberata dai materiali non idonei e consolidata mediante una palizzata rinverdita e la messa a dimora di talee di salice nella parte sommitale della sponda (2005).*



*In basso: la sponda del canale protetta dalla palizzata rinverdita appare in buono stato, mentre le talee di salice non si sono sviluppate a sufficienza come conseguenza del taglio, non previsto dal progetto, effettuato dai proprietari del terreno.*

*(Foto: Consorzio della bonifica Burana e Marco Monaci)*



## BOX DI PROGETTO

### Palizzata rinverdita: Cavo Lama

(Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale, 2004-2005 - Comune di Carpi - Provincia di Modena)

#### Figura 37

Foto in alto (2003): il continuo variare dei livelli idrici del Cavo Lama, dovuti alla gestione ad uso promiscuo del canale, ha causato il parziale collasso delle sponde interne degli argini. La sezione del canale risulta così più ampia di quella di progetto, a discapito della larghezza degli argini, causando evidenti problemi di stabilità e di sicurezza.

Al centro (2004): per far fronte a tali problematiche è stata prevista la realizzazione di due ordini paralleli di palizzate su entrambe le sponde, di cui la prima fila, posta più in basso e soggetta a sommersioni prolungate per diversi mesi, è stata realizzata in paleria morta di castagno, mentre la seconda fila, emersa, è stata realizzata in palo di salice vivo, in modo da favorire lo sviluppo di una fascia vegetata. Tra le due file di pali è stato inoltre creato un inerbimento protetto mediante l'uso di georete in fibre di cocco e successiva infissione di talee di salice.

In basso (2009): l'intervento ha avuto solo parziale successo, in quanto i picchetti vivi di salice e le talee non hanno attecchito nella misura prevista; il motivo di tale situazione è ancora in corso di individuazione certa, ma potrebbe essere legato ai livelli idrici, alla qualità delle acque o alle eccessive sollecitazioni conseguenti ai cicli di riempimento e svuotamento del canale causati da un'idrovora posta a ridosso dell'intervento.



#### 3.2.4.4 Copertura diffusa con astoni di salice

Il contenimento dei fenomeni di erosione e il contemporaneo miglioramento ambientale del canale può essere ottenuto mediante l'utilizzo di una copertura diffusa con astoni di salice arbustivo (Figura 38).

La sponda viene inizialmente riprofilata per ridurre la pendenza, per poi posare l'uno accanto all'altro, perpendicolarmente alla corrente, astoni di salice affiancati fra loro, in modo tale da ottenere una copertura omogenea ed esente da zone aperte e vulnerabili all'azione erosiva. Gli astoni di salice devono essere infilati nel piede della sponda. La copertura viene ancorata alla sponda con picchetti vivi di salice, pali (anch'essi di salice) trasversali e filo di ferro. Una volta ultimata, occorre coprire leggermente l'opera con uno strato di terra. Si può rendere necessario realizzare un intervento di stabilizzazione del piede, per prevenirne lo scalzamento. Gli astoni e i picchetti vivi di salice, una volta radicati, esercitano l'effetto di protezione della sponda.

La copertura diffusa dovrebbe essere utilizzata preferibilmente lungo canali di scolo, evitandone l'uso in quelli irrigui o promiscui, i quali, a causa degli alti livelli idrici mantenuti per lunghi periodi di tempo, possono pregiudicare l'attecchimento e lo sviluppo dei picchetti vivi di salice.

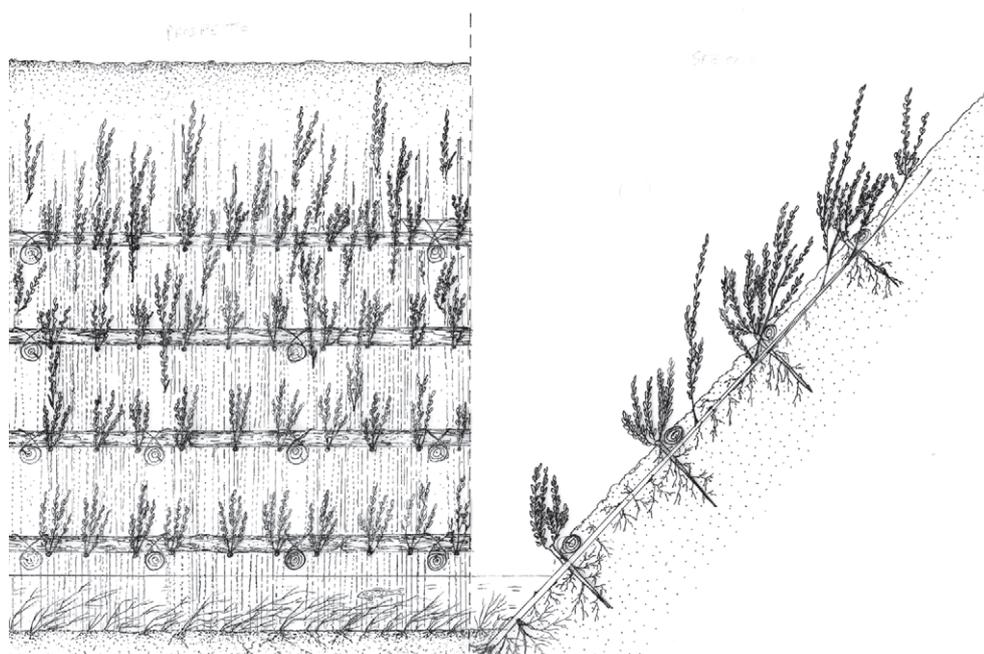


Figura 38  
Schema costruttivo di una copertura diffusa con astoni di salice.  
A sinistra, vista frontale della sponda, ricoperta dagli astoni di salice, dalla sommità fino al piede. A destra, sponda del canale vista in sezione, coperta dagli astoni fissati con picchetti vivi e talee di salice al terreno.  
(Disegno: Massimo Milandri)

## BOX DI PROGETTO

### Copertura diffusa con astoni di salice: Canale di Migliarina

(Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale, 2004-2005 - Comune di Carpi -  
Provincia di Modena)

*Figura 39*

*La sponda del canale, che soffriva di problemi di dissesto, nel 2004 è stata protetta mediante copertura diffusa con astoni di salice, disposti perpendicolarmente al flusso dell'acqua e fermati con picchetti vivi e talee di salice.*

*(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 40*

*La copertura diffusa a 5 anni dalla fine dei lavori (2009): si noti come la vegetazione abbia attecchito solo nella parte sommitale della copertura, mentre nella parte più prossima all'acqua lunghi periodi di riempimento del canale realizzati per scopi irrigui, effettuati in modo imprevisto al di fuori del periodo stabilito in fase progettuale, non hanno permesso alla vegetazione di attecchire.*

*(Foto: Marco Monaci)*

### 3.2.5 EFFETTI DEGLI INTERVENTI

Se la strategia scelta prevede di definire una fascia di mobilità morfologica o comunque di diminuire la pendenza della sponda, così da favorire la colonizzazione da parte della vegetazione, gli effetti ambientali positivi possono raggiungere livelli molto elevati.

In sintesi:

- Effetti strutturali
  - Diminuzione delle operazioni di manutenzione della sponda a favore di una libera (ma controllata e spazialmente definita) mobilità morfologica.
- Effetti ambientali ed ecologici
  - Sviluppo/mantenimento/incremento di dinamiche evolutive geomorfologiche ed ecologiche, con conseguente creazione di habitat
  - Miglioramento dello stato della vegetazione spondale e delle rive
  - Miglioramento dello stato della vegetazione acquatica
  - Miglioramento dello stato delle comunità faunistiche (macroinvertebrati, fauna ittica, fauna terrestre, avifauna, anfibi, ecc.)
  - Miglioramento paesaggistico
- Effetti secondari di tipo antropico
  - Miglioramento della pescabilità
  - Miglioramento paesaggistico a favore della fruizione

Se l'approccio prescelto prevede invece il consolidamento spondale mediante l'uso delle tecniche di ingegneria naturalistica "viva" illustrate nei paragrafi precedenti, gli effetti indotti saranno principalmente i seguenti:

- Effetti strutturali
  - Consolidamento della sponda
- Effetti ambientali ed ecologici
  - Miglioramento dello stato della vegetazione spondale e delle rive
  - Creazione di microhabitat lungo la sponda
  - Miglioramento dello stato delle comunità faunistiche (macroinvertebrati, fauna ittica, fauna terrestre, avifauna, anfibi,

ecc.)

- Miglioramento paesaggistico
- Effetti secondari di tipo antropico
  - Miglioramento della pescabilità
  - Miglioramento paesaggistico a favore della fruizione

### **3.2.6 PRECAUZIONI**

La realizzazione di difese spondali mediante l'uso delle tecniche dell'ingegneria naturalistica, con particolare riferimento a quelle basate prevalentemente su materiali vivi, necessita di alcune precauzioni:

- nei canali di irrigazione o promiscui il perdurare dei livelli d'acqua di invaso può compromettere i risultati degli interventi, in particolare l'attecchimento delle specie vegetali messe a dimora;
- periodi prolungati di siccità possono d'altro canto provocare la morte delle specie vegetali impiantate nel caso queste non siano state localizzate in modo che le radici possano raggiungere in ogni caso l'acqua (dalla falda superficiale o direttamente dal canale);
- l'imprevista potatura delle piante da parte dei proprietari dei terreni circostanti può arrecare notevoli danni alle opere; occorre quindi ricercare il dialogo con tali portatori di interesse e la condivisione degli interventi;
- è necessario valutare attentamente l'eventuale aumento di scabrezza conseguente all'utilizzo di vegetazione in alveo (se posta entro la sezione di deflusso);
- il reperimento dei materiali in loco, in particolare gli elementi vivi (talee, astoni, ecc.) richiede particolare attenzione, sia per garantire l'utilizzo di ecotipi locali, sia per limitare gli spostamenti dei mezzi meccanici che riforniscono il cantiere, per diminuire costi, inquinamento, ecc.;
- l'individuazione di imprese in grado di effettuare correttamente i lavori di ingegneria naturalistica "viva" è un aspetto cruciale per la riuscita dell'intervento;
- occorre prestare particolare attenzione nella definizione del piano di manutenzione dell'opera, al fine di consentire sia il mantenimento della fascia vegetale sia l'accesso al canale.



## 3.3 INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ACQUA

### 3.3.1 PROBLEMA DA AFFRONTARE

#### Scarsa qualità dell'acqua

La qualità delle acque veicolate dai canali di bonifica appare mediamente in cattive condizioni, fatto che causa gravi problemi all'ecosistema del canale, agli agricoltori che utilizzano le acque per uso irriguo, alla fruibilità, alla salubrità dei centri abitati attraversati. Il problema è acuito dall'incremento degli standard qualitativi richiesti per le produzioni agricole (soprattutto per prodotti alimentari) servite dai canali irrigui e da una complessiva crisi di disponibilità idrica.

### 3.3.2 CAUSE PRINCIPALI

Le cause più significative di inquinamento dei canali sono:

- scarichi puntiformi, quali quelli degli impianti di depurazione o degli scolmatori delle reti fognarie, che vengono riversati direttamente nei canali;
- scarichi non autorizzati;
- acque derivate da corsi d'acqua inquinati che presentano caratteristiche di scarsa qualità;
- ricezione delle acque di scolo provenienti da aree agricole ricche di nutrienti e altri inquinanti.

Il problema è acuito dalla generalmente debole capacità autodepurativa dei canali dovuta allo scarso sviluppo della vegetazione e all'eccessiva regolarità della sezione.

I processi autodepurativi tipici dei corsi d'acqua naturali necessitano, al contrario, di massimizzare i tempi di residenza delle acque, di aumentare la disponibilità di ossigeno disciolto, di favorire la presenza di vegetazione in alveo, per il suo ruolo diretto e indiretto nei processi autodepurativi, e di quella riparia, che svolge un eccellente effetto tampone nei confronti degli elevati input di inquinanti che giungono ai canali in modo diffuso dalle aree agricole limitrofe.

### **3.3.3 APPROCCIO METODOLOGICO**

Corsi d'acqua integri dal punto di vista ecologico e in condizioni di buona naturalità hanno anche una maggiore funzionalità complessiva, che si traduce in genere in un buon funzionamento dei processi e dei cicli biogeochimici che avvengono al loro interno e in un incremento complessivo della loro capacità autodepurativa.

Una moderna strategia integrata di riduzione degli inquinanti presenti nei canali dovrebbe allora unire agli interventi sulle fonti puntuali di inquinamento (depuratori, scolmatori di piena) un recupero della capacità autodepurativa dei canali, perseguibile attraverso la loro riqualificazione ambientale.

### **3.3.4 TIPOLOGIE DI AZIONE**

Tra le più importanti azioni atte a recuperare la capacità autodepurativa dei canali e delle fasce limitrofe si segnalano:

- controllo dell'inquinamento diffuso mediante l'utilizzo di Fasce Tampone Vegetate (FTV);
- interventi di riqualificazione morfologica finalizzati all'incremento della capacità autodepurativa dei canali;
- creazione di zone umide in alveo e di trappole per sedimenti;
- creazione di zone umide fuori alveo;
- gestione della vegetazione in alveo funzionale all'incremento dei processi autodepurativi.

#### **3.3.4.1 Controllo dell'inquinamento diffuso mediante l'utilizzo di fasce tampone vegetate**

Le fasce tampone sono strisce di vegetazione erbacea, arborea o arbustiva, generalmente poste lungo i corsi d'acqua del reticolo idrografico minore o, ancor meglio come si vedrà di seguito, lungo le scoline che raccolgono le acque dai campi per veicolarle verso i canali.

Queste fasce sono in grado di agire come "filtri" per la riduzione degli inquinanti generati dalle attività agricole che le attraversano, grazie all'azione combinata di diversi processi:

- assimilazione, trasformazione e immagazzinamento dei nutrienti presenti nel terreno;

- ritenzione del sedimento e degli inquinanti ad esso adsorbiti;
- azione di sostegno all'attività metabolica dei microrganismi presenti nel suolo.

#### *Le tipologie di fasce tampone*

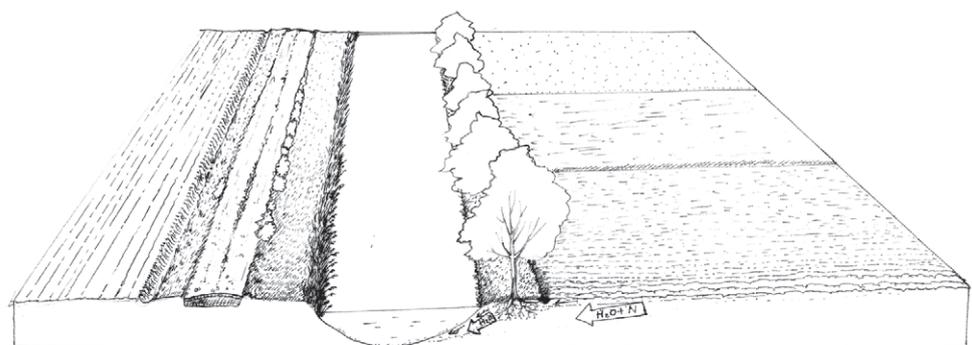
Le fasce tampone per la riduzione degli inquinanti diffusi che dai suoli vengono veicolati ai corpi idrici, possono essere distinte in base alla loro struttura che, a sua volta, dipende dal tipo e dalle modalità di deflusso degli inquinanti.

Tale distinzione, anche se molto sommaria, è particolarmente utile perché fornisce un'idea immediata degli accorgimenti progettuali che occorre prevedere sulla base delle diverse situazioni.

#### *Fascia tampone "classica"*

Nei casi in cui l'inquinante da intercettare sia quasi esclusivamente l'Azoto (N) nelle sue diverse forme, è necessario realizzare dei filari di fasce tampone arboreo-arbustivi i cui apparati radicali intercettino i deflussi sub-superficiali delle acque (Figura 41); questa tipologia è quindi da ritenersi la più idonea in aree in cui prevale questo tipo di deflussi e in cui ci sono carichi elevati di azoto. Non risulta in genere idonea per canali arginati, con sponde impermeabilizzate o in presenza di drenaggi tubulari. Risulta invece particolarmente efficace in presenza di canali di scolo di piccole dimensioni o scoline a pieno campo.

Figura 41  
 Schema progettuale di una fascia tampone per il trattamento dei carichi di azoto (N) veicolati tramite deflusso sub-superficiale. Il deflusso idrico carico di inquinanti scorre dal campo verso il canale attraversando principalmente il terreno in corrispondenza degli apparati radicali delle piante. (Disegno: Massimo Milandri)



### *Fascia tampone “composita”*

Se ai carichi di azoto veicolati per via sub-superficiale si aggiungono significativi fenomeni di runoff (flusso superficiale) carichi generalmente di Fosforo (P), solidi sospesi e pesticidi, è preferibile prevedere una struttura “composita”, costituita da una fascia erbacea e da una siepe monofilare arboreo-arbustiva (Figura 42). L’azione della fascia erbacea permette di intercettare e rallentare i deflussi, evitando che si formino “canali preferenziali”.

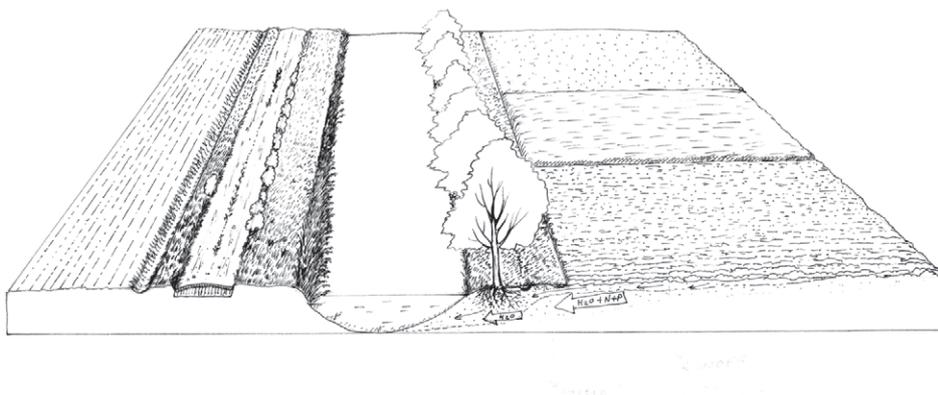


Figura 42  
Schema progettuale di una fascia tampone con fascia erbacea per il trattamento dei carichi di fosforo (P) e azoto (N) veicolati tramite runoff. Il deflusso idrico carico di inquinanti scorre dal campo verso il canale principalmente per scorrimento superficiale sul terreno.  
(Disegno: Massimo Milandri)

In entrambi i casi, numerosi studi mettono in evidenza che l’effetto depurativo di una singola fascia riparia è paragonabile a quella di una fascia plurifilare, che potrebbe pertanto essere giustificata non tanto dal punto di vista dell’efficacia depurativa quanto piuttosto da obiettivi di riqualificazione naturalistica e paesaggistica o come fonte di produzione di biomassa a servizio di una filiera legno-energia (Par. 3.6).

### *Fascia tampone con scolina di carico*

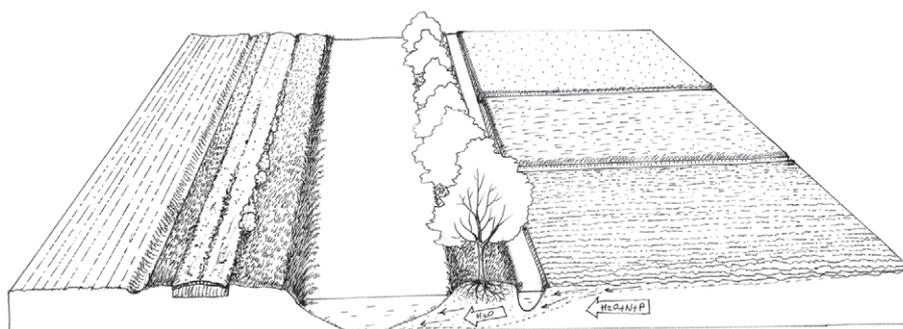
Per migliorare l’effetto di rimozione degli inquinanti trasportati per via superficiale (su cui le fasce tampone arboree sono scarsamente efficaci, in particolare per gli eventi meteorici intensi) e per poter “trattare” anche le acque che non è possibile intercettare prima che giungano alle scoline (a seguito dell’ingombro causato dai filari arborei posizionati a pieno campo o dell’impossibilità di un coinvol-

gimento dei privati), è possibile prevedere delle strutture progettuali più complesse.

Fra l'area coltivata e i filari arboreo-arbustivi si possono quindi realizzare delle scoline di carico che intercettano i deflussi da runoff o che raccolgono i reflui delle scoline poste a pieno campo. Si costituisce così di fatto un sistema integrato di fitodepurazione-fascia tampone: il canale di carico (che viene rapidamente colonizzato da vegetazione acquatica) svolge la funzione di sedimentazione (deposito e accumulo di solidi sospesi e fosforo) e fitodepurazione; l'acqua immagazzinata nel canale di carico filtra poi lentamente attraverso la fascia tampone (ora per via sub-superficiale, e quindi con trattamento anche dell'azoto nitrico) per raggiungere il corpo idrico (Figura 43).

Questa tipologia costruttiva è quindi da ritenersi la più idonea quando sia necessario non solo trattare la frazione di sostanze azotate che giunge al corpo idrico per via superficiale, ma anche per il controllo dei composti del fosforo, solidi sospesi e pesticidi veicolati tramite runoff. È inoltre molto indicata in tutti i casi in cui sia disponibile una fascia di pertinenza sufficientemente ampia a ridosso dei canali, che può essere destinata a questa funzione senza interessare le aree agricole private.

*Figura 43*  
*Schema progettuale di una fascia tampone con canale di carico.*  
*Il deflusso idrico carico di inquinanti scorre dal campo verso il canale principalmente per scorrimento superficiale sul terreno ed è intercettato dalla scolina di carico posta parallelamente al filare alberato.*  
*(Disegno: Massimo Milandri)*



I criteri guida che emergono dall'ampia bibliografia di riferimento evidenziano che:

- le fasce tampone sono uno strumento efficace nella riduzione degli inquinanti solo se collocate correttamente in base alle caratteristiche idrologiche e pedologiche del sito: anche se l'impianto viene realizzato lungo un corso d'acqua, ma nessun de-

flusso (superficiale o sub-superficiale dall'area agricola al corso d'acqua o viceversa, oppure per risalita della falda) attraversa lo strato di suolo che ospita gli apparati radicali, l'azione depurativa risulta pressoché nulla. Da ciò si ricava che non necessariamente ciascuna siepe o filare posti lungo un corso d'acqua possono essere definiti fascia tampone. Per questo non sono idonee per un utilizzo in terreni ad elevata permeabilità e con falda profonda;

- vista l'elevata efficacia depurativa di fasce boscate monofilari, a livello pianificatorio è preferibile una strategia che massimizzi la superficie di contatto fra le fonti di inquinamento e i sistemi tampone: a parità di superficie si rivela più opportuno realizzare lunghi filari di fasce tampone (monofilari o al massimo bifilari) piuttosto che sistemi plurifilari localizzati;
- non esistono chiare evidenze di una correlazione fra le specie vegetali utilizzate e l'efficienza depurativa;
- l'effetto tampone viene garantito anche in presenza di periodiche operazioni di taglio; per questo motivo le fasce tampone ben si prestano ad una progettazione che consideri anche altri usi quali ad esempio quello produttivo (produzione di biomassa per la filiera legno-energia; si veda il Par. 3.6).

#### ***3.3.4.2 Interventi di riqualificazione morfologica finalizzati all'incremento della capacità autodepurativa dei canali***

Corsi d'acqua integri dal punto di vista ecologico e in condizioni di buona naturalità hanno anche una maggiore funzionalità complessiva, che si traduce in genere in un buon funzionamento dei processi e dei cicli biogeochimici che avvengono al loro interno e in un incremento complessivo della loro capacità autodepurativa. Partendo da questo presupposto è possibile prevedere interventi di riqualificazione morfologica da effettuare sui canali finalizzati ad aumentare:

- il tempo di residenza dell'acqua, ad esempio attraverso l'incremento della sinuosità del tracciato, la realizzazione di ampliamenti dell'alveo, la diversificazione dei substrati;
- la ri-ossigenazione delle acque, incrementando la turbolenza mediante l'introduzione di salti, la creazione di buche e raschi;
- la superficie di contatto acqua-substrato colonizzato da or-

ganismi depuranti, tramite l'inserimento di elementi di diversificazione del substrato in alveo, la creazione di meandri, buche, raschi.

#### *Incremento della sinuosità del tracciato*

Si tratta di imporre al corso d'acqua un tracciato non rettilineo per favorire un incremento dei tempi di percorrenza e per aumentare la superficie di contatto acqua-substrato; questo può essere effettuato modificando l'intera sezione (Figura 44) oppure agendo solo nell'alveo di magra, senza intervenire sulle sponde, prevedendo ad esempio l'inserimento di pennelli che inducono la meandricazione della corrente.

*Figura 44*  
Canale sinuoso,  
colonizzato da  
vegetazione palustre,  
all'interno del quale le  
acque scorrono a minor  
velocità rispetto ad  
un percorso rettilineo,  
aumentando così i tempi  
di residenza e la capacità  
autodepurativa del  
canale.  
(Disegno:  
Massimo Milandri)



## BOX DI PROGETTO

### Interventi per l'incremento della sinuosità (Consorzio di bonifica Acque Risorgive, Venezia-Chirignago)

*Figura 45*  
Lavori di sbancamento per la creazione di un un alveo sinuoso, al fine di migliorare la capacità autodepurativa, accrescere la ritenzione delle piene e favorire la diversificazione morfologica ed ecologica dell'alveo.  
(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive).

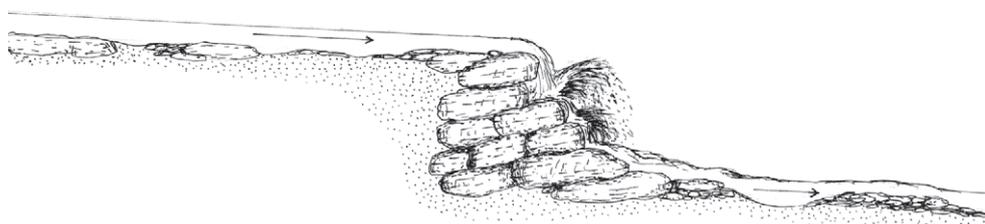


*Figura 46*  
Un canale rettilineo è stato trasformato in un corso d'acqua sinuoso dotato di area golenale allagabile (a sinistra nella foto).  
(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)

### *Salti d'acqua*

Per favorire la riossigenazione delle acque e i processi depurativi correlati è opportuno realizzare artificialmente dei salti d'acqua (prestando attenzione a non creare una barriera all'eventuale spostamento della fauna ittica). E' possibile approfittare della necessità di ridurre l'erosione del fondo con una piccola soglia per inserire subito a valle qualche elemento di diversificazione del substrato, quali massi e ciottoli.

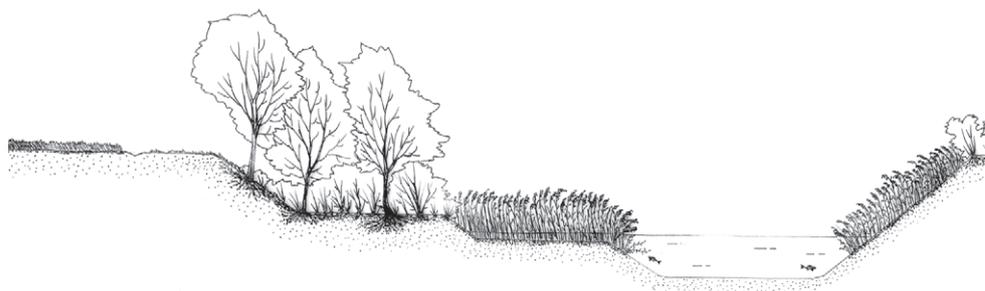
*Figura 47*  
Un salto d'acqua in massi, da dimensionare in ogni caso con l'accortezza di permettere la risalita della fauna ittica, aumenta l'ossigenazione delle acque e favorisce così i processi autodepurativi.  
(Disegno: Massimo Milandri)



### *Ampliamento di sezione*

Gli interventi di allargamento della sezione favoriscono l'incremento dei tempi di residenza e aumentano le superfici di contatto acqua-substrato. Si rimanda per ulteriori dettagli al Cap.3.1 e al box di esempi seguente.

*Figura 48*  
Schema di intervento per l'ampliamento di sezione e l'aumento della capacità autodepurativa. La sezione originaria trapezoidale viene ampliata mediante la costruzione di una golena allagabile su una sponda, oppure di due golene su entrambe le sponde; il progetto deve prevedere, sulla base di apposite verifiche idrauliche, la presenza di vegetazione palustre e arboreo-arbutiva in golena, oltre che di vegetazione acquatica al piede di sponda, che in questo modo viene protetta dall'azione erosiva della corrente o dall'azione dei mezzi per la manutenzione del canale.  
(Disegno: Massimo Milandri)



## BOX DI PROGETTO

### Ampliamento di sezione per l'aumento della capacità autodepurativa

(Consorzio di bonifica Acque Risorgive, Venezia - Chirignago)

Figura 49

*Esempio di ampliamento di sezione per l'incremento della capacità autodepurativa. Nella foto il canale prima dell'intervento, cementificato e privo di vegetazione in alveo, dotato quindi di scarso potere depurante.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*



Figura 50

*Il canale precedente come si presenta dopo l'intervento di riqualificazione, basato sull'eliminazione del cemento lungo le sponde e l'ampliamento di sezione, interventi che hanno permesso la creazione di un canale centrale sinuoso bordato da fasce di vegetazione acquatica e il conseguente aumento della capacità autodepurativa.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*

### 3.3.4.3 Creazione di zone umide in e fuori alveo

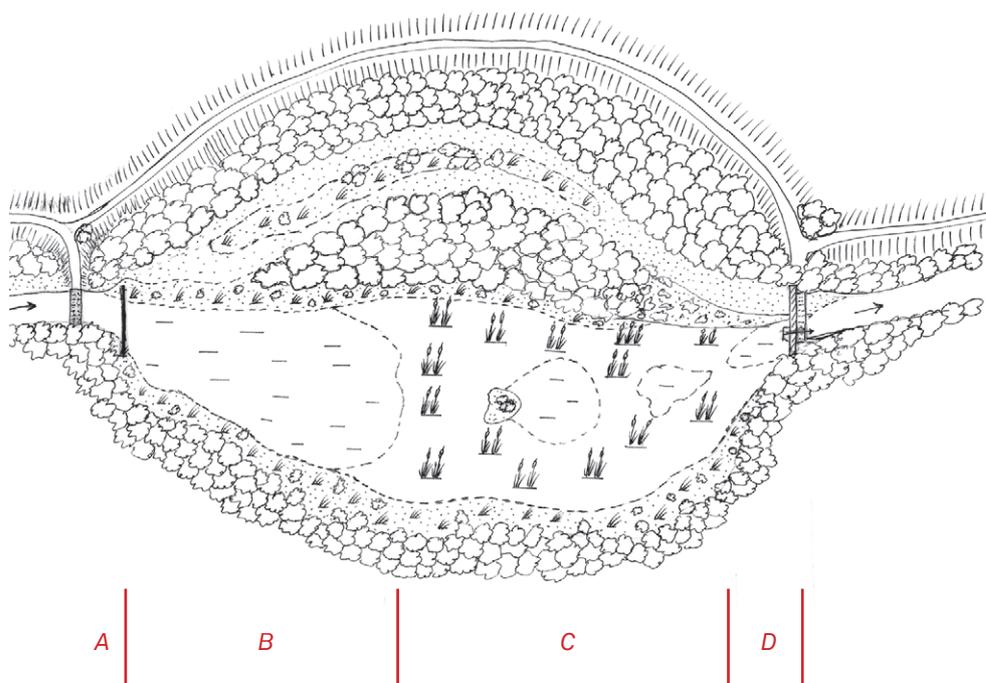
Un caso particolare di interventi utili all'incremento della capacità autodepurativa dei canali riguarda la realizzazione di zone umide in e fuori alveo, associate o meno alla creazione di trappole per sedimenti.

Le *zone umide in alveo* (Figura 51) sono un sistema di fitodepurazione interposto lungo il corso d'acqua per intercettare e trattarne l'intera portata e quindi sono indicate solo per corsi d'acqua di piccole dimensioni e a ridotta portata.

Di norma sono costituite da un dissipatore di energia iniziale, seguito da una zona profonda ad acqua libera (per favorire la sedimentazione) e da un sistema a macrofite, che occupa la maggior parte della superficie disponibile, costituito da un'ampia area allagata.

Tali interventi devono essere progettati tenendo in attenta considerazione gli aspetti idraulici: errori di progettazione, infatti, possono portare alla creazione di "cortocircuiti" idraulici, a causa dei quali il flusso idrico attraversa velocemente il sistema lungo vie preferenziali invece di distribuirsi uniformemente e sfruttare tutta l'area disponibile per i processi depurativi.

Figura 51  
Schema costruttivo di una zona umida in alveo.  
Come si osserva dallo schema essa comprende:  
ZONA DI IMMISSIONE "A"  
(comprensiva di opera di presa, dissipatore di energia, griglia per solidi grossolani);  
ZONA AD ACQUE PROFONDE "B" (con stagno di sedimentazione, zona a macrofite sommerse, by-pass per sovrafflussi idraulici);  
ZONA A MACROFITE "C"  
(con letti filtranti con Phragmites, TIPA, Carex, specchi di acqua libera, isole);  
ZONA DI USCITA "D" (con zona ad acque profonde, sbarramento, dispositivo di regolazione livello).  
(Disegno: Massimo Milandri)

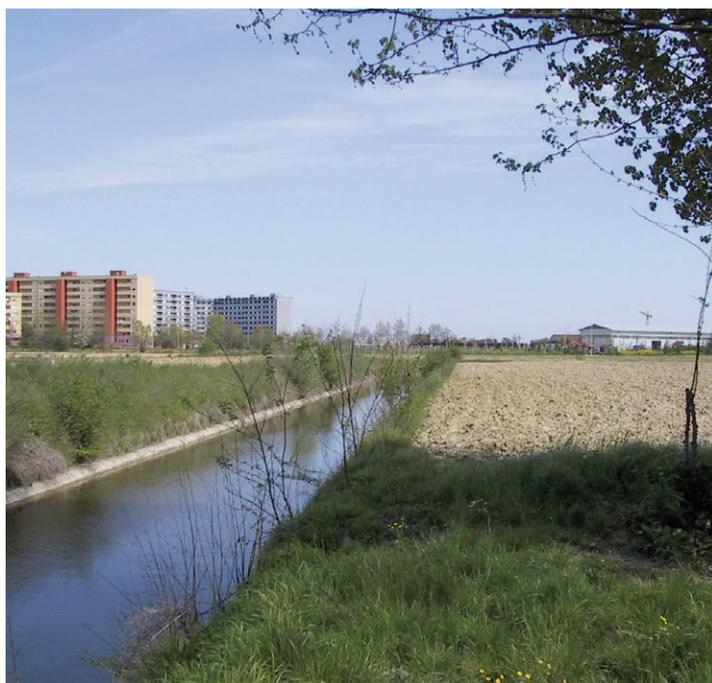


## BOX DI PROGETTO

### Zona umida in alveo

(Consorzio di bonifica Acque Risorgive, Venezia - Chirignago)

*Figura 52*  
*Il canale prima dell'intervento, rettilineo, cementificato e privo di vegetazione in alveo.*  
*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*



*Figura 53*  
*Zona umida in alveo creata ampliando la sezione del canale precedente e diversificando opportunamente i profili longitudinale e trasversale.*  
*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*

Le *trappole per sedimenti* sono costituite da piccoli bacini ad acque profonde ricavati direttamente in alveo mediante allargamento di sezione e scavo del fondo, così da creare una zona di calma per le acque e favorire conseguentemente la sedimentazione.

Le trappole permettono quindi di concentrare in zone specifiche l'accumulo dei sedimenti presenti nelle acque, così da diminuire la torbidità e la sedimentazione distribuita lungo l'intera asta, con l'ulteriore vantaggio di facilitare le operazioni di estrazione dei sedimenti (espurghi) accumulatisi, con minor impatto sull'ecosistema del canale e lavori concentrati in un solo punto e quindi più veloci. Nelle trappole per sedimenti occorre evitare la presenza di vegetazione, che potrebbe interferire con il processo di sedimentazione.

Queste aree necessitano di zone di accesso per i mezzi dedicati all'espurgo dei sedimenti e devono essere dimensionate in funzione delle particelle solide che si intende far sedimentare.

## BOX DI PROGETTO

### Trappola per sedimenti: Canale di San Giovanni (Consorzio di bonifica pianura di Ferrara, 2008 - Comune di San Giovanni in Persiceto- Provincia di Bologna)

Figura 54

Trappola per sedimenti in fase di costruzione lungo il Canale di San Giovanni, al termine dei lavori di abbassamento del fondo alveo (2009). Si noti in primo piano e sullo sfondo, prima e dopo lo scavo, il livello del fondo del canale, superiore a quello presente all'interno della trappola. Il perimetro dello scavo è protetto, nel caso in esame, da paleria di castagno, per evitare il franamento delle pareti della trappola.

(Foto: Marco Monaci)



Figura 55

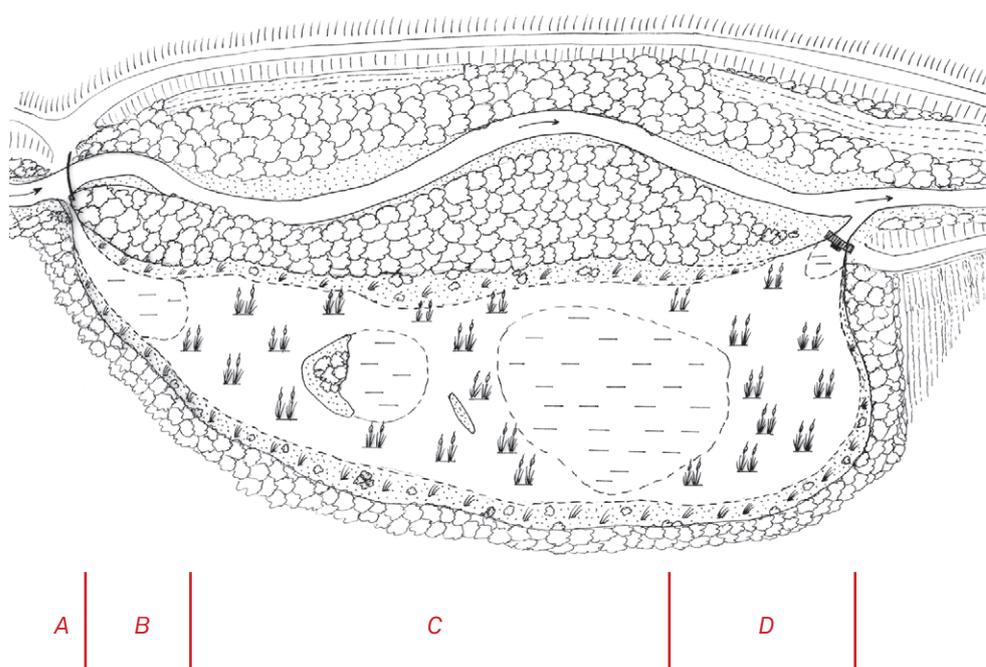
Vista della trappola per sedimenti a distanza di due anni dalla fine dei lavori.

(Foto: Marco Monaci)

Le zone umide fuori alveo (Figura 56) possono essere realizzate sia per trattare una quota della portata ordinaria sia per trattare le sole portate di piena: in quest'ultimo caso la loro realizzazione è finalizzata, in genere, alla laminazione e solo secondariamente hanno funzione depurativa.

La struttura della zona umida è sostanzialmente analoga a quella "in alveo", ma differisce per il sistema di "alimentazione". Questo può essere un vero e proprio canale derivatore (preferibilmente seminaturale, da realizzarsi con tecniche d'ingegneria naturalistica), che permette di alimentare la zona umida con una frazione della portata complessiva del corso d'acqua. In questo caso la zona umida è alimentata costantemente e l'efficienza di rimozione degli inquinanti è massima (sempre in funzione del tempo di ritenzione).

Figura 56  
 Schema di realizzazione di una zona umida fuori alveo, che comprende:  
 ZONA DI IMMISSIONE "A" (comprensiva di opera di presa e traversa per deviazione);  
 ZONA AD ACQUE PROFONDE "B" (con stagno di sedimentazione, zona a macrofite sommerse, piante acquatiche spondali);  
 ZONA A MACROFITE "C" (con letti filtranti con *Phragmites*, *Tipha*, *Carex*, specchi di acqua libera, isole, deviatori di flusso, piante acquatiche spondali);  
 ZONA DI USCITA "D" (con sbarramento).  
 (Disegno: Massimo Milandri)



#### 3.3.4.4 Gestione della vegetazione in alveo funzionale all'incremento dei processi depurativi

La vegetazione acquatica ha un ruolo diretto (assorbimento) e indiretto (sostegno alle comunità batteriche) nella trasformazione/immagazzinamento/utilizzo delle sostanze inquinanti veicolate dalle acque e favorisce nel complesso una riduzione della loro concentrazione; per questo si parla comunemente di processi di fitodepurazione.

Le modalità di manutenzione della vegetazione acquatica esposte al Par. 3.5 sono idonee a preservare il ruolo depurativo della vegetazione.

### BOX DI PROGETTO

## Gestione a basso impatto della vegetazione in alveo funzionale all'incremento dei processi auto depurativi

(Consorzio di bonifica Acque Risorgive, Venezia - Chirignago)

*Figura 57*  
Modalità di gestione della vegetazione in alveo funzionale a massimizzare i processi auto-depurativi. La vegetazione acquatica non è asportata totalmente, ma sono lasciate in alveo due strisce vegetate al piede della sponda. In questo modo le acque del canale possono attraversare, con velocità limitata, la zona vegetata e subire così i processi depurativi indotti da questo sistema fitodepurante naturale.

(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)



### **3.3.5 EFFETTI DEGLI INTERVENTI**

Gli interventi proposti nel presente capitolo sortiscono nel loro complesso i seguenti effetti:

- Effetti ambientali ed ecologici:
  - miglioramento della qualità delle acque;
  - creazione di habitat in e fuori alveo;
  - miglioramento dello stato della vegetazione spondale e delle rive (per quanto riguarda la realizzazione di FTV);
  - miglioramento dello stato della vegetazione acquatica (in relazione alla creazione di zone umide in e fuori alveo e alla gestione conservativa della vegetazione in alveo);
  - miglioramento dello stato delle comunità faunistiche (macroinvertebrati, fauna ittica, fauna terrestre, avifauna, anfibi);
  - incremento della connessione ecologica (in particolar modo grazie ad FTV e a una gestione a basso impatto della vegetazione acquatica).
- Effetti secondari di utilità antropica:
  - miglioramento del paesaggio;
  - incremento delle possibilità di fruizione;
  - diminuzione delle operazioni di manutenzione del canale (grazie all'adozione di FTV e a una gestione a basso impatto della vegetazione acquatica);
  - controllo del dissesto spondale (con il contributo delle FTV).

### **3.3.6 PRECAUZIONI**

La complessità e la variabilità dei sistemi naturali e dei processi in gioco rendono difficile la previsione degli effetti degli interventi. Può essere pertanto utile inserire nella fase di progettazione una stima dell'efficienza depurativa dei progetti basata sulla modellistica disponibile in letteratura o su dati sperimentali ricavati in situazioni simili a quella in studio, così da ampliare la casistica e i dati a disposizione per il dimensionamento di altre azioni simili.



## 3.4 INTERVENTI DI TIPO NATURALISTICO

Questa categoria di azioni si differenzia dagli interventi idraulico-naturalistici perché ha esclusivamente come finalità la creazione di habitat.

### 3.4.1 PROBLEMA DA AFFRONTARE

#### *Diminuzione della biodiversità nell'area di pianura*

L'enorme estensione della rete consortile e la sua grande capacità di interconnessione del territorio, costituiscono un'opportunità per incrementare in modo significativo la valenza ecosistemica della pianura. Questo obiettivo può essere perseguito non solo attraverso pratiche di manutenzione dei canali meno invasive (si veda il Par. 3.5), ma anche attraverso veri e propri interventi di rinaturalizzazione.

### 3.4.2 CAUSE PRINCIPALI

La necessità di mantenere un'adeguata funzionalità idraulica dei canali e di garantire la fornitura di acqua per l'irrigazione ha storicamente reso difficoltosa la valorizzazione delle potenzialità ambientali della rete idrica consortile.

Infatti, per svolgere tali funzioni:

- la progettazione dei canali prevede la realizzazione di sezioni regolari, alvei ad andamento prevalentemente rettilineo e opere di regolazione delle portate;
- non sono consentite dinamiche evolutive morfologiche;
- si effettuano frequenti interventi per l'eliminazione della vegetazione erbacea e acquatica;
- non è generalmente permessa la presenza di vegetazione arboreo-arbustiva lungo le rive, così da favorire le pratiche di gestione dell'alveo;
- il regime idrico è regolato.

### 3.4.3 APPROCCIO METODOLOGICO

Il miglioramento naturalistico del canale può essere ottenuto seguendo due approcci distinti:

- risolvere prioritariamente problemi strutturali di interesse antropico (rischio idraulico, dissesto spondale, qualità dell'acqua) attraverso l'utilizzo di tecniche che incrementano anche la valenza ecologica dei canali (approccio generale alla base del presente documento e per il quale si rimanda ai relativi capitoli);
- realizzare interventi che abbiano come obiettivo prioritario il miglioramento naturalistico dei canali, applicando alcune delle tipologie d'azione descritte nei paragrafi a seguire.

#### **3.4.4 TIPOLOGIE DI AZIONE**

Le principali azioni di tipo naturalistico utilizzabili lungo i canali sono:

- riqualificazione morfologica;
- creazione di filari arboreo-arbustivi lungo i canali;
- creazione di habitat per gli anfibi;
- creazione di habitat per la fauna ittica;
- diversificazione dell'alveo;
- diversificazione della morfologia delle sponde;
- gestione ambientale della risorsa idrica;
- realizzazione di passaggi per pesci;
- contenimento delle specie invasive.

##### **3.4.4.1 Riqualificazione morfologica**

La riqualificazione morfologica dei canali permette la creazione di corsi d'acqua naturaliformi e lo svolgimento dei processi evolutivi dell'ecosistema.

In questo caso il fine degli interventi non è la costituzione diretta di habitat, come per le azioni descritte nei successivi paragrafi, quanto piuttosto la creazione delle condizioni perché gli habitat possano essere modellati e mantenuti dai processi di evoluzione del canale.

Per ulteriori dettagli si rimanda al Par. 3.1 "Interventi idraulico-naturalistici".

L'approccio proposto può essere alquanto dispendioso se realizza-

to esclusivamente per fini naturalistici e appare quindi applicabile con maggiore facilità in situazioni di particolare pregio ambientale, come ad esempio in aree SIC, ZPS, ecc., dove il costo degli interventi può essere giustificato da elevate valenze naturalistiche da tutelare o sostenere.

#### **3.4.4.2 Creazione di filari arboreo-arbustivi lungo i canali**

I filari arboreo-arbustivi possono essere collocati sia al di fuori della sezione del canale sia al suo interno; in funzione della scelta localizzativa i risultati ecologici e le modalità di realizzazione e manutenzione possono differire sensibilmente.

- Filari arboreo-arbustivi posti al di fuori della sezione del canale

La collocazione del filare avviene in questo caso generalmente all'esterno della pista per la manutenzione del canale (Figura 58); la funzionalità ecologica nei confronti del corso d'acqua è in questo caso limitata, vista la quasi totale assenza di interconnessione con il corpo idrico. Il filare può avere però un significativo ruolo tampone, nel caso in cui i terreni agricoli limitrofi drenino direttamente verso il canale o esista un'interazione diretta fra la rizosfera e la falda.

Nella scelta delle specie non esistono particolari vincoli, se non quelli dettati dalla necessità di potenziare la valenza naturalistica e il ruolo di corridoio ecologico della fascia alberata (scelta di specie autoctone e compatibili con il sito) e di ridurre l'ombreggiamento verso le limitrofe aree agricole (favorendo, ad esempio, l'orientamento est-ovest dei filari e il loro posizionamento sulla riva posta a sud).

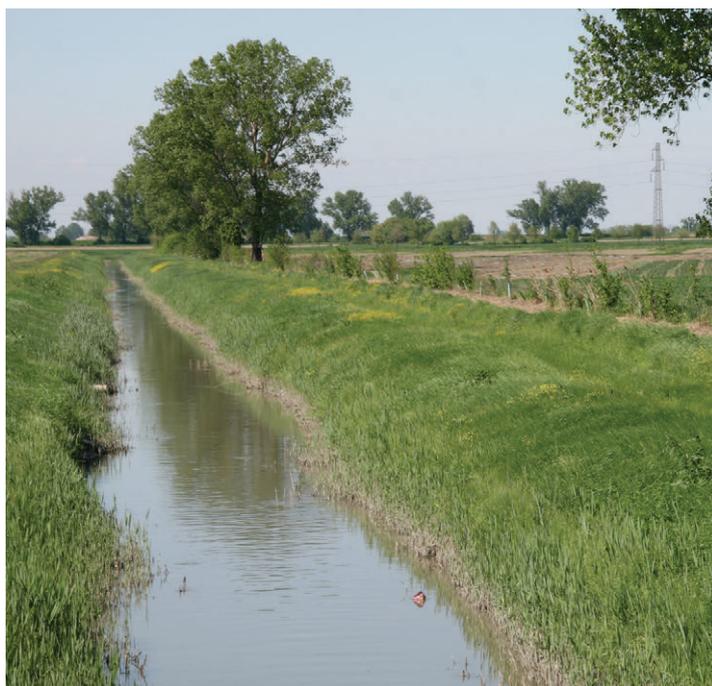
Il posizionamento esterno del filare ha il vantaggio di evitare condizionamenti alla manutenzione del canale (si veda il Par.3.5.4.2), considerato che i filari non si frappongono fra la pista di passaggio dei mezzi del Consorzio e il corso d'acqua.

Questo tipo di intervento si attua di solito attraverso il diretto coinvolgimento del privato, data la scarsità di situazioni in cui vi è disponibilità di adeguati spazi di proprietà pubblica. In questo caso si dovrebbe anche fare ricorso a forme e modalità di finanziamento adeguate per favorire la cooperazione dei proprietari (si veda il Par. 3.6).

## BOX DI PROGETTO

### Creazione di filari arboreo-arbustivi esternamente alla pista per la manutenzione (Consorzio della bonifica Burana - Province di Modena e Bologna)

*Figura 58*  
Recente realizzazione di filari alberati posti esternamente alla pista utilizzata per la manutenzione dei canali.  
(Foto: Consorzio della bonifica Burana)



*Figura 59*  
La messa a dimora di filari alberati esternamente alla pista di manutenzione (a destra nella foto) è appena stata realizzata e mostrerà i suoi sviluppi nel giro di qualche anno.  
(Foto: Consorzio della bonifica Burana)

- Filari arboreo-arbustivi posti all'interno della sezione del canale

Il posizionamento di un filare sulla sponda del canale o in un'eventuale golena interna (Figure 60, 61, 62 e Figura 63 rispettivamente), qualora ciò non comporti in nessun modo l'aumento del rischio idraulico, rende la sua funzionalità ecologica elevata nei confronti del corso d'acqua, vista la forte connessione con il corpo idrico.

In molti casi la presenza di questa vegetazione non è frutto di interventi di piantagione, ma di uno sviluppo naturale che si è configurato nel tempo nei canali che, per le loro caratteristiche, non necessitano di continui interventi gestionali (Figure 60 e 61).

Il filare può avere un significativo ruolo tampone sia per le acque di falda sia per le acque del canale, soprattutto nel caso in cui i terreni agricoli limitrofi drenino direttamente verso il canale.

La scelta delle specie deve ricadere su specie igrofile autoctone. Nel caso di ampliamenti di sezione significativi è ipotizzabile la creazione della naturale successione vegetazionale.

Sempre in questo caso non è necessario il ricorso a moduli con sestri di impianto regolari, ma si può adottare una distribuzione più diversificata.

La manutenzione richiede particolari attenzioni (Par.3.5.4.2), essendo i filari interposti fra la pista di manutenzione e il corso d'acqua.

Un caso particolare di realizzazione di filari all'interno delle sponde riguarda il posizionamento su porzioni di territorio che separano due canali (Figura 64).

## BOX DI PROGETTO

### Creazione di filari arboreo-arbustivi sulla sponda del canale o nella golena

(Consorzio della bonifica Renana; Consorzio della bonifica Burana; Consorzio di bonifica Acque Risorgive, Venezia - Chirignago)

*Figura 60*

*Sviluppo naturale di filari arboreo-arbustivi lungo le sponde di un canale di dimensioni medio-grandi, per il quale la manutenzione in alveo è di fatto assente; in questo caso la fascia vegetata su entrambe le sponde non crea problemi in termini di gestione periodica del canale.*

*(Consorzio della bonifica Burana)*

*(Foto: Bruno Boz)*



*Figura 61*

*Sviluppo naturale di filari arboreo-arbustivi su una sponda di un canale, nel quale la sponda opposta è mantenuta priva di copertura al fine di poter comunque accedere all'alveo.*

*(Consorzio della bonifica Burana)*

*(Foto: Bruno Boz)*

*Figura 62*  
Esempio di plurifilare arboreo-arbustivo posto all'interno di una golena. L'ampia sezione del canale, allargata in modo da creare una golena interna (a sinistra nella foto), permette la crescita di vegetazione palustre nelle aree interessate dall'acqua e di vegetazione arboreo-arbustiva nelle zone retrostanti. (Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)



*Figura 63*  
Creazione di una golena allagabile tramite sbancamento di una sponda; la nuova area allagabile, creata con finalità idrauliche, permette la messa a dimora di filari arboreo-arbustivi senza che questi aggravino le condizioni di rischio idraulico. (Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)

## BOX DI PROGETTO

### Creazione di filari arboreo-arbustivi su porzioni di territorio che separano due canali : Canale Lorgana e Canale della Botte

(Consorzio della bonifica Renana, 2006 - Provincia di Bologna)



Figura 64

*Fascia arboreo-arbustiva a valenza naturalistica posizionata sulla banca interna che separa due canali (di acque basse e di acque alte), a ridosso dell'argine del canale di acque alte a sinistra nella foto. La pista di manutenzione, in questo caso, è posta tra la fascia boscata e il canale acque basse. Il progetto di rimboscimento si articola su un'area lunga quasi 7 km e di circa 8 ha di estensione, con una larghezza variabile mai superiore ai 20 metri, interclusa tra i due canali. La fascia interessata dall'intervento è stata suddivisa in 4 parti, differenti nell'articolazione della sezione, e quindi con differenti linee di impianto di alberi e arbusti. Il progetto individua 3 moduli tipo: il bosco, l'arbusteto e il prato (a sua volta articolato in prato falciato, prato non falciato e prato umido).*

*(Foto: Marco Monaci)*

### **3.4.4.3 Creazione di habitat per gli anfibi**

Un possibile intervento finalizzato ad aumentare gli habitat per gli anfibi consiste nel creare uno stagno che assicuri la permanenza nel tempo di un battente d'acqua a corrente ridotta, condizione idonea per la deposizione delle uova e lo sviluppo dei girini. In questo modo, anche nei momenti di asciutta del canale rimane comunque un'area con presenza di acqua.

L'intervento favorisce inoltre la presenza di avifauna (es. limicoli) e di animali che si cibano sia di anfibi adulti che di girini.

Questo nuovo ambiente può ospitare specie vegetali e di invertebrati differenti rispetto a quelle presenti nel corso d'acqua, contribuendo così ad ampliare la base della catena alimentare dell'ecosistema.

La piccola area umida può realizzarsi lungo una sponda, ad esempio allargando e approfondendo una banca esistente all'interno degli argini e rivestendola poi con palizzate, fascinate e pietrame.

La progettazione dell'intervento deve tenere in stretta considerazione le dinamiche idrauliche del canale, in particolare i livelli minimi e medi del pelo libero, così da tarare opportunamente la profondità del fondo dello stagno e l'altezza di sormonto dello stesso.

Non da meno, l'altezza della lama d'acqua presente nello stagno deve essere attentamente calibrata in funzione degli obiettivi naturalistici dell'intervento e delle specie animali e vegetali che si intendono favorire.

## BOX DI PROGETTO

### Creazione di habitat per anfibi: Canale di Migliarina (Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale - Comune di Carpi - Provincia di Modena)

*Figura 65*

*Area dedicata alla realizzazione dello stagno per anfibi: in sinistra idrografica del canale era infatti presente una banca arginale ampia qualche metro, sopraelevata rispetto al livello medio delle acque e di conseguenza allagabile poco frequentemente. (Novembre 2004).  
(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 66*

*Fasi intermedie dei lavori (dicembre 2004):  
creazione dello stagno tramite escavazione e approfondimento del sito;  
realizzazione di palizzate vive a sostegno della sponda e di palizzate morte tra il canale e lo stagno;  
copertura della sponda con inerbimento protetto da georete in cocco, fissata con talee di salice.  
(Foto: Marco Monaci)*

*Figura 67*  
*Fasi intermedie dei lavori (dicembre 2004):*  
*creazione dello stagno tramite escavazione e approfondimento del sito;*  
*realizzazione di palizzate vive a sostegno della sponda e di palizzate morte tra il canale e lo stagno;*  
*copertura della sponda con inerbimento protetto da georete in cocco, fissata con talee di salice.*  
*(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 68*  
*Lo stagno come appariva nel 2009, a 5 anni dalla fine dei lavori. Periodi eccessivi di riempimento del canale, realizzati per scopi irrigui in modo imprevisto e al di fuori di quanto stabilito in fase progettuale, hanno portato alla morte delle piante poste al di sotto del livello idrico raggiunto (ben visibile in foto grazie al passaggio dalla parte nuda alla parte vegetata della sponda). Lo stagno rimane comunque ancora attivo e funzionale.*  
*(Foto: Marco Monaci)*

## BOX DI PROGETTO

### Creazione di un fosso e pozze per gli anfibi:

### Cassa di espansione del Dosolo

(Consorzio della bonifica Renana - Comune di Sala Bolognese -  
Provincia di Bologna)

*Figura 69*

*Creazione di un fosso e pozze per gli anfibi, alimentati mediante approvvigionamento idrico dallo scolo Dosolo per caduta naturale.*

*(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 70*

*Canale scavato all'interno della cassa e dotato di pozza per gli anfibi a metà tracciato, ottenuta mediante approfondimento dell'alveo; la pozza rimane colma d'acqua anche in periodo di secca del canale e crea così le condizioni di vita idonee per gli anfibi.*

*(Foto: Consorzio di bonifica della Renana)*

#### **3.4.4.4 Creazione di habitat per la fauna ittica**

Fra le cause che minacciano maggiormente i pesci d'acqua dolce italiani ci sono l'alterazione degli habitat e l'inquinamento delle acque. Nel primo gruppo di cause rientrano gli interventi di ulteriore artificializzazione dell'alveo (es. cementificazione). Si tratta di due categorie di problemi per i quali queste Linee guida possono contribuire a dare risposte positive.

Il ricorso a soluzioni progettuali alternative di tipo idraulico-naturalistico (Par. 3.1) e in subordine l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica per il controllo del dissesto spondale (Par. 3.2) sono senz'altro da preferirsi. Anche semplici accorgimenti come il rinverdimento di scogliere in massi possono avere effetti positivi, sebbene in questo caso i risultati ecologici potranno essere più limitati rispetto ad altre tecniche descritte nelle Linee guida, a causa del corazzamento prodotto dalla parete in massi, che limita la creazione e il rinnovo ricorrente di microhabitat.

Un tipo di intervento che può causare forti depauperamenti della fauna ittica sono gli espurghi e la "pulizia" dalla vegetazione. Questi interventi sono particolarmente negativi per quei pesci, come la tinca o lo spinarello, che si nutrono e riproducono nella vegetazione acquatica.

Per questo motivo è auspicabile, se le problematiche idrauliche lo consentono, la limitazione degli espurghi con soluzioni alternative (es. trappole per sedimenti) e l'attuazione di una manutenzione "gentile" della vegetazione.

Un altro tipo d'intervento che ha effetti negativi nei confronti della fauna ittica è rappresentato dalla costruzione di manufatti di sbarramento trasversali (briglie, chiuse). Tali tipologie d'intervento sarebbero da evitare. Nel caso ciò non sia possibile occorre prendere in considerazione la realizzazione di "passaggi per pesci" (Par. 3.4.4.8) per ripristinare la continuità biologica del corso d'acqua.

Le tipologie di intervento di tipo naturalistico (Par. 3.4) illustrate nelle Linee guida favoriscono il reinsediamento delle comunità ittiche originarie.

Tra gli interventi puntuali volti alla creazione di habitat utili per i pesci vale la pena di citare la creazione di piccole anse con profondità maggiore di quella dell'alveo artificiale, con la messa a dimora

di specie arboree e arbustive igrofile attorno a esse, la creazione di rifugi per la fauna ittica e la posa di massi e altri elementi inerti in alveo. Oltre ai massi possono essere utilizzati come ricoveri alberi frondosi o arbusti abbattuti con la base sulla sponda e inclinati verso valle, saldamente ancorati con cavi metallici.

#### **3.4.4.5 Diversificazione dell'alveo**

La diversificazione degli habitat in alveo può essere attuata mediante il posizionamento di deflettori di corrente (Figura 71). Se collocati alternati sulle due sponde in un tratto rettilineo, essi contribuiscono allo sviluppo di un andamento sinuoso della corrente: attraverso l'approfondimento e il restringimento del canale, aumentano localmente la velocità delle acque, ne favoriscono l'ossigenazione e diversificano il substrato.

I deflettori possono essere realizzati con tronchi di legno disposti orizzontalmente a formare un cuneo rivolto verso il centro della corrente e ancorati al suolo tramite pali vivi di fissaggio; l'intervento può venir completato con la realizzazione di un inerbimento protetto con georete in cocco fissato con talee di salice, così da ricostituire la fascia riparia. L'uso dei deflettori è particolarmente indicato nelle sezioni più larghe e meno profonde.

I deflettori possono avere una forma allungata o triangolare. L'altezza del deflettore non deve superare più di 15-30 cm il livello di magra per evitare il danneggiamento della struttura stessa e della sponda opposta durante le piene. L'angolo del margine frontale con l'asse del corso d'acqua non deve superare, di norma, i 45°. I deflettori dovrebbero essere posizionati a sponde alterne ad una distanza tra loro di 5-7 volte la larghezza dell'alveo.

## BOX DI PROGETTO

### Creazione di deflettori di corrente: Canale di Migliarina

(Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale, 2004-2005 - Comune di Carpi - Provincia di Modena)

Figura 71

Schema costruttivo di deflettori di corrente in tronchi. L'interno del deflettore, riempito di terra, può essere vegetato. La localizzazione dei deflettori lungo il canale modifica l'andamento della corrente come mostrato in figura, diversificando fondo e sponde e creando zone a differente velocità di corrente, utili per la formazione di microhabitat.

(Fonte: Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale;  
Schema: IRIS sas (rielaborato))

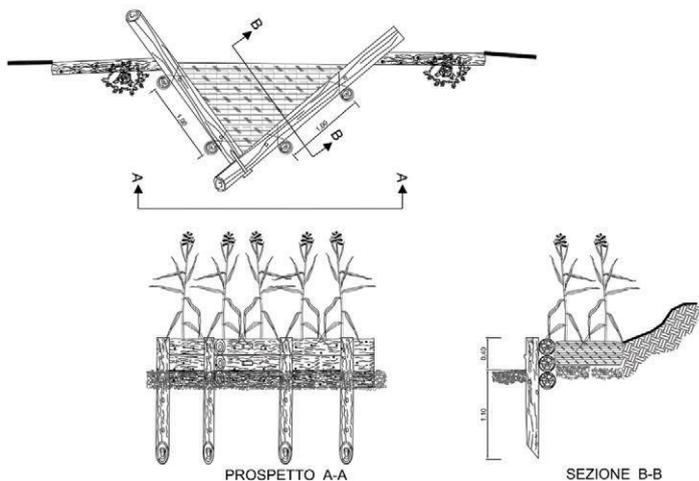
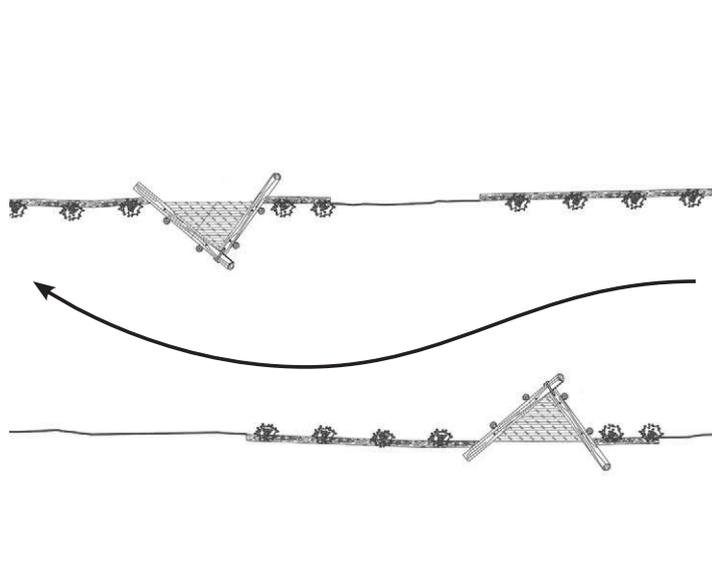


Figura 72

I deflettori sono costituiti da tronchi disposti orizzontalmente, a formare un cuneo rivolto verso il centro della corrente, e ancorati al suolo tramite pali vivi di fissaggio. Tale struttura viene riempita da massi e/o terra e può essere colonizzata da specie vegetali palustri.

(Fonte: Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale;  
Schema: IRIS sas (rielaborato))

*Figura 73*  
*Canale di Migliarina durante la realizzazione degli interventi di riqualificazione (2004). I deflettori vivi, sullo sfondo nella foto, sono già stati colonizzati dal canneto, mentre ancora l'inerbimento protetto delle sponde non è stato realizzato.*  
*(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 74*  
*Il canale nel 2009, a 5 anni dalla fine dei lavori; l'inerbimento delle sponde con georete in cocco e talee di salice si è sviluppato e i deflettori, sullo sfondo nella foto, svolgono la loro funzione di diversificazione morfologica dell'alveo.*  
*(Foto: Marco Monaci)*

### 3.4.4.6 Diversificazione della morfologia delle sponde

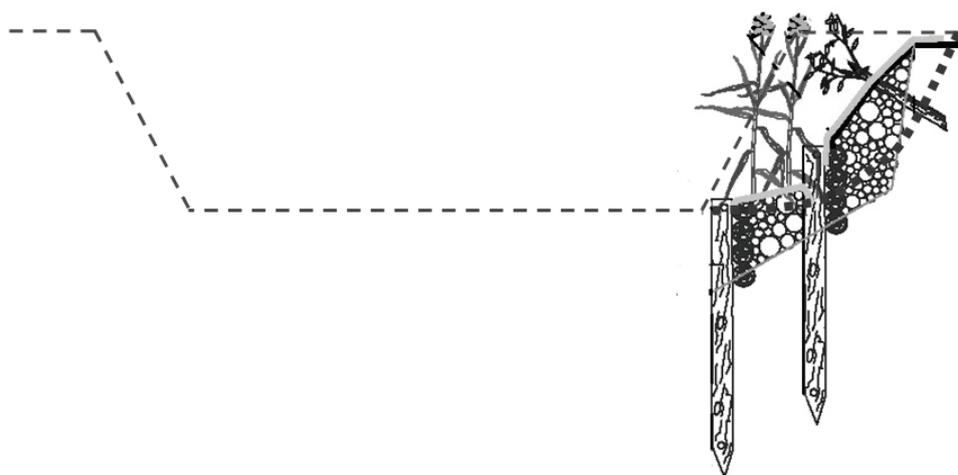
La modifica della forma e dell'andamento planimetrico delle sponde può essere ottenuta mediante appositi sbancamenti, come quelli descritti al Par. 3.1; nel caso in cui lo spazio a disposizione non sia sufficiente e non vi sia la possibilità di arretramento del ciglio di sponda, è comunque possibile ottenere una diversificazione delle sponde, seppur limitata, ricorrendo alla creazione di una piccola banca in alveo mediante l'uso di una doppia palizzata di sostegno, posta su due livelli sfalsati (Figura 75).

La piccola banca, di larghezza pari ad esempio a 50 cm, dovrebbe essere posta poco al di sopra del livello di magra, allo scopo di creare le condizioni per lo sviluppo di vegetazione acquatica e la diversificazione degli habitat.

L'intervento è realizzato mediante uno scavo della sponda senza arretrarne il ciglio, sponda che deve quindi essere sorretta grazie alla costruzione, ad esempio, di una palizzata rinverdita (si veda Par. 3.2.4.3);

Ricavando l'opera nella sponda, si limita l'occupazione della sezione, evitando così di peggiorare il deflusso delle acque; nei casi ove le simulazioni idrauliche ne indichino la fattibilità, è possibile ipotizzare la messa a dimora nella banca di macchie arbustive o di vegetazione palustre.

Figura 75  
Sezione tipo per la costruzione di una banca in alveo mediante l'uso di una palizzata rinverdita. In figura, la sezione di progetto negli anni si è modificata a causa dell'erosione sino a divenire molto più larga (linea tratteggiata curvilinea nella parte destra della figura). La banca viene inserita al di fuori della sezione originale di progetto, così da minimizzare le interferenze idrauliche. Si noti la paleria morta di castagno infissa verticalmente, le talee di salice inserite nella palizzata e pronte a svolgere la funzione strutturale e la messa a dimora di canneto nella banca creata dalla palizzata. (Fonte: Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale, 2004-2005; Schema: IRIS sas (rielaborato))



## BOX DI PROGETTO

### Creazione di una banca mediante palizzata di sostegno rinverdita: Canale di Budrione (Consorzio di bonifica dell'Emilia centrale, 2004-2005 - Comune di Carpi - Provincia di Modena)

*Figura 76*

*Costruzione di una banca mediante palizzata rinverdita lungo il Canale di Budrione (Carpi, Provincia di Modena). Nella foto il canale prima dell'intervento, con l'erosione che lambisce il campo a sinistra nella foto (2003).*

*(Foto: Marco Monaci, Mario Fantesini)*



*Figura 77*

*Particolare della banca creata mediante una doppia fila di palizzate (2004).*

*(Foto: Marco Monaci)*

*Figura 78*  
*Sviluppo della fascia riparia in*  
*corrispondenza della doppia fila*  
*di palizzate realizzata sul Cana-*  
*le di Budrione, a 5 anni dalla fine*  
*dei lavori (2009).*  
*(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 79*  
*La fascia riparia sviluppatasi*  
*dalla doppia palizzata vista dal*  
*lato campagna (2009).*  
*(Foto: Marco Monaci)*

#### **3.4.4.7 Gestione ambientale della risorsa idrica**

Tra le pratiche più incisive per la salvaguardia della qualità ecologica dei canali rientra una gestione della risorsa idrica che assicuri il mantenimento di un quantitativo vitale di acqua a fini ambientali durante tutto l'arco dell'anno. La tradizionale pratica delle asciutte al di fuori del periodo irriguo comporta, di fatto, danni e perdite sostanziali all'ecosistema dei canali, tanto da rappresentare senza dubbio il primo problema da risolvere per la salvaguardia del patrimonio naturale e, in particolare, della fauna ittica.

Una possibile soluzione per ovviare al problema consiste nel mantenere una portata minima nell'alveo, stimata ad esempio con i criteri del deflusso minimo vitale o altri, più sofisticati, metodi di calcolo legati agli effetti di diversi regimi idrici sulle comunità biologiche, oppure, più genericamente, mantenendo un tirante in alveo di almeno 30 cm (Regione Lombardia, 2008).

Tuttavia, tale soluzione ha effetti non trascurabili sulle quantità d'acqua impiegate durante l'intero anno e, in definitiva, sui costi energetici della gestione nel caso in cui un deflusso minimo possa essere garantito solo grazie all'utilizzo delle stazioni di pompaggio dei Consorzi. Occorre pertanto valutare l'opportunità di un tale dispendio energetico in relazione ai benefici ambientali ottenibili, determinando caso per caso dove ciò sia utile.

Una gestione ottimizzata del regime delle portate in funzione di diversi obiettivi contrastanti, ambientali, irrigui, idraulici, non è tema di semplice soluzione, ma richiede lo sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni che permetta di individuare quale/i, tra le infinite possibilità di gestione, possono consentire di coniugare al meglio i diversi scopi.

Tali valutazioni di tipo tecnico devono ovviamente essere affiancate da apposite considerazioni ambientali, valutando caso per caso i benefici all'ambiente ottenibili, ma anche i rischi legati al diffondersi di specie invasive, che potrebbero essere favorite in alcuni siti da determinati regimi idrici.

La valutazione deve inoltre considerare un tema d'importanza cruciale, legato al fatto che la maggior parte dei prelievi idrici per alimentare i canali viene effettuata da corsi d'acqua naturali, per i quali il mantenimento non solo di un deflusso minimo vitale (DMV), ma anche di un regime delle portate quanto più possibile naturale, è di importanza vitale; in questo caso il conflitto tra usi ambientali della risorsa (a favore dei canali e a sfavore dei fiumi, o viceversa) è palese e deve essere attentamente valutato per trovare un possibile compromesso.

## BOX DI PROGETTO

### **Interventi sperimentali atti a realizzare un sistema di salvaguardia della fauna ittica nel sistema idrico ferrarese**

**(Consorzio della bonifica Burana, 2007) - (Convenzione con la Provincia di Ferrara - anno 2003; Protocollo d'intesa - anno 2007)**

Gli interventi sperimentali atti a realizzare un sistema di salvaguardia della fauna ittica nel sistema idraulico ferrarese sono stati eseguiti dal Consorzio allo scopo di favorire la presenza di un battente idrico minimo nei canali consortili ferraresi (Comune di Bondeno) durante il periodo invernale; si ricorda infatti che in questo periodo la risorsa idrica presente nel reticolo idraulico consortile è quella delle acque di scolo, in quanto la derivazione idrica dai fiumi viene effettuata nel solo periodo che va dalla primavera (marzo-aprile) fino a settembre-ottobre.

Nello specifico, gli interventi realizzati dal Consorzio hanno riguardato la sistemazione della paratoia presso l'Impianto delle Cipollette a Bondeno (FE) e gli espurghi del Canale delle Barche e del Canale Diversivo di Fossalta sempre in Comune di Bondeno (FE).

L'effetto provocato dai suddetti interventi, insieme alla realizzazione delle manovre idrauliche tese a sostenere il più possibile il carico idraulico invernale nei canali, consentono al Consorzio di mantenere un battente idrico invernale minimo nei seguenti canali: Canale Collettore di Burana, Canale Diversivo di Burana, Canale Diversivo di Fossalta, Canale delle Pilastresi, Canale Allacciante di Felonica.

*Figura 80  
Avannotti di Pesce gatto.  
(Foto: Consorzio della Bonifica  
Burana)*



#### **3.4.4.8 Realizzazione di passaggi per pesci**

Tra le misure per il superamento e/o la mitigazione delle barriere ambientali, quella di maggior interesse per i canali di bonifica riguarda la creazione di passaggi per i pesci, che permettono gli spostamenti longitudinali della fauna ittica lungo i canali in presenza di ostacoli fisici al passaggio (Figura 81) (briglie, paratoie e altri manufatti idraulici).

Per la corretta progettazione di questi interventi esiste un'ampia letteratura, sviluppata prevalentemente per corsi d'acqua naturali. L'iter generale richiesto per una corretta realizzazione di queste strutture prevede:

- un'analisi preliminare costi/benefici che verifichi l'effettiva necessità/convenienza di realizzare un passaggio per pesci; tale necessità non risulta infatti sempre giustificata, come nei casi di presenza di naturali discontinuità idrauliche o di naturale incapacità del corso d'acqua di sostenere la presenza di una comunità ittica. L'analisi deve considerare le caratteristiche del popolamento ittico, l'autoecologia delle specie (ad es. se ci sono specie migratrici, se sussistono altri ostacoli insuperabili e se sia possibile risolvere il problema della loro superabilità), l'effettivo vantaggio del ripristino di tratti di maggiore estensione liberamente transitabili;
- un'indagine sulla comunità ittica, una volta verificata la reale necessità/convenienza a realizzare l'opera, con la quale individuare la/e specie da favorire (specie target), le relative capacità natatorie e il relativo periodo migratorio e riproduttivo;
- l'esecuzione di un esame delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua, con particolare riferimento alla sezione in cui si collocherà l'intervento e alle esigenze della specie target;
- un'analisi delle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua nel tratto in cui si intende realizzare l'opera (esame dei livelli idrici, direzione della corrente prevalente);
- la scelta della tipologia di passaggio adatta per il contesto fluviale e biologico in esame, con attenzione, nel caso sia necessario, a favorire il passaggio sia verso monte che verso valle;
- il dimensionamento, la progettazione e la realizzazione del passaggio per pesci;
- la definizione e il rispetto di un adeguato protocollo di gestione

e mantenimento dell'opera;

- l'esecuzione di un monitoraggio che verifichi l'effettiva funzionalità dell'opera e/o che permetta di comprendere i corretti adattamenti progettuali da effettuare e, nel caso, la progettazione e la realizzazione delle modifiche necessarie.



*Figura 81*

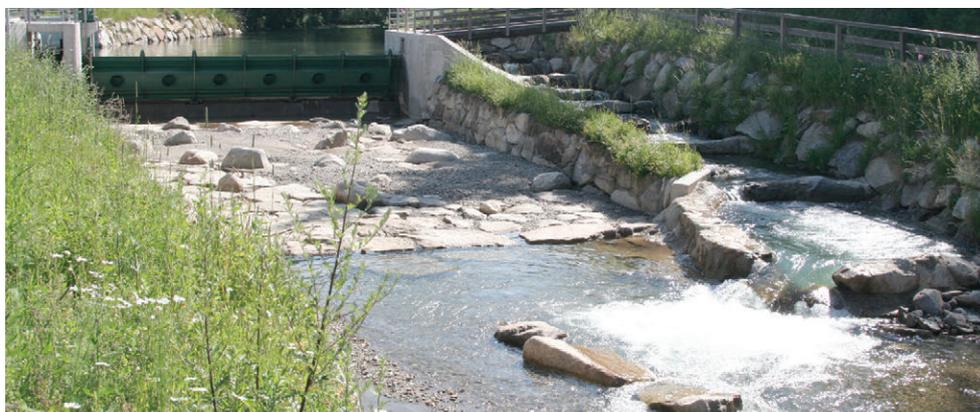
*Classico esempio di ostacolo agli spostamenti longitudinali dei pesci nei canali.*

*Il manufatto (foto in alto) risulta troppo alto per essere superato con dei balzi da parte della fauna ittica (nella foto in basso si nota un pesce intento nel vano tentativo di superare l'ostacolo).  
(Foto: Bruno Boz)*



*Figura 82*

*Classico esempio di passaggio per pesci (a destra nella foto) realizzato su un corso d'acqua naturale.  
(Foto: Bruno Boz)*



Oltre ad interventi realizzati direttamente sui canali, occorre considerare anche le problematiche generate dalle opere di presa sui corsi d'acqua naturali, da cui la rete consortile capta in molti casi le acque per uso irriguo; queste opere costituiscono un ostacolo spesso insormontabile per la fauna ittica dei corsi d'acqua interessati, a cui porre rimedio con idonei passaggi per pesci.

#### 3.4.4.9 Contenimento delle specie invasive

Il contesto generalmente molto alterato in cui si inseriscono i canali e la loro naturale predisposizione a favorire fenomeni di migrazione e spostamento di specie animali e vegetali (caratteristica utile nel caso le specie siano da salvaguardare, ma molto dannosa nel caso di specie invasive) ha favorito, soprattutto negli ultimi anni, una massiccia propagazione di specie invasive lungo la rete dei canali. La conseguenza di questi fenomeni si traduce generalmente in danni molto marcati alle comunità vegetali e animali autoctone e in problemi alle strutture idrauliche. Tra gli esempi più noti si ricordano quello dei gamberi americani (Gambero americano - *Orconectes limosus*, Gambero rosso della Louisiana - *Procambarus clarkii*), dei molluschi bivalvi asiatici o centro-est europei (*Anodonta woodiana*, *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*), delle numerose specie di pesci (Siluro - *Silurus glanis*, Abramide - *Abramis brama*, Misgurno di stagno - *Misgurnus fossilis*, Rodeo amaro - *Rhodeus sericeus*, ecc.) e della Nutria (*Myocastor coypu*) originaria del sud America.

Forse ancor più accentuato è il fenomeno nella vegetazione, dove intere associazioni risultano impoverite e degradate. Fra le specie invasive da menzionare si segnalano Robinia (*Robinia pseudoacacia*), Ailanto (*Ailanthus altissima*), Zucchino selvatico (*Sicyos angulatus*), Amorfa (*Amorpha fruticosa*), Luppolo asiatico (*Humulus scandens*), Verga d'oro maggiore (*Solidago gigantea*), Enotera (*Oenothera biennis* s.l.), Ambrosia con foglie di Artemisia (*Ambrosia artemisiifolia*).

Le tecniche di contenimento di queste specie, spesso dimostrate si inefficaci rispetto alle proporzioni del fenomeno, si basano sulla conoscenza della loro autoecologia e sono generalmente basate sull'inserimento diretto di competitori, sulla modificazione degli habitat, su tecniche di uccisione diretta, sull'inserimento di individui che riducano le capacità riproduttive della popolazione, sulla ricreazione di condizioni ecologiche complessivamente più equilibrate (in cui nel lungo periodo dovrebbero tornare a prevalere le specie autoctone potenzialmente meglio adattate di quelle esotiche).

## BOX DI PROGETTO

### Programma di prevenzione dei danni provocati dalla nutria ai canali di bonifica mediante trappolaggio (Regione Emilia-Romagna, Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica, 2008)

Nel 2008 il Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica ha avviato un programma di prevenzione dei danni causati dalla nutria attraverso il contenimento della specie, effettuato mediante trappolaggio. Il progetto, che prevedeva il finanziamento da parte dell'amministrazione regionale per la fornitura di circa 200 trappole, ha coinvolto i Consorzi di bonifica delle provincie di Reggio Emilia, Modena, Bologna, Ravenna e Forlì-Cesena. I Consorzi si sono impegnati ad assicurare il buon funzionamento delle trappole per cinque anni, con il proprio personale o avvalendosi di coadiuvanti esterni appositamente formati.

L'utilizzo delle trappole da parte dei Consorzi è stato inquadrato all'interno dello schema organizzativo adottato dalle Province per il contenimento della specie. Inoltre, l'attuazione del contenimento mediante trappolaggio è avvenuta nel rispetto delle linee guida regionali (Indirizzi tecnici alle Province, circ. n.7186/2006 ) che comporta attento posizionamento e controllo delle trappole, uso del kit eutanascico e corretto smaltimento delle carcasse.

*Figura 83*

*La nutria, in virtù della continua attività di escavazione delle tane, può causare la compromissione della stabilità degli argini di fiumi e canali e una conseguente esondazione delle acque (nella foto: sifonatura di un argine). (Foto: Regione Emilia-Romagna)*



*Figura 84*

*Destabilizzazione di una sponda di un canale causata dall'escavazione delle tane da parte della nutria. (Foto: Regione Emilia-Romagna)*

## BOX DI PROGETTO

### **Controllo del Gambero rosso della Louisiana “*Procambarus clarkii*” - Primo e secondo stralcio (Consorzio di bonifica dell’Emilia centrale) – (Università degli studi di Firenze - Dipartimento di Biologia Animale e Genetica “Leo Pardi”, 2008)**

Il numero di specie animali introdotte ogni anno al di fuori del loro areale naturale di distribuzione è in costante aumento; le specie alloctone sono oggi considerate la seconda causa di estinzione delle specie indigene dopo la perdita e la distruzione degli habitat.

Nei canali di bonifica una delle specie invasive dal maggior impatto è rappresentata dal Gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*), che destabilizza gli argini a causa della sua intensa attività di scavo, provocando quindi ingenti costi per il ripristino. Ai danni economici si aggiungono quelli apportati alla salute umana, essendo il gambero potenzialmente un vettore di agenti patogeni. Alcuni parassiti del gambero rosso sono per di più letali per il gambero indigeno europeo. La sua presenza riduce inoltre la biodiversità, in quanto il gambero si nutre di molluschi e di uova di pesci e preda attivamente avannotti e anfibii.

Arginare il problema delle invasioni biologiche rappresenta, oggi, una priorità di conservazione, come peraltro è riconosciuto a livello internazionale.

Il Consorzio di bonifica dell’Emilia centrale ha allora deciso di sperimentare lungo i suoi canali alcune metodologie innovative per il controllo del Gambero rosso.

Nell’area è stato possibile individuare due tipi di canali: quelli con acqua permanente e quelli periodicamente svuotati. Nei primi è possibile intervenire con metodi complementari, quali catture con trappole, uso di predatori indigeni e rilascio di maschi sterili (SMRT). L’approccio multiplo proposto non solo è coerente con il contesto ecologico ed economico in cui si opera, ma dovrebbe essere in grado di colpire in modo selettivo la popolazione bersaglio interferendo con la sua capacità riproduttiva e la sua ecologia. Ciascun metodo intende, infatti, andare a colpire una parte della popolazione bersaglio (adulti, riproduttori e giovani) e questo dovrebbe produrre una sinergia negli effetti in grado di assicurare una maggiore probabilità di successo. Nei canali che invece sono periodicamente svuotati è possibile intervenire con la rimozione manuale degli esemplari e con l’uso, all’interno delle tane aperte, di pesticidi organofosfati.

Lo studio, realizzato tra luglio e settembre 2008, ha preso in esame due canali (La Pia e Mandriolo). Lungo un transetto di 300m di lunghezza sono state realizzate catture giornaliere con nasse dotate di esca ed è stato inserito, in un sotto-transetto di 150m, il predatore indigeno Anguilla europea (*Anguilla anguilla*).

I risultati del primo stralcio della sperimentazione hanno messo in evidenza come sia necessario effettuare un trappolaggio costante per contenere l’espansione del gambero, maggiormente efficace quando i livelli delle acque sono bassi, mentre l’efficacia del pesce predatore indigeno non ha dato i risultati sperati e dovrebbe essere potenziata aumentando la quantità di animali rilasciati.

Durante il secondo stralcio della sperimentazione è stata sperimentata la tecnica che prevede il rilascio di maschi sterili (SMRT). Si tratta di una metodologia di contenimento che richiede un costo contenuto e non ha effetti negativi sulle altre specie.

Tale metodo prevede il prelievo e la sterilizzazione dei maschi adulti con radiazioni ionizzanti,

che mantengono nei soggetti immutata capacità di accoppiamento, e infine il loro rilascio. Il *P. clarkii* è una specie poligama in cui ogni singolo maschio si accoppia ogni stagione riproduttiva con più femmine mentre ogni singola femmina ha la possibilità di portare avanti una sola covata. Una femmina che si accoppia con un maschio sterile deporrà uova destinate a degenerare. Un approccio simile alla SMRT è stato attuato con successo nei Grandi Laghi americani dove la presenza della lampreda di mare (*Petromyzon marinus*) è stata ridotta dell'83%.

Il secondo stralcio, realizzato nell'aprile-giugno 2009, ha interessato il canale Barbante Alte, nel quale sono stati delimitati due transetti di 300m in cui è stato effettuato un trappolaggio intensivo allo scopo di stimare la densità della popolazione e catturare i maschi da sterilizzare.

Un'ulteriore tecnica sperimentata durante il secondo stralcio ha previsto l'utilizzo di un biocida (principio attivo piretrina) completamente naturale. Il prodotto ha una bassa tossicità nei confronti dei mammiferi e dell'avifauna, decade rapidamente alla luce solare, è innocuo per le piante ma non è selettivo, per cui colpisce altri organismi acquatici. L'efficacia del principio attivo e la dose ottimale da somministrare è stata stimata sugli esemplari catturati nel canale Barbante Alte.

La sperimentazione in campo è stata effettuata nel canale La Pia Est Naviglio, la cui popolazione di Gambero rosso era stata stimata nel corso della ricerca dell'anno precedente. Il biocida è stato inserito all'interno delle tane, in modo da limitare l'impatto sugli altri organismi acquatici. Le prime analisi sull'applicazione di questo metodo, tuttavia, non hanno fornito risultati soddisfacenti.

*Figura 85*  
*Fosse scavate dal Gambero rosso della Luisiana.*  
*(Foto: Consorzio della bonifica Burana)*



*Figura 86*  
*Femmina di Gambero rosso della Louisiana con uova.*  
*(Foto: Consorzio della bonifica Burana)*

### **3.4.5 EFFETTI DEGLI INTERVENTI**

Gli effetti attesi dai diversi interventi sono in sintesi i seguenti:

- Effetti ecologici
  - Creazione di habitat in e fuori alveo;
  - Miglioramento dello stato della vegetazione spondale e delle rive;
  - Miglioramento dello stato della vegetazione acquatica;
  - Miglioramento dello stato delle comunità faunistiche (macroinvertebrati, fauna ittica, fauna terrestre, avifauna, anfibi);
  - Incremento della connessione ecologica.
  
- Effetti secondari di utilità antropica
  - Miglioramento del paesaggio;
  - Incremento delle possibilità di fruizione;
  - Incremento della capacità depurativa.

### **3.4.6 PRECAUZIONI**

L'eterogeneità degli interventi proposti non permette di elencare delle precauzioni di validità generale; esse vanno di volta in volta considerate nel corso della progettazione degli interventi. Occorre comunque tener presente che gli interventi di tipo naturalistico vanno ad operare su un contesto molto lontano dalle condizioni naturali e quindi non soggetto ad un controllo di tipo selettivo come avviene nei contesti più integri ed equilibrati dal punto di vista ecosistemico. Per questo motivo viene richiesta la massima attenzione nella realizzazione degli interventi per evitare, ad esempio, l'introduzione di specie o la creazione di corridoi ecologici non opportuni (propagazione di malattie, introduzione o propagazione di infestanti, ecc.).

Un altro principio guida che dovrebbe sottendere alla realizzazione di questi interventi è la necessità di una loro integrazione con il contesto ambientale in cui si vanno ad inserire e la sostenibilità delle soluzioni progettuali proposte. Spesso infatti si assiste alla realizzazione di interventi di rinaturalizzazione che richiedono un impegno in termini di costi di gestione e di costi energetici non bilanciato dal reale beneficio ambientale da questi prodotto.

Le maggiori lacune conoscitive in merito alle tipologie di interventi suggerite riguardano le specifiche sottoazioni dell'attività di "contenimento delle specie invasive" che, come detto, oltre ad essere un problema di difficile soluzione è anche una problematica in molti casi relativamente recente.

Anche l'individuazione di politiche di tipo multiobiettivo per la gestione della risorsa idrica è un campo abbastanza inesplorato in relazione ai canali di bonifica.

Più consolidata risulta essere l'esperienza maturata nel campo della forestazione nelle aree di pianura e nella realizzazione di passaggi per pesci e di interventi di diversificazione dell'alveo e delle sponde.

## 3.5 MANUTENZIONE A BASSO IMPATTO DELLA VEGETAZIONE

### 3.5.1 PROBLEMA DA AFFRONTARE

#### Esondazioni – Rischio idraulico

L'eccessivo sviluppo della vegetazione acquatica e di sponda all'interno dei canali può aumentare il rischio di esondazioni e, in alcuni casi, può creare problemi strutturali agli argini e alle sponde; per questo motivo richiede costanti interventi di manutenzione al fine di contenerne lo sviluppo.

Allo stesso tempo, la conservazione della vegetazione rappresenta un elemento essenziale per incrementare la biodiversità, per favorire la connettività ecologica, per potenziare e incrementare i processi autodepurativi e, in molti casi, per favorire la stabilità delle sponde.

I canali e le fasce riparie soggetti ad una manutenzione continua e caratterizzata da tagli a raso si contraddistinguono, in genere, per la forte riduzione delle specie vegetali e animali presenti, con la conseguente proliferazione di poche specie molto resistenti e ben adattate a questo tipo di stress. Lo sviluppo e il mantenimento della vegetazione favorisce un incremento delle specie vegetali, con conseguente contenimento, in genere a medio-lungo termine, dello sviluppo delle specie invasive. A questo è generalmente associato un arricchimento della zoocenosi dovuto al fatto che le specie animali traggono dalla vegetazione risorse alimentari, ambienti rifugio e habitat per lo svolgimento delle diverse fasi del loro ciclo vitale.

La vegetazione acquatica ha inoltre un ruolo diretto (assorbimento) e indiretto (sostegno alle comunità batteriche) nella trasformazione, immagazzinamento e utilizzo delle sostanze veicolate dalle acque e favorisce nel complesso una riduzione della loro concentrazione; per questo si parla comunemente di processi di fitodepurazione. Un ruolo analogo viene generalmente svolto dalla vegetazione riparia, anche se in genere, ma non solo, i processi depurativi non riguardano più le sostanze contenute all'interno del corso d'acqua ma quelle dirette al canale, ad esempio dalle aree agricole limitrofe.

Non va inoltre trascurato il ruolo di consolidamento determinato dallo sviluppo degli apparati radicali della vegetazione riparia e la protezione offerta dalla vegetazione acquatica contro il dissesto

spondale nel corso degli eventi di piena.

Per coniugare queste diverse esigenze si rendono necessarie scelte progettuali e accorgimenti operativi durante le operazioni di manutenzione tesi a modificare, ridurre o differenziare la frequenza e l'intensità degli interventi di taglio, senza per questo produrre un incremento del rischio di inondazioni.

### **3.5.2 CAUSE PRINCIPALI**

La presenza di vegetazione in alveo può causare un aumento del rischio idraulico per diversi motivi:

- in presenza di un battente d'acqua modesto, la vegetazione acquatica tende ad invadere l'intero alveo; questo fatto può determinare, in caso di piena, un rallentamento della velocità della corrente e un conseguente aumento dei livelli idrici e del rischio di esondazioni;
- l'eccessivo sviluppo della vegetazione spondale e riparia rende difficoltoso il passaggio nelle piste utilizzate per effettuare la manutenzione o le manovre di emergenza, operazioni necessarie per garantire un regolare deflusso delle acque;
- la caduta in alveo della vegetazione o l'accumulo di piante morte può creare occlusioni che possono risultare causa di fenomeni di esondazione;
- in alcuni casi, l'apparato radicale della vegetazione arborea può favorire l'insorgenza di problemi strutturali agli argini e alle sponde.

Le situazioni qui descritte in realtà devono essere valutate caso per caso e non valgono in senso assoluto. Come si vedrà nei paragrafi seguenti, la presenza di vegetazione acquatica in determinate condizioni non genera problemi di rischio idraulico, così come la vegetazione riparia correttamente posizionata e l'utilizzo di adeguati macchinari per la manutenzione possono permettere la convivenza tra filari alberati e funzionalità idraulica del canale.

### **3.5.3 APPROCCIO METODOLOGICO**

La “riscoperta” dell’importante ruolo ambientale della vegetazione lungo i canali è relativamente recente e le operazioni di manutenzione per gestirla, prevalentemente legate alla necessità di garantire un rapido deflusso delle acque, non considerano ancora in misura adeguata l’ecosistema dei canali.

Una nuova logica multiobiettivo, che mira a salvaguardare l’elevata potenzialità ecologica della rete idrica artificiale, impone uno sforzo importante per adattare tecniche, modelli organizzativi e attrezzature al fine di ridurre l’impatto ambientale determinato dagli interventi di manutenzione della vegetazione.

Esistono a tal proposito numerose esperienze maturate in questa direzione che, attraverso una scelta oculata delle porzioni di canale su cui mantenere la vegetazione acquatica e/o riparia e dei mezzi idonei ad effettuare un taglio selettivo, hanno evidenziato ampi margini di miglioramento rispetto alle tecniche di manutenzione tradizionali.

### **3.5.4 TIPOLOGIE DI AZIONE**

Le principali tipologie di manutenzione della vegetazione con finalità di tipo idraulico-naturalistico sono:

- manutenzione “gentile” della vegetazione in alveo;
- manutenzione della vegetazione arborea e arbustiva nelle sponde e nelle pertinenze dei canali;
- ombreggiamento per il controllo della vegetazione in alveo;
- manutenzione della vegetazione nelle aree di laminazione/ zone umide in alveo.

Alla modifica delle tecniche si può associare inoltre l’utilizzo di macchinari innovativi.

#### **3.5.4.1 Manutenzione gentile della vegetazione in alveo**

All’interno dell’alveo può crescere una ricca vegetazione acquatica

mentre nei pressi delle sponde si possono creare le condizioni per lo sviluppo di una ricca copertura di vegetazione palustre.

Le specie vegetali e i tipi di vegetazione che trovano le condizioni ideali per crescere nei canali sono determinate dalle caratteristiche fisiche del corso d'acqua, dalla variabilità o meno della stessa nel corso dell'anno, dalle condizioni trofiche, dalla corrente (acque stagnanti o fluenti), dalla temperatura, ecc.. Queste specie sono definite comunemente idrofite e raggruppano quelle essenze in grado di compiere il loro ciclo riproduttivo quando tutte le loro parti vegetative sono sommerse o sostenute dal corso d'acqua. Le idrofite, in relazione alla loro organizzazione strutturale, morfologica e alla forma di crescita, vengono suddivise in due gruppi distinti: pleustofite e rizofite. Le pleustofite sono tutte le specie liberamente flottanti sulla superficie e nello spazio infracquatico, sprovviste perciò di apparati radicali che svolgono la funzione di ancoraggio al sedimento (es. Lenticchia d'acqua - *Lemna spp.*, Erba pesce - *Salvinia natans*, ecc.). Queste specie possono o meno presentare radici e ricavano i nutrienti per le funzioni vitali assorbendoli dalla colonna d'acqua attraverso organi sommersi o direttamente con l'apparato fogliare. Le forme sommerse presentano lamine fogliari estremamente ridotte, nastriformi o laciniate per minimizzare la resistenza al flusso, evitando così lesioni agli organi fotosintetici e di assimilazione. Le rizofite raggruppano invece le specie ancorate al fondo del corso d'acqua mediante un rizoma (Castagna d'acqua - *Trapa natans* (Figura 87), Ninfea - *Nymphaea alba* (Figura 88), Nannufero - *Nuphar luteum* (Figura 89), Genziana d'acqua - *Nymphoides peltata*, Potamogeto - *Potamogeton spp.* ecc.). Queste specie mostrano un ampio spettro di tipologie morfo-adattative e possono presentarsi completamente sommerse o con l'apparato vegetativo emergente. Spesso le rizofite mostrano una spinta eterofillia con foglie sommerse finemente laciniate e strutture emergenti a lamina intera, galleggianti ed estremamente resistenti.



Figura 87  
*Trapa natans*.  
(Foto: Consorzio di  
Bonifica della Burana)

Figura 88  
*Nymphaea alba*.  
(Foto: Consorzio di  
bonifica della Burana)



Lungo i canali sono inoltre presenti le elofite, che raggruppano quelle specie che sono radicate nel sedimento saturo d'acqua, ma solo con una piccola porzione del loro apparato vegetativo, la porzione basale, sommersa (Cannuccia di palude - *Phragmites australis*, Carice - *Carex spp.*, Tifa-*Typha spp.*, Giglio d'acqua - *Iris pseudacorus*. ecc.) (Figura 90). Normalmente la quasi totalità del fusto, delle foglie e degli apparati riproduttivi sono emergenti. La continuità della comunità vegetale acquatica permette una stabile affermazione della comunità animale (vertebrati e invertebrati) ad essa associata.

La scomparsa o il danneggiamento irreversibile delle idrofite e delle elofite ha enormi implicazioni per il ciclo vitale di molti insetti, che hanno una fase larvale acquatica e che usano le fronde o la rizosfera come supporto, e di conseguenza per molti piccoli pesci che di questi insetti si nutrono e che all'interno, soprattutto dei letti delle macrofite sommerse, si rifugiano per evitare la predazione.

Figura 89  
*Nuphar luteum*.  
(Foto: Consorzio della  
Bonifica Burana)





Figura 90  
*Iris pseudacorus*.  
(Foto: F. Ricciardelli)

L'urbanizzazione e l'uso intensivo del territorio rurale hanno condotto ad una forte diminuzione della presenza di aree umide cui sono legate le idrofite e le elofite, spesso rare o minacciate di estinzione sul territorio regionale. I canali, soprattutto se gestiti in maniera "gentile", possono quindi svolgere la funzione di habitat "sostitutivi" di quelli originari ormai piuttosto rari.

Come già ricordato, la vegetazione in alveo assume un ruolo importante non solo dal punto di vista ecologico ma anche strutturale: il mantenimento di una fascia di vegetazione palustre ai lati dell'alveo permette infatti di evitare danni al piede di sponda e conseguenti cedimenti spondali causati dall'azione diretta dei mezzi di manutenzione, mentre la vegetazione acquatica genera un effetto protettivo nei confronti dell'azione erosiva della corrente, riducendo ulteriormente il rischio di scivolamento della sponda.

Scopo delle tecniche di gestione della vegetazione a basso impatto ("manutenzione gentile"), è quindi quello di salvaguardare le caratteristiche positive ora descritte, cercando di ottenere un assetto generale del canale molto più simile a quello di un corso d'acqua in condizioni naturali e la diversificazione della velocità di corrente. Per raggiungere tale scopo le tecniche a basso impatto prevedono generalmente la creazione di un canale di corrente sinuoso o comunque non uniforme attraverso opportune operazioni di manutenzione e sfalcio della vegetazione in alveo: la meandrificazione crea infatti zone a differenti velocità di corrente e quindi vari microhabitat e maggiore biodiversità (Figura 92 e 94).

Anziché procedere ad una rimozione completa della vegetazione, è possibile e opportuno preservarne una parte (variabile nelle diverse situazioni), creando così all'interno dell'alveo, e generalmente nella sua parte centrale, dei canali di corrente preferenziali. Que-

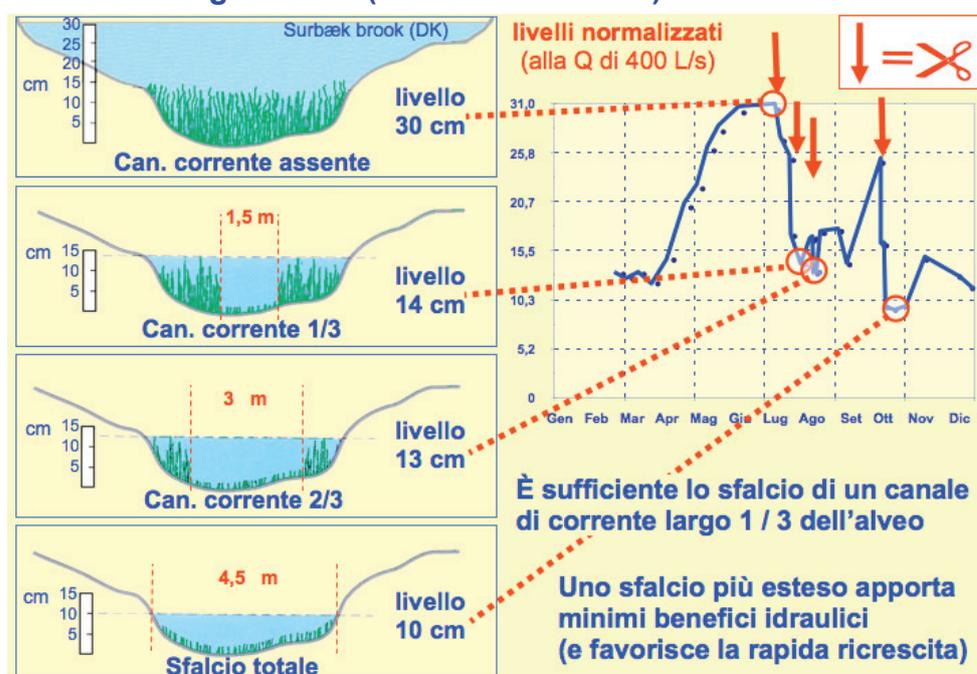
sta pratica è favorita nei canali con larghezza del fondo superiore a 3 m.

Dal punto di vista idraulico, numerosi studi hanno messo in evidenza che il mantenimento di un canale di corrente bordato da vegetazione pari ad 1/3 o 2/3 della larghezza del fondo alveo non causa innalzamenti significativi dei livelli idrici (Figura 91).

All'interno del canale si ha inoltre una maggiore velocità dell'acqua, rispetto al caso di totale assenza di vegetazione, che in parte o totalmente compensa la perdita di sezione di deflusso.

Figura 91  
Canale di corrente sinuoso. Il massimo abbassamento del tirante idrico (da 30 a 14 cm) si ottiene già sfalciando un "canale di corrente" largo 1/3 dell'alveo. Uno sfalcio più esteso comporta un impatto ben maggiore all'ecosistema, ma apporta minimi benefici idraulici supplementari (il livello, da 14 cm, scende solo a 13 e 10 cm), esponendo le gemme basali all'illuminazione, e favorendo così la rapida ricrescita vegetale. Nel grafico, le frecce indicano la data degli sfalci. (Fonte: CIRF, 2006; Figura: da Madsen, 1995, rielaborata)

### Controllo vegetazione (canale di corrente)



Anche l'eventuale riduzione della sezione che può derivare dal deposito del sedimento lungo le sponde del canale può essere compensata, in buona parte, dall'approfondimento del canale di corrente, dovuto alla maggiore velocità dell'acqua.

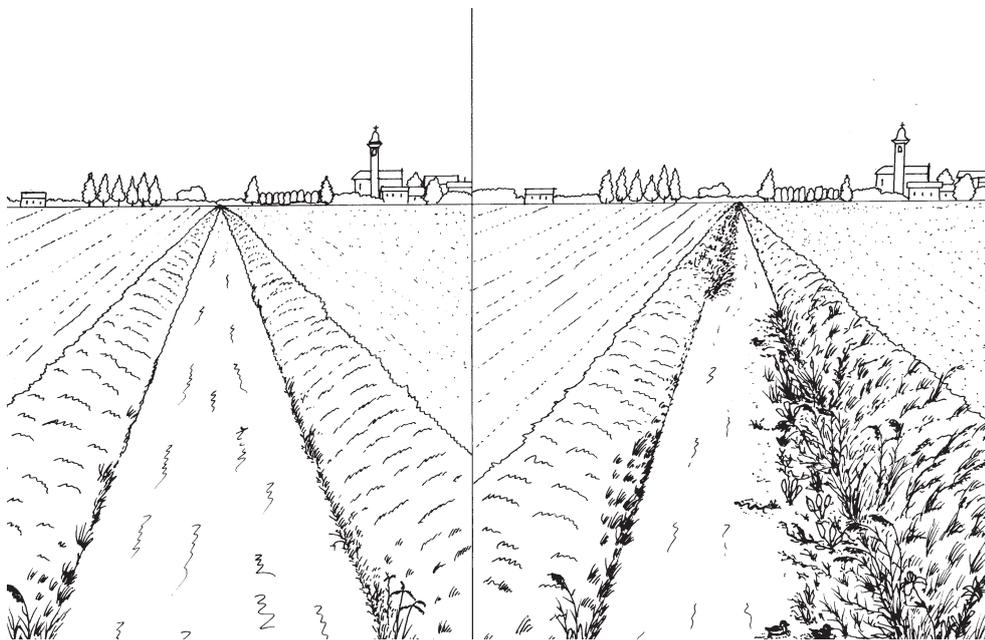


Figura 92  
Lo sfalciamento alternato (immagine di destra) permette una maggiore sinuosità della corrente rispetto ad un canale completamente sfalciato (immagine di sinistra) e conseguentemente una diversificazione delle velocità di deflusso nella sezione, consentendo così lo sviluppo e la permanenza di microhabitat in alveo. (Disegno: Massimo Milandri)

Una soluzione alternativa consiste nell'effettuare il taglio su un solo lato, alternato sulle due sponde lungo lo sviluppo del canale (Figura 92), avendo cura di lasciare anche in questo caso pochi centimetri di vegetazione sul piede di sponda opposto (comprese radici), per proteggerlo dall'erosione. Per i canali ad elevato rischio idraulico o per i canali irrigui con immissione d'acqua controcorrente tale soluzione deve essere attentamente valutata dal punto di vista idraulico.



Figura 93  
Canale nel quale è permessa la crescita di vegetazione arboreo-arbustiva e palustre lungo una sponda. (Foto: Consorzio della bonifica Burana)

E' opportuno programmare gli interventi di sfalcio in maniera da ottenere una rotazione sui diversi tratti: indicativamente da 1/3 ad 1/5 della lunghezza ogni due anni, in modo da ripetersi in cicli di 3-5 anni, così da mantenere biocenosi sufficientemente diversificate.

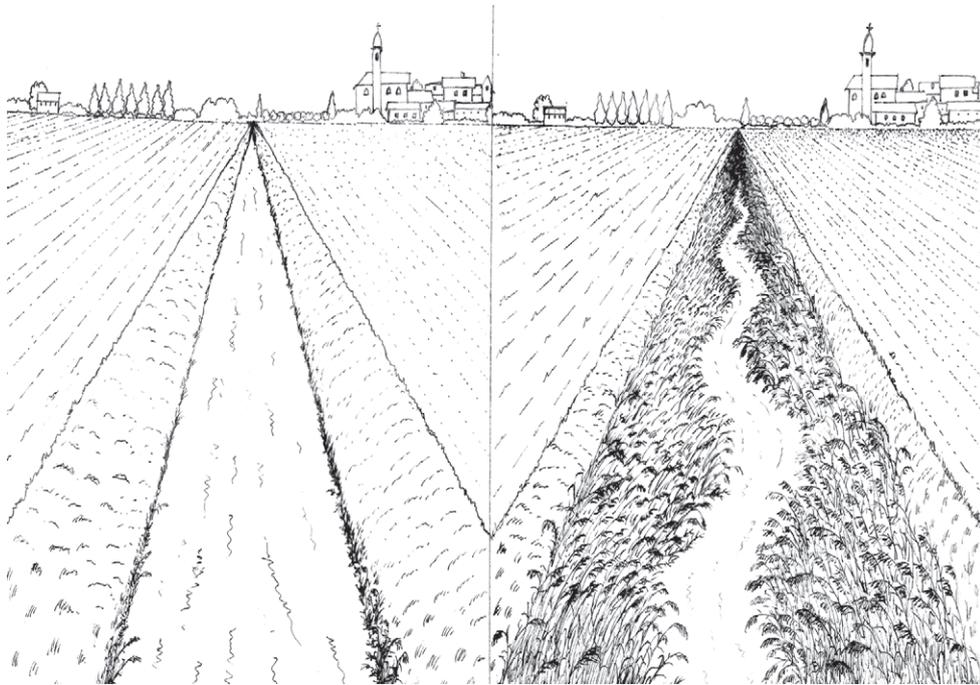
Il contenimento della vegetazione erbacea sulle sponde può essere conseguito anche mediante l'ombreggiamento determinato da un'adeguata copertura arborea.

In presenza di specie floristiche di interesse conservazionistico è importante assicurarne, prima del taglio, l'asportazione e il successivo ricollocamento in siti opportuni.

La possibilità di applicare le pratiche illustrate deve essere attentamente valutata caso per caso, individuando le situazioni in cui effettivamente non si viene a generare un aumento del rischio idraulico.

#### Ulteriori accorgimenti tecnici:

- Periodo di intervento: il taglio va eseguito preferibilmente tra agosto e ottobre, al fine di rispettare il periodo riproduttivo della fauna, che generalmente si concentra nel periodo febbraio - giugno;
- Frequenza di intervento: è necessario ridurre al massimo il numero dei tagli. In molti casi, per garantire la presenza del canale di corrente, è sufficiente un unico taglio nel periodo vegetativo. Quando la vegetazione tende ad invadere l'alveo si può eseguire un taglio nel periodo vegetativo e uno nel periodo invernale. Per quanto concerne invece la vegetazione di sponda, è sufficiente in genere eseguire un unico taglio annuale lungo tutta la scarpata, per limitare l'accumulo della lettiera ed evitare lo sviluppo della vegetazione arbustiva;
- Modalità di esecuzione: durante il taglio della vegetazione acquatica è necessario evitare, per quanto possibile, di movimentare il fondo. In questo modo si limitano l'intorbidamento e i rilasci di fosforo solubile (in particolare) causati dalla risospensione del sedimento e si preserva la zona iporreica del corso d'acqua;
- Raccolta della vegetazione: la vegetazione sfalciata deve essere fermata e raccolta entro 12 ore dal taglio, in modo da evitare il rilascio nel corso d'acqua dei nutrienti immagazzinati nei tessuti vegetali.



*Figura 94*  
Con la realizzazione di un canale di corrente sinuoso la vegetazione acquatica è eliminata solo nella parte centrale dell'alveo (al contrario dello sfalcio completo mostrato nell'immagine di sinistra), possibilmente con andamento sinuoso, lasciando al piede di sponda le specie vegetali presenti (immagine di destra).  
L'indicazione dedotta dallo studio dei corsi d'acqua naturali suggerisce di realizzare il canale di corrente sinuoso, con una lunghezza d'onda pari a 10 – 14 volte la larghezza dell'alveo.  
(Disegno: Massimo Milandri)

## BOX DI PROGETTO

### Manutenzione “gentile” della vegetazione in alveo e spondale e creazione di “canali di corrente” Consorzio di bonifica Acque Risorgive (Venezia - Chirignago)

Figura 95

*Nel corso delle tradizionali operazioni di sfalcio completo della vegetazione, il passaggio delle attrezzature di taglio sulla scarpata spondale provoca inevitabilmente danni al piede di sponda, che richiedono successivi interventi di sistemazione e riprofilatura.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*



Figura 96

*Il taglio della vegetazione con creazione di un canale di corrente riduce i rischi di danno al piede di sponda descritti nella figura precedente, proprio grazie al fatto che il piede non viene interessato dalle operazioni di manutenzione.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*

*Figura 97*

*Quando la larghezza del fondo supera i 3 metri, in genere lo sfalcio della vegetazione può non essere totale ma a macchie (es. 1/3 della larghezza della sezione), seguendo un andamento sinuoso nei tratti rettificati, così da creare un canale di corrente, favorire la diversità morfologica e ambientale all'interno del corso d'acqua e proteggere il piede della sponda da fenomeni di erosione.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*



*Figura 98*

*Per la manutenzione dell'alveo può essere impiegata la barra falciante montata su un'imbarcazione o sul braccio di un escavatore. La grande eterogeneità delle situazioni esistenti non consente di dare delle indicazioni con validità assoluta per la creazione del canale di corrente, ma è opportuno affidarsi all'esperienza dell'operatore per trovare di volta in volta le soluzioni applicative più idonee.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*

*Figura 99*

*Il taglio della vegetazione in alveo con la creazione di un canale di corrente sinuoso può essere eseguito anche da una sola sponda, permettendo che nell'altra si possa sviluppare vegetazione eventualmente arbustiva (purchè la dimensione della sezione renda la scelta compatibile dal punto di vista idraulico).*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*



*Figura 100*

*Anche lungo i canali con sponde e fondo rivestiti in calcestruzzo, è utile conservare nel periodo estivo la vegetazione che, a causa dei depositi di sedimento, cresce all'interno dell'alveo.*

*Nella foto un esempio di manutenzione eseguita mediante taglio parziale e conservazione di alcune isole di vegetazione.*

*(Foto: Consorzio di bonifica Acque Risorgive)*

## BOX DI PROGETTO

### Progetto sperimentale di gestione della vegetazione nei canali di bonifica

Consorzio della bonifica Burana, 2005/2008)

Il Progetto sperimentale di gestione della vegetazione è stato svolto in tutta l'area di bassa pianura consortile (estesa per circa complessivi 75.000 ettari tra le Province di Modena, Ferrara e Mantova). Scopo principale del progetto è stato quello di verificare l'impatto provocato dalle tecniche di contenimento della vegetazione erbacea presente nei canali consortili.

In particolare sono state confrontate le seguenti tecniche: taglio della vegetazione posticipato al periodo autunnale e taglio della vegetazione su una sola sponda, in raffronto con le tecniche tradizionali. In tale contesto si è anche effettuata un'analisi della presenza di specie vegetali acquatiche (stazioni di idrofite significative) e, in alcuni tratti di canali, un censimento delle principali specie di sponda (stazioni di elofite).

Dalle osservazioni fatte durante il periodo di sperimentazione (2005-2006) è emerso che gli effetti prodotti da una manutenzione alternativa della vegetazione, in particolare del posticipo degli interventi al periodo autunnale, sono risultati generalmente positivi, sia per lo sviluppo della flora che per la nidificazione dell'avifauna.

*Figura 101  
Esempio di posticipo del taglio della vegetazione in alveo nel periodo autunnale (Fosso Nord).  
(Foto: Consorzio della bonifica Burana)*



### **3.5.4.2 Manutenzione della vegetazione arborea e arbustiva nelle sponde e nelle pertinenze dei canali**

La vegetazione consolida le sponde e, proprio offrendo resistenza alla corrente, ritarda la corrivazione delle acque, attenuando i picchi di piena. Se è vero che localmente la presenza di piante può rallentare il deflusso idrico e quindi contribuire a favorire l'erosione, è anche vero che la loro azione cumulativa sul bacino attenua il rischio idraulico.

La componente arborea e arbustiva gioca inoltre un ruolo fondamentale nella costituzione di un ecosistema del canale integro e svolge una funzione importante per il controllo della vegetazione acquatica.

Frequenti e intensivi interventi di taglio della vegetazione possono comportare i seguenti effetti ambientali negativi:

- alterazione di ambienti di interesse conservazionistico e idonei all'alimentazione e alla riproduzione della fauna;
- alterazione e perdita di habitat e specie floristiche di pregio e/o di interesse comunitario;
- disturbo delle specie animali se l'intervento viene effettuato durante il periodo riproduttivo (sia per un disturbo diretto sia per un disturbo indiretto, quale ad esempio l'intorbidamento delle acque);
- fenomeni di dissesto delle sponde;
- perdita dell'effetto di ombreggiamento.

La vegetazione di tipo arbustivo/arboreo eventualmente presente in fregio ai canali dovrebbe essere pertanto, per quanto possibile, conservata, contenendone lo sviluppo solo nella misura necessaria ad evitare che costituisca una pericolosità ai fini idraulici

E' allora auspicabile seguire alcuni accorgimenti nell'esecuzione delle operazioni di manutenzione, differenziati a seconda delle situazioni.

Il taglio deve essere limitato ai casi di dimostrata necessità connessa ad effettivo rischio idraulico in quanto comporta, comunque, una rilevante interferenza con i cicli e le dinamiche delle specie e degli habitat naturali presenti.

La modalità d'intervento indicata per la gestione della vegetazione arbustiva e arborea è il taglio selettivo (Figura 102). Nel taglio selettivo la percentuale di riferimento di esemplari arborei da abbattere è indicativamente del 30%.



Figura 102  
Prima del taglio selettivo  
(a sinistra) e dopo il taglio  
selettivo (a destra).  
(Disegno:  
Massimo Milandri)

Il taglio selettivo della vegetazione arborea ed arbustiva va eseguito in modo da:

- assicurare il mantenimento nel tempo del popolamento vegetale;
- tendere a migliorare al massimo il livello della biodiversità, rilasciando le specie legnose di maggiore pregio naturalistico, quali querce, aceri, carpini, ciliegi, olmi, tigli e frassini, senza trascurare tuttavia pioppi, salici, ontani, che sono le specie più diffuse e rappresentative in questi ambienti, bilanciando, comunque, la composizione specifica, compresa anche la componente arbustiva;
- preservare la rinnovazione della vegetazione autoctona presente;
- distribuire uniformemente le piante rilasciate fra tutte le classi di età del popolamento e su tutta la superficie interessata dall'intervento (diradamento);
- interessare preferibilmente gli individui morti in piedi, deperienti, senescenti, o in condizioni di stabilità precarie (individui in parte sradicati o fortemente inclinati), suscettibili di generare rischio idraulico, ad esclusione di quelli sede di nidi, tane, o di particolare pregio naturalistico e paesaggistico; è possibile l'asportazione del materiale morto dall'alveo, nonché del materiale accumulato nei pressi di ponti, piloni autostradali, ecc.; una quota di tale materiale andrebbe, comunque, rilasciata in alveo, laddove non interferisce con la sicurezza idraulica;
- prevedere fasce di discontinuità di almeno 200 m non interessate dagli interventi, anche solo su una sponda, ogni 1.000 m di tratto interessato dai tagli selettivi della vegetazione arborea;

- eseguire interventi molto circoscritti e mirati (spesso da effettuare con operazioni manuali) per la rimozione dall'alveo di alberi caduti o pericolanti che ostruiscano il passaggio delle acque (Figure 103 e 104).

Se è previsto l'utilizzo a biomasse della fascia riparia, o in caso di necessità, è possibile procedere saltuariamente ad un'operazione di taglio ceduo semplice condotto con tempi sfalsati sulle 2 sponde.



*Figura 103  
Intervento di  
manutenzione manuale  
della vegetazione.  
(Foto: Consorzio di  
bonifica Acque Risorgive)*



*Figura 104  
Problema di ostruzione di  
un canale causato dalla  
caduta di un albero in  
alveo.  
(Foto: Consorzio di  
bonifica Acque Risorgive)*

La vegetazione può anche essere mantenuta a portamento arbustivo in quanto, flettendosi al passaggio della piena, ne consente il

regolare deflusso, ma nello stesso tempo protegge le sponde dall'erosione.

Risulta utile che la Direzione lavori elabori un piano dei tagli, in modo tale che prima dell'inizio di ogni lotto di intervento siano fornite sul posto le necessarie prescrizioni operative alle ditte incaricate dei lavori.

Qualora l'intervento preveda aree non oggetto di taglio della vegetazione, la preferenza nell'individuazione di tali aree dovrebbe ricadere su quelle che sono ubicate vicino ad elementi naturali o seminaturali presenti nel contesto territoriale all'esterno del corso d'acqua (es. zone umide, boschi, filari, siepi, ecc.).

Qualora la sezione sia sufficientemente ampia è opportuno preservare la vegetazione arboreo-arbustiva anche nelle aree golenali (Figura 105).



*Figura 105  
Presenza di vegetazione arbustiva su una piccola area golenale (a sinistra nella foto); la manutenzione della vegetazione erbacea è in questo caso effettuata sulla parte sommitale delle scarpate in entrambe le sponde, mentre quella della vegetazione acquatica è effettuata operando dalla sponda opposta rispetto a quella con vegetazione arbustiva, che non viene tagliata. (Foto: Consorzio di Bonifica Acque Risorgive)*

Le ceppaie è bene siano mantenute in essere, ad eccezione di quelle presenti sulle piste.

Qualora non sussista un elevato rischio idraulico è utile lasciare in loco una parte degli alberi e della ramaglia tagliata e depezzata (circa 20%) come necromassa al fine di costituire habitat, rifugio e sostegno della catena alimentare.

Per quanto concerne la frequenza della manutenzione a sponde alternate, nella superficie non interessata dai tagli (sponda opposta) si suggerisce di intervenire solo l'anno successivo.

Nella superficie interessata dai tagli selettivi nei canali di dimen-

sioni minori è consigliabile intervenire dopo almeno 6 anni, nei canali di dimensioni maggiori è preferibile intervenire ogni 10 anni.

Nel caso di vegetazione arborea e arbustiva posta esternamente alle sponde è consigliabile intervenire attraverso operazioni volte a favorire, nel corso degli anni, l'instaurarsi delle associazioni vegetazionali autoctone e in equilibrio con il contesto. Si può anche prevedere la messa a dimora di nuova vegetazione impiegando specie arboree e arbustive autoctone preferibilmente di provenienza locale. In ogni caso si rende necessario assicurare nel corso degli anni costanti interventi di manutenzione volti a garantire la corretta evoluzione dei popolamenti, in particolare per contenere le infestanti e garantire la sicurezza idraulica.

Per quanto riguarda la scelta delle specie è utile consultare la “Lista nera”, ovvero la lista delle specie indesiderabili contenente le specie esotiche, da non utilizzare e se possibile da non favorire (Tabella 1).

NOME SPECIE	FAMIGLIA
<i>Acalypha virginica</i> L.	Euphorbiaceae
<i>Acer negundo</i> L.	Aceraceae
<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle	Simaroubaceae
<i>Amaranthus albus</i> L.	Amaranthaceae
<i>Amaranthus cruentus</i> L.	Amaranthaceae
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Compositae
<i>Ammania verticillata</i> (Ard.) Lam.	Lythraceae
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	Leguminosae
<i>Apios americana</i> Medicus	Leguminosae
<i>Artemisia scoparia</i>	Compositae
<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	Compositae
<i>Bidens frondosa</i> L.	Compositae
<i>Brassica rapa</i> L.	Cruciferae
<i>Buddleja davidii</i> Franchet	Buddlejaceae
<i>Erigeron canadensis</i> L.	Compositae
<i>Cuscuta campestris</i> Yuncker	Convolvulaceae
<i>Cycloloma atriplicifolia</i> (Sprengel)	Chenopodiaceae
<i>Coulter</i>	Chenopodiaceae
<i>Cyperus squarrosus</i> L.	Cyperaceae

Tabella 1  
“Lista nera” delle specie indesiderabili contenente le specie esotiche, da non utilizzare e se possibile da non favorire.  
(Fonte: Regione Emilia-Romagna)

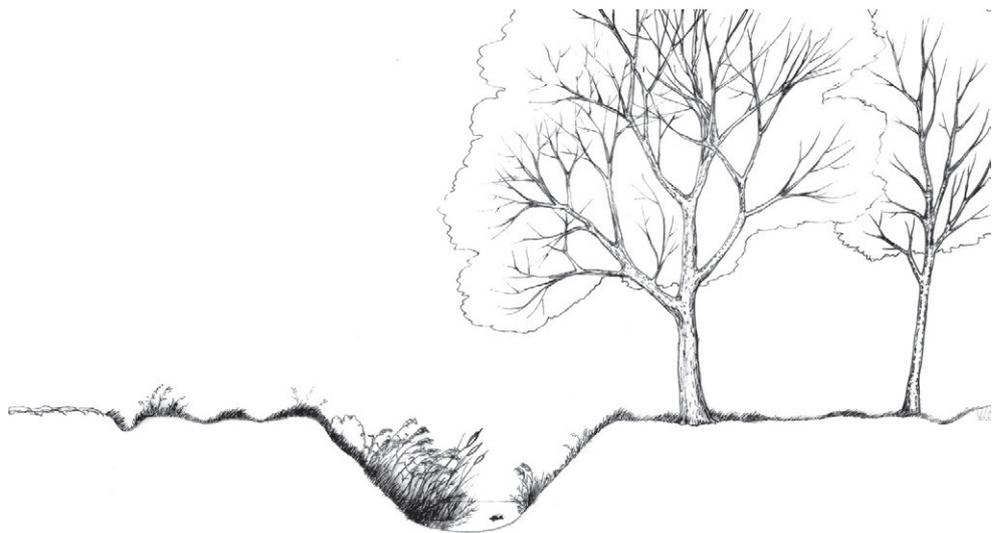
<i>Cyperus microira</i> Steudel	Cyperaceae
<i>Cyperus strigosus</i> L.	Cyperaceae
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	Graminaceae
<i>Potentilla indica</i> (Jacks.) Th. Wolf	Rosaceae
<i>Eleocharis obtusa</i> (Willd.) Schultes	Cyperaceae
<i>Eragrostis pectinacea</i> (Michx.) Nees	Graminaceae
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	Compositae
<i>Euphorbia lathyris</i> L.	Euphorbiaceae
<i>Chamaesyce prostrata</i> (Aiton) Small	Euphorbiaceae
<i>Galinsoga ciliata</i> (Rafin.) Blake	Compositae
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Compositae
<i>Helianthus annuus</i> L.	Compositae
<i>Helianthus tuberosus</i> L.	Compositae
<i>Heteranthera limosa</i> Willd.	Pontederiaceae
<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz et Pavon	Pontederiaceae
<i>Humulus japonicus</i> Sieb. et Zucc.	Cannabaceae
<i>Juglans regia</i> L.	Juglandaceae
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Cruciferae
<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell	Scrophulariaceae
<i>Solanum lycopersicon</i> L.	Solanaceae
<i>Mollugo verticillata</i> L.	Molluginaceae
<i>Morus alba</i> L.	Moraceae
<i>Morus nigra</i> L.	Moraceae
<i>Oenothera suaveolens</i> Desf. ex Pers.	Onagraceae
<i>Oxalis striata</i> L.	Oxalidaceae
<i>Panicum capillare</i> L.	Graminaceae
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	Graminaceae
<i>Phytolacca americana</i> L.	Phytolaccaceae
<i>Polanisia trachysperma</i> Torr. & A. Gray	Capparidaceae
<i>Populus canadensis</i> L.	Salicaceae
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Rosaceae
<i>Robinia pseudacacia</i> L.	Leguminosae
<i>Senecio inaequidens</i> DC.	Compositae
<i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.	Graminaceae
<i>Sicyos angulatus</i> L.	Cucurbitacea
<i>Solidago canadensis</i> L.	Compositae
<i>Solidago gigantea</i> Aiton	Compositae

<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Graminaceae
<i>Veronica peregrina</i> L.	Scrophulariaceae
<i>Xanthium italicum</i> Moretti	Compositae

### 3.5.4.3 Ombreggiamento per il controllo della vegetazione in alveo

Gli sfalci della vegetazione acquatica estesi su lunghi tratti provocano un impatto ecologico molto significativo sull'ecosistema del canale; laddove possibile è allora preferibile contenere l'eccessiva proliferazione di piante acquatiche ricorrendo all'ombreggiamento ad opera di piante arboreo-arbustive riparie poste sul ciglio di sponda. Il risultato migliore si ottiene nei casi in cui si riesca a creare la cosiddetta "galleria" vegetazionale. In molti contesti, l'efficacia dell'ombreggiamento è tale che, per evitare la totale scomparsa delle piante acquatiche, è consigliabile prevedere filari arborei discontinui o lungo un unico lato del canale (Figure 106 e 107).

Figura 106  
L'ombreggiamento limita lo sviluppo della vegetazione erbacea e delle alghe sulle sponde e nell'alveo. Deve pertanto essere dimensionato caso per caso in rapporto alla larghezza dell'alveo, in modo da ridurre l'eutrofizzazione e lo sviluppo delle infestanti, ma non inibire completamente la crescita della vegetazione spondale e acquatica  
(Disegno: Massimo Milandri)



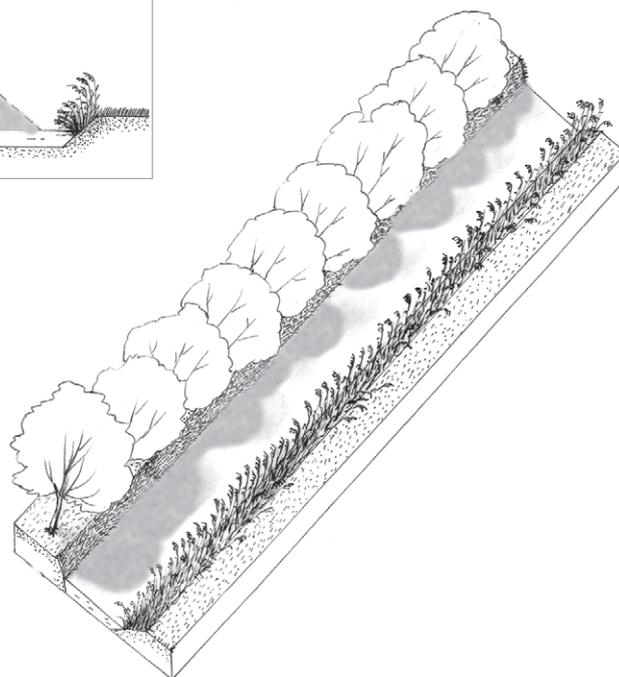
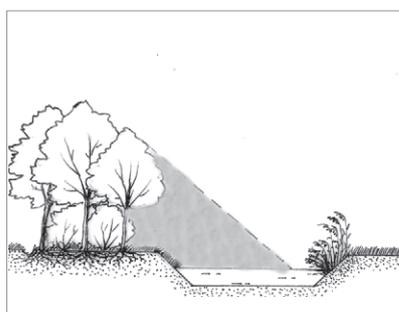
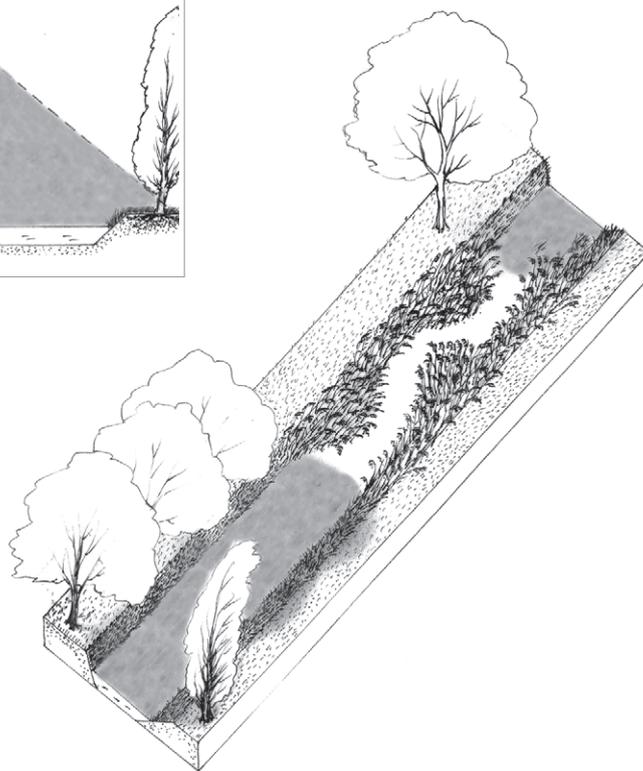
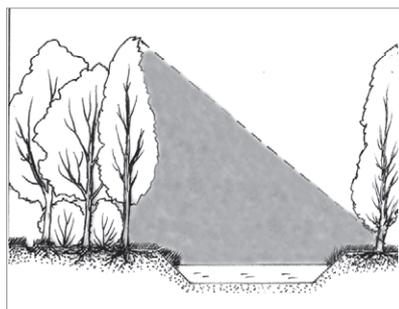


Figura 107  
L'effetto dell'ombreggiamento può essere talmente efficace da eliminare quasi completamente la vegetazione acquatica, creando quindi un danno a tale componente biologica. È pertanto consigliabile, in molti casi, alternare zone ad ombreggiamento totale su entrambe le sponde a zone con filari alberati posti solo su un lato del canale, sino a situazioni in cui si alternano zone alberate e altre no sulla stessa riva (immagine in alto), così da favorire una diversificazione biologica in alveo e sulle sponde. Se il canale (immagine in basso) è sufficientemente largo, un solo filare alberato, seppur ben posizionato, può non essere sufficiente per il totale controllo della vegetazione in alveo, fatto che, dal punto di vista biologico, risulta positivo in quanto permette la crescita di vegetazione acquatica e palustre sul lato non ombreggiato. (Disegni: Massimo Milandri)

## BOX DI PROGETTO

### Ombreggiamento per il controllo della vegetazione acquatica

(Consorzio della bonifica Renana - Comune di Medicina - Provincia di Bologna)

*Figura 108*

*Esempio di canale con ombreggiamento completo generato da due filari arborei posti su entrambe le sponde; si noti la totale assenza di vegetazione acquatica, ottenuta senza l'esecuzione di alcuna operazione di manutenzione dell'alveo (Canale di Medicina). (Foto: Marco Monaci)*



*Figura 109*

*Il canale della figura precedente visto dall'esterno: si noti la fascia riparia particolarmente rigogliosa e diversificata che ombreggia il canale (nella foto coperto dalla vegetazione). (Foto: Marco Monaci)*

#### **3.5.4.4 Manutenzione della vegetazione nelle aree di laminazione/ zone umide in alveo**

In alcune situazioni è possibile realizzare aree di laminazione o zone umide in alveo (Par.3.3.4.3), dotate di una componente vegetale di notevole importanza, che necessita di periodiche operazioni di manutenzione.

La vegetazione acquatica svolge un ruolo importante nel contenimento dei carichi eccessivi di nutrienti e contribuisce a valorizzare le aree di laminazione anche da un punto di vista ambientale. Gli specchi d'acqua poco profondi non dovrebbero pertanto essere soggetti al taglio delle piante radicate al fondo. All'interno delle aree umide occorre avere cura di mantenere funzionale un canale di corrente (Figura 110), eseguendo un taglio durante il periodo vegetativo (a partire dal mese di agosto) e un taglio durante il periodo autunnale. Durante il taglio della vegetazione acquatica è necessario evitare per quanto possibile di interessare il fondo per non mobilitare le sostanze depositate. E' opportuno un recupero rapido (12 ore) della vegetazione sfalciata, per evitare il rilascio di nutrienti.

Il taglio dei canneti risulta necessario solo quando i bacini presentano problemi di interrimento o si abbia l'esigenza di raccogliere la biomassa per il controllo dei carichi eccessivi di fosforo. In entrambi i casi si deve aver cura di distribuire nel tempo gli interventi in modo da non eliminare tutta la vegetazione nello stesso anno. Data la loro versatilità, i mezzi più idonei per il taglio dei canneti risultano essere le barche dotate di cingoli (anfibi).

E' opportuno evitare di eseguire il taglio della vegetazione durante il periodo riproduttivo dell'avifauna, che generalmente si concentra nel periodo marzo - luglio. Bisogna evitare di tagliare il canneto al di sotto del livello dell'acqua in quanto la sommersione prolungata della parte aerea priva i rizomi dell'ossigeno e inibisce lo sviluppo del popolamento.

*Figura 110  
Esempio di zona umida  
in alveo con finalità  
secondaria naturalistica;  
in evidenza sulla sinistra  
il canale di corrente  
preferenziale, mantenuto  
aperto grazie agli  
interventi di gestione  
della vegetazione eseguiti  
dalla sponda limitrofa.  
(Foto: Consorzio di  
bonifica Acque Risorgive)*



#### **3.5.4.5 Macchinari**

L'uso dei mezzi per la manutenzione dei canali può provocare danni diretti alla fauna, oltre che quelli indiretti dovuti all'eliminazione di habitat, ma anche problemi di stabilità alle sponde; è però possibile seguire alcune precauzioni specifiche nell'uso di tali macchinari che, in molti casi, possono limitare i problemi esposti.

E' da preferire l'utilizzo di macchine e attrezzature di modeste dimensioni, con preferenza di macchine gommate rispetto a quelle cingolate, adeguate alla viabilità e alla sentieristica esistente e omologate in conformità alle normative dell'Unione Europea, per ridurre al massimo il rumore e l'emissione di polveri fini in atmosfera e la compattazione del suolo. Le operazioni dovrebbero essere eseguite preferenzialmente su suoli asciutti.

Gli strumenti più piccoli come falci, decespugliatori a spalla e motofalciatrici sono indubbiamente molto inefficienti da un punto di vista economico, ma presentano grandi vantaggi da quello ecologico. Con questi mezzi, infatti, è difficile ferire gli animali ed è possibile risparmiare singole piante e/o microhabitat di particolare interesse conservazionistico, nei siti tutelati o comunque dotati di un particolare rilievo ecologico.

Le barre falcianti per lo sfalcio della vegetazione erbacea devono

essere montate in preferenza posteriormente al mezzo di traino, limitandone l'utilizzo laterale, a sbalzo rispetto alla macchina motrice, alle sponde e alle superfici inclinate.

La benna falciante, utilizzata anch'essa per lo sfalcio della vegetazione, può servire anche per un'azione di risezionamento del fondo dei canali; è infatti spesso utilizzata in situazioni di sottodimensionamento del canale e in condizioni di rischio idraulico, in cui è necessario un continuo risezionamento e uno sfalcio frequente. Le modalità con cui è impiegata la rendono quindi tra gli attrezzi con l'impatto più elevato dal punto di vista ambientale, come conseguenza della periodica movimentazione del fondo e dell'alterazione degli habitat acquatici. Per questo motivo risulta molto importante la formazione dell'operatore, al fine di utilizzare modalità d'uso meno invasive, evitando quando possibile i risezionamenti del canale.

I dispositivi falcianti a rotazione (tamburi/dischi falcianti) possono facilmente colpire gli animali presenti nella vegetazione e per questo motivo il loro utilizzo dovrebbe essere limitato al periodo tardo autunno-invernale, al di fuori del periodo di nidificazione della fauna.

La trinciatrice a mazzuoli genera un impatto ecologico negativo, che può essere ridotto con una regolazione alta dell'organo tagliatore e intervenendo nel periodo tardo autunno-invernale.

Anteriormente alla barra falciante e alla trinciatrice, se montate frontalmente, possono essere collocate barre di involo al fine di allontanare preventivamente gli animali presenti nella vegetazione; in alternativa, il mezzo potrebbe essere preceduto da personale a piedi con il compito di allontanare la fauna.

Per tutti i dispositivi l'altezza di lavoro dovrebbe essere di circa 10 cm sopra la cotica erbosa.

Fino ad oggi le macchine per la manutenzione utilizzate dai Consorzi sono state in genere frutto di adattamenti dei mezzi utilizzati in agricoltura, ma da alcuni anni hanno iniziato a svilupparsi macchine progettate specificatamente per l'uso lungo i canali: si pensi al ragno (Figura 111), dotato di un'elevata flessibilità nei movimenti lungo i canali e alle falciatrici telecomandate (Figurata 112), utili in situazioni in cui i mezzi classici per la manutenzione non possono accedere, o ai mezzi anfibi (Figura 113), che permettono di operare dall'alveo sia in situazioni di scarsità d'acqua, mediante l'uso dei cingoli, sia quando il tirante idrico è elevato, grazie alla capacità di galleggiare e alla propulsione ad elica.

*Figura 111*

*Ragno.*

*Questo mezzo meccanico permette una forte flessibilità in termini di spostamenti lungo e all'interno del canale.*

*Nella foto il ragno è sceso da un argine per posizionarsi a ridosso dell'alveo bagnato.*

*(Foto: Bruno Boz)*



*Figura 112*

*Falciatrice telecomandata.*

*Mezzo adatto ad essere utilizzato in situazioni in cui gli usuali mezzi di manutenzione, guidati dagli operatori, non possono accedere, per difficoltà logistiche o di sicurezza.*

*(Foto: Bruno Boz)*



*Figura 113*

*Mezzo anfibio.*

*La capacità di movimento sia su terreni asciutti, mediante cingolati, sia in acqua, grazie alla capacità di galleggiamento, permette ai mezzi anfibi una grande flessibilità di utilizzo in situazioni in cui la sola manutenzione dalle sponde non è possibile.*

*(Foto: Bruno Boz)*



### **3.5.5 EFFETTI DEGLI INTERVENTI**

L'adozione di tecniche di manutenzione della vegetazione meno impattanti risulta essere un campo d'azione fondamentale per raggiungere un significativo incremento della valenza ambientale dei canali.

I principali effetti legati al mantenimento della vegetazione sono:

- Effetti ambientali ed ecologici
  - creazione di habitat in e fuori alveo;
  - miglioramento dello stato della vegetazione spondale e delle rive;
  - miglioramento dello stato della vegetazione acquatica;
  - miglioramento dello stato delle comunità faunistiche (macroinvertebrati, fauna ittica, fauna terrestre, avifauna, anfibi);
  - miglioramento della qualità delle acque;
  - incremento della connessione ecologica.
- Effetti strutturali
  - Controllo del dissesto spondale.

### **3.5.6 PRECAUZIONI**

Le principali attenzioni da osservare in fase di svolgimento delle operazioni di manutenzione sono state descritte in modo puntuale nei paragrafi precedenti relativi alle diverse tipologie di azione.

### 3.6 FORESTAZIONE DELLE PERTINENZE DEI CANALI E CREAZIONE DI UNA FILIERA LEGNO-ENERGIA

La forestazione delle pertinenze dei canali si scontra con due problematiche principali: la necessità di eseguire la periodica manutenzione dell'alveo, a cui è possibile dare risposta mediante opportuni protocolli di manutenzione e un'attenta collocazione delle fasce boscate, e la proprietà dei terreni su cui realizzare l'impianto, nella maggior parte dei casi privata.

In quest'ultimo caso è quindi utile ricercare soluzioni che permettano di ottenere la collaborazione degli agricoltori confinanti con il canale, in modo che la forestazione possa divenire occasione per l'integrazione del loro reddito.

Una soluzione possibile diviene quindi la creazione di una filiera legno-energia, che vede negli alberi posti lungo i canali i fornitori di biomassa che, ad esempio sottoforma di legno cippato, può alimentare impianti termici di media potenza.

Perché questa strategia possa essere applicata è però necessario che:

- le aziende agricole agiscano possibilmente in forma associata, per contribuire a fornire la quantità di biomassa necessaria perché la filiera sia economicamente fattibile;
- altri soggetti operanti nel contesto agricolo, come ad esempio i Consorzi di Bonifica, entrino nella filiera legno-energia come soggetti in grado di gestire l'intero ciclo colturale delle fasce boscate, dalla realizzazione dell'impianto, alla manutenzione, alla raccolta.



*Figura 114  
La valorizzazione economica delle siepi messe a dimora lungo i canali richiede l'utilizzo di appropriati mezzi meccanici per il taglio e la raccolta del materiale legnoso.  
(Foto: Bruno Boz)*



*Figura 115  
Una volta raccolto il materiale legnoso, è possibile ed economicamente vantaggiosa una sua trasformazione in posto, come mostrato in figura.  
(Foto: Bruno Boz)*

## 3.7 LA RIQUALIFICAZIONE DEI CANALI IN AMBITO URBANO

Nel caso in cui un canale di bonifica scorra in ambito urbano, le problematiche legate alla sua riqualificazione aumentano, come conseguenza dell'accresciuto numero di vincoli a cui il corso d'acqua è sottoposto, come ad esempio:

- la presenza di strade ed edifici molto prossimi all'alveo;
- la necessità di garantire un veloce deflusso delle acque per evitare allagamenti in area urbana;
- la ricerca da parte dei cittadini di spazi ricreativi, che può portare a far virare gli obiettivi di riqualificazione verso soluzioni improntate maggiormente alla fruizione e alla riqualificazione paesaggistica, a discapito degli aspetti prettamente ambientali e naturalistici.

Le soluzioni tecniche prospettate negli altri capitoli delle Linee guida possono essere utilizzate anche nel contesto urbano, ma occorre valutare caso per caso la loro adeguatezza e il modo di adattarle alle peculiarità dell'ambiente urbano (si veda l'esempio presentato nel box seguente).

## BOX DI PROGETTO

# Riqualficazione di canali in ambito urbano: Canale di San Giovanni

(Consorzio di bonifica pianura di Ferrara e Consorzio della bonifica Burana, 2008 - Comune di San Giovanni in Persiceto - Frazione di San Matteo della Decima - Provincia di Bologna)

### Obiettivo

Il progetto ha avuto lo scopo di migliorare lo stato ecologico del canale e renderlo maggiormente fruibile dalla popolazione, avviando al contempo lavori volti alla diminuzione del rischio idraulico e del dissesto spondale.

### Interventi

- Allargamento di sezione per una lunghezza di 700m: creazione di un alveo a due stadi e conseguente realizzazione di una golena in sponda destra, per una larghezza variabile dai 4 ai 2,5m in relazione ad un alveo precedentemente largo circa 7m. L'intervento, oltre ad aumentare la sezione per motivi idraulici, migliora le condizioni ambientali del canale grazie alla nuova area golenale prossima all'alveo bagnato, che permetterà lo sviluppo di vegetazione igrofila, in parte messa a dimora in fase di realizzazione dell'intervento (Figure 116, 117, 118 e 119);
- Consolidamento della sponda destra tramite la realizzazione di una palificata semplice rinverdita: l'intervento permette il sostegno della sponda allargata e la creazione di una fascia riparia arbustiva (Figure 117 e 119);
- Forestazione della golena con formazione vegetale mista: si alternano superfici alberate con specie igrofile, aree con vegetazione erbacea palustre e zone inerbite;
- Realizzazione di punti di sosta che si affacciano sul canale: le aree sono dotate di panchine e macchie di vegetazione;
- Espurgo dei sedimenti dall'alveo: rimozione di sedime per uno spessore medio di 60 cm;
- Realizzazione di una trappola per sedimenti: l'intervento, realizzato a monte del tratto urbano riqualficato, permette di intercettare i sedimenti prima che giungano in tale tratto urbano, diminuendo così la velocità di un suo nuovo interrimento e la frequenza di interventi di manutenzione.



*Figura 116*

*Il canale di San Giovanni prima dell'intervento (vista da monte a valle). Si noti al centro della foto una piccola banca dotata di copertura erbacea e subito sopra un tratto di pista ciclabile. A destra nella foto si scorge la strada statale che costeggia il canale. (Foto: Marco Monaci)*



*Figura 117*

*Il canale a due anni dall'esecuzione dei lavori, nella stessa sezione mostrata nella figura precedente: a sinistra nella foto si nota la creazione di una piccola golena allagabile ora in corso di colonizzazione da parte della vegetazione palustre, realizzata tramite sbancamento della porzione di terreno preesistente; la sponda arretrata, ora più verticale, è retta da una palificata ed è affiancata da una staccionata in legno, per favorire la fruizione sicura dell'area, e da un filare di alberi, messi a dimora per ombreggiare il percorso fruitivo. A destra nella foto è presente una palizzata rinverdita. (Foto: Marco Monaci)*



*Figura 118*

*La foto mostra una seconda sezione del canale vista da valle a monte prima dei lavori di sbancamento (2008); si noti a destra della foto la banca di 3-4 m che si frappone tra l'alveo bagnato e la strada, oggetto degli interventi di sbancamento.*

*(Foto: Marco Monaci)*



*Figura 119*

*Il canale al termine dei lavori (2010), nella stessa sezione mostrata nella figura precedente. Si noti in destra la banca creata grazie all'arretramento della sponda, ora sorretta da una palificata, e, sullo sfondo, la messa a dimora di specie arbustive-arboree all'interno della banca. A sinistra nella foto è presente una palizzata rinverdita.*

*(Foto: Marco Monaci)*

### 3.8 GESTIONE DEI CANALI NEI SITI RETE NATURA 2000 (SIC E ZPS)

La Giunta della Regione Emilia Romagna con propria deliberazione 667 ha approvato in data 18/05/2009 il “Disciplinare tecnico per la manutenzione ordinaria dei corsi d’acqua naturali e artificiali e delle opere di difesa della costa nei siti della Rete Natura 2000 (SIC e ZPS)”, al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Il Disciplinare definisce le modalità di intervento ambientalmente compatibili nei corsi d’acqua naturali e artificiali cercando di coniugare la conservazione della biodiversità presente nelle aree ricomprese nei Siti Natura 2000 con i criteri di sicurezza idraulica e di gestione della risorsa idrica che sono alla base degli interventi di manutenzione ordinaria.

Il Disciplinare tecnico individua e regola gli interventi di manutenzione che possono essere considerati a bassa incidenza ambientale e che, di conseguenza, sono esenti dall’effettuazione della valutazione di incidenza o di pre-valutazione, a condizione che vengano rispettate le modalità, le tipologie e i tempi di esecuzione indicati. Gli interventi di manutenzione in deroga al Disciplinare sono soggetti alla valutazione o alla pre-valutazione di incidenza da effettuarsi da parte dell’Ente competente ai sensi della L.R. n.7/04 e della Deliberazione della Giunta regionale n. 1191/07.



Figura 120  
Copertina del  
“Disciplinare tecnico  
per la manutenzione  
ordinaria dei corsi  
d’acqua naturali ed  
artificiali e delle opere di  
difesa della costa nei siti  
della Rete natura 2000  
(SIC e ZPS).  
(Fonte: Regione Emilia-  
Romagna)



## APPROCCIO METODOLOGICO PER LA SCELTA DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEI CANALI

L'applicazione degli interventi suggeriti dalle presenti Linee guida richiede di valutare attentamente i pro e i contro del loro utilizzo, anche rispetto a soluzioni più usuali dell'ingegneria idraulica e sanitaria.

Per poter effettuare tale tipo di valutazioni, si suggerisce l'utilizzo di una metodologia di progettazione di tipo multiobiettivo, brevemente illustrata di seguito e composta dai passi chiave seguenti (approfonditi maggiormente nei paragrafi successivi):

- Analisi dei problemi esistenti: i progetti di riqualificazione dei canali devono innanzitutto definire quali siano i problemi, non solo ambientali ma anche antropici, di cui soffre il canale;
- Individuazione dei punti di forza del territorio: un progetto di riqualificazione, oltre che cercare di risolvere i problemi individuati, dovrebbe tendere anche a valorizzare le peculiarità del territorio in cui il canale scorre;
- Definizione degli obiettivi: sulla base delle problematiche in atto lungo il canale in studio e delle opportunità offerte dal territorio, il progetto deve definire obiettivi di tipo ambientale (in riferimento all'ecosistema) e antropico (in relazione al rischio idraulico, al dissesto spondale, ecc.);
- Definizione delle tipologie di intervento: prima di considerare l'uso di tipologie di intervento dell'ingegneria civile-idraulica-sanitaria classiche, è auspicabile valutare la possibilità di utilizzo delle tecniche tipiche dei progetti di riqualificazione dei canali illustrate nelle presenti Linee guida, eventualmente integrabili con le soluzioni tradizionali;
- Identificazione di ipotesi (alternative) progettuali: gli obiettivi che il progetto di riqualificazione del canale intende raggiungere sono difficilmente perseguibili contemporaneamente allo stesso livello; è utile allora definire diverse ipotesi progettuali, denominate "alternative", ognuna delle quali raggiunge in modo diversificato gli obiettivi grazie alla differente combinazione delle tipologie di intervento individuate in precedenza, in termini di utilizzo/non utilizzo di una data azione o di estensione dell'intervento;

- Confronto tecnico-economico-ambientale tra possibili alternative: le diverse alternative progettuali dovrebbero essere confrontate sulla base del loro costo e dei risultati che si ritiene possano ottenere rispetto ai diversi obiettivi prefissati, effettuando quest'ultimo tipo di valutazione "degli effetti" in modo quantitativo o, in mancanza di tempo, risorse e mezzi, anche solo in modo qualitativo, così da ottenere almeno indicazioni tendenziali per orientare le scelte;
- Coinvolgimento dei portatori di interesse: la scelta dell'alternativa progettuale "migliore" è un fatto non solo tecnico ma anche di valenza sociale, che coinvolge le aspettative di diversi portatori di interesse sul territorio. Per prendere la decisione finale occorre quindi realizzare un processo di partecipazione pubblica, che permetta di cogliere in modo chiaro i pro e i contro delle diverse alternative progettuali, in riferimento anche alle aspettative dei portatori di interesse.

La metodologia qui illustrata può essere applicata nella definizione di studi di fattibilità o progetti a scala di bacino, situazione nella quale diviene uno strumento molto potente e utile; la stessa logica può essere utilizzata in via qualitativa/concettuale anche nella definizione di progetti spazialmente più limitati, dove in ogni caso si rende spesso necessario scegliere quale tecnica utilizzare per risolvere un problema strutturale locale (si pensi al classico caso del dissesto spondale, a cui è dedicato il Par.3.2).

## 4.1 ANALISI DEI PROBLEMI ESISTENTI

I progetti di riqualificazione devono innanzitutto definire di quali problemi, ambientali e antropici, soffre il canale.

L'elenco seguente sintetizza le principali problematiche che tipicamente si riscontrano lungo i canali e le cause che le generano e può essere utilizzato come una check-list:

- Problematiche idrauliche
  - Rischio idraulico a causa di:
    - o aumento delle portate dovuto all'urbanizzazione e conseguente impermeabilizzazione del territorio;
    - o inadeguatezza idraulica della sezione;

- o capacità di deflusso non sufficiente a causa della presenza di vegetazione in alveo;
- o capacità di deflusso non sufficiente a causa di accumulo di sedimenti in alveo;
- o strozzature idrauliche (es. dovute agli attraversamenti);
- o pendenza insufficiente o invertita;
- o scomparsa o mancanza di aree di laminazione.
- Problematiche ambientali ed ecologiche
  - Scarsa qualità ecologica in termini di:
    - o vegetazione in alveo;
    - o vegetazione delle sponde e delle pertinenze dei canali;
    - o fauna ittica;
    - o fauna terrestre;
    - o avifauna;
    - o anfibi;
    - o macroinvertebrati.
  - Qualità dell'acqua non soddisfacente a causa di:
    - o scarichi di depuratori;
    - o presenza di scolmatori di piena;
    - o scarsa capacità autodepurativa del canale;
    - o inquinamento diffuso proveniente da aree agricole.
  - Scarsa connessione ecologica ad elementi di valore ambientale a causa di:
    - o presenza di ostacoli insormontabili di natura antropica (manufatti idraulici, strade, tombinamenti, artificializzazioni varie, ecc.);
    - o fasce e corridoi privi di vegetazione perché soggetti a tagli frequenti;
- Problematiche geomorfologiche

- Dissesti spondali a causa di:
  - o cicli di riempimento o svuotamento del canale;
  - o mancanza di vegetazione al piede di sponda;
  - o scarsa coerenza del materiale di sponda;
  - o carico eccessivo (es. a causa di una strada posta lungo la sponda);
  - o ammaloramento delle difese esistenti;
  - o presenza di specie animali esotiche con attività fossoria (es. nutria, gambero).
  
- Incisione dell'alveo a causa di:
  - o eccessiva velocità della corrente;
  - o mancanza di protezione del fondo fornita dalla vegetazione acquatica.
  
- Aggradamento dell'alveo a causa di:
  - o dilavamento dei terreni;
  - o condizioni idrauliche che favoriscono la sedimentazione.
  
- Problematiche legate all'uso della risorsa idrica
  - Problematiche legate all'uso irriguo del canale a causa di:
    - o difficoltà nel garantire l'approvvigionamento idrico;
    - o necessità di contenere i consumi irrigui.
  
  - Problematiche legate alla qualità paesaggistica e fruitiva
    - Scarsa qualità paesaggistica a causa di:
      - o presenza di rifiuti in alveo;
      - o banalizzazione del paesaggio (perdita degli elementi naturali, storici e architettonici).
  
    - Impedimenti nella fruizione del canale a causa di:
      - o difficoltà ad accedere al canale (per pesca, sosta, ecc.);

o mancanza di percorsi appositi (attrezzati o meno) per percorrere le sponde a piedi, in bicicletta, a cavallo, ecc.

## 4.2 INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI FORZA DEL TERRITORIO

Un progetto di riqualificazione, oltre che cercare di risolvere i problemi individuati, dovrebbe tendere anche a valorizzare le peculiarità del territorio in cui il canale scorre, come ad esempio:

- presenza di elementi di pregio naturalistico lungo il canale o nelle immediate vicinanze;
- presenza di elementi storico-architettonici da valorizzare mediante l'intervento;
- presenza di una richiesta di fruizione del canale e del territorio limitrofo.

## 4.3 DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI

Sulla base delle problematiche in atto lungo l'asta del canale e delle opportunità offerte dal territorio, il progetto di riqualificazione deve definire gli obiettivi di tipo ambientale e antropico che intende conseguire.

L'elenco seguente sintetizza i principali obiettivi che tipicamente possono essere perseguiti per la riqualificazione multiobiettivo dei canali e può essere utilizzato come una check-list di controllo:

- Obiettivi idraulici e morfologici
  - diminuzione del rischio idraulico;
  - consolidamento delle sponde.
- Obiettivi ambientali ed ecologici
  - miglioramento della qualità dell'acqua;
  - miglioramento della vegetazione delle pertinenze;
  - miglioramento della vegetazione acquatica;

- miglioramento degli habitat (per fauna ittica, anfibi, avifauna, fauna terrestre);
- riconnessione ecologica.
- Obiettivi paesaggistici e sociali
  - riqualificazione paesaggistica del canale;
  - riqualificazione fruitiva del canale.

## 4.4 DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Per una disamina delle tipologie di intervento utilizzabili in un progetto di riqualificazione dei canali si rimanda al Cap.3 “Linee guida per la riqualificazione ambientale dei canali”.

## 4.5 IDENTIFICAZIONE DI IPOTESI (ALTERNATIVE) PROGETTUALI

Per rappresentare in modo sintetico le alternative prese in considerazione, è possibile utilizzare il sistema mostrato in Tabella 2, relativo allo “*Studio di fattibilità per la riqualificazione del Canale di San Giovanni*” (Comune di San Giovanni in Persiceto, Provincia di Bologna).

La colonne della tabella rappresentano le diverse alternative progettuali, raggruppate in gruppi omogenei in funzione dell’obiettivo principale che si propongono di raggiungere:

- le ipotesi progettuali da R1 ad R6 si pongono l’obiettivo di diminuire il **R**ischio idraulico, oltre a quelli di miglioramento della qualità dell’acqua e dell’ecosistema;
- l’alternativa E1 rappresenta l’unica ipotesi progettuale che punta esclusivamente a miglioramenti dell’**E**cosistema;
- le alternative da Q1 a Q7 puntano principalmente a migliorare la **Q**ualità dell’acqua e in secondo luogo al miglioramento dell’ecosistema;
- le alternative da L1 ad L4 hanno l’obiettivo di creare reddito

agricolo tramite lo sviluppo di una filiera Legno - energia, oltre che di raggiungere anche altri obiettivi importanti quali la diminuzione del rischio idraulico e il miglioramento della qualità dell'acqua e dell'ecosistema.

Le righe della tabella indicano invece quali tipologie di intervento sono state considerate dalle diverse alternative progettuali, segnalando il fatto con un quadrato grigio in corrispondenza delle colonne; ad esempio, la costruzione di *Trappole per sedimenti e zone umide* è stata considerata nelle sole alternative Q1, Q2, Q4, Q6, in tutte le R, e nelle L2, L3 ed L4, mentre nell'alternativa E1 sono stati considerati solo interventi di forestazione e di gestione sostenibile della vegetazione acquatica.

Leggendo la tabella per colonne è quindi possibile capire in modo sintetico quali interventi prevede ogni alternativa; ad esempio la R1 intende realizzare la *gestione sostenibile della vegetazione e la forestazione sul 20% della lunghezza del canale, trappole per sedimenti e zone umide e un allargamento naturalistico di sezione pari a 2m.*

Tipologie di intervento	Alternative Ecosistema	Alternative Qualità acqua trasporto solido ecosistema							Alternative Rischio idraulico ecosistema qualità acqua trasporto solido erosione spondale						Alternative Legno energia ecosistema qualità acqua rischio idraulico trasporto solido erosione spondale			
	E1	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	R1	R2	R3	R4	R5	R6	L1	L2	L3	L4
Gestione sostenibile e forestazione (su 20% lunghezza sponda)																		
Gestione sostenibile e forestazione (su 80% lunghezza sponda)																		
Trappole per sedimenti e zone umide																		
Trappole per sedimenti e zone umide estese																		
Banca di 0,5m e palizzata rinverdita																		
Palificata rinverdita																		
Cassa d'espansione-fitodepurazione - 1																		
Cassa d'espansione-fitodepurazione - 2																		
Allargamento naturalistico di sezione (2m)																		
Allargamento naturalistico di sezione (5m)																		

Tabella 2  
 Tipologie di intervento (prima colonna) previste per ogni alternativa (colonne successive), a loro volta accorpate in 4 gruppi in relazione all'obiettivo principale perseguito (lettere blu).  
 (Fonte: CIRF, 2009)

## 4.6 CONFRONTO TECNICO-ECONOMICO AMBIENTALE TRA POSSIBILI ALTERNATIVE

Per confrontare tra loro le alternative progettuali e verificare quanto ognuna di queste raggiunge gli obiettivi prefissati, è necessario effettuare una valutazione di tipo multicriterio; per ognuna delle alternative (denominate nella tabella successiva ALT E1, ALT Q1, ALT R1), poste nelle colonne di una “matrice di valutazione”, si deve valutare in che “misura” ognuna di esse permette di raggiungere l’obiettivo prefissato, indicato nelle righe della matrice suddetta. Nell’esempio riportato in Tabella 3, il grado di raggiungimento di un obiettivo da parte delle alternative considerate è indicato tramite un indice che varia tra 0 (obiettivo non raggiunto) e 1 (obiettivo raggiunto), passando per valori intermedi che indicano un obiettivo raggiunto parzialmente.

	ALT E1	ALT Q1	ALT R1
OBIETTIVO ”Diminuzione del rischio idraulico”	0.5	0.2	0.8
OBIETTIVO ”Miglioramento dello stato dell’ecosistema”	1	0.6	0,5
OBIETTIVO ”Miglioramento della qualità dell’acqua”	0.4	0.8	0.4

*Tabella 3  
Esempio di matrice di valutazione: nell’esempio, “1” rappresenta il pieno raggiungimento dell’obiettivo valutato, “0” il non raggiungimento e i valori intermedi obiettivi raggiunti parzialmente.*

La valutazione multicriterio mostra esplicitamente quale grado di compromesso si accetta scegliendo un’alternativa piuttosto che un’altra.

Il calcolo degli indici che misurano il raggiungimento degli obiettivi richiede di effettuare una previsione degli effetti di ogni alternativa (ad esempio, stima degli effetti sulla qualità dell’acqua delle azioni considerate con le ALT Q1, R1 ed E1); tale valutazione può essere eseguita nella fase preliminare della progettazione anche mediante la consultazione di esperti dei diversi settori che, sulla base del-

la loro esperienza, possono ipotizzare qualitativamente i possibili effetti delle azioni previste (il cosiddetto “giudizio esperto”, che richiede ovviamente precauzioni nell’uso, basandosi su valutazioni soggettive), così da fornire un’indicazione tendenziale del grado di raggiungimento degli obiettivi prefissati. La valutazione preliminare così ottenuta dovrà poi essere confermata ed eventualmente quantificata durante le fasi progettuali successive.

I risultati di un tale processo vengono generalmente sintetizzati in una “matrice di valutazione” come quella riportata in Tabella 4, relativa allo studio di fattibilità citato in precedenza.

In questa matrice le colonne indicano le alternative considerate (le stesse di Tabella 2 descritte nel paragrafo precedente) e le righe elencano invece gli obiettivi da raggiungere.

Leggendo la matrice per colonne è possibile capire quanto gli interventi previsti per l’alternativa rappresentata dalla colonna (es. ALT R1) permetteranno di raggiungere i singoli obiettivi; facendo sempre riferimento ad R1, la matrice indica che l’obiettivo di miglioramento dell’ecosistema acquatico è stato raggiunto in modo buono (nella cella di intersezione tra la colonna R1 e l’obiettivo appena indicato è infatti presente il valore 0,75 che corrisponde proprio alla classe di buon raggiungimento dell’obiettivo); il miglioramento della qualità dell’acqua è invece raggiunto in modo sufficiente (valore 0,5) e così via. I colori assegnati ad ogni classe (dal blu al verde fino al bianco) permettono inoltre di verificare in modo intuitivo come un’alternativa raggiunge gli obiettivi.

Nella matrice di valutazione è stato inoltre riportato un “indice aggregato” che sintetizza il grado di raggiungimento di tutti gli obiettivi da parte dell’alternativa analizzata. Nel caso specifico mostrato in tabella, l’indice è stato ottenuto tramite semplice media aritmetica dei valori relativi ai singoli obiettivi (ad esempio, il valore dell’indice aggregato pari a 0,68 per l’alternativa R1 altro non è che la media dei valori indicati nella colonna).

La definizione dell’indice sintetico richiederebbe in realtà l’applicazione di metodi formalizzati più raffinati (ad esempio assegnando importanze diverse ai singoli obiettivi e trasformando la media aritmetica in media pesata), per i quali si rimanda all’ampia letteratura esistente.

Nella matrice d’esempio è inoltre stato riportato anche il costo di ogni alternativa, così da poter effettuare un confronto tra benefici ottenuti dall’alternativa (indice aggregato) e i costi necessari per

raggiungerli; non si tratta di una vera e propria analisi costi-benefici formalizzata, ma questo confronto è comunque utile per poter effettuare valutazioni speditive in merito alla preferibilità di un'alternativa rispetto ad un'altra, senza procedere alla formalizzazione matematica.

La matrice non permette di effettuare una scelta univoca e di giudicare quale sia la migliore alternativa in assoluto; permette però di ragionare e di individuare l'ipotesi progettuale che sembra migliore al decisore in funzione sia di sue valutazioni sia del contesto (parere dei portatori di interesse, disponibilità economica, facilità nel raggiungere accordi con i proprietari dei terreni, ecc.); in caso di disponibilità di molte risorse pubbliche si potrebbe decidere di scegliere l'alternativa che raggiunge un valore dell'indice sintetico maggiore, oppure, in caso di scarsità di finanziamento, decidere di partire con l'alternativa meno costosa anche se meno proficua in termini di obiettivi raggiunti, oppure si potrebbe selezionare l'ipotesi più efficiente in termini di costi-benefici, o ancora quella che soddisfa meglio un determinato obiettivo (es. il miglioramento della qualità delle acque) a scapito degli altri.

OBIETTIVI	ALTERNATIVE										ALTERNATIVE						ALTERNATIVE			
	E1	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	R1	R2	R3	R4	R5	R6	L1	L2	L3	L4		
Miglioramento ecosistema acquatico	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	1	1	0,75	0,25	0,5	0,5	0,75		
Miglioramento ecosistema ripario	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	1	1	1		
Miglioramento qualità acqua	0,25	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5		
Diminuzione della torbidità	0	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5		
Diminuzione del rischio idraulico	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0	0	0	0	0,5		
Controllo dell'erosione spondale	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	0,5	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5		
Aumento del reddito agricolo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	1	1	1	1		
<b>Indice aggregato</b>	<b>0,36</b>	<b>0,39</b>	<b>0,50</b>	<b>0,43</b>	<b>0,54</b>	<b>0,46</b>	<b>0,29</b>	<b>0,61</b>	<b>0,68</b>	<b>0,68</b>	<b>0,75</b>	<b>0,82</b>	<b>0,61</b>	<b>0,39</b>	<b>0,50</b>	<b>0,54</b>	<b>0,68</b>	<b>0,36</b>		
Costo degli interventi (€)	216.081	433.140	1.289.426	1.289.426	1.430.763	2.016.524	2.773.454	544.986	1.329.922	2.059.235	3.326.392	1.817.938	2.546.950	1.329.922	299.509	717.815	839.977	1.259.329		

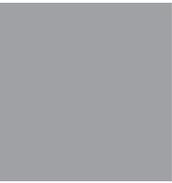
Tabella 4  
Matrice di valutazione: nella prima colonna sono riportati gli obiettivi del progetto, nelle successive colonne le alternative progettuali analizzate e nelle celle di intersezione il grado di raggiungimento dell'obiettivo e da parte dell'alternativa x. (Fonte: CIRF, 2009)

## 4.7 COINVOLGIMENTO DEI PORTATORI DI INTERESSE

La scelta dell'alternativa progettuale “migliore” è un fatto non solo tecnico ma anche di valenza sociale, che coinvolge le aspettative di diversi portatori di interesse sul territorio.

Per prendere la decisione finale occorre quindi realizzare un processo di partecipazione pubblica, strutturato secondo diversi livelli di complessità a seconda dell'importanza territoriale del progetto sotto esame, che permetta di cogliere in modo chiaro pro e contro delle diverse alternative progettuali non solo in riferimento a parametri di valutazione tecnici (efficienza idraulica, miglioramenti ambientali attesi, ecc.), ma anche rispetto alle aspettative dei portatori di interesse.

A questo proposito, l'utilizzo di una matrice di valutazione multiobiettivo come quella descritta al punto precedente permette di sintetizzare in modo chiaro le ricadute essenziali del progetto.



AAVV, Atti del Convegno Nazionale “Botanica delle zone umide” Albano Vercellese, 10-11 novembre 2000, Mus.reg.Sci. Nat.,Torino, 2003.

AAVV, *Indice di funzionalità fluviale*, Manuali e Linee Guida ISPRA, Roma , 2007.

AAVV, *Progetto Sperimentale di Gestione della Vegetazione nei Canali di Bonifica*, Consorzio della Bonifica Burana Leo Scoltenna Pannaro, Savignano S/P (MO), 2005.

AAVV, *Album di Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico*, Il Verde Editoriale, Milano,2007.

AAVV, *Linee guida per il recupero ambientale dei siti interessati dalle attività estrattive in ambito golenale di Po nel tratto che interessa le Province di Piacenza, Parma e Reggio Emilia*, Regione Emilia-Romagna, Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile, Bologna, 2009.

AAVV, *Progetto Life Econet I canali di bonifica e i corsi d’acqua delle provincie di Modena e Bologna – Verso la creazione della rete ecologica di pianura*, Regione Emilia-Romagna, Bologna, 2003.

AAVV, *Atti del seminario nazionale: Il ruolo della vegetazione ripariale e la riqualificazione fluviale dei corsi d’acqua. Proposte operative per una gestione sostenibile*, Regione Piemonte, Torino, 2008.

AAVV, *Atti del 1° Convegno Italiano sulla Riqualificazione Fluviale, Sarzana, 18 - 19 giugno 2009*, Rivista CIRF “Riqualificazione Fluviale” n. 2-2009.

AAVV, *Il Collettore Acque Alte. La bonifica*. U.S.L. 26, San Giovanni in Persiceto (BO), 1993.

Agapito Ludovici A., Cremascoli F., Fanfani E., Pirovano S., Sozzi P., *La gestione naturalistica del reticolo di pianura* WWF Italia, Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana, 2006.

Agostinetti L., Dinese F., Cornelio P., Correale Santacroce F., Fiorentin R., Montecchio L., Pernigotto Cego F., Raimondi S., *La realizzazione delle fasce tampone*, In fasce tampone in ambiente agricolo, Veneto Agricoltura, Consorzio di Bonifica Dese Sile, 37 – 72. Legnaro (PD),2002.

Andreotti S., Zampetti G. (a cura di), *Le buone pratiche per gestire il territorio e ridurre il rischio idrogeologico*, Legambiente in collaborazione con il Dipartimento della Protezione Civile, 2007.

Autorità Di Bacino del Magra, *Elementi di progettazione ambientale dei lavori fluviali*, Biologia ambientale n°2, pp. 60, 1998.

Bajetti F. Paolocci P., *Manutenzione sui canali e sui corsi d'acqua: problematiche e criteri di intervento*, In Atti della Conferenza di bacino dell'Autorità dei bacini regionali del Lazio, Centro IAFE-ENI, Roma, 1999.

Baldo G., *Riquilificare il fiume*, In "La nostra Brenta", AAVV, 7-8, Mazzanti editore, Mestre, 2002.

Baldo G., *L'attività del Cirf. La riquilificazione fluviale come strumento per la vita del corso d'acqua e per una miglior tutela del territorio*. In Seminario "Ticino sicurezza idraulica e tutela ambientale", Cameri, 2004.

Besio F., Lucchetta A. (a cura di), *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*, Regione Emilia-Romagna, Regione Veneto, 1993.

Billi P., *Morfologia dei corsi d'acqua*, Verde Ambiente, n°5, pp. 61-70, 1994.

Billi P., *Dinamica fluviale e antropizzazione*, Acer, 1, pp. 71-75, 1994.

Bischetti G., Chiaradia E.A., Conti M., Di Fidio M., Morlotti E., Cremascoli F., (a cura di), *Linee guida per la Riquilificazione dei Canali Agricoli (LIRICA)*, Quaderni della ricerca n. 92, Milano, 2008.

Bischetti G.B., *Interventi di sistemazione dei corsi d'acqua a basso impatto ambientale e interazione tra vegetazione e deflusso*, In: Bischetti G.B., D'Agostino V., Baldo G., Goltara A., Boz B., Quaderni: Corsi d'acqua e aree di sponda: per un progetto di valorizzazione. Tecniche d'intervento sui corsi d'acqua e sulle aree spondali, pp. 40, Ed. Sestante, 2003.

Blasi C., Paoletta A., *Progettazione ambientale, Cave, fiumi, strade, parchi, insediamenti*, NIS, Firenze, 1992.

Bonafede F., Dallai D., Maffettone L., Del Prete C., *Marsilea quadri-fovia L. in Emilia-Romagna: distribuzione, ecologia e problematiche di conservazione integrata in situ/ex situ*, Atti del 94° Congresso

della Società Botanica Italiana, Ferrara 22-25 settembre 1999.

Borin M., Vinello M., Morari F., Zanin G., *Effectiveness of buffer strips in removing pollutants in runoff from a cultivated field in North-East Italy*, In *Agriculture, Ecosystems e Environment*, Amsterdam, 2005.

Brookes A., *Channelized rivers perspectives for environmental management*, John Wiley & Sons, New York, 1999.

Brookes A., Shields F.D., *River channel restoration - Guiding principles for sustainable projects*, John Wiley e Sons, Chichester, 1996.

Bruni S., *Studio per il recupero delle vasche di lagunaggio dell'ex zuccherificio di San Giovanni in Persiceto*, Giornate di studio "Il ciclo dell'acqua nella pianificazione del territorio", Enea, Bologna, 2001.

Canciani L., Salmoiraghi G., Zaccanti F. (a cura di), *Impatto ed efficienza di una scala per la risalita dei pesci*, Autorità di Bacino del Reno, Bologna, luglio 2004.

Cavalli R., *Ipotesi di gestione delle rive e dei corsi d'acqua alberati*, In *Atti del Workshop: Alberi e corsi d'acqua: la nuova gestione delle rive*, Padova, 21 Febbraio 2003.

Cecchinelli E., Martini I., Aquiloni L., Tricarico E., Gherardi F., *L'uso di trappole e di predatori indigeni per il controllo del Gambero Invasivo (*Procambarus clarkii*) nel Consorzio della Bonifica Parmigiana Moglia Secchia*, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica "Leo Pardi", Firenze, 2008.

CIRF (a cura di), *Manuale di riqualificazione fluviale. Le esperienze pioniere della riqualificazione fluviale in Europa*, Mazzanti Editore, Mestre, 1995.

CIRF, Antonini E., Conte G., Pandolfi G., Pettenella D., Viola F., *Le funzioni delle FTB*, In *Fasce tampone boscate in ambiente agricolo*, Veneto Agricoltura, Consorzio di Bonifica Dese Sile, 13 – 35, Legnaro (PD), 2002.

Cocchi R., Riga F., *Linee guida per il controllo della Nutria (*Myocastor coypus*)*, Quaderni di Conservazione della Natura, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, INFS, 2001.

Consorzio della Bonifica Burana Leo Scoltenna Panaro, *Sistemazione Idraulico Forestale Ambientale del Canale San Pietro in Loca-*

lità Baranzona di Spilamberto (MO) – Canale di San Pietro, Modena, 2004.

Consorzio di Bonifica Burana Leo Scoltenna Panaro, *Interventi sperimentali atti a realizzare un sistema di salvaguardia della fauna ittica nel sistema idrico ferrarese*, Modena, 2007.

Consorzio della Bonifica Renana, *Creazione di una fascia tampone boscata tra i canali Lorgana e Botte in Comune di Molinella*, Bologna, 2006.

Conte G., *Verso una nuova strategia per la gestione dell'acqua e del territorio*, Atti della Conferenza Nazionale "I parchi fluviali: esperienze a confronto", Nocera Inferiore, 18 Novembre 2003.

Conte G., Monaci M., Boz B, (a cura di), *Studio per la individuazione delle aree prioritarie per la messa a dimora di fasce tampone vegetate finalizzate al controllo dell'inquinamento di origine diffusa lungo i corsi d'acqua dell'intero bacino del fiume Po*, Autorità di bacino del fiume Po, 2005.

Cornelio P., *La manutenzione dei canali in presenza di Fasce tampone boscate*, Newsletter FTB 2: 7-9, 2001.

D'Agostino V. *Dinamica dei corsi d'acqua e progettazione di interventi di ricostruzione morfologica*, Università degli studi di Bergamo – Quaderni Corsi d'acqua e aree di sponda: per un progetto di valorizzazione – Tecniche di intervento sui corsi d'acqua e sulle aree spondali, 21-34, a cura di Pagani L., Edizioni Sestante, Bergamo, 2003.

D'Agostino V., Dalla Fontana G., Ferro V., Milano V., Pagliara S., *Briglie aperte*, cap. 5 in *Opere di sistemazione idraulico-forestali a basso impatto ambientale*, MC Graw – Hill, Milano, 2004.

Dal Cin L., Bendoricchio G., Cofaro G., *Linee guida per la ricostruzione di aree umide per il trattamento di acque superficiali*, Manuali e Linee Guida ISPRA, Roma, 2002.

Dallafior V., *Applicazione dell'IFF come strumento di pianificazione territoriale e riqualificazione fluviale degli affluenti in sinistra orografica del fiume Brenta in Bassa Valsugana*, Tesi di laurea, Università Cà Foscari di Venezia, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Anno accad. 2003-2004.

Danish Environmental Protection Agency, *Danish Watercourses, Ten years with the New Watercourses act, Denmark*, Ministry of Environmental and Energy, 1995.

Fantesini M., Castellani A., Manfredini V., Consorzio della bonifica Parmigiana Moglia e Secchia, *Interventi di riqualificazione morfologico-ambientale dei canali di bonifica della Provincia di Modena*, CIRF, Rivista riqualificazione fluviale n. 2 2009.

Florineth F., *Piante al posto del cemento. Manuale di Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico*, Il Verde Editoriale, Milano, 2007.

Gherardi F., *Interventi di controllo del Gambero Invasivo (Procambarus clarkii)*, Università degli Studi di Firenze, Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia, 2008.

Haycock N.E., *Buffer zones – Their processes and potential in water protection*, Environmental Agency UK, 1997.

Haslam S.M., Wolseley P.A., *River vegetation - Its identification, assessment and management - A field guide to the macrophytic vegetation of British watercourse*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.

Hawke C.J., Josè P.V., *Reedbed management for commercial and wildlife interests*, Royal Society for the Protection of Bird, 1996.

IPLA, *Indirizzi per la gestione dei boschi ripari montani e collinari*, Quaderni di tutela del territorio, Regione Piemonte 2008.

Landesanstalt Für Umweltshutz (LfU) Baden – Wüttemberg, *Unterhaltung und Pflege von Gräben*, Karlsruhe, 2000.

Lenzi M.A., D'Agostino V., Sonda D., *Ricostruzione morfologica e recupero ambientale dei torrenti*, Editoriale Bios, Cosenza, 2000.

Lenzi M.A., D'Agostino V., Sonda D., *Ricostruzione morfologica e recupero ambientale dei torrenti*, Editoriale Bios, Castrolibero (CS), 2000.

Madsen B.L., *Danish watercourses, Ten years with the New Watercourses Act*, Denmark: Ministry of Environment and Energy, Danish Environmental Protection Agency, 1995.

Mazzoni M. (a cura di), *Linee guida per la progettazione e la gestione di zone umide artificiali per la depurazione dei reflui civili*, ARPA

Toscana, Firenze, 2005.

Mazzucato C., *Indagine sperimentale sulla manutenzione di un corso d'acqua consorziale in relazione alla sicurezza idraulica. Il caso pilota del Rio Draganziolo*, Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova, Facoltà di Agraria, Anno accad. 2002-2003.

Monaci M. et al. *Studio per la riqualificazione fluviale del Canale di San Giovanni*, CIRF, Comune di San Giovanni in Persiceto, Provincia di Bologna, 2009.

Monaci M. et al., *Manuale per la gestione ambientale dei corsi d'acqua a supporto dei Consorzi di bonifica*, Veneto Agricoltura, 2010.

Nardini A., Sansoni G. (a cura di), *La Riqualificazione Fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio* CIRF, Mestre, 2006.

Nardini A., *Decidere l'ambiente con l'approccio partecipato. Una visione generale e indicazioni operative sulla problematica acqua, con esemplificazione sul fiume Taro*, CIRF, Mestre, 2004.

Papero P., *Criteri di ricostruzione della vegetazione forestale lungo i corsi d'acqua*, Regione Veneto, 1992.

Pini Prato E., Gianaroli M., Camoglio C., *Linee guida per il corretto approccio metodologico alla progettazione dei Passaggi per Pesci*, Provincia di Modena, Modena, 2006.

Pistoja F., Giordana F., Petraglia A., Rossi G., *Marsilea quadrifolia L.: nuove stazioni in Pianura Padana*, in Arch. Geobotanico Vol. 9, Pavia, 2006.

Regione Emilia-Romagna, Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica, *Programma di prevenzione dei danni provocati dalla nutria ai canali di bonifica mediante trappolaggio*, 2008.

Regione Emilia Romagna, *Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave, Manuale teorico-pratico*, Bologna, 2003.

Regione Emilia Romagna, *Linee guida per il recupero naturalistico delle cave in ambito fluviale*, Bologna, 2007.

Romagnolli F., *La fitodepurazione: manuale tecnico divulgativo per una gestione sostenibile del ciclo delle acque*, Assessorato Ambiente Comune di Reggio Emilia, Reggio Emilia, 2002.

Sacchi L., IRIS sas (a cura di), *Linee guida per interventi di ingegneria naturalistica lungo i corsi d'acqua*, In Quaderno del Piano Territoriale, Numero 20, Provincia di Milano, Milano, 2003.

Sansoni G., *Ruolo della fitodepurazione nell'ambito di una strategia complessiva di recupero ambientale*, in giornata di studio "Fitodepurazione: da tecnica depurativa a strategia di salvaguardia ambientale", 25 settembre 1998, Comune di Filattiera (MS), 1998.

Sansoni G., *Ingegneria naturalistica fluviale: strumento per la gestione idraulico naturalistica del territorio o difesa ambientale?*, Atti del seminario di studi "I biologi e l'ambiente oltre il 2000", Venezia, 1996.

Sansoni G., *Manutenzione degli alvei: principi generali per arricchire l'interesse naturalistico*, Biologia Ambientale 6/1992, CISBA, Reggio Emilia, 1992.

Sansoni G., *Idee per la difesa dai fiumi e dei fiumi: il punto di vista ambientalista*, Coop. Centro di documentazione Pistoia.

Sansoni G., *Le proposte di Legambiente per la "pulizia" dei fossi*, Opuscolo di Legambiente, Carrara (MS), 26 pp., 1995.

Sansoni G., *Linee guida della relazione "Norme di buona manutenzione per fossi e piccoli corsi d'acqua"*, In Atti del Convegno Gestione idraulica dei corsi d'acqua e tutela della fauna ittica, Provincia di Padova, Assessorato alla Pesca, Padova, 1996.

Sansoni G., *Elementi di progettazione ambientale dei lavori fluviali*, Biologia Ambientale XII (2), 64 pp., 1998.

Sauli G., Cornellini P., Preti F., *Manuale di ingegneria naturalistica applicabile al settore idraulico*, Regione Lazio, Roma, 2002.

Sormani D., Pardolesi F., *Laminazione delle piene e riqualificazione fluviale in Emilia Romagna*, Rivista CIRF "Riqualificazione fluviale" n1, 2009.

Ward D., Hilmes N., Jose P., *The new rivers & wildlife handbook* RSPB – NRA Sandy, 1994.

Wolters H.A. Platteeuw M., Schoor M.M., *Guidelines for rehabilitation and management of floodplains - Ecology and safety combined*, IRMA NCR (Netherlands Centre for River studies), RIZA Institute -

Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2001.

Zane G., *Analisi e proposte per la manutenzione della vegetazione erbacea nei canali di bonifica*, Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova, Facoltà di Agraria, Anno accad. 2002-2003.

Zampighi C., *Un bosco lungo il canale*, Il Divulgatore 26 (11-12) 22 – 31 Provincia di Bologna, Bologna, 2003.

Zerunian S., *Piano d'azione generale per la conservazione dei Pesci d'acqua dolce italiani*, Quaderni di conservazione della natura n° 17, Min. Ambiente – Ist. Naz. Fauna Selvatica, Savignano s/P (MO), 2003.

## SITOGRAFIA ESSENZIALE

[www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)

[www.cirf.org](http://www.cirf.org)

[www.acquerisorgive.it](http://www.acquerisorgive.it)

[www.regione.emilia-romagna.it/geologia/](http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/)

[www.regione.emilia-romagna.it/bacinoreno/](http://www.regione.emilia-romagna.it/bacinoreno/)

[www.regione.emilia-romagna.it/wcm/natura2000/](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/natura2000/)

[www.urber.it](http://www.urber.it)