

**LINEE GUIDA REGIONALI  
PER LA RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA  
DEI CORSI D'ACQUA NATURALI  
DELL'EMILIA-ROMAGNA**

Riqualificazione morfologica per la mitigazione del rischio di alluvione e il miglioramento dello stato ecologico

Regione Emilia-Romagna  
Assessorato difesa del suolo e della costa, protezione civile e politiche  
ambientali e della montagna

## **Coordinamento**

Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica

## **Supporto tecnico-scientifico**

Centro Italiano Riqualificazione Fluviale CIRF

1	INTRODUZIONE.....	5
1.1	MOTIVAZIONI	5
1.2	AMBITO DI INTERVENTO DELLE LINEE GUIDA: I CORSI D'ACQUA DI ORIGINE NATURALE	6
1.3	CONTENUTI DELLE LINEE GUIDA	6
2	APPROCCIO GENERALE: AFFRONTARE RISCHIO DA ESONDAZIONE E DA DINAMINA MORFOLOGICA CON LA RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE .....	8
3	INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE INTEGRATA DEGLI INTERVENTI SUI CORSI D'ACQUA NATURALI	11
3.1	PASSI CHIAVE PER LA PROGETTAZIONE INTEGRATA DEGLI INTERVENTI SUI CORSI D'ACQUA NATURALI .....	14
3.1.1	<i>ANALISI DEI PROBLEMI ESISTENTI</i>	14
3.1.2	<i>DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI DI INTERVENTO</i>	15
3.1.3	<i>DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI INTERVENTO</i>	17
3.1.4	<i>IDENTIFICAZIONE DI ALTERNATIVE PROGETTUALI</i>	18
3.1.5	<i>CONFRONTO TECNICO-ECONOMICO-AMBIENTALE TRA POSSIBILI ALTERNATIVE</i>	19
3.1.6	<i>COINVOLGIMENTO DEI PORTATORI DI INTERESSE</i>	19
3.2	ELEMENTI DI BASE PER LA DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE MORFOLOGICA .....	21
3.2.1	I PRINCIPALI FATTORI CHE INFLUENZANO LA DINAMICA FLUVIALE E LE TENDENZE EVOLUTIVE DEI CORSI D'ACQUA	21
3.3	RIQUALIFICAZIONE MORFOLOGICA "ATTIVA" O "LASCIARE FARE AL FIUME"	23
4	TIPOLOGIE DI INTERVENTO PER LA RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA DEI CORSI D'ACQUA NATURALI .....	25
4.1	CATALOGO DELLE AZIONI PER LA RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA DEI CORSI D'ACQUA .....	25
4.2	ELIMINAZIONE/ARRETRAMENTO DEGLI ARGINI PER LA RICONNESSIONE DELLA PIANA INONDABILE AL CORSO D'ACQUA	27
4.2.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	27
4.2.2	<i>OBIETTIVI</i>	37
4.2.3	<i>AVVERTENZE</i>	39
4.3	RIPRISTINO DI PIANA INONDABILE MEDIANTE ABBASSAMENTO DI SUPERFICI TERRAZZATE .....	40
4.3.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	40
4.3.2	<i>OBIETTIVI</i>	49
4.3.3	<i>AVVERTENZE</i>	51
4.4	FORESTAZIONE DELLA PIANA INONDABILE PER RALLENTARE I DEFLUSSI	52
4.4.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	52
4.4.2	<i>OBIETTIVI</i>	55
4.4.3	<i>AVVERTENZE</i>	56
4.5	INTERVENTI PER L'AUMENTO DIFFUSO DELLA SCABREZZA IN ALVEO .....	58
4.5.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	58

4.5.2	<i>OBIETTIVI</i>	61
4.5.3	<i>AVVERTENZE</i>	63
4.6	RIATTIVAZIONE DELLA DINAMICA PLANIMETRICA MEDIANTE INTERVENTI SULLE DIFESE SPONDALE CON EVENTUALE ALLARGAMENTO DELL'ALVEO E/O RIAPERTURA DI CANALI SECONDARI .....	64
4.6.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	64
4.6.2	<i>OBIETTIVI</i>	78
4.6.3	<i>AVVERTENZE</i>	79
4.7	AUMENTO DELL'APPORTO DI SEDIMENTI DAI VERSANTI .....	81
4.7.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	81
4.7.2	<i>OBIETTIVI</i>	83
4.7.3	<i>AVVERTENZE</i>	85
4.8	RIMOZIONE O MODIFICA STRUTTURALE DI BRIGLIE O SOGLIE.....	87
4.8.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	87
4.8.2	<i>OBIETTIVI</i>	96
4.8.3	<i>AVVERTENZE</i>	98
4.9	COSTRUZIONE DI STRUTTURE TRASVERSALI PER FAVORIRE IL TRATTENIMENTO DI SEDIMENTI E RIALZARE IL LIVELLO DELL'ALVEO.....	100
4.9.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	100
4.9.2	<i>OBIETTIVI</i>	106
4.9.3	<i>AVVERTENZE</i>	108
4.10	IMMISSIONE DI SEDIMENTI IN ALVEO .....	109
4.10.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	109
4.10.2	<i>OBIETTIVI</i>	114
4.10.3	<i>AVVERTENZE</i>	115
4.11	RIMOZIONE DI TOMBINAMENTI.....	117
4.11.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	117
4.11.2	<i>OBIETTIVI</i>	123
4.11.3	<i>AVVERTENZE</i>	124
4.12	RECUPERO DELLA SINUOSITA' .....	125
4.12.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	125
4.12.2	<i>OBIETTIVI</i>	128
4.12.3	<i>AVVERTENZE</i>	129
4.13	DEFINIZIONE DI UNA FASCIA DI MOBILITA' PLANIMETRICA .....	130
4.13.1	<i>DESCRIZIONE GENERALE</i>	130
4.13.2	<i>OBIETTIVI</i>	134
5	APPENDICE: PRINCIPALI FATTORI DI PRESSIONE CONNESSI ALLA PROTEZIONE DALLE ALLUVIONI E RELATIVI EFFETTI SUI CORSI D'ACQUA	136
6	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI..	142

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 Motivazioni

La Regione Emilia-Romagna da anni persegue l'obiettivo di attuare strategie ed azioni volte alla mitigazione delle conseguenze negative derivanti dalle esondazioni e dalle dinamiche morfologiche dei corsi d'acqua, che possono manifestarsi per la salute umana, i beni e il patrimonio culturale, le attività economiche e sociali, il territorio e l'ambiente.

Il territorio regionale è, infatti, potenzialmente soggetto a inondazioni delle aree di pianura per rottura o sormonto degli argini, per insufficienza idraulica degli alvei e del reticolo minore artificiale gestito dai Consorzi di bonifica; nelle aree montano-collinari del settore appenninico i fenomeni prevalenti sono invece principalmente legati alle dinamiche idromorfologiche degli alvei e si manifestano non solo con locali alluvionamenti, ma soprattutto con intensi processi erosivi lungo le aste, che possono portare a profonde incisioni e a destabilizzare le infrastrutture interferenti.

Le cause di tale situazione possono essere ricondotte in parte alla naturale conformazione fisica e geologica dei territori attraversati e degli stessi corsi d'acqua, con aree di pianura naturalmente destinate a essere periodicamente inondate e aree montano-collinari sede prevalente di fenomeni di erosione spondale e trasporto di sedimenti. In larga parte però i problemi evidenziati sono da ricondurre a due fattori: la profonda modifica dell'assetto e dell'uso del suolo -che nei secoli ha portato a un aumento delle aree urbanizzate o comunque antropizzate e quindi dei beni esposti al rischio<sup>1</sup> da esondazione e da dinamica morfologica- e la stessa artificializzazione progressiva del reticolo idrografico di pianura, e in misura minore montano-collinare, che ha sottratto parte delle aree naturalmente deputate all'evoluzione morfologica degli alvei e all'accoglimento delle piene.

La strategia storicamente adottata, non solo in Italia, ha visto, infatti, proprio nell'uso delle opere idrauliche -quali argini, difese spondali e opere trasversali- e nell'artificializzazione degli alvei, la principale risposta ai problemi idraulici e morfologici e alla necessità di garantire lo sviluppo delle attività umane. Non sempre tale strategia è riuscita a fornire una soluzione sufficientemente efficace alle problematiche e alle aspettative dei territori, come dimostrano i sempre più frequenti eventi alluvionali che stanno colpendo il territorio europeo, italiano e regionale.

In diversi Paesi europei si è quindi cominciato a riconoscere i limiti di un approccio alla gestione puramente "infrastrutturale" del rischio e hanno preso piede le prime esperienze fondate sull'idea che sia necessario riqualificare a livello morfologico ed ecologico i corsi d'acqua per gestire tali problemi, in particolare cercando di "restituire spazio al fiume" e, ove e quanto compatibile con il contesto territoriale, di assecondarne le dinamiche morfologiche, lasciando la possibilità ai corsi d'acqua di allagare o erodere dove questo possa avvenire senza minacciare vite umane o beni d'interesse rilevante.

Le presenti linee guida vogliono quindi avviare una riflessione tecnica, fornendo al contempo spunti già applicativi, per mettere a punto una nuova strategia di difesa del territorio che integri quella esistente e si indirizzi verso un approccio alla gestione dei

---

<sup>1</sup> Si veda il box "Rischio da esondazione, rischio da dinamica morfologica, dissesto idromorfologico" per il significato dei termini utilizzati nella presente pubblicazione

corsi d'acqua più in sintonia con i loro processi naturali, puntando a una sinergia tra obiettivi di riqualificazione dell'ecosistema fluviale e di diminuzione del rischio da esondazione e da dinamica morfologica.

Un tale approccio è d'altra parte chiaramente indicato dalla stessa Unione Europea, che richiede di realizzare un'implementazione congiunta delle direttive comunitarie "Acque" (2000/60/CE) e "Alluvioni" (2007/60/CE) per gestire in modo efficace il rischio raggiungendo al contempo gli obiettivi di qualità ecologica dei corpi idrici.

## **1.2 Ambito di intervento delle linee guida: i corsi d'acqua di origine naturale**

Le linee guida si rivolgono al solo reticolo di origine naturale, compresi i corsi d'acqua che hanno subito interventi di artificializzazione più o meno importanti, mentre non considerano il reticolo di origine artificiale in gestione ai Consorzi di bonifica, in quanto già oggetto delle *"Linee guida per la riqualificazione ambientale dei canali di bonifica in Emilia-Romagna"*, Approvate con Deliberazione della Giunta Regionale n. 246 del 5 marzo 2012.

## **1.3 Contenuti delle linee guida**

Queste linee guida si concentrano specificatamente sugli interventi innovativi di "difesa del suolo" (volti cioè a migliorare le condizioni di rischio da esondazione e da dinamica morfologica) che permettono di raggiungere anche gli obiettivi della Direttiva "Acque" in relazione al miglioramento dello stato ecologico dei corsi d'acqua. Sono quindi escluse dalla trattazione le azioni d'interesse puramente ambientale, legate alla sola riqualificazione ecologica dei corridoi fluviali, e quelle esclusivamente di tipo idraulico.

Le linee guida non hanno l'ambizione di trattare tutte le tipologie possibili di riqualificazione e gestione integrata dei corsi d'acqua, ma si occupano specificamente di quegli interventi di riqualificazione morfologica che possono determinare anche effetti positivi in relazione agli obiettivi di mitigazione del rischio da esondazione e da dinamica morfologica.

In relazione al rischio da esondazione, inoltre, va sottolineato che le misure suggerite (che vanno nella direzione di recuperare capacità di laminazione diffusa e i naturali processi idromorfologici) hanno lo scopo di ridurre la pericolosità delle aree potenzialmente soggette ad alluvioni.

Questo lavoro è concepito non come un manuale che fornisce soluzioni tecniche "chiavi in mano" da applicare tal quali, ma come uno strumento di lavoro che ha l'obiettivo innanzitutto di chiarire quali siano le possibili alternative di intervento, i relativi ambiti di applicazione, le variabili rilevanti in gioco, gli effetti attesi e in definitiva vuole aiutare a porsi le domande giuste; occorre quindi adattare le indicazioni in relazione al contesto e ai problemi specifici, sulla base di una conoscenza sufficientemente approfondita del territorio di intervento.

Le linee guida permettono quindi alle strutture tecniche che operano sui corsi d'acqua regionali, e in particolare ai Servizi Tecnici di Bacino, di dare risposte progettuali adeguate ai nuovi obiettivi fissati dal quadro normativo conseguente all'emanazione delle direttive comunitarie in materia di tutela e gestione dei corsi d'acqua.

Ambiscono infine a fornire la base concettuale, metodologica e tecnica per un aggiornamento della Direttiva 3939/1994 *"Direttiva concernente criteri progettuali per*

*l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio della Regione Emilia-Romagna*", che ha portato indubbe innovazioni per la gestione integrata dei corsi d'acqua regionali ma che, alla luce dei recenti aggiornamenti normativi e tecnico-culturali, necessita di essere rinnovata.

La pubblicazione è così organizzata:

- **Capitolo 2 "Approccio generale: affrontare rischio da esondazione e rischio da dinamica morfologica con la riqualificazione fluviale"**: il capitolo illustra i concetti base dell'approccio proposto dalle linee guida;
- **Capitolo 3 "Indicazioni per la progettazione integrata degli interventi sui corsi d'acqua"**: si introducono i principali criteri di progettazione degli interventi di riqualificazione morfologica necessari per applicare i concetti base esposti al capitolo precedente;
- **Capitolo 4 "Tipologie di intervento per la riqualificazione integrata dei corsi d'acqua"**: si illustrano, mediante esempi realizzati in Italia ed in Europa, le principali tipologie di intervento proposte.

## **2 APPROCCIO GENERALE: AFFRONTARE RISCHIO DA ESONDAZIONE E DA DINAMICA MORFOLOGICA CON LA RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE<sup>2</sup>**

Tradizionalmente la gestione del rischio di alluvioni si è basata essenzialmente nell'accelerare il deflusso delle acque verso valle, costringendolo nel contempo all'interno di uno spazio di dimensioni quanto più ridotte possibili, al fine di minimizzare i danni ai beni esposti. Le misure tipicamente adottate in tal senso sono state la costruzione di argini, la rettificazione e la canalizzazione degli alvei, o addirittura la loro totale copertura, l'escavazione di sedimenti e la rimozione della vegetazione. L'assetto dei corsi d'acqua che ne è conseguito ha permesso localmente di recuperare terreni per l'uso agricolo, residenziale o industriale, che avrebbero continuato ad essere invece interessati da frequenti inondazioni e dalla libera divagazione degli alvei, ma ha tendenzialmente aumentato la pericolosità a valle. Da un punto di vista ambientale, inoltre, tali interventi hanno spesso determinato conseguenze negative sullo stato ecologico dei fiumi, sia per alterazione fisica diretta, sia a causa dell'interruzione delle dinamiche idromorfologiche, principale "motore" per la creazione e il ringiovanimento degli habitat (si veda il Cap.5 "APPENDICE: PRINCIPALI FATTORI DI PRESSIONE CONNESSI ALLA PROTEZIONE DALLE ALLUVIONI E RELATIVI EFFETTI SUI CORSI D'ACQUA).

Un approccio analogo a quello seguito per il controllo delle inondazioni è stato storicamente adottato anche in relazione al rischio da dinamica morfologica (associato ai processi di erosione spondale e divagazione dell'alveo): la finalità degli interventi è stata quella di arrestare il più possibile la dinamica fluviale, stabilizzando gli alvei e riducendo l'erosione grazie a briglie, protezioni spondali, consolidamenti di versante, o modificando sezioni e dinamiche deposizionali tramite escavazioni in alveo. Tali interventi hanno però avuto forti impatti, sia a valle che a monte dei tratti di intervento (innescando fenomeni di erosione regressiva o, viceversa, di sedimentazione a monte di opere trasversali): la maggior parte dei corsi d'acqua italiani, compresi quelli emiliano-romagnoli, ha infatti subito un forte deficit sedimentario e si è notevolmente incisa, con effetti che hanno incluso l'abbassamento della falda, l'erosione costiera, la destabilizzazione di opere civili (pile di ponti, opere di presa, argini, strade, ecc.) e la riduzione dei volumi di naturale laminazione delle piene, con ripercussioni negative di tipo ambientale, economico e sociale.

La strategia seguita ha certamente contribuito allo sviluppo socio economico delle comunità, ma oggi mostra alcuni limiti che necessitano di essere analizzati per individuare i necessari miglioramenti e integrazioni pianificatorie e progettuali, soprattutto alla luce della crescente frequenza dei fenomeni pluviometrici estremi e del conseguente aumento del rischio da esondazione, oltre che degli ingenti costi richiesti per la periodica manutenzione del sistema infrastrutturale di difesa.

Tale presa di coscienza ha quindi portato diversi paesi europei a sviluppare un approccio di gestione dei corsi d'acqua di tipo integrato, denominato *river restoration* o riqualificazione fluviale, fondato sul concetto di "restituire spazio al fiume" per affrontare il rischio da alluvioni e da dinamica morfologica.

---

<sup>2</sup> Si veda il box "Rischio da esondazione, rischio da dinamica morfologica, dissesto idromorfologico" per il significato dei termini utilizzati nella presente pubblicazione

Questo approccio trova conferma nella Direttiva "Alluvioni" (2007/60/CE), la quale richiama esplicitamente la necessità di gestire i corsi d'acqua in modo integrato ed in sinergia con la Direttiva "Acque" (2000/60/CE) al fine di conservare e incrementare contemporaneamente lo stato ecologico degli ecosistemi fluviali, ragionando secondo un'ottica multiobiettivo, passando dalla realizzazione di sole opere idrauliche a una gamma molto più ampia di soluzioni non strutturali e di interventi di rinaturazione.

Le principali linee d'azione di tale strategia, a cui si ispirano le presenti linee guida sono:

- **Riqualificare i corridoi fluviali, recuperare e riconnettere le pianure alluvionali e riattivare la mobilità dei corsi d'acqua**

Un corso d'acqua (non confinato e a fondo mobile) in condizioni naturali allaga periodicamente le aree circostanti (piana inondabile<sup>3</sup>) e nel corso dei decenni erode le sponde, sposta i sedimenti, può creare barre, isole o nuovi canali: in altre parole evolve morfologicamente senza mantenere un assetto immutabile nel tempo. Fornire nuovamente ad un corso d'acqua la libertà di allagare ed erodere in zone dove questo possa avvenire limitando i danni, recuperando aree di laminazione diffusa e una più naturale dinamica di trasporto solido, garantisce benefici in quei tratti dove sono presenti insediamenti e maggiori beni esposti. Queste azioni possono inoltre garantire un significativo miglioramento all'ecosistema del fiume e del territorio, alla qualità dell'acqua, al paesaggio e alla possibilità di fruire di ambienti naturali, permettendo di raggiungere una sinergia tra obiettivi antropici (idraulici e morfologici) ed ecologici. Una strategia di gestione del rischio così impostata prevede quindi di individuare prioritariamente porzioni di pianura alluvionale da riconnettere ai corsi d'acqua.

- **Delocalizzare edifici e infrastrutture a rischio**

Delocalizzare progressivamente i beni situati in aree soggette a maggiori probabilità di allagamento e/o di interferenza con la dinamica morfologica è una fondamentale strategia per la gestione del rischio. Dal punto di vista degli effetti sull'ecosistema fluviale, la delocalizzazione degli edifici crea di fatto le condizioni potenziali perché si possano attuare interventi di riqualificazione morfologica del corso d'acqua. La sola delocalizzazione non implica invece automaticamente un miglioramento ecologico.

---

<sup>3</sup> Per maggiori dettagli sulla definizione e sull'individuazione di piana inondabile e di altri elementi morfologici significativi, quali pianure alluvionali e terrazzi, si veda Rinaldi *et al.*, 2014

## **RISCHIO DI ALLUVIONE, RISCHIO DA ESONDAZIONE, RISCHIO DA DINAMICA MORFOLOGICA, DISSESTO IDROMORFOLOGICO**

La Direttiva "Alluvioni" 2007/60/CE adotta la seguente definizione di "alluvione": *l'allagamento temporaneo di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da fiumi, torrenti di montagna, corsi d'acqua temporanei mediterranei, e le inondazioni marine delle zone costiere e può escludere gli allagamenti causati dagli impianti fognari. Coerentemente, per "rischio di alluvioni" nella Direttiva si intende la combinazione della probabilità di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e l'attività economica derivanti da tale evento.*

La definizione è stata integrata nel Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, che chiarisce che i fenomeni alluvionali possono includere una componente di trasporto solido (*alluvione: l'allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua [...]*).

Anche questa seconda definizione, tuttavia, non dà esplicitamente conto del fatto che negli eventi di piena (ovvero in caso di "alluvione") gli effetti e i danni sono connessi a due categorie di fenomeni, strettamente connessi, ma che è utile distinguere: da un lato il deflusso idrico, dall'altro i processi di divagazione laterale degli alvei non confinati e più in generale la dinamica morfologica dei corsi d'acqua (che fa sì che il loro assetto planimetrico e la loro "forma" in condizioni naturali possa variare nel tempo). Poiché in termini di strategie di intervento e di effetti ambientali e socio-economici l'inondazione e la variazione dell'assetto planimetrico presentano significative differenze, in queste linee guida, dove pertinente, si è preferito distinguere i rischi connessi ai due fenomeni, chiamando il primo "rischio da esondazione" e il secondo "rischio da dinamica morfologica"<sup>4</sup> (a titolo di esempio: la costruzione di un argine è connesso al primo, la realizzazione di una difesa spondale al secondo).

Il "rischio da dinamica morfologica" così definito non va confuso con il "rischio geomorfologico" (o "geologico") a cui fanno riferimento molti Piani di Assetto Idrogeologico in relazione a frane e instabilità di versante.

Merita poi un commento il termine "dissesto idrogeologico", molto diffuso ma ambiguo: viene in genere usato in relazione a fenomeni di inondazione o dinamica idromorfologica considerati "negativi" dal punto di vista antropico e quindi da evitare o limitare; tuttavia non sempre lo si adotta in relazione ad effettive situazioni di rischio e tenendo in considerazione la naturalità o meno del fenomeno.

---

<sup>4</sup> Tali denominazioni sono state mutuare dalle definizioni di rischio utilizzate in Rinaldi et al., 2014 (IDRAIM – Sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua. Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua. ISPRA)

### 3 INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE INTEGRATA DEGLI INTERVENTI SUI CORSI D'ACQUA NATURALI

#### **DIRETTIVA CONCERNENTE CRITERI PROGETTUALI E COMPATIBILITÀ AMBIENTALI PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI IN MATERIA DI DIFESA DEL SUOLO IN EMILIA-ROMAGNA, APPROVATA CON DELIBERAZIONE DI GIUNTA REGIONALE 3939/1994**

A introduzione del tema della Progettazione integrata degli interventi sui corsi d'acqua, si richiama la Direttiva in oggetto, che, per la progettazione degli interventi riguardanti le sistemazioni fluviali, contiene alcuni significativi passaggi che si ritiene opportuno riportare integralmente.

Le presenti Linee guida sono in piena continuità con gli indirizzi e i criteri di tale Direttiva e ne costituiscono la base concettuale, metodologica e tecnica per l'opportuno aggiornamento.

La Direttiva mantiene appieno la sua cogenza e, come tale, rappresenta uno strumento di riferimento per la programmazione degli interventi di difesa del suolo.

A distanza di vent'anni dalla approvazione la sua applicazione è necessariamente da leggere in forma integrata con le presenti Linee Guida.

Per tale motivo si ritiene utile richiamarne i principi generali che **governano** la tutela del territorio e la gestione degli ambiti fluviali.

*La Giunta regionale ha assunto l'impegno di sviluppare una coerente ed efficace tutela del paesaggio e dell'ambiente, con particolare riguardo alla rinaturalizzazione degli ambiti fluviali.*

*Questo obiettivo è perseguibile con l'adozione di una politica che inverta la tendenza alla sottrazione delle fasce di pertinenza fluviale dei corsi d'acqua a fini produttivi o insediativi e che miri invece a restituire al sistema fluviale quello spazio vitale indispensabile ad una corretta gestione, sia ai fini della sicurezza idraulica, sia dal punto di vista della qualità ambientale.*

*Alla realizzazione del predetto obiettivo è funzionale l'impiego di metodi di progettazione multidisciplinari e volti alla mitigazione dell'impatto ambientale degli interventi nel campo della difesa del suolo.*

*Gli interventi in materia di difesa del suolo devono essere progettati e realizzati anche in funzione della salvaguardia e della promozione della qualità dell'ambiente. Quando l'intervento prevede la costruzione di opere, è necessario adottare metodi di realizzazione tali da non compromettere in modo irreversibile le funzioni biologiche dell'ecosistema in cui vengono inserite e da arrecare il minimo danno possibile alle comunità vegetali ed animali presenti, rispettando contestualmente i valori paesaggistici dell'ambiente fluviale, vallivo e litoraneo.*

*Nel momento della progettazione preliminare, devono essere esaminate diverse soluzioni, tenendo conto nella valutazione costi-benefici anche dei costi e dei benefici di tipo ambientale, ed optando per la soluzione che realizza il miglior grado di integrazione tra i diversi obiettivi.*

*La progettazione degli interventi dovrà assumere quali aspetti vincolanti la conservazione delle caratteristiche di naturalità dell'alveo fluviale ed il rispetto delle aree di naturale espansione e relative zone umide collegate.*

*Le associazioni vegetali ripariali, oltre a costituire un importante valore ecologico e fungere da agenti di una notevole attività di depurazione delle acque, possono essere considerate come la più naturale delle difese idrauliche, efficaci per la limitazione dell'erosione e per il rallentamento della corrente nelle zone d'alveo non soggette ad invaso permanente.*

*Risulta quindi evidente la necessità di mantenere, al di fuori dell'alveo normalmente attivo, la vegetazione esistente, limitando gli abbattimenti agli esemplari di alto fusto morti, pericolanti, debolmente radicati, che potrebbero essere facilmente scalzati ed asportati in caso di piena. La necessità di abbattere le piante di maggior diametro deve essere valutata nelle diverse zone d'intervento, in funzione delle sezioni idrauliche disponibili, sulla base di opportune verifiche documentate, che facciano riferimento a precise condizioni di piena con prefissati tempi di ritorno.*

*Le devevegetazioni spinte vanno assolutamente evitate, mentre deve essere avviata una manutenzione regolare, che preveda in generale un trattamento della vegetazione presente, tale da renderla non pericolosa dal punto di vista della sicurezza idraulica; ciò si ottiene di norma con tagli selettivi e diradamenti mirati, mantenendo le associazioni vegetali in condizioni "giovanili", con massima tendenza alla flessibilità ed alla resistenza alle sollecitazioni della corrente, limitando in sintesi la crescita di tronchi di diametro rilevante e favorendo invece le formazioni arbustive a macchia irregolare.*

*Dovrà essere di norma evitata la realizzazione di interventi che prevedano:*

- manufatti in calcestruzzo (muri di sostegno, briglie, traverse), se non adiacenti ad opere d'arte e comunque minimizzandone l'impatto visivo;*
- scogliere in pietrame o gabbionate non rinverdite;*
- rivestimenti di alvei e di sponde fluviali in calcestruzzo;*
- tombamenti di corsi d'acqua;*
- rettificazioni e modifiche dei tracciati naturali dei corsi d'acqua;*
- eliminazione completa della vegetazione riparia arbustiva e arborea.*

*Qualora si verificano situazioni particolari per la tutela della pubblica incolumità e sicurezza si potrà fare ricorso a queste tipologie di intervento. Tali situazioni dovranno, comunque, essere adeguatamente documentate e motivate nel progetto.*

*Sono consentite le opere completamente interrato (drenaggi di vario genere, diaframmi, pali di fondazione, ecc.), che non interferiscano negativamente con le dinamiche degli acquiferi sotterranei e che non alterino significativamente l'assetto morfologico-vegetazionale dei luoghi a lavoro ultimato.*

## **GESTIONE DEL DEMANIO FLUVIALE REGIONALE**

Il tema del corretto equilibrio tra aree intensamente utilizzate a scopi produttivi (aree industriali e aree ad agricoltura intensiva) o a scopi insediativi (aree urbane) ed aree a vocazione più naturalistica è un tema forte della società moderna in quanto, soprattutto in territori densamente abitati quali la pianura padana, è difficile poter coniugare le esigenze di uno sviluppo economico con quello di una gestione del territorio che conservi elementi di naturalità di una certa consistenza tali da consentire il mantenimento della biodiversità.

In tale contesto, quindi, la conservazione della biodiversità residuale ha assunto una forte valenza in quanto in pianura ormai sono rimasti pochi lembi di ambienti naturali o seminaturali, spesso isolati fra loro, e che necessitano sia di interventi di miglioramento sia di interventi che li possano collegare fra loro, al fine di migliorarne la funzionalità ambientale.

È per questi motivi che i corsi d'acqua di pianura possono assumere una rilevanza ecologica strategica in quanto sono i potenziali corridoi ecologici che, in termini di dimensione ed efficacia, sono di gran lunga i più utili per mettere in connessione i nodi della rete ecologica.

Da ciò deriva che la gestione degli ambiti fluviali, oltre alle evidenti esigenze di sicurezza idraulica, deve contemperare anche le esigenze di natura ambientale, soprattutto laddove le aree fluviali sono di proprietà pubblica.

Le aree demaniali fluviali costituiscono, di fatto, le uniche aree pubbliche presenti in pianura e, se opportunamente rinaturalizzate, rappresenterebbero preziosi corridoi ecologici di rilevante importanza ambientale, oltre che turistico-ricreativa e paesaggistica.

Tali aree, inoltre, sempre se opportunamente rinaturalizzate, costituirebbero fasce tampone molto efficaci nei confronti della riduzione degli inquinanti di origine agricola nei corsi d'acqua contribuendo a migliorare la qualità dei corpi idrici.

Le stesse normative vigenti riconoscono il fatto che le aree demaniali devono essere prioritariamente gestite secondo logiche legate all'interesse della collettività e dello sviluppo sostenibile.

Questa destinazione delle aree demaniali è in linea anche con gli indirizzi fondamentali già assunti dalle Autorità di Bacino.

Nella strategia regionale di riqualificazione dei corsi d'acqua naturali vi è anche uno spazio per un processo di rinaturalizzazione del demanio fluviale, attraverso la concessione di tali aree o a Comuni o a soggetti che si impegnano a gestirle a finalità ambientali, avviandone, in occasione di nuove concessioni, o di prolungamento di quelle in essere, un processo di riconversione ambientale, in particolare quando soggette a usi agricoli, in modo che possano recuperare la loro originaria funzione e possano anche essere fruibili dalla popolazione, cosicché i fiumi non vengano vissuti come luoghi di "pericolo", ma come spazi naturali da fruire con regolarità rendendo la pianura padana un'area sicura dove perseguire obiettivi di qualità delle acque, di qualità del paesaggio, di fruizione turistico-ricreativa, di agricoltura sostenibile e di conservazione della biodiversità.

### **3.1 Passi chiave per la progettazione integrata degli interventi sui corsi d'acqua naturali**

La progettazione degli interventi di riqualificazione integrata dei corsi d'acqua deve essere necessariamente di tipo multiobiettivo, ovvero deve tener conto contemporaneamente dei diversi effetti, in particolare ambientali, idraulico-morfologici e socio-economici, su tutti i portatori di interesse e su tutti gli elementi dell'ecosistema coinvolti dagli interventi.

In ogni contesto è possibile definire alternative progettuali, che garantiscono un diverso livello di soddisfacimento dei singoli obiettivi. È quindi opportuno adottare un approccio basato sul confronto tra diverse alternative, con lo scopo di individuare quelle in grado di creare maggiori sinergie e di soddisfare al meglio gli obiettivi talora conflittuali tipici dei progetti di sistemazione della rete idrografica.

Tale approccio può essere applicato nella definizione di studi di fattibilità o progetti a scala di bacino, situazione nella quale diviene uno strumento efficace, permettendo di analizzare differenti ipotesi di intervento localizzate in punti diversi del corso d'acqua in studio; la stessa logica può però essere utilizzata anche nella definizione di progetti spazialmente più limitati, sebbene vada sempre assicurata una comprensione dei fenomeni a scala di bacino, o comunque a una scala spaziale (e temporale) adeguata.

Per affrontare in modo organizzato ed efficace i diversi momenti della progettazione e per fare in modo che sia quanto più integrata possibile, può essere utile seguire la sequenza di passi chiave suggerita di seguito, descritta più compiutamente nei paragrafi seguenti:

- analisi dei problemi esistenti
- definizione degli obiettivi
- definizione delle tipologie di intervento
- identificazione di alternative progettuali
- confronto tecnico-economico-ambientale tra possibili alternative

L'intera procedura dovrebbe inoltre idealmente essere immersa in un processo di progettazione partecipata che veda il coinvolgimento dei portatori di interesse a supporto delle fasi di comprensione del problema e di individuazione delle soluzioni progettuali.

#### **3.1.1 Analisi dei problemi esistenti**

In questa fase si definiscono i problemi idraulico-morfologici, ambientali e antropici, connessi al corso d'acqua oggetto di intervento e le eventuali condizioni al contorno che non vengono affrontate direttamente ma di cui si deve tener conto durante la valutazione degli effetti degli interventi. È questo il momento in cui si esegue l'analisi del quadro pianificatorio e programmatico esistente, in relazione al quale va assicurata la coerenza degli interventi.

L'elenco seguente sintetizza le principali problematiche legate al rischio e alla qualità degli ecosistemi acquatici che tipicamente si riscontrano lungo i corsi d'acqua, da utilizzarsi come una sorta di check-list:

- rischio da esondazione, connesso alle aree vulnerabili alle inondazioni;
- rischio da dinamica morfologica, connesso alle aree vulnerabili ai processi di evoluzione morfologica del corso d'acqua, (es. destabilizzazione di opere idrauliche e altre infrastrutture interferenti con la dinamica fluviale);
- qualità biologica, in termini di stato delle comunità animali e vegetali e di funzionalità degli ecosistemi fluviali che le sostengono;
- qualità idromorfologica, connessa alla naturalità del regime idrologico, alle forme ed ai processi idromorfologici;
- qualità chimico-fisica, problema che viene affrontato solo marginalmente dalle misure proposte in queste linee guida, ma che costituisce una condizione al contorno molto rilevante.

### **3.1.2 Definizione degli obiettivi di intervento**

Sulla base delle problematiche in atto lungo il corso d'acqua, delle opportunità offerte dal territorio e dei suoi punti di debolezza e coerentemente con la pianificazione vigente, il progetto di riqualificazione integrata deve definire gli obiettivi di tipo idraulico-morfologico, ambientale e socio-economico che si intendono conseguire.

L'elenco seguente sintetizza i principali obiettivi che tipicamente possono essere perseguiti nei progetti di riqualificazione integrata dei corsi d'acqua e può essere utilizzato come una sorta di check-list:

#### Rischio da esondazione

La riqualificazione morfologica di un corso d'acqua può avere lo scopo di mitigare il rischio connesso ai fenomeni di esondazione che interessano aree antropizzate (zone urbane, infrastrutture, ecc.).

Secondo l'approccio descritto al Cap.2 ciò può essere ottenuto mediante il recupero delle aree di laminazione naturale delle piene e più in generale tramite la "restituzione di spazio al fiume": queste azioni permettono di raggiungere l'obiettivo di riduzione della componente del rischio legata alla pericolosità, mentre per la diminuzione della vulnerabilità (sia in termini di danni materiali che più in generale socio-economici) si rimanda ad altre pubblicazioni specialistiche (come ad esempio Autorità di bacino del fiume Po, 2009).

#### Rischio da dinamica morfologica

Gli interventi di riqualificazione integrata possono essere finalizzati a risolvere problemi di stabilità strutturale delle opere idrauliche, delle infrastrutture interferenti (ponti, strade, ecc.) e di beni esposti quali abitazioni, industrie, ecc., presenti lungo un corso d'acqua, causati dalla dinamica morfologica dello stesso (ad esempio incisione e divagazione laterale).

In questo caso l'obiettivo di mitigazione del rischio può essere raggiunto prevedendo una riqualificazione idromorfologica del corso d'acqua volta a contrastare le situazioni di disequilibrio morfologico (ad esempio processi di incisione dell'alveo connessi a deficit di apporto solido) che causano l'instabilità delle infrastrutture e dei beni

esposti; laddove questo non sia fattibile, l'obiettivo di mitigazione del rischio dovrebbe essere raggiunto minimizzando gli impatti sugli ecosistemi fluviali.

### Qualità biologica

L'obiettivo di miglioramento della qualità biologica di un corso d'acqua deve certamente fare riferimento agli elementi di qualità previsti dalla Direttiva 2000/60/CE, utilizzati per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici ai sensi del DM 8 novembre 2010 n. 260, ossia macroinvertebrati bentonici, macrofite, diatomee e fauna ittica.

Tuttavia, gli obiettivi degli interventi di riqualificazione morfologica possono riferirsi anche ad altri elementi di qualità, non presi in esame dalla Direttiva "Acque", strettamente connessi alla naturalità e alla funzionalità del corso d'acqua. Lo stato della vegetazione riparia, ad esempio, viene considerato solo in modo marginale dalla direttiva, all'interno degli elementi di qualità morfologica in relazione al ruolo da essa giocato nell'influenzare le dinamiche evolutive. Risulta invece opportuno stabilire obiettivi di ripristino della naturalità e funzionalità delle formazioni vegetali anche indipendentemente dal loro ruolo morfologico.

Non da meno i progetti di riqualificazione integrata dei corsi d'acqua possono definire anche obiettivi relativi ad altri elementi che caratterizzano gli ecosistemi fluviali ma non richiesti dalla Direttiva 2000/60/CE, in particolare la fauna terrestre, l'avifauna, o gli anfibi. Gli obiettivi possono riguardare il ripristino di singole specie o di determinati habitat, come le zone umide perfluviali. È opportuno ricordare che in molti ambiti fluviali si applicano contemporaneamente gli obiettivi della Direttiva "Acque" e delle Direttive "habitat" e/o "uccelli". In molti casi gli obiettivi delle Direttive citate sono tra loro coerenti e possono essere raggiunti con le stesse misure, tuttavia possono esistere situazioni di potenziale conflittualità, in particolare dove specie o habitat protetti non siano coerenti con la dinamica fluviale naturale del tratto fluviale in esame<sup>5</sup>.

Sempre all'interno di questa tipologia di obiettivi può essere inserito in modo esplicito il tema della realizzazione/riqualificazione delle rete ecologica che può essere conseguito in molti casi proprio attraverso il miglioramento dei corridoi fluviali.

### Qualità morfologica

Gli obiettivi di tipo morfologico degli interventi di riqualificazione integrata dei corsi d'acqua possono essere definiti facendo riferimento agli elementi di analisi utilizzati dalla metodologia IDRAIM (Rinaldi et al, 2014), in particolare agli "indicatori di funzionalità morfologica" "continuità", "morfologia" e "vegetazione nella fascia perfluviale" ed ai relativi sub-attributi, il cui miglioramento può essere considerato come un sub-obiettivo da raggiungere (continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso; presenza di piana inondabile; connessione tra versanti e corso d'acqua; processi di arretramento delle sponde; fascia potenzialmente erodibile; morfologia del fondo e pendenza della valle; forme e processi tipici della configurazione morfologica; forme tipiche di pianura; variabilità della sezione; struttura del substrato; materiale legnoso di grandi dimensioni; ampiezza delle

---

<sup>5</sup> Per approfondimenti si rimanda a pubblicazioni specifiche, ad esempio al documento della CE sulle relazioni tra Direttiva 2000/60/CE e direttive per la protezione della natura (European Commission, 2011).

formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale; estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde).

In generale, nell'ambito degli obiettivi morfologici la strategia più efficace da seguire è quella di ripristinare il più possibile la dinamica naturale del corso d'acqua, dalla produzione di sedimenti alla continuità nel loro trasporto, ai processi di erosione e deposizione; questo a sua volta potrà garantire una maggiore naturalità delle caratteristiche morfologiche nel tratto coinvolto.

#### Qualità chimico-fisica

Gli interventi di riqualificazione integrata dei corsi d'acqua possono fornire un contributo anche al miglioramento della qualità chimico-fisica delle acque, sebbene ciò valga in principal modo per i corsi d'acqua di piccole dimensioni e solo in maniera trascurabile per quelli medio-grandi (a causa delle portate molto più elevate da trattare). La riqualificazione morfologica potrebbe infatti portare ad allungare i tempi di residenza o a creare ambienti più diversificati dove possono avvenire i processi biogeochimici che portano ad una riduzione dei carichi veicolati.

Come già ricordato tale obiettivo, pur se non trattato nel dettaglio nelle presenti linee guida, costituisce in ogni caso una condizione al contorno di cui tener conto nella scelta degli interventi.

### **3.1.3 Definizione delle tipologie di intervento**

Sulla base della tipologia di corso d'acqua, degli obiettivi posti, dei fattori di pressione in gioco e delle condizioni al contorno che ne possono influenzare la fattibilità, occorre individuare quali delle tipologie di intervento illustrate nelle presenti linee guida possono adattarsi al caso in esame, eventualmente integrate da azioni tipiche dell'ingegneria idraulica tradizionale, laddove non sia possibile o conveniente procedere altrimenti.

Accanto alla definizione degli interventi occorre inoltre progettare un adeguato monitoraggio degli effetti ed eventuali misure di gestione/manutenzione, laddove la tipologia di intervento le richieda.

Per una disamina delle tipologie di intervento utilizzabili in un progetto di riqualificazione integrata dei corsi d'acqua si rimanda al Cap.4.

### **3.1.4 Identificazione di alternative progettuali**

Gli obiettivi che un progetto di riqualificazione integrata di un corso d'acqua intende raggiungere sono difficilmente perseguibili contemporaneamente allo stesso livello; è utile allora definire diverse alternative progettuali, ognuna delle quali raggiunga gli obiettivi in modo diversificato.

Le alternative possono differenziarsi per gli interventi prescelti, per la loro localizzazione, per l'estensione, per le modalità di realizzazione e più in generale per l'importanza che si attribuisce ai diversi obiettivi, focalizzando l'attenzione su un obiettivo specifico (es. rischio da esondazione) a discapito degli altri, oppure su alcuni obiettivi prevalenti, o su tutti gli obiettivi ma da raggiungere in modo meno marcato rispetto ad alternative mono-obiettivo.

### 3.1.5 Confronto tecnico-economico-ambientale tra possibili alternative

Per confrontare tra loro le alternative progettuali e verificare quanto ognuna di queste sia in grado di raggiungere gli obiettivi prefissati, è necessario effettuare una valutazione di tipo multicriterio, tenendo conto anche del costo di manutenzione per il mantenimento in efficienza dell'intervento, che può incidere significativamente sulla scelta dell'alternativa "migliore".

Può essere a tal fine utile impiegare una "matrice di valutazione" (si veda l'esempio riportato in Tabella 1 nella quale il grado di raggiungimento di un obiettivo da parte delle alternative considerate è misurato tramite un indice che varia tra 0 ed 1, ad indicare rispettivamente il minimo e massimo livello di raggiungimento dell'obiettivo in analisi.

OBIETTIVO	ALTERNATIVE		
	A	B	C
Diminuzione del rischio da esondazione	0.5	0	1
Qualità ecologica	1	0.6	0,5
Qualità dell'acqua	0	1	0

*Tabella 1 - Esempio semplificato di matrice di valutazione, nella quale si misura il livello di raggiungimento dei tre obiettivi indicati nella prima colonna da parte delle tre alternative progettuali A, B, C prese in considerazione, utilizzando a tal fine un indice che varia tra 0 ed 1, ad indicare rispettivamente il minimo e massimo livello di raggiungimento dell'obiettivo in analisi.*

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, la stima degli effetti sulla qualità dell'acqua delle azioni considerate nelle alternative A, B, C come riportato in tabella). Tale previsione può essere effettuata tramite l'applicazione di modelli quantitativi (es. idraulici) e/o in modo qualitativo mediante il supporto di esperti.

### 3.1.6 Coinvolgimento dei portatori di interesse

La scelta dell'alternativa progettuale "migliore" dovrebbe essere effettuata non solo grazie a considerazioni di tipo tecnico ma anche tenendo conto delle aspettative dei diversi portatori di interesse sul territorio.

Per prendere la decisione finale è quindi auspicabile realizzare un processo di partecipazione pubblica che accompagni tutte le fasi illustrate in precedenza, strutturato secondo diversi livelli di complessità in rapporto all'importanza territoriale del progetto in esame.

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 del progetto anche in termini di accettabilità sociale.

Sul tema della partecipazione pubblica legata alla gestione dei corsi d'acqua si veda il documento "Definizioni e requisiti qualitativi di base dei Contratti di Fiume", redatto

dal gruppo di lavoro sul "Riconoscimento dei Contratti di Fiume a scala nazionale e regionale e definizione di criteri di qualità", istituito dal Tavolo Nazionale dei Contratti di Fiume a partire dalla Carta nazionale dei Contratti di Fiume e coordinato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) in collaborazione con l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) scaricabile da [http://www.cirf.org/italian/menu1/attivita/news/requisiti qualitativi CdF.html](http://www.cirf.org/italian/menu1/attivita/news/requisiti_qualitativi_CdF.html))

## 3.2 Elementi di base per la definizione degli interventi di riqualificazione morfologica

La definizione e progettazione di interventi di riqualificazione morfologica, come quelli suggeriti nelle presenti linee guida, richiedono conoscenze di geomorfologia fluviale rispetto alle quali si ritiene utile elencare in forma sintetica alcuni elementi di attenzione particolarmente rilevanti. Per approfondimenti sul tema si rimanda alla parte introduttiva del già citato manuale IDRAIM, Rinaldi et. al, 2014.

### 3.2.1 I principali fattori che influenzano la dinamica fluviale e le tendenze evolutive dei corsi d'acqua

In condizioni naturali, a una scala temporale di alcuni decenni, un alveo fluviale si trova generalmente in condizioni di equilibrio dinamico, ovvero seppure localmente si modifichi nel tempo, in termini medi le sue forme e le sue dimensioni caratteristiche (pendenza, ampiezza della sezione, profondità, granulometria del fondo) restano invariati. Questo equilibrio è legato alla sostanziale invarianza nel tempo dei fattori che principalmente influenzano la dinamica del corso d'acqua e in particolare all'equilibrio tra l'energia della corrente<sup>6</sup>, che è proporzionale alla sua capacità di trasportare sedimenti verso valle, e la quantità e dimensioni dei sedimenti che alimentano il tratto in esame. Se una di queste variabili viene alterata, si determina una condizione di instabilità e l'alveo risponde tramite aggiustamenti morfologici che tendono a riportarlo verso una nuova condizione di equilibrio. In relazione alla dinamica di incisione/sedimentazione, particolarmente rilevante nel contesto delle misure di riqualificazione ai fini del rischio alluvionale, Lane (1955) ha stabilito la seguente relazione:

$$Q^*i \propto Q_s^*D_{50}$$

dove:

Q è la portata liquida

i è la pendenza media del fondo dell'alveo

Q<sub>s</sub> è la portata solida

D<sub>50</sub> è il diametro mediano dei sedimenti del fondo dell'alveo.

---

<sup>6</sup> Più comunemente si fa riferimento alla **potenza Ω o alla potenza specifica ω**:

$$\Omega = \gamma Qi$$

$$\omega = \Omega / L = \gamma Qi / L, \text{ dove:}$$

Ω = Potenza [watt/m]

γ = peso specifico dell'acqua (9810 N/m<sup>3</sup>)

Q = portata liquida a piene rive, assimilabile alla portata giornaliera media con tempo di ritorno 2 anni

i = pendenza media dell'alveo nel tratto considerato

ω = potenza specifica [watt/m<sup>2</sup>]

L = larghezza media dell'alveo nel tratto considerato

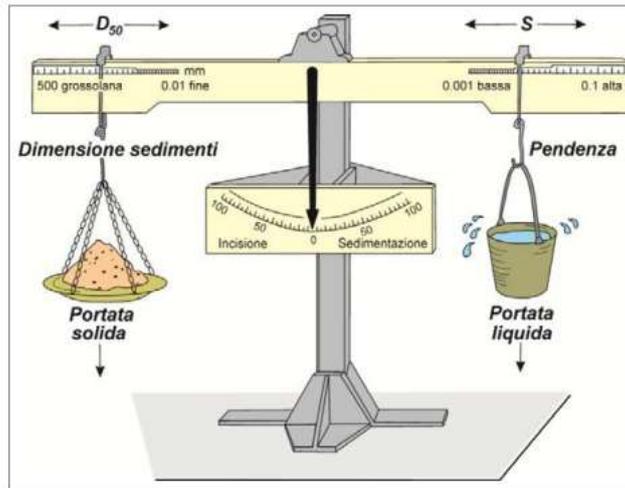


Figura 1 - Modello concettuale delle risposte di un alveo fluviale ad alterazioni dell'equilibrio dinamico, tratto da Manuale IDRAIM di ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2014)

Quindi il prodotto della portata liquida e della pendenza del fondo è proporzionale al prodotto tra la portata solida e la dimensione dei sedimenti. Se aumenta  $Q^*i$ , ovvero la potenza della corrente (o diminuisce  $Q_s^*D_{50}$ ) si ha una tendenza all'incisione, se viceversa diminuisce  $Q^*i$  (o aumenta  $Q_s^*D_{50}$ ) si ha una tendenza alla sedimentazione.

Più in generale, le alterazioni delle variabili che influenzano la dinamica morfologica del corso d'acqua determinano aggiustamenti dell'alveo non solo in relazione alle sue caratteristiche altimetriche, ma anche planimetriche e in termini di configurazione morfologica (mono o pluricursalità, sinuosità, ecc.), che si propagano del tempo e nello spazio, sia a monte che a valle del tratto alterato, secondo sequenze evolutive tipiche dello specifico contesto.

Per una corretta definizione di un intervento di riqualificazione è quindi importante avere una sufficiente conoscenza sia delle dinamiche evolutive in atto (possibilmente alla scala temporale secolare e, con maggior dettaglio, in relazione agli ultimi 10-15 anni) che delle alterazioni delle "variabili guida" sopra descritte, ovvero delle principali cause che hanno determinato o stanno determinando una determinata "traiettoria" evolutiva. Questo è importante sia per la definizione dell'effettiva necessità e degli obiettivi dell'intervento, che dei fattori su cui andare a intervenire prioritariamente. Ad esempio, la scelta di come agire per ovviare a fenomeni di incisione dell'alveo deve necessariamente passare dalla comprensione di quale sia la causa che ha determinato tale fenomeno, che può essere il deficit di alimentazione solida da un affluente a monte, piuttosto che escavazioni pregresse in alveo o l'assenza di erosione spondale a causa delle protezioni di sponda: la strategia di riqualificazione da adottare sarà chiaramente diversa nelle situazioni indicate.

### **3.3 Riqualficazione morfologica "attiva" o "lasciar fare al fiume"?**

Come illustrato al Cap.5 "APPENDICE: PRINCIPALI FATTORI DI PRESSIONE CONNESSI ALLA PROTEZIONE DALLE ALLUVIONI E RELATIVI EFFETTI SUI CORSI D'ACQUA", un corso d'acqua può presentare alterazioni morfologiche sia a causa della modificazione diretta dell'alveo (ricalibrature di sezione, rettifiche, ecc.) sia per la realizzazione di opere idrauliche che ne limitano l'evoluzione morfologica (es. difese spondali che impediscono la mobilità laterale e l'alimentazione con i sedimenti erosi dalle sponde, sbarramenti trasversali che arrestano il trasporto solido e/o riducono le portate formative, ecc.).

In linea di principio, quindi, si può ipotizzare che la rimozione di questi fattori limitanti consenta al corso d'acqua di ritornare in condizioni di equilibrio ricreando autonomamente forme e habitat associati più naturali anche in assenza di interventi di "ricostruzione attiva" che mirino a "ridisegnare" l'assetto morfologico ed ecologico desiderato. In questo caso può essere utile non solo la rimozione dell'opera idraulica ma anche un intervento di tipo pianificatorio che vada a definire uno "spazio di mobilità" entro cui permettere la libera evoluzione dell'alveo (come suggerito al Par.4.13 "Definizione di una fascia di mobilità planimetrica").

Ciononostante, la variabile tempo può influenzare significativamente la scelta tra un approccio più "passivo" e uno più "attivo", che preveda quindi di andare a realizzare direttamente le forme morfologiche desiderate. Infatti, i tempi nei quali la dinamica naturale si può manifestare, e quindi la velocità di naturale riassetto e riqualficazione, possono variare molto da un corso d'acqua all'altro. Una delle variabili che ha maggiore influenza su tali tempi è la già descritta "potenza della corrente" nel tratto in esame. A maggiore potenza corrisponde una maggiore capacità di assetto spontaneo: Brookes (1988) ad esempio indica una potenza compresa tra 25 e 35 W/m come soglia al di sopra della quale il corpo idrico mostra una capacità di aggiustamento significativa a seguito di interventi di ripristino morfologico di tipo passivo. Oltre alla potenza della corrente hanno inoltre particolare influenza anche l'apporto solido da monte e l'erosibilità delle sponde.

In sintesi, maggiore sono la potenza specifica, l'erosibilità e l'apporto solido da monte, maggiore e più rapido sarà il riaggiustamento spontaneo da parte del fiume. Viceversa, per corsi d'acqua poco potenti, con sponde molto poco erodibili e con scarso apporto solido da monte, se non si vuole attendere decenni per ottenere delle variazioni significative dell'alveo, sarà tendenzialmente necessario prevedere interventi diretti di ricostruzione morfologica dello stesso, oltre alla rimozione delle cause che hanno portato all'alterazione morfologica del corso d'acqua.

In relazione al tempo di reazione del sistema, va poi considerato che il trasferimento verso valle dei sedimenti tramite il trasporto al fondo, anche una volta ripristinata la naturale continuità longitudinale, non è immediato: per percorrere 1 km un ciottolo può impiegare diversi anni, mentre ancora maggiore è il tempo di migrazione di un'intera forma fluviale (si veda ad esempio Katolikov e Kopaliani (2001) in relazione alle barre laterali). Se è necessario ottenere effetti in tempi brevi, le tipologie di intervento devono essere selezionate tenendo presente questi limiti.

Le incertezze ancora presenti per la stima dell'evoluzione morfologica di un corso d'acqua riqualficato e, ancor di più, della conseguente evoluzione ecologica dello stesso, rendono inoltre necessario associare sempre agli interventi di riqualficazione un attento piano di monitoraggio semi-sperimentale: questo, oltre a permettere di raccogliere sempre più informazioni utili alla stima degli effetti morfologici ed ecologici degli interventi, deve consentire di verificare periodicamente l'evolversi della situazione specifica, così da poter eventualmente agire con azioni di correzione e

adattamento dell'intervento di riqualificazione. Il monitoraggio richiesto può non coincidere necessariamente con quanto viene attualmente applicato ai sensi della Direttiva "Acque" 2000/60/CE, sia nella tempistica, sia nei parametri da analizzare, che devono entrambi essere tarati sulla base del singolo intervento e sulla traiettoria evolutiva ipotizzata per lo stesso.

È utile infine sottolineare che il successo ecologico di un intervento di riqualificazione morfologica può dipendere anche da altri fattori di pressione che lo possono influenzare anche in modo rilevante: a parità di intervento, ad esempio, la qualità dell'acqua, la presenza di *hydropeaking*<sup>7</sup>, la potenziale connessione longitudinale e quella con gli affluenti ai fini della ricolonizzazione delle specie animali e vegetali, possono condizionare fortemente i risultati ottenibili. È quindi sempre necessario considerare nel progetto tali fattori al contorno e, quando possibile e utile, includerli tra le variabili progettuali.

---

<sup>7</sup> Fluttuazioni artificiali repentine di portata causate dall'esercizio di impianti idroelettrici a bacino in funzione delle portate turbinate.

## 4 TIPOLOGIE DI INTERVENTO PER LA RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA DEI CORSI D'ACQUA

### 4.1 Catalogo delle azioni per la riqualificazione integrata dei corsi d'acqua

La riqualificazione integrata dei corsi d'acqua può essere messa in atto mediante un variegato insieme di tipologie di azioni (Tabella 2), strutturali e non, che si pongono come obiettivo comune la conservazione e il miglioramento dello stato degli ecosistemi fluviali, della qualità morfologica e della qualità chimico-fisica e che sono focalizzate inoltre, a seconda dei casi, alla gestione del rischio da esondazione e del rischio da dinamica morfologica.

AZIONI STRUTTURALI
Eliminazione/arretramento degli argini per la riconnessione della piana inondabile al corso d'acqua
Ripristino di piana inondabile mediante abbassamento di superfici terrazzate
Forestazione della piana inondabile per rallentare i deflussi
Interventi per l'aumento diffuso della scabrezza in alveo
Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari
Aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti
Rimozione o modifica strutturale di briglie e soglie
Costruzione di strutture trasversali per favorire il trattenimento di sedimenti e rialzare il livello dell'alveo
Immissione di sedimenti in alveo
Rimozione di tombinamenti
Recupero della sinuosità
AZIONI NON STRUTTURALI
Definizione di una fascia di mobilità planimetrica

Tabella 2 - Catalogo delle azioni per la riqualificazione integrata dei corsi d'acqua

Nei paragrafi seguenti si fornisce una descrizione sintetica delle azioni sopra elencate, specificando:

- Descrizione generale dell'intervento e di casi applicativi realizzati in Italia e in Europa
- Obiettivi perseguiti (per ulteriori dettagli si veda il Par.3.1.2)
  - *Qualità morfologica*: si fa riferimento agli elementi di analisi utilizzati dall'Indice di Qualità Morfologica (IQM), messo a punto nell'ambito del recepimento della Direttiva Acque 2000/60/CE per classificare lo stato morfologico dei corsi d'acqua. Viene inoltre riportato, a titolo indicativo, il "livello di ambizione morfologico" dell'azione, sulla base della seguente classificazione:

- Basso: intervento finalizzato al miglioramento di specifici habitat o comunque dello stato di singoli elementi dell'ecosistema fluviale (es. determinate componenti della fauna ittica, della vegetazione riparia, ecc.), generalmente a scala locale, senza riattivazione di processi evolutivi morfologici e più in generale della funzionalità del corso d'acqua.
  - Medio: riattivazione almeno parziale di processi evolutivi morfologici in alveo, quali ad esempio del trasporto solido e dei processi erosivi e deposizionali, garantendo che siano almeno parzialmente in grado di autosostenersi nel tempo.
  - Elevato: come per il livello precedente, ma con interessamento anche di vaste porzioni delle aree di pertinenza fluviale (piana inondabile, fascia di mobilità morfologica). Tale definizione è applicabile nel caso di alvei non confinati o semi-confinati, a cui le linee guida in larga parte si riferiscono; nel caso di alvei confinati (nei quali per definizione non vi sono, o sono limitati a brevi tratti, sia la piana inondabile che una fascia di mobilità morfologica esterna all'alveo stesso) il livello di ambizione morfologico può essere elevato se si ottiene un recupero a scala sufficientemente ampia dei processi evolutivi morfologici e di conseguenza degli habitat.
- *Qualità biologica: si fa riferimento agli elementi di analisi utilizzati per classificare lo stato ecologico dei corpi idrici ai sensi del DM Ambiente 8 novembre 2010 n. 260, relativo al recepimento della Direttiva Acque 2000/60/CE, oltre che agli elementi considerati dall'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) ed al miglioramento degli habitat fluviali.*
  - *Rischio da esondazione: si indicano in termini generali gli effetti dell'azione in relazione alla mitigazione del rischio connesso ai fenomeni alluvionali*
  - *Rischio da dinamica morfologica: con riferimento alla destabilizzazione delle opere, delle infrastrutture interferenti e dei beni esposti quali edifici, industrie, ecc.*
- Avvertenze: si specificano le precauzioni di cui tener conto in fase di applicazione dell'azione proposta.

## 4.2 Eliminazione/arretramento degli argini per la riconnessione della piana inondabile al corso d'acqua

### 4.2.1 Descrizione generale

L'eliminazione degli argini presenti lungo un corso (Figura 2) è finalizzata alla riconnessione idraulica dell'alveo con la piana alluvionale, recuperando quindi pianura inondabile. Alla rimozione dell'argine può seguire la ricostruzione dello stesso in posizione più arretrata, laddove la riconnessione con la piana possa essere effettuata solo parzialmente. Questa è peraltro la situazione più comune nell'ambito di pianura, poiché, in assenza di limiti fisici alla divagazione delle acque, per tempi di ritorno elevati le aree coinvolte possono essere estremamente ampie.

In Figura 3 si riporta un esempio di arretramento arginale realizzato sul fiume Montone (Provincia di Forlì-Cesena) al fine di aumentare le aree allagabili a monte della città di Forlì, puntando ad ottenere riflessi positivi anche sullo stato ecologico del corso d'acqua.

La Figura 4 e la Figura 5 mostrano rispettivamente un esempio di eliminazione di argine sul fiume Savio e sul torrente Pisciatello (Comune di Cesena).

La Figura 6 mostra invece un esempio di arretramento di argini realizzato sul fiume Zero (Provincia di Venezia) con il duplice scopo di aumentare la capacità autodepurativa del corso d'acqua e di contribuire a diminuire la condizione di rischio da esondazione presente.

In Figura 7 si riporta l'intervento di arretramento dell'argine del rio Enzola (Provincia di Reggio Emilia), realizzato nell'ambito del Progetto Europeo LIFE+ RII.

La Figura 8 illustra infine un esempio di arretramento arginale realizzato lungo il torrente Lavino (Provincia di Bologna).

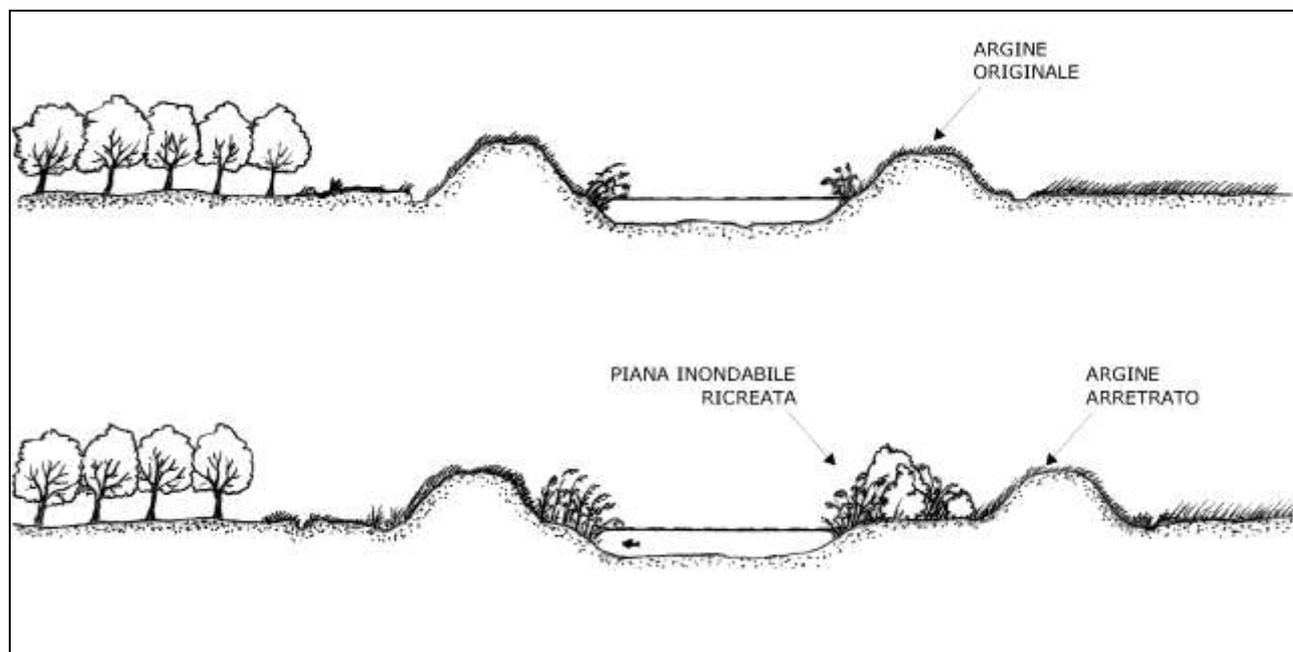


Figura 2 – Schemi progettuali di massima dell'intervento. In entrambi i casi si prevede la rimozione con ricostruzione arretrata dell'argine originariamente in frodo. Disegno Regione Emilia-Romagna: Massimo Milandri.

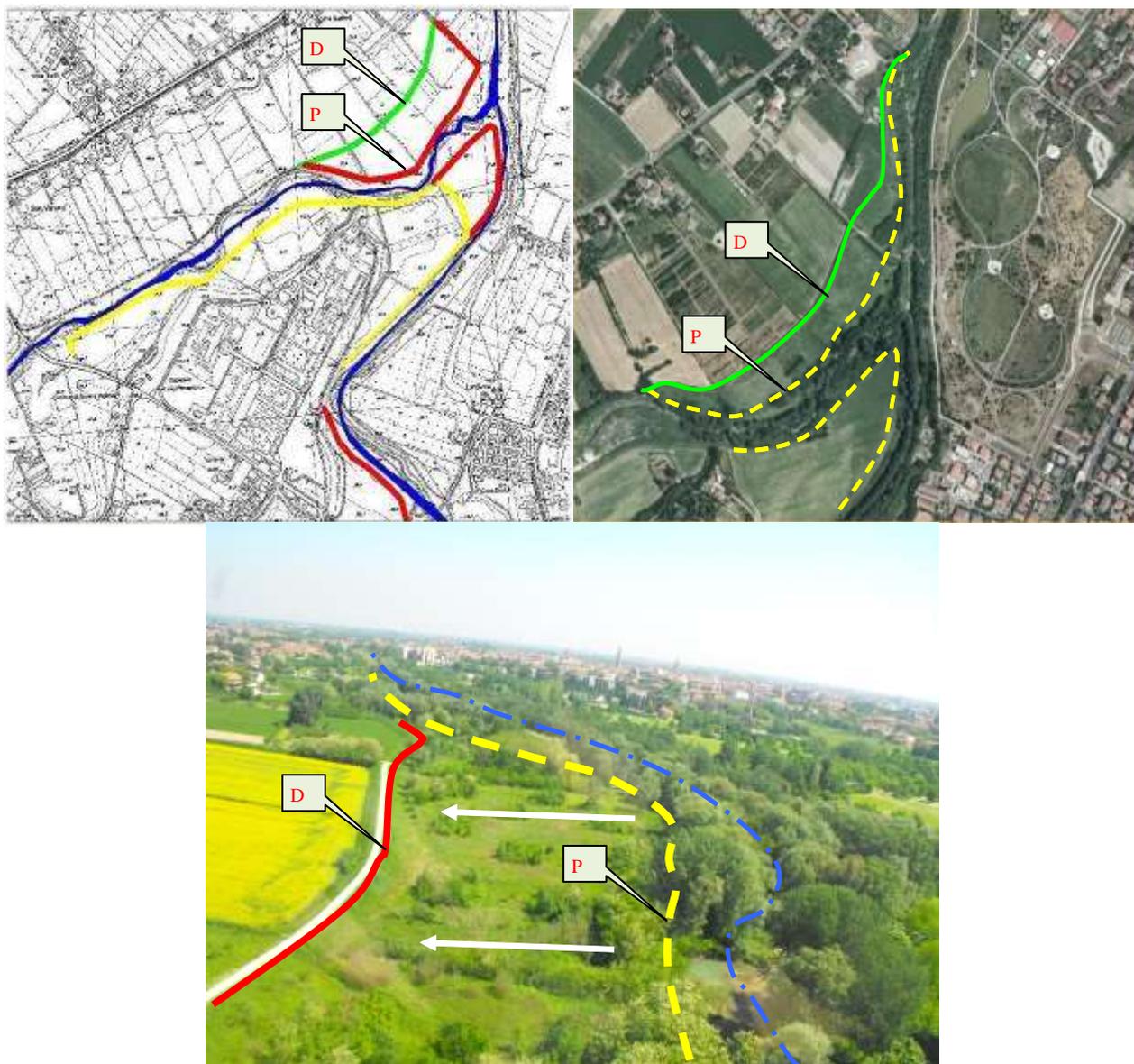


Figura 3 – Esempio di arretramento arginale sul fiume Montone a difesa della città di Forlì.

Il fiume Montone è un corso d'acqua che nasce e scorre in Romagna, attraversando dapprima i versanti per poi entrare in pianura interessando le città di Forlì e, più a valle, di Ravenna, punto in cui il Montone riceve il fiume Ronco per poi sfociare nel Mar Adriatico con il nome di Fiumi Uniti. Gli interventi realizzati sul fiume Montone dal locale Genio Civile della Regione Emilia-Romagna, ora Servizio Tecnico di Bacino Romagna, fanno parte di un progetto generale risalente agli anni '90 denominato "Fiumi Puliti", volto alla manutenzione degli alvei fluviali del territorio romagnolo, alla diminuzione del rischio da esondazione e alla realizzazione del Parco Fluviale del Fiume Montone, nei territori dei Comuni di Forlì e Castrocaro Terme. Tra gli strumenti principali messi in campo per raggiungere tali obiettivi, la restituzione al corso d'acqua di aree golenali demaniali e private, estromesse dall'ambito fluviale dalla presenza di arginature, è stata un'azione fondamentale e, dal 1992 ad oggi, ha permesso un recupero di capacità di invaso, in un breve tratto, di oltre 2.500.000 m<sup>3</sup>, restituendo spazi all'espansione naturale delle piene grazie all'abbassamento del piano golenale e all'arretramento degli argini, che separavano l'alveo dalla golena. Sul fiume Montone, in particolare, è stato realizzato nel 1991 l'arretramento dell'argine presente in sinistra idrografica a monte di Forlì, con lo scopo di recuperare aree di laminazione delle piene

in transito verso Forlì: l'argine originariamente presente (indicato con P -Prima- nelle figure) è stato abbattuto e ricostruito in posizione arretrata (D -Dopo- in figura) al fine di riconnettere idraulicamente al Montone un'area divenuta così sede di periodiche inondazioni. Intervento e foto: Servizio Tecnico di Bacino Romagna della Regione Emilia-Romagna.

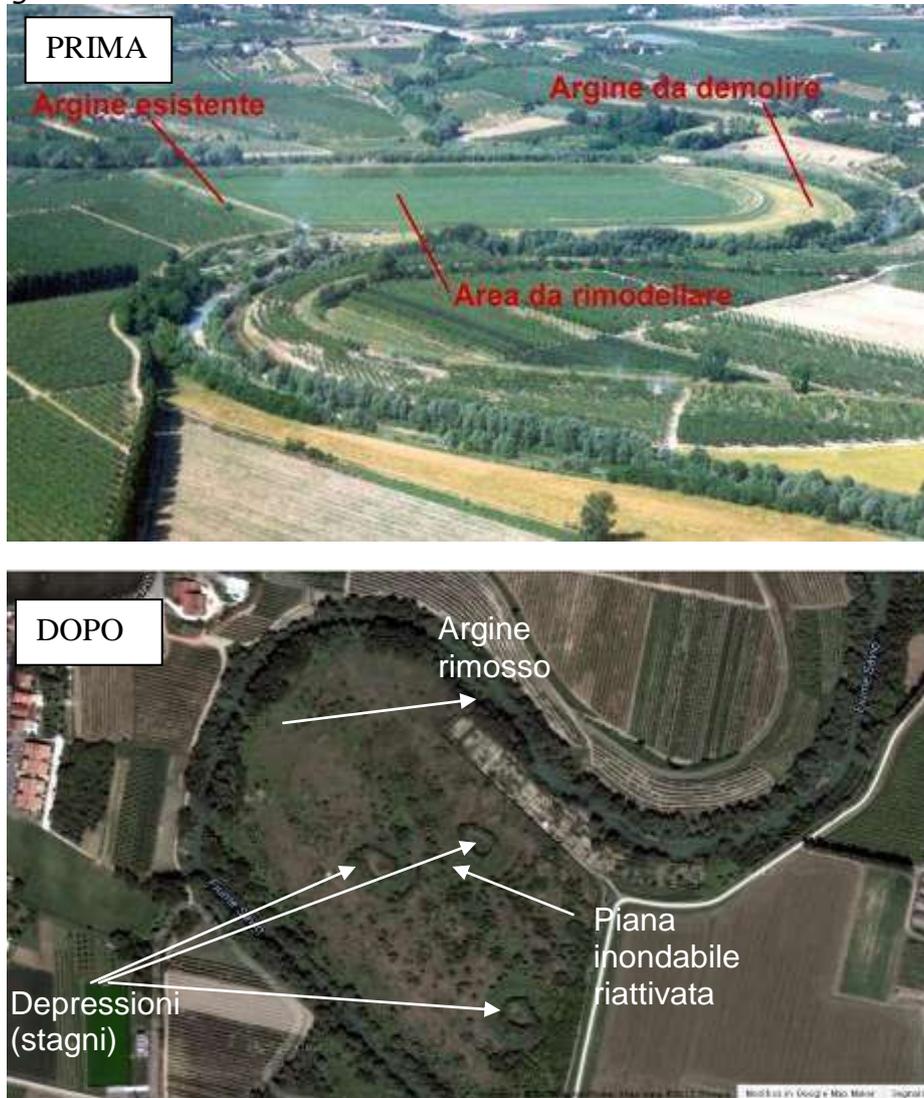
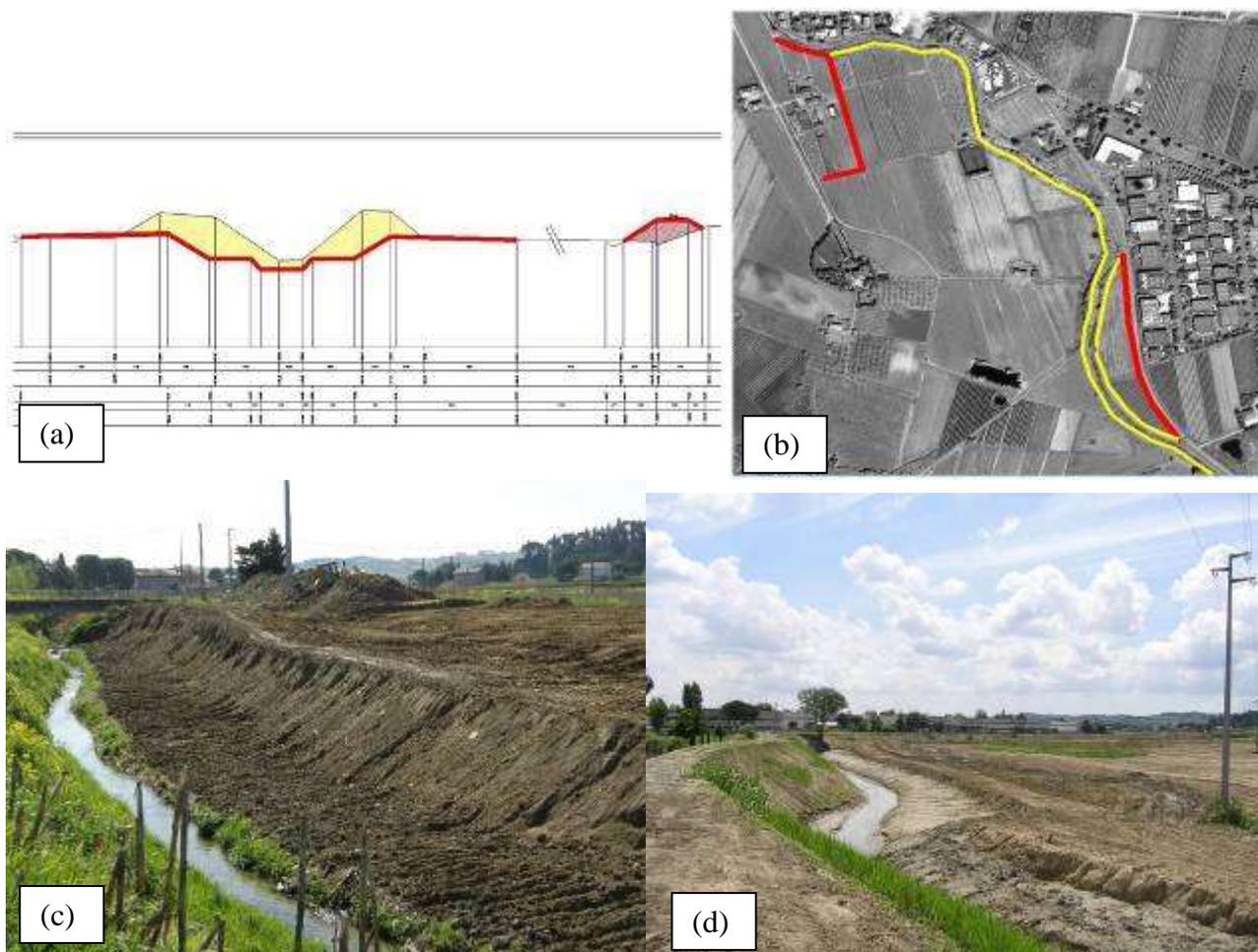


Figura 4 – Esempio di eliminazione di un argine sul fiume Savio nei pressi di Cesena. L'intervento è consistito nella demolizione di un argine interno ad un meandro e nella rimodellazione, tramite abbassamento e creazione di depressioni, di una vasta area di decantazione di sedimenti di un ex-zuccherificio ai fini di ricostituire un'area alluvionabile frequentemente allagabile. L'intervento, oltre a migliorare l'andamento complessivo del fiume Savio sotto il profilo idraulico, ha permesso la realizzazione, con una adeguata piantagione di essenze arboree idonee (circa 6.000 piante), di una zona naturalistica di notevole interesse ambientale. Inoltre sono state realizzate all'interno dell'ansa alcune depressioni umide protette (tre piccoli stagni), per favorire l'insediamento di specie faunistiche e l'aumento della biodiversità ambientale. Intervento e foto: Servizio Tecnico di Bacino Romagna della Regione Emilia-Romagna.



*Figura 5 – Esempio di arretramento arginale sul torrente Pisciatello (Cesena). Un esempio simile al precedente, anche se con ampliamenti più contenuti, è quello relativo agli interventi per la mitigazione del rischio da esondazione sul torrente Pisciatello realizzato nel 2009-2010. Anche in questo caso in alcuni tratti è stata attuata la rimozione degli argini esistenti (in giallo in figura a e b) con parziale ricostruzione di un argine arretrato a protezione di elementi a rischio (in rosso in figura a e b), con conseguente incremento e diversificazione della sezione. In figura c e d si mostra il contestuale allargamento di sezione realizzato sul medesimo torrente. Intervento e foto: Servizio Tecnico di Bacino Romagna della Regione Emilia-Romagna.*



*Figura 6 – Esempio di arretramento arginale sul fiume Zero (Provincia di Venezia). Il fiume Zero è un corso d’acqua di risorgiva di origine naturale, canalizzato già in epoca storica, oggi quasi irreversibilmente integrato nella rete idraulica della bonifica e considerato e gestito alla stregua dei canali di origine artificiale. Gli interventi di riqualificazione qui mostrati fanno parte di un più ampio piano di riqualificazione ambientale del Bacino Scolante nella Laguna di Venezia, il Piano Direttore 2000 (“Piano per la prevenzione dell’inquinamento ed il risanamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella Laguna di Venezia” - L.139/1992), che trae origine dalla Legislazione Speciale per Venezia e mira alla salvaguardia fisica, ambientale e socio-economica della città e della sua Laguna. Già a partire dagli anni '90 è cominciata la realizzazione di interventi di riqualificazione dei canali e dei corsi d’acqua naturali sversanti in Laguna, al fine sia di contenere l’immissione in essa dei nutrienti presenti nelle acque, sia di diminuire il rischio da esondazione che insiste sul territorio attraversato. Il progetto “Interventi di riqualificazione ambientale lungo il basso corso del fiume Zero per il controllo e la riduzione dei nutrienti sversati nella Laguna di Venezia” ha previsto un aumento dei volumi di invaso attraverso appositi ampliamenti di sezione, ottenuti mediante arretramento degli argini e creazione di aree golenali. Nelle prime tre foto in alto è indicato in giallo l’argine prima della*

*demolizione ed è visibile la golena ricreata al suo posto, durante i lavori e a distanza di diversi anni dagli stessi. Nelle ultime due figure in basso si mostra invece il caso di parziale rimozione dell'argine, in parte conservato in alveo così da creare un'isola al centro del corso d'acqua (l'argine è indicato dalla linea gialla, durante i lavori e dopo alcuni anni dalla realizzazione). Intervento e foto: Consorzio di Bonifica Acque Risorgive di Mestre (VE).*





*Figura 7 - Esempio di arretramento arginale lungo il rio Enzola (Provincia di Reggio Emilia).*

*L'intervento fa parte di un complesso di azioni sviluppate nell'ambito del Progetto Europeo LIFE+ RII (il cui ente capofila è la Regione Emilia-Romagna) volte a diminuire la situazione di pericolosità idraulica generata dal rio Enzola in relazione ai Comuni di Quattro Castella e Bibbiano (RE). Il rio Enzola nasce nell'area collinare posta a monte del primo comune e, dopo un breve tratto di qualche chilometro ad elevata pendenza, si immette nell'alta pianura per poi attraversare, tombinato per circa 2 km, Quattro Castella stessa. In corrispondenza di tale attraversamento si creano problemi di tipo idraulico, a causa della sezione insufficiente dello scatolare presente, problemi che poi si ripresentano nel successivo tratto a cielo aperto, che va da Quattro Castella sino a Bibbiano, dove il corso si presenta come arginato pensile e con sezione insufficiente. Gli interventi eseguiti (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/life-rii/temi/progetto-life-rii/life-rii>) affrontano il problema idraulico ricercando un contemporaneo miglioramento della qualità ecologica del rio (o la sua conservazione ove non possibile altrimenti), in particolare creando piana inondabile o comunque aumentando le aree di ritenzione delle piene, in modo distribuito lungo il tratto d'asta non arginato. L'intervento mostrato nelle foto rientra in tale categoria e prevede di ampliare l'area di accumulo delle piene mediante l'arretramento dell'argine presente in destra idraulica all'interno del Comune di Quattro Castella (linea rossa tratteggiata) e lo sbancamento dell'area retrostante. Le immagini mostrano l'intervento appena realizzato prima del ripristino della fascia riparia, confrontando la situazione ante e post operam, in una vista da valle verso monte (sopra) e da monte verso valle (sotto). Nel caso specifico l'intervento non ricrea piana inondabile ma crea ex novo tale piana in modo diffuso lungo il rio, per contrastare la problematica idraulica sopra indicata. Intervento realizzato dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (RE). Foto: Marco Monaci, Aronne Ruffini.*

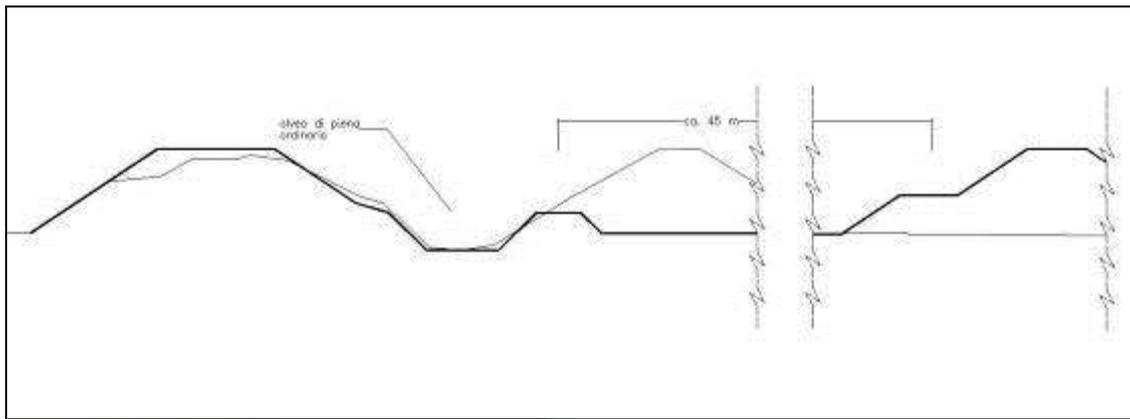


Figura 8 - Esempio di arretramento arginale lungo il torrente Lavino, in comune di (Provincia di Bologna). Il torrente Lavino nasce in Comune di Monte San Pietroe, dopo un percorso collinare, entra in pianura in prossimità della via Emilia, nel Comune di Zola Predosa, per poi immettersi nel torrente Samoggia, di cui è il principale affluente, in località Forcelli. A

valle dell'attraversamento del raccordo autostradale di Bologna, il torrente inizia ad avere la conformazione tipica dei corsi d'acqua della pianura bolognese, con argini trapezi di altezza anche notevole, pensili e stretti sul piano campagna e attraversa un territorio a vocazione agricola caratterizzato da coltivazioni intensive e dalla presenza di alcuni fabbricati in prossimità degli argini. In tale ampio tratto la sezione del corso d'acqua non si dimostra sufficiente per il deflusso delle piene anche per tempi di ritorno inferiori ai 50 anni. La gestione della vegetazione in tali condizioni è subordinata alla massimizzazione della sezione disponibile ed alla riduzione della scabrezza. Ciò comporta la necessità di sfalci annuali dei corpi arginali fino al pelo dell'acqua. Tale situazione, ben rappresentata nel Piano Stralcio di Assetto idrologico del fiume Samoggia (Autorità di Bacino del Reno), ha portato ad individuare un insieme integrato di interventi strutturali strategici alla mitigazione del rischio e alla risoluzione di una serie di criticità diffuse e localizzate. In particolare, nella porzione di asta immediatamente a valle della ferrovia Milano-Bologna, per una lunghezza complessiva di circa 1,2 km, nei comuni di Bologna, Anzola dell'Emilia e Calderara di Reno, è stato realizzato un intervento di allargamento della sezione fluviale, attraverso l'arretramento degli argini e la creazione di una zona golenale ampia nella quale ridare al corso d'acqua la possibilità di ricrearsi una piana inondabile. I lavori sono consistiti nella costruzione di nuovi argini traslati verso campagna sia in destra che in sinistra idraulica (si veda la sezione di progetto) e nella successiva demolizione degli argini esistenti. In particolare, la traslazione arginale, effettuata in modo da approfittare al meglio dell'andamento sinuoso del torrente tenendo conto anche delle interferenze con i fabbricati esistenti, è stata significativa in sponda destra ove per circa 600 m il nuovo argine è stato spostato rispetto al preesistente fino ad un massimo di 47 m comportando la creazione di un'area golenale di circa 1.3 ha (si vedano le due immagini centrali, in cui è possibile notare l'arretramento dell'argine). Per effetto dell'allargamento in sinistra idraulica, invece, si è creata un'area golenale di ca. 0.8 ha. Significativa caratteristica dell'intervento è che i terreni occupati dai corpi arginali e dalle nuove golene, originariamente di proprietà privata, sono stati acquisiti al demanio pubblico dello Stato, consentendo in tal modo di destinare a rinaturazione spontanea e/o guidata aree in precedenza agricole (si vedano le due foto dall'alto per cogliere al meglio il mutamento di uso del suolo. L'intervento coniuga in sé diversi obiettivi: da un lato determina un consistente effetto di abbassamento del pelo libero nel tratto di interesse e a monte, in corrispondenza delle aree più critiche dal punto di vista della sofferenza idraulica; dall'altro, pur non modificando le caratteristiche di corso d'acqua arginato, inserisce un elemento di pregio di tipo naturalistico-ambientale. Nell'ambito di un tratto fluviale completamente canalizzato e dotato di scarsissima variabilità vegetazionale l'area costituisce, infatti, una piccola "oasi" e un recupero, seppure solo localizzato, di una conformazione dell'alveo meno geometrizzata. L'intervento è pienamente coerente con quanto previsto dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Bologna che attribuisce, peraltro, al torrente Lavino le finalità di corridoio ecologico. L'allargamento arginale, in un tratto dove per caratteristiche idromorfologiche vi è tendenza alla divagazione, comporta, però, la necessità di adottare cautele per la salvaguardia dei corpi arginali. Essi infatti tenderanno ad essere erosi dalla corrente, ora che non è più costretta nella geometria fissa data dagli argini ravvicinati. Si dovrà pertanto prevedere la realizzazione di una scogliera antierosiva al piede dei nuovi argini, oppure il mantenimento di un canale di magra che non consenta alla corrente di indirizzarsi verso i corpi arginali; le ampie golene dovranno, comunque, essere allagate con grande frequenza e pertanto dovranno essere mantenute basse. Intervento e foto Servizio Tecnico Bacino Reno della Regione Emilia-Romagna.

## 4.2.2 Obiettivi

### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	X
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	X <sup>6</sup>
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X <sup>6</sup>
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	X <sup>6</sup>
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X <sup>6</sup>
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	X
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	X

Tabella 3 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Nota 6: solo se associato alla rimozione di difese spondali.

Livello di ambizione morfologico: MEDIO (nel caso in cui la riconnessione sia solo o prevalentemente idraulica) o ELEVATO (se si prevede anche un ampio recupero della mobilità laterale).

### b) Qualità biologica

Il recupero dell'interazione fra ambiente acquatico e ripario/golenale può portare ad un significativo miglioramento dei processi ecologici (quali, ad esempio, l'apporto di sostanza organica dalla piana inondabile al corso d'acqua e/o viceversa, o l'apporto di

detriti legnosi che creano nuovi habitat), cui è associata una risposta in termini di miglioramento delle comunità biologiche sia acquatiche che ripariali e golenali. Generalmente è possibile conferire alle sponde una pendenza inferiore favorendo il ristabilirsi di una successione vegetazionale tipica della transizione da ambiente acquatico a terrestre, migliorando quindi le condizioni della fascia riparia.

L'incremento dei tempi di residenza dell'acqua e l'interazione con la vegetazione acquatica e spondale possono incrementare le capacità autodepurative del corso con conseguenti effetti sugli organismi sensibili alla qualità delle acque. Questo effetto è tanto più significativo quanto più le dimensioni del corso d'acqua sono ridotte.

L'incremento delle superfici periodicamente inondate e/o della frequenza di inondazione a parità di superficie contribuisce inoltre a recuperare i processi di ricarica della falda, con benefici sul regime idrologico, in particolare nei periodi di magra, e più in generale sulle componenti dell'ecosistema acquatico maggiormente condizionate dal livello di falda e dalle interazioni tra questa e i deflussi superficiali.

### *c) Rischio da esondazione*

La riconnessione al fiume di piana inondabile precedentemente isolata dalla dinamica idrologica consente di incrementare la superficie inondata a parità di tempo di ritorno ovvero di aumentare la frequenza di inondazione di aree che risultano inondabili solo in caso di piena eccezionale. Ciò permette di aumentare il volume di piena soggetto a laminazione naturale, riducendo la pericolosità a valle. Se la piana inondabile ripristinata viene anche rivegetata, ai vantaggi di questa azione si aggiungono anche quelli di aumento della scabrezza illustrati più dettagliatamente al Par.4.4

Forestazione della piana inondabile per rallentare i deflussi". La reale entità degli effetti idraulici deve comunque essere valutata caso per caso.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

Nel caso in cui la presenza dell'argine determini un significativo incremento dei picchi di piena e della capacità di trasporto solido a valle, con conseguenti problemi di incisione e di destabilizzazione delle opere interferenti, il ripristino di idrogrammi di piena più naturali può mitigare o invertire questo processo. Laddove contestualmente all'intervento sull'argine vi sia anche un'eliminazione o spostamento di difese spondali, si possono poi avere vantaggi analoghi a quelli relativi agli interventi di riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo, presentati al Par.4.6: l'aumento dell'erodibilità delle sponde e di conseguenza del carico di sedimenti che viene mobilizzato, può così contribuire a diminuire gli eventuali deficit presenti a valle.

L'intervento può inoltre generare effetti positivi anche localmente nel caso di argini destabilizzati da problemi di erosione e/o incisione, grazie alla stessa rimozione dell'argine instabile o alla rimozione dell'argine presente sulla sponda opposta rispetto a quello instabile.

### **4.2.3 Avvertenze**

Valgono le medesime avvertenze descritte al Par. 4.3 "Ripristino di piana inondabile mediante abbassamento di superfici terrazzate".

In relazione all'obiettivo eventuale di incremento della capacità autodepurativa del corso d'acqua, grazie alla maggiore interazione fra l'acqua e la piana inondabile riconnessa, si deve considerare che, nel caso di fiumi di dimensioni medie o grandi, gli effetti in termini assoluti sono in genere abbastanza limitati e spesso sovrastimati; al contrario, in corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico minore essi possono risultare più rilevanti.

Al fine di valutare la compatibilità della reimmissione in alveo del materiale escavato, vanno acquisiti sufficienti elementi conoscitivi sull'evoluzione morfologica del corso d'acqua in esame e tenuti in considerazione i vincoli connessi a un eventuale aumento locale di rischio a valle legato all'aggradazione dell'alveo.

Nel caso in cui la rimozione dell'argine includa anche la rimozione di eventuali difese spondali, ovvero che la piana venga riconnessa anche dal punto di vista della dinamica morfologica, vale lo stesso elemento di attenzione indicato in relazione all'azione presentata al Par.4.6 "Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari": particolare attenzione va posta alla presenza di aree estrattive e occorre valutare la possibilità che queste agiscano da trappole per sedimenti, non solo in relazione al trasporto in sospensione, ma anche al trasporto di fondo qualora la mobilità laterale sia sufficiente. In questo caso l'intervento potrebbe addirittura essere controproducente in relazione all'obiettivo di aumentare il trasporto solido verso valle.

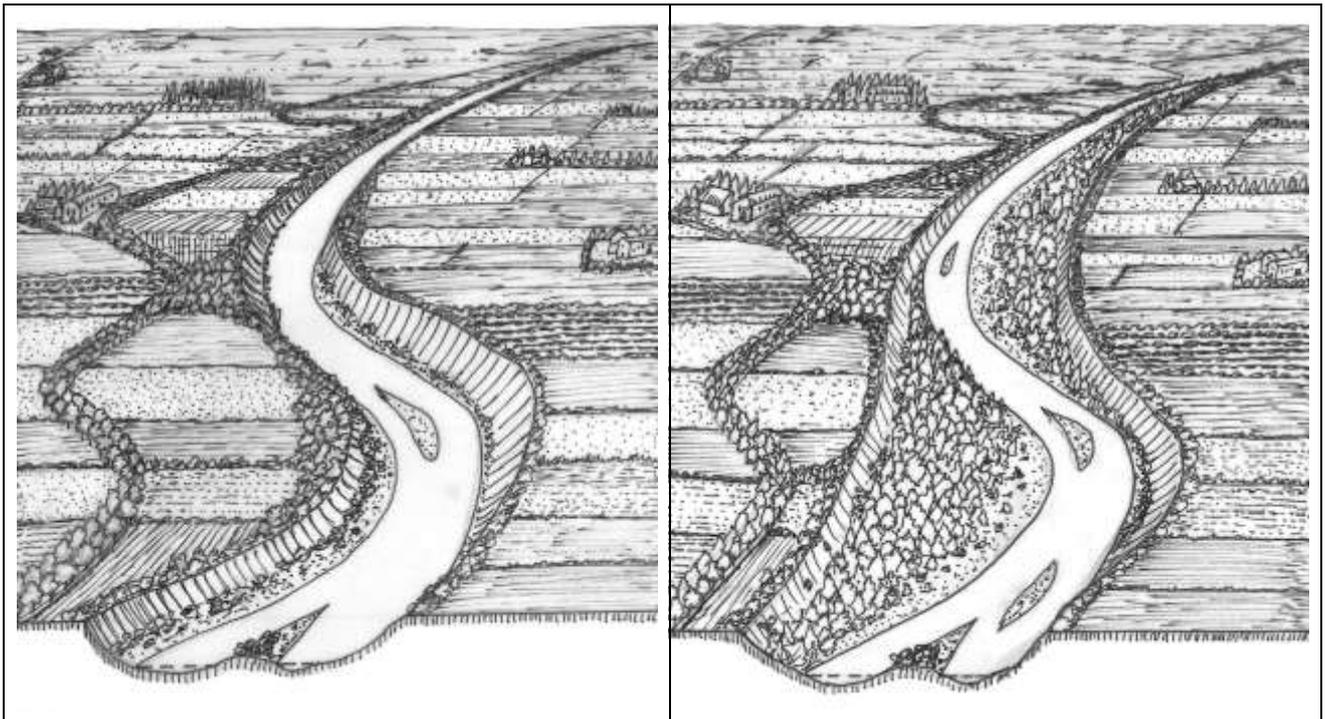
## **4.3 Ripristino di piana inondabile mediante abbassamento di superfici terrazzate**

### **4.3.1 Descrizione generale**

Il ripristino di piana inondabile (Figura 9) consiste nel ricreare le condizioni per cui una porzione di territorio adiacente all'alveo, attualmente terrazzato ed escluso quindi dalla dinamica fluviale a causa dell'incisione dell'alveo stesso, possa essere inondata con maggior frequenza tramite l'abbassamento della sua quota. L'azione prevede inoltre che la piana inondabile riconnessa sia lasciata libera di evolvere morfologicamente, senza prevedere quindi protezioni di sponda e rimuovendo eventuali ostacoli alla divagazione laterale, qualora presenti (nel caso siano presenti difese spondali si veda la relativa scheda al Par.4.6 "Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari

Particolarmente rilevante è la questione della destinazione dei sedimenti asportati: poiché la presenza di una piana in precedenza inondabile e ora terrazzata è connessa a un processo di incisione dell'alveo, generalmente dovuto a deficit sedimentario, occorre idealmente prevedere la reimmissione in alveo del materiale escavato, o comunque di quello con granulometria rilevante ai fini del ripristino del materasso alluvionale perso a causa dell'incisione. La reimmissione di solo una parte del materiale asportato può essere giustificata da condizioni al contorno che rendono i tratti di valle non compatibili con le quantità di materiale in gioco. La presenza di eventuali specifiche sezioni critiche presenti a valle (restringimenti di sezione, presenza di opere interferenti con sezione insufficiente, ecc.) non costituiscono tuttavia a priori un impedimento assoluto all'immissione in alveo dei sedimenti, in quanto si può prevedere il reinserimento del materiale non direttamente in situ, ma a valle o a monte, ove compatibile, anche in funzione dei costi dell'operazione e della qualità chimica dei sedimenti

L'intervento può essere realizzato sia in contesti non arginati (si vedano Figura 10, Figura 11 e Figura 12 relative ad interventi realizzati rispettivamente lungo il rio Enzola, il rio Bianello e il rio Lavezza, tutti siti in Provincia di Reggio Emilia), sia in tratti in cui le aree ora terrazzate sono contornate da rilevati arginali (si vedano Figura 13 e Figura 14 relative ad interventi realizzati rispettivamente lungo il fiume Montone e il Torrente Bevano, nella Provincia di Forlì-Cesena).



*Figura 9 - Schema progettuale di massima dell'intervento. I terreni limitrofi al corso d'acqua e da questo idraulicamente disconnessi vengono ribassati per trasformarli in piana alluvionale, allagabile con maggior frequenza e soggetta ai processi evolutivi geomorfologici ed ecologici. Disegno Regione Emilia-Romagna: Massimo Milandri.*

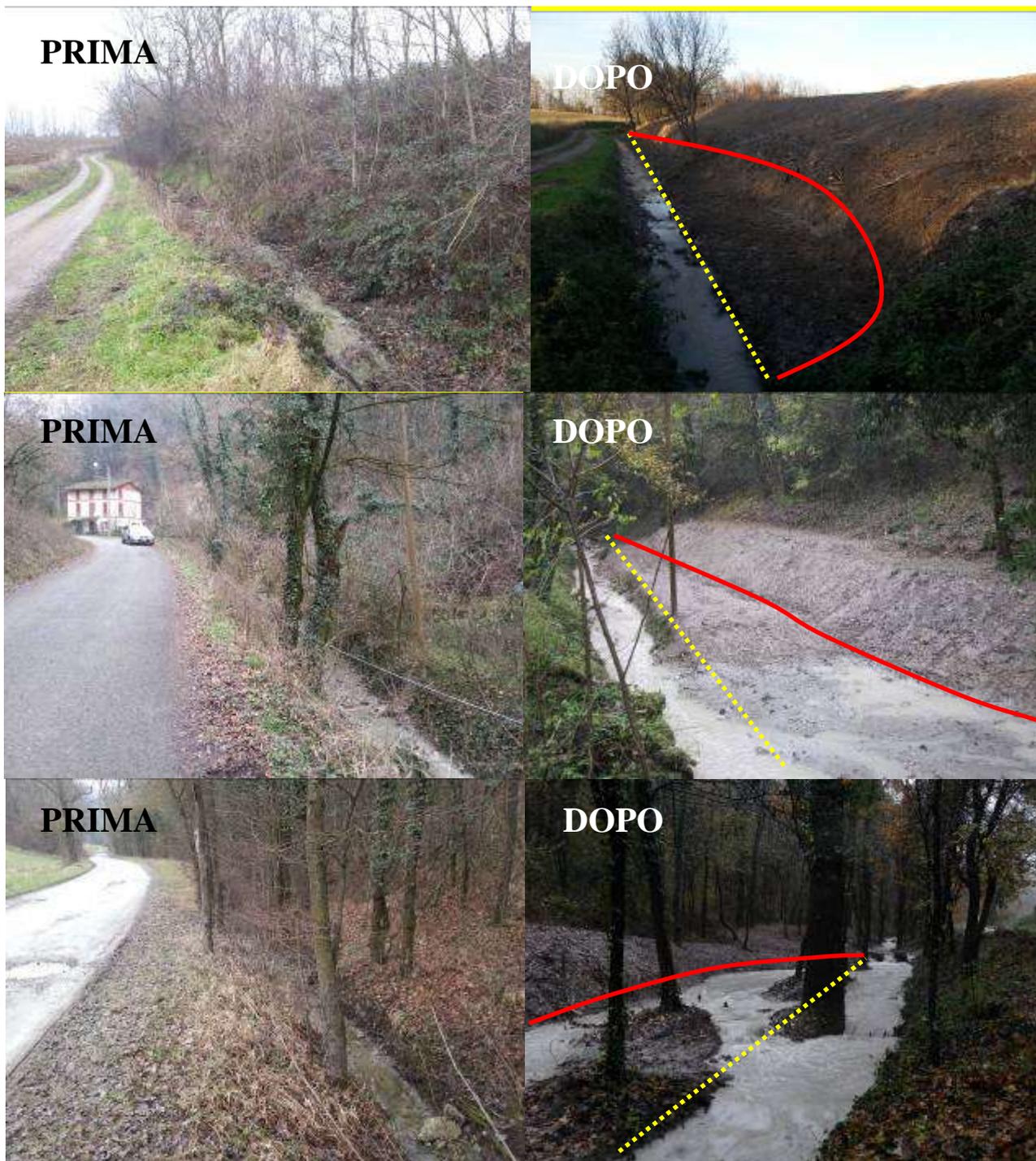


Figura 10 - Esempio di creazione di piana inondabile in un corso d'acqua non arginato mediante abbassamento del piano campagna (rio Enzola, Provincia di Reggio Emilia).

L'intervento mostrato nelle immagini subito dopo la realizzazione, fa parte di un complesso di azioni sviluppate nell'ambito del Progetto Europeo LIFE+ RII (il cui ente capofila è la Regione Emilia-Romagna) volte a diminuire la situazione di pericolosità idraulica generata dal rio Enzola in relazione ai Comuni di Quattro Castella e Bibbiano (RE). Il rio Enzola nasce nell'area collinare posta a monte del primo comune e, dopo un breve tratto di qualche chilometro ad elevata pendenza, si immette nell'alta pianura per poi attraversare, tombinato per circa 2 km, Quattro Castella stessa. In corrispondenza di tale attraversamento si creano problemi di tipo idraulico, a causa della sezione insufficiente dello scatolare presente, problemi che poi si ripresentano nel successivo tratto a cielo aperto, che va da Quattro Castella sino a Bibbiano, dove il corso si presenta come arginato pensile e con sezione insufficiente. Gli interventi eseguiti (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/life-rii/temi/progetto-life-rii/life-rii>) affrontano il problema idraulico ricercando un contemporaneo miglioramento della qualità ecologica del rio (o la sua conservazione ove non possibile altrimenti), in particolare creando piana inondabile o comunque aumentando le aree di ritenzione delle piene, in modo distribuito lungo il tratto d'asta non arginato. Le

immagini mostrano numerosi interventi appena realizzati prima del ripristino della fascia riparia, confrontando la situazione ante e post operam. Nel caso specifico gli interventi non ricreano piana inondabile ma la creano ex novo per contrastare la problematica idraulica sopra indicata (linea gialla: sponda originale; linea rossa: sponda arretrata mediante sbancamento dell'area perifluviale). Intervento realizzato dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (RE). Foto: Marco Monaci, Aronne Ruffini.

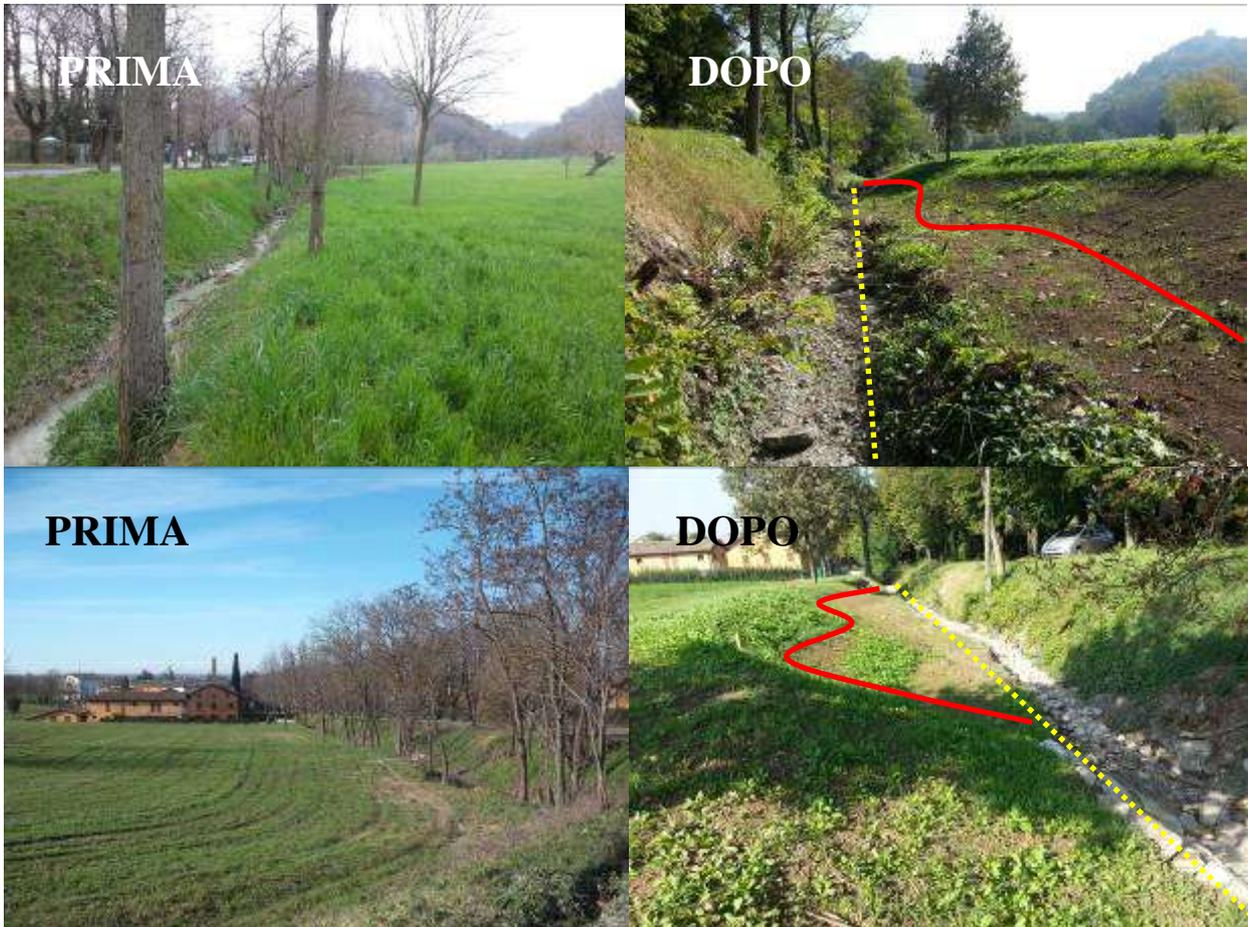


Figura 11 - Esempio di creazione di piana inondabile in un corso d'acqua non arginato mediante abbassamento del piano campagna (rio Bianello, Comune di Quattro Castella in Provincia di Reggio Emilia). Anche questo intervento, mostrato nelle immagini subito dopo la realizzazione dei lavori, fa parte delle azioni sviluppate nell'ambito del Progetto Europeo LIFE+ RII, come quello descritto in Figura 10. (linea gialla: sponda originale; linea rossa: sponda arretrata mediante sbancamento dell'area perifluviale). Intervento realizzato dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (RE). Foto: Marco Monaci.



*Figura 12 - Esempio di creazione di piana inondabile in un corso d'acqua non arginato mediante abbassamento del piano campagna (rio Lavezza, Comune di Albinea in Provincia di Reggio Emilia).*

*Anche questo intervento, mostrato nelle immagini subito dopo la realizzazione dei lavori, fa parte delle azioni sviluppate nell'ambito del Progetto Europeo LIFE+ RII, come quelli descritti in Figura 10 e Figura 11. (linea rossa: sponda arretrata mediante sbancamento dell'area periferuale). Intervento realizzato dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (RE). Foto: Marco Monaci.*

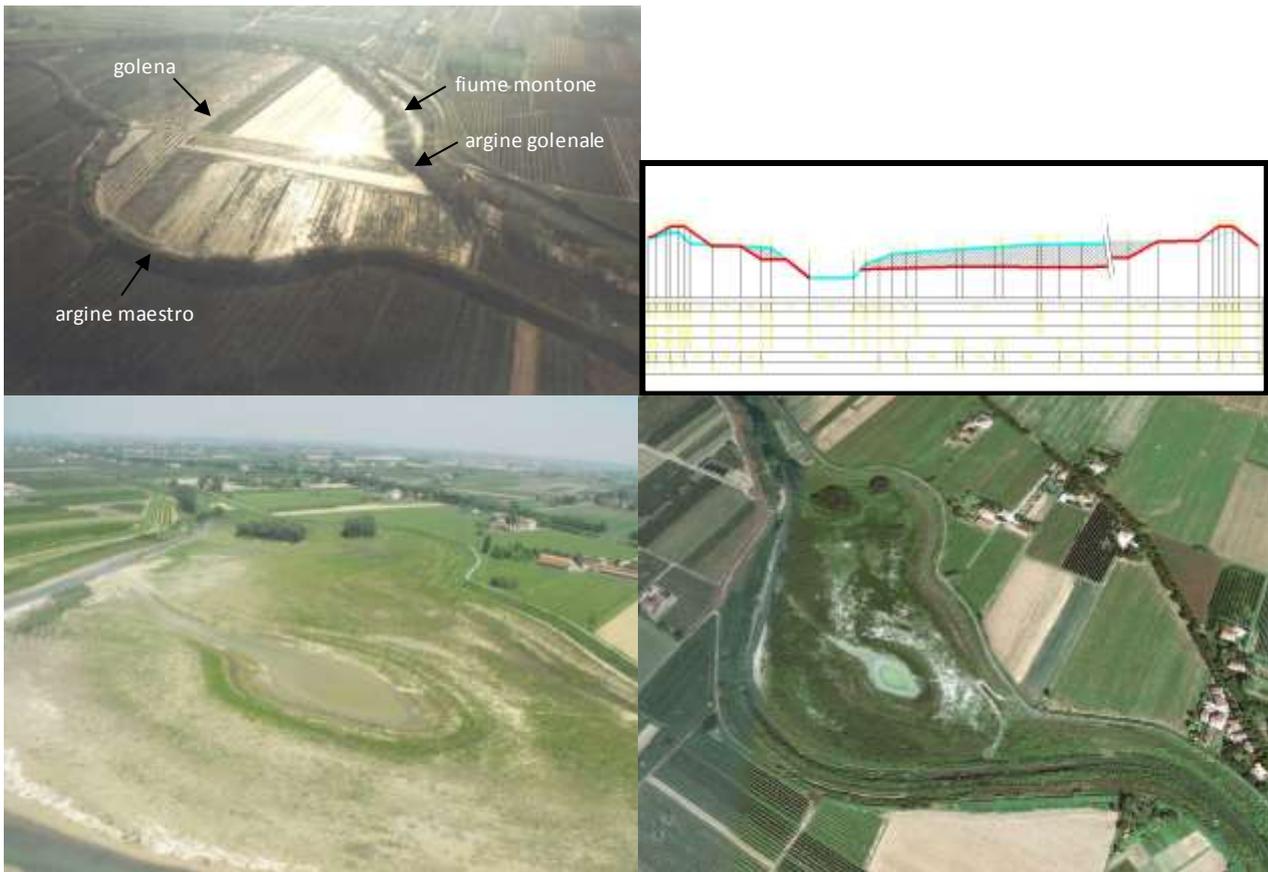


Figura 13 – Esempio di creazione di piana inondabile in un fiume arginato mediante abbassamento del piano campagna di una golena presente lungo il fiume Montone (Forlì).

La golena di San Tomè (Forlì), di proprietà privata e coltivata a frutteto, si presentava prima dei lavori contornata all'esterno dall'argine maestro (nella foto in alto a sinistra) e all'interno da un argine golenale in frodo, che riduceva la frequenza di allagamento e creava problemi al successivo allontanamento delle acque. I lavori, eseguiti nel periodo 2004-2007, hanno previsto l'eliminazione dell'argine golenale interno e l'esproprio, l'abbassamento e il risezionamento della golena su una superficie di 9 ha, secondo lo schema progettuale riportato nella figura in alto a destra. L'abbassamento del piano golenale (foto in basso a sinistra) permette ora una maggior frequenza di inondazione, con effetti positivi sul rischio da esondazione; la golena sta ora progressivamente rinaturalizzandosi (foto in basso a destra) e l'evoluzione dell'ecosistema è attentamente monitorata grazie al progetto "MAISON DE L'EAUX" (Monitoraggio Ambientale Interdisciplinare con Studi e Osservazioni Naturalistiche - <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/pubblicazioni/servizio-difesa-del-suolo-della-costa-e-bonifica>). Dal punto di vista idraulico, in fase progettuale si è confrontata l'ipotesi di abbassamento golenale, poi prescelta, con quella di creazione di una cassa d'espansione nel medesimo sito. Nel caso di eventi a basso tempo di ritorno (5-10 anni), l'effetto di laminazione dell'area golenale ribassata e riconnessa al fiume è risultato essere del tutto simile a quello di una cassa d'espansione, mentre nel caso di eventi trentennali e duecentennali l'effetto è risultato inferiore dell'1% circa, motivo che ha fatto propendere per la realizzazione di un'area allagabile naturale al posto di una cassa vera e propria, che avrebbe richiesto l'inserimento di opere idrauliche complementari per il riempimento e svuotamento della stessa. Intervento e foto: Servizio Tecnico di Bacino Romagna della Regione Emilia-Romagna.

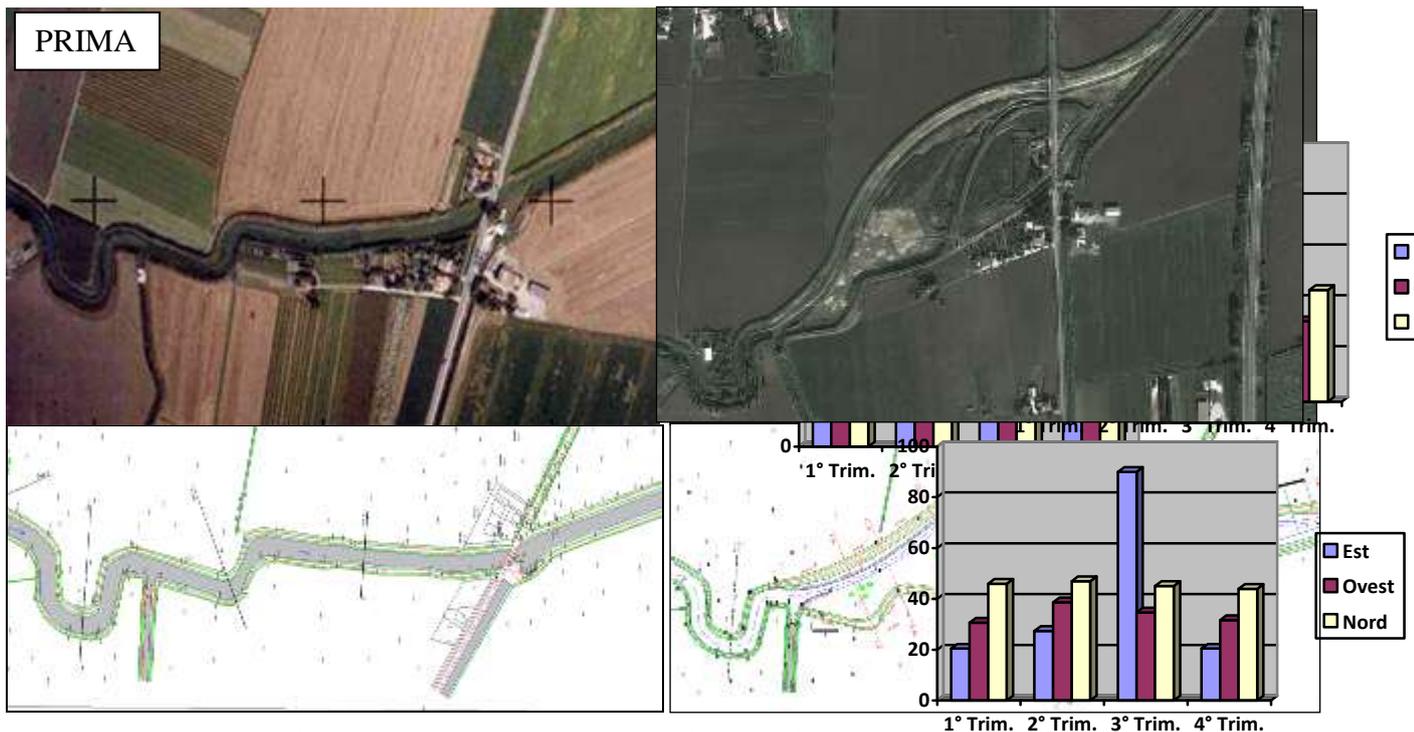


Figura 14 – Esempio di creazione di una piana inondabile sul torrente Bevano (loc. San Zaccaria in Comune di Ravenna)

Una variazione sul tema è quella rappresentata dagli interventi realizzati sul Torrente Bevano tra il 2009 ed il 2013. In questo caso, vista anche la presenza di un nucleo abitato e di un ponte, anziché un classico innalzamento/rinforzo degli argini si è optato per la costruzione di un nuovo alveo e di un nuovo ponte. L'area compresa fra il vecchio ed il nuovo alveo, divenuta demaniale, è stata ribassata e soggetta ad interventi di rinaturalizzazione; inoltre il nuovo braccio non è arginato nella porzione interna consentendo frequenti eventi di inondazione della piana. Il vecchio alveo è stato mantenuto come braccio morto, con presenza di acque stagnanti e funzioni prevalentemente naturalistiche e fitodepurative. Intervento e foto: Servizio Tecnico di Bacino Romagna della Regione Emilia-Romagna.

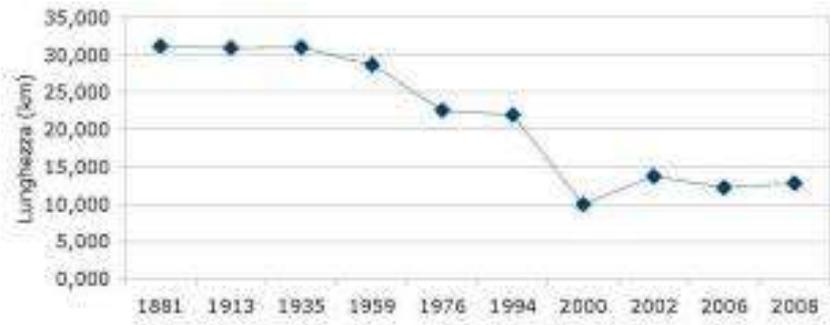
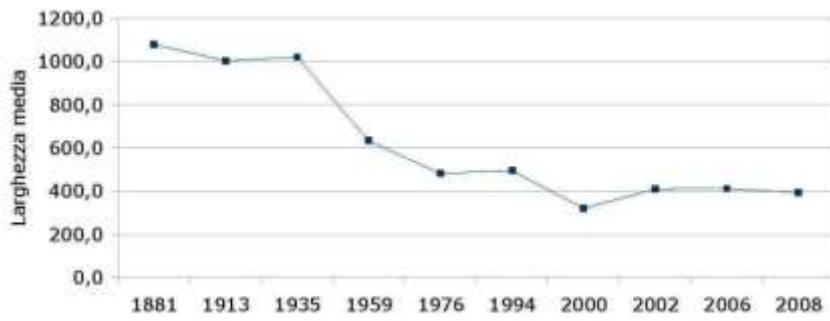


Figura 15 - Il 30/12/1999 è stato approvato con Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1999/2603 l'Accordo tra Regione, Consorzio del Parco Fluviale Regionale del Taro, Autorità di Bacino del Po, Magistrato per il Po (ora Agenzia Interregionale Fiume Po) e Provincia di Parma, inerente la realizzazione di un "Progetto di riqualificazione morfologica e ambientale del fiume Taro", da realizzarsi a cura dello stesso Consorzio del Parco Fluviale Regione del Taro ([www.parcotaro.it](http://www.parcotaro.it)). A seguito di uno studio previsto dallo stesso accordo, si è delineato il quadro delle criticità, e al contempo sono stati definiti gli indirizzi strategici e le azioni prioritarie da mettere in campo. Le criticità riguardavano:

- un deficit di sicurezza idraulica nel tratto di competenza del Parco e nel tratto vallivo, dovuto, tra le varie cause, alla modificazione della dinamica di trasferimento delle piene e alla riduzione della capacità di laminazione delle aree ricomprese nelle fasce fluviali;
- l'instabilità plano-altimetrica dell'alveo, dovuta soprattutto al prelievo di materiale litoide avvenuto in passato, che ha determinato la semplificazione delle forme fluviali, l'erosione del materasso alluvionale con l'esposizione del basamento pleistocenico e la progressiva modificazione del profilo delle sponde;
- il depauperamento ambientale, con perdita di rami attivi e zone umide.

Gli obiettivi che l'Accordo si poneva e le azioni intraprese sono stati rivolti quindi a garantire un livello di sicurezza adeguato agli usi del suolo, tramite il potenziamento della capacità laminativa nelle fasce A e B, il controllo dell'erosione del fondo e delle sponde, cercando di ottenere un naturale ripascimento della quota di fondo, e la delocalizzazione degli insediamenti compatibili con le fasce fluviali, il tutto nell'ottica di un contemporaneo miglioramento ecologico del fiume.

Tra le azioni realizzate nell'ambito dell'accordo si segnalano alcuni interventi fisici, come la riapertura di rami secondari (si veda Figura 25 al Par.4.6 "Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari"), e altri interventi non strutturali ma non meno importanti, come la delocalizzazione di alcune attività (frantoi) poste in aree di pertinenza fluviale, l'acquisizione di 100 ettari di aree in proprietà al Parco e l'acquisizione della concessione in uso gratuito di 500 ettari di aree del demanio pubblico ricomprese all'interno del perimetro del parco stesso, per tutelarne la biodiversità e garantirne la riqualificazione ambientale e che hanno permesso la progressiva naturalizzazione delle stesse aree e un aumento della dinamica morfologica del fiume.

Grazie a queste azioni sembra esserci stato un effetto positivo sull'assetto plano-altimetrico del fiume, che dal 2000 in poi ha visto una stabilizzazione della larghezza dell'alveo, della lunghezza del thalweg e dell'indice di intrecciamento (si vedano i due grafici in figura, ripresi da Magnarini G. (2009) e A. Cheli et al (2010)) e sulla laminazione delle piene, con un aumento dei tempi di traslazione dalla chiusura del bacino montano al tratto vallivo; tuttavia la misura della correlazione tra interventi realizzati ed effetti idromorfologici resta da confermare con ulteriori indagini, non essendo i dati ad oggi disponibili sufficienti per trarre conclusioni solide. Intervento realizzato dal Parco fluviale del fiume Taro (Macroarea dell'Emilia Occidentale).

### 4.3.2 Obiettivi

#### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	X
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	X
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	X
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	X
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	

Tabella 4 - Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: generalmente ELEVATO, in quanto l'intervento prevede tendenzialmente di garantire la libera evoluzione morfologica dell'alveo e della piana inondabile ricreata.

#### b) Qualità biologica

Il recupero dell'interazione fra ambiente acquatico e ripario e golenale può portare ad un significativo miglioramento dei processi ecologici (quali ad esempio l'apporto di sostanza organica dalla piana inondabile al corso d'acqua e/o viceversa, o l'apporto di

detriti legnosi che creano nuovi habitat), cui è associata una risposta in termini di miglioramento delle comunità biologiche sia acquatiche che ripariali.

L'incremento dei tempi di residenza dell'acqua e l'interazione con la vegetazione acquatica e spondale possono incrementare le capacità autodepurative del corso d'acqua con conseguenti effetti sugli organismi sensibili alla qualità delle acque. Questo effetto è tanto più significativo quanto più le dimensioni del corso d'acqua sono ridotte.

L'incremento delle superfici periodicamente inondate e/o della frequenza di inondazione a parità di superficie contribuisce inoltre a recuperare i processi di ricarica della falda, con benefici sul regime idrologico, in particolare nei periodi di magra, e più in generale sulle componenti dell'ecosistema acquatico maggiormente condizionate dal livello della falda e dalle interazioni tra questa e i deflussi superficiali.

### *c) Rischio da esondazione*

L'abbassamento di aree attualmente terrazzate consente di incrementare la superficie inondata a parità di tempo di ritorno, ovvero di aumentare la frequenza di inondazione di aree che risultano inondabili solo in caso di piena eccezionale. Ciò permette di aumentare il volume di piena soggetto a laminazione naturale, riducendo la pericolosità a valle. Se la piana inondabile ripristinata viene anche rivegetata, ai vantaggi di questa azione si aggiungono anche quelli di aumento della scabrezza illustrati più dettagliatamente al Par.0 "

Forestazione della piana inondabile per rallentare i deflussi". La reale entità degli effetti idraulici deve comunque essere valutata di caso in caso.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

Dal punto di vista degli effetti sul rischio da dinamica morfologica, i vantaggi sono analoghi a quelli che si possono ottenere mediante gli interventi di "Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari" presentati al Par.4.6: nel caso infatti che la nuova piana inondabile sia lasciata libera di evolvere (quindi priva di difese spondali o altre opere che limitano la mobilità laterale e l'erosione), il carico di sedimenti che viene mobilizzato può aumentare, soprattutto nella fase di transizione verso un nuovo assetto di equilibrio, e andare a diminuire gli eventuali problemi di incisione presenti a valle e i relativi effetti di destabilizzazione delle opere interferenti ivi presenti.

### **4.3.3 Avvertenze**

Valgono le medesime avvertenze descritte al Par.4.2 "Eliminazione/arretramento degli argini per la riconnessione della piana inondabile al corso d'acqua".

In relazione all'obiettivo eventuale di incremento della capacità autodepurativa del corso d'acqua grazie alla maggiore interazione fra l'acqua e la piana inondabile riconnessa, si deve considerare che nel caso di fiumi di dimensioni medie o grandi gli effetti in termini assoluti sono in genere abbastanza limitati e spesso sovrastimati; al contrario, in corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico minore essi possono risultare più rilevanti.

Al fine di valutare la compatibilità della reimmissione in alveo del materiale escavato, vanno acquisiti sufficienti elementi conoscitivi sull'evoluzione morfologica del corso d'acqua in esame e tenuti in considerazione i vincoli connessi a un eventuale aumento locale di rischio a valle legato all'aggradazione dell'alveo.

## **4.4 Forestazione della piana inondabile per rallentare i deflussi**

### **4.4.1 Descrizione generale**

Le formazioni vegetali presenti nella piana inondabile, come già affermato dalla Direttiva concernente criteri progettuali e compatibilità ambientale per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo in Emilia-Romagna (deliberazione Giunta regionale 3939/1994) oltre che costituire un importante valore ecologico e favorire i processi depurativi, possono essere considerate come la più naturale delle difese idrauliche contro gli effetti avversi delle alluvioni, grazie alla loro efficacia nel rallentamento della corrente che le interessa durante gli eventi di piena.

Il ripristino di formazioni vegetali nelle piane inondabili (Figura 16) può quindi giocare un potenziale ruolo significativo nella protezione dei centri abitati situati a valle dell'intervento, grazie all'aumento di scabrezza che si genera e al conseguente effetto di rallentamento e di ritenzione delle piene esercitato (si veda ad esempio Thomas & Nisbet, 2007).

La localizzazione dell'intervento, la densità della vegetazione e la tipologia di impianto forestale devono essere attentamente studiati in funzione degli obiettivi idraulici ed ecologici che si intendono perseguire. In linea di massima, gli impianti forestali realizzati con obiettivo prevalente naturalistico possono fornire risultati idraulici superiori, grazie alla struttura disomogenea e alla maggiore densità d'impianto.

In Figura 17 si riporta un esempio di forestazione delle golene presenti lungo il fiume Oglio.

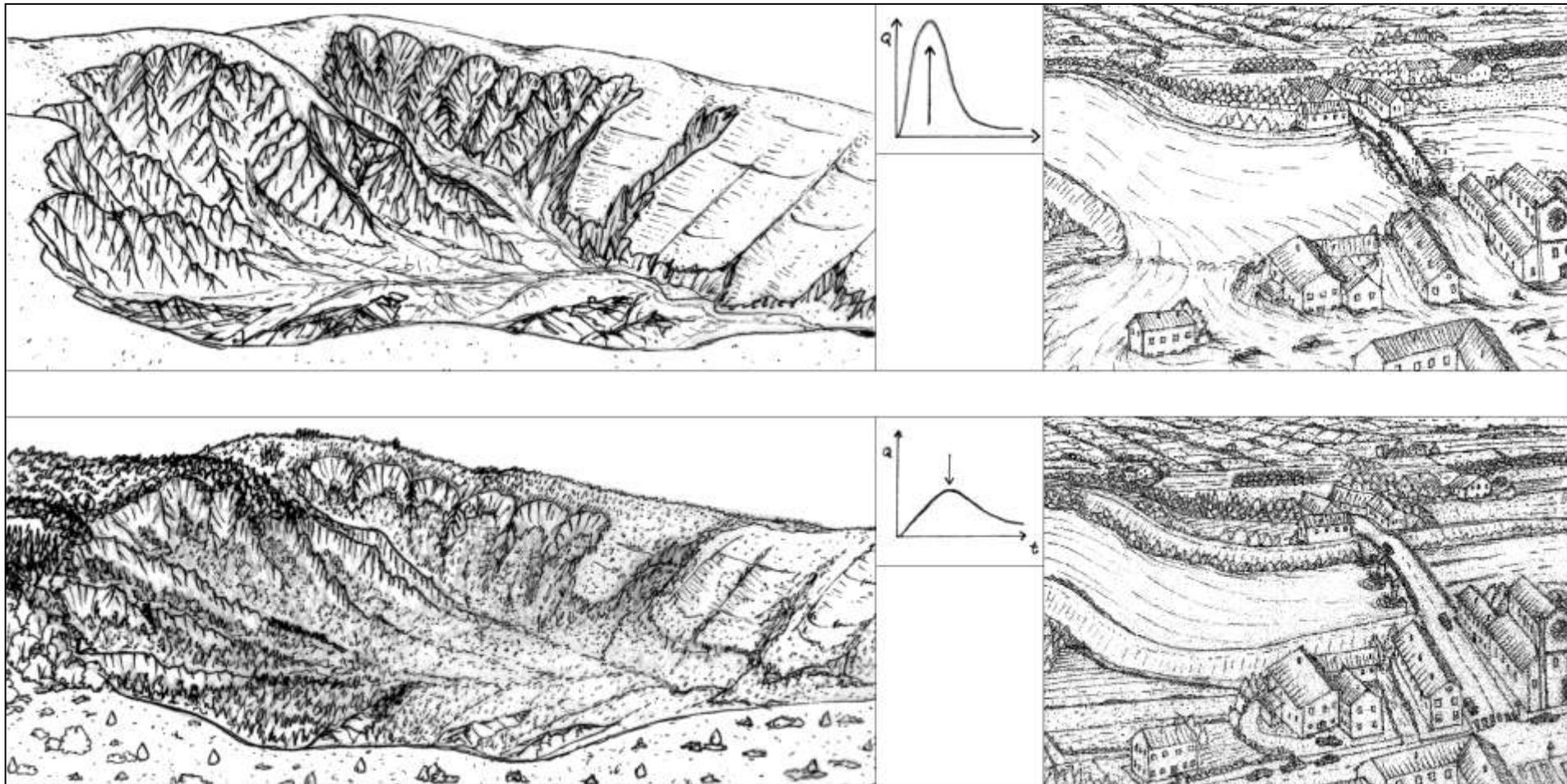


Figura 16 – Schema progettuale di massima dell'intervento di forestazione della piana inondabile.

La forestazione diffusa delle aree golenali allagabili poste a monte di centri abitati (immagine a sinistra) può permettere di aumentare i tempi di corrivazione incrementando l'effetto di laminazione esercitato dalle stesse, riducendo le problematiche idrauliche delle aree urbane poste a valle. La forestazione delle golene (immagine sotto) permette di passare da una situazione di scabrezza bassa, e quindi di velocità della corrente elevata, ad una situazione con scabrezza alta e velocità ridotta, con effetti idraulici positivi in termini di riduzione delle aree allagabili poste a valle dell'intervento di forestazione (Disegno Regione Emilia-Romagna: Massimo Milandri).



*Figura 17 – L'immagine mostra un intervento di forestazione in una golenia del fiume Oglio, con effetti che possono essere sia naturalistici sia di tipo idraulico, grazie al rallentamento della corrente esercitato dagli alberi. Sebbene non realizzato per fini idraulici, l'intervento rappresenta una possibile applicazione dell'azione descritta. Intervento realizzato dal Parco fluviale Oglio Sud (Regione Lombardia). Foto: Bruno Boz.*

#### 4.4.2 Obiettivi

##### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	
	Variabilità della sezione	
	Struttura del substrato	
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	X <sup>6</sup>
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	X <sup>6</sup>
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	X <sup>6</sup>

Tabella 5 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Nota 6: solo se associato alla rimozione di difese spondali.

Livello di ambizione morfologico: BASSO, in quanto si prevede in genere il solo miglioramento dello stato di singoli elementi dell'ecosistema fluviale (fauna ittica, vegetazione riparia, ecc.), senza riattivazione di processi evolutivi morfologici.

#### *b) Qualità biologica*

La forestazione di ambienti ecotonali, quali le golene, può avere degli effetti molto significativi in termini di incremento della biodiversità. Si tratta infatti di ambienti di transizione fra quelli terrestri ed acquatici e quindi potenzialmente soggetti ad una sovrapposizione fra organismi tipici di questi due comparti. Ciò dipende sia dalla diversità di habitat che possono essere garantiti dalla vegetazione arborea, anche morta, sia dalla buona disponibilità di risorse generalmente associata a queste aree. La forestazione della piana inondabile, generando un aumento del tempo di residenza dell'acqua, favorisce inoltre la ricarica delle falde, con benefici sul regime idrologico, in particolare nei periodi di magra, e più in generale sulle componenti dell'ecosistema acquatico maggiormente condizionate dal livello di falda e dalle interazioni tra questa e i deflussi superficiali.

#### *c) Rischio da esondazione*

Attraverso gli interventi di forestazione si consegue un aumento della scabrezza con conseguente rallentamento dei deflussi e aumento locale del livello idrico, a parità di portata in arrivo da monte, quindi del volume idrico complessivamente laminato nei tratti di intervento. Condizione necessaria per l'applicabilità dell'intervento è la disponibilità di superfici e/o volumi per la laminazione senza che questo aumenti significativamente il rischio localmente; la valutazione deve ovviamente essere effettuata a scala di bacino e l'eventuale aumento di rischio locale deve essere inferiore alla riduzione del rischio che si può ottenere a valle.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

L'azione non ha generalmente finalità legate strettamente alla diminuzione del rischio da dinamica morfologica.

### **4.4.3 Avvertenze**

E' evidente che la forestazione di piane inondabili precedentemente destinate ad uso agricolo pone una serie di problematiche gestionali che vanno considerate, legate essenzialmente al fatto che una parte più o meno significativa dei detriti legnosi potenzialmente generati (ramaglia, ma anche piante scalzate) potrebbe essere veicolata a valle e creare problematiche di tipo idraulico nel caso siano presenti sezioni critiche (strette, tratti tombinati, ecc.). Esistono tuttavia numerose soluzioni per gestire queste problematiche, che vanno dall'assunzione di adeguati programmi di controllo della vegetazione (quali tagli selettivi, anche funzionali a prevenire problemi di scalzamento durante le piene, depezzamento, ecc.), all'inserimento di adeguate trappole per tronchi, ad esempio briglie filtranti a funi, a monte delle sezioni critiche, alla rimozione delle eventuali strutture che determinano le sezioni critiche, qualora possibile.

Tra gli aspetti da valutare nella fase di realizzazione di questi interventi, particolare importanza riveste il livello medio della falda nella zona golenale; in presenza di fenomeni di incisione le zone golenali possono risultare terrazzate e la falda essere bassa rispetto alla possibilità di interazione con gli apparati radicali della vegetazione arborea.

In questi casi si presentano due possibili opzioni prevalenti:

- puntare già in fase di progettazione dell'impianto forestale all'insediamento di formazioni più mesofile, in grado di sopportare fasi di carenza idrica<sup>8</sup>;
- abbassare la golena prima di forestarla in modo da favorire una maggiore interazione degli apparati radicali della vegetazione igrofila con la falda (si veda la scheda riportata al Par.4.3 "Ripristino di piana inondabile mediante abbassamento di superfici terrazzate").

---

<sup>8</sup> Si vedano ad esempio le indicazioni riportate in Life+ T.E.N. (2013): Azione A7

## 4.5 Interventi per l'aumento diffuso della scabrezza in alveo

### 4.5.1 Descrizione generale

Questa tipologia di azione consiste nell'aumentare in modo diffuso la scabrezza in alveo (Figura 18) tramite interventi che ne incrementino la diversità morfologica. Si ottiene in questo modo non solo un rallentamento dei deflussi, ma anche un miglioramento dello stato ecologico. Per poter ottenere effetti idraulici di rilievo, l'azione si presta ad essere realizzata in particolare nel reticolo minore e in situazioni in cui il corso d'acqua risulti essere morfologicamente banalizzato. La diversificazione si ottiene sia grazie a interventi diretti che allo sviluppo delle dinamiche morfologiche d'alveo che questi stessi interventi possono favorire, laddove le condizioni al contorno e la tipologia di corso d'acqua lo consentano.

Le misure più tipiche in questa categoria consistono nell'introduzione in alveo di strutture in legname e pietrame tipiche degli interventi di ricostruzione di habitat, in particolare per la fauna ittica (si veda, ad esempio, Ministry of environment, lands and parks – British Columbia, 1997), quali zone rifugio per i pesci in alveo e nella parte di sponda in prevalenza sommersa.

Un elenco non esaustivo di azioni, da selezionare coerentemente con la tipologia del corso d'acqua in cui si interviene, è il seguente:

- Introduzione di legname: l'azione consiste nell'inserimento in alveo e lungo le sponde di grandi detriti legnosi, inclusi possibilmente gli apparati radicali (Large Woody Debris - LWD), singoli o ammassati a gruppi (in questo caso normalmente indicati come "engineered log jams") che, in assenza di interventi antropici, sarebbero naturalmente presenti in quantità molto elevate in corsi d'acqua montani, esplicando un importante ruolo non solo in termini diretti di habitat, ma anche nell'influenzare la dinamica morfologica. Sia tronchi singoli che ammassi possono essere posizionati in modo diverso, in funzione delle condizioni al contorno e della tipologia di corso d'acqua; prendendo in particolare in considerazione la stabilità delle strutture inserite, si possono considerare, semplificando, le seguenti modalità: 1) ancorati con cavi metallici (solitamente fissati ad un picchetto/profilato metallico infisso nel fondo); 2) immorsati nella sponda, spesso per più di metà della lunghezza; 3) non ancorati né fissati alla sponda, ma appoggiati o parzialmente infissi sul fondo ed eventualmente parzialmente ricoperti di ghiaia e progettati per rimanere stabili fino a un evento di piena di riferimento, oltre il quale vengono in parte o in toto trascinati a valle. Per maggiori dettagli si veda Brooks, A. *et al.* 2006 o Cramer, 2012.
- Posa di massi in alveo: i massi possono essere disposti in vario modo all'interno dell'alveo, ad esempio isolati o in gruppi, in base alle caratteristiche del corso d'acqua e ai risultati che si desidera ottenere e possibilmente cercando di ricreare una morfologia il più possibile prossima a quella di riferimento. L'effetto dei massi è generalmente quello di ottenere delle buche a valle degli stessi e in corrispondenza dei punti in cui converge il flusso idrico, che costituiscono zone di rifugio per i pesci. La presenza dei massi ha anche un effetto significativo sui processi di erosione delle sponde: in base a come vengono disposti, la loro presenza può sia difendere sponde soggette ad erosione, ove questo sia necessario, sia amplificare fenomeni di erosione e mobilità laterale già in atto. I massi possono aumentare il rapporto buche/raschi e mitigare l'uniformità del substrato in alvei eccessivamente uniformi a causa di interventi di risagomatura pregressi.

- Inserimento di una combinazione di tronchi e massi: sono possibili numerosi modi per combinare tra loro gli interventi sopra indicati, in funzione delle finalità che si intendono perseguire.

In Figura 19 si presenta un esempio di aumento della scabrezza in alveo previsto lungo il rio Lavezza (Provincia di Reggio Emilia) nell'ambito del Progetto Europeo LIFE+RII.

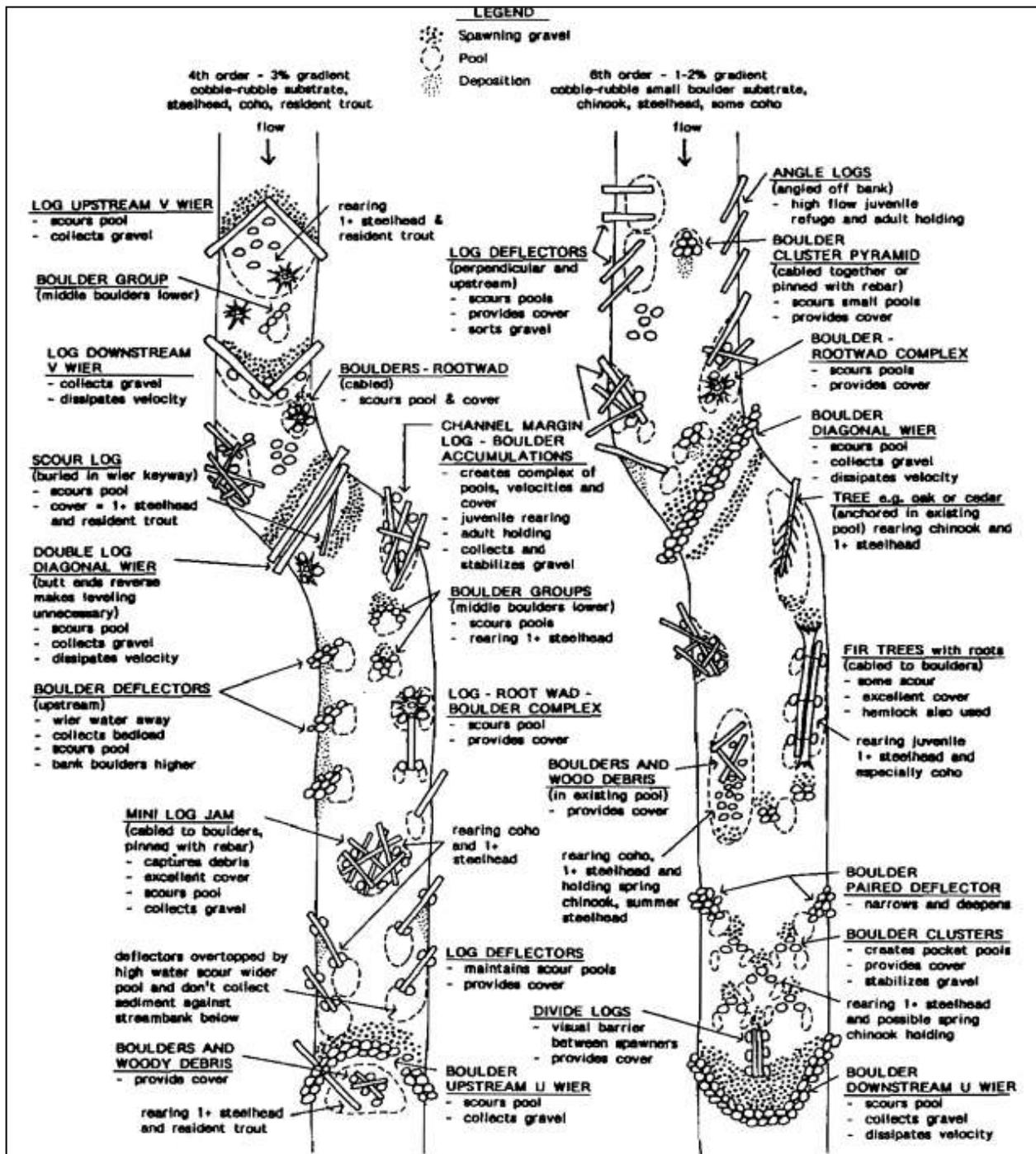


Figura 18 – Possibili tipologie di intervento per l'incremento della scabrezza e la creazione di habitat in alveo. (Fonte: Ministry of environment, lands and parks – British Columbia, 1997)



*Figura 19 – Esempio di posizionamento in alveo di strutture in legno per l’aumento della scabrezza e la diversificazione degli habitat (rio Lavezza, Comune di Albinea in Provincia di Reggio Emilia). L’intervento è stato realizzato nell’ambito del Progetto Europeo LIFE+ RII (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/life-rii/temi/progetto-life-rii/life-rii>) di cui la Regione Emilia-Romagna è ente capofila. Nelle prime due foto in alto è mostrato a sinistra l’ancoraggio alla sponda di due tronchi dotati di radice esposta e a destra l’intervento attraversato da una morbida del rio. Nelle due foto in basso è mostrato a sinistra un tronco posto trasversalmente all’alveo ancorato alle sponde e a destra l’intervento attraversato da una morbida del rio Lavezza. Intervento realizzato dal Consorzio di Bonifica dell’Emilia Centrale (RE). Foto: Marco Monaci, Aronne Ruffini.*

## 4.5.2 Obiettivi

### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	X
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	

Tabella 6 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: BASSO (generalmente l'eterogeneità che viene introdotta è a scala piuttosto limitata, inferiore a quella di unità morfologica) o eventualmente MEDIO, se si riesce ad ottenere la riattivazione di processi evolutivi morfologici in alveo a scala più ampia.

### b) Qualità biologica

L'intervento, se effettuato tenendo in considerazione le condizioni di riferimento del corpo idrico in esame, favorisce le comunità acquatiche, in quanto l'aumento di

scabrezza viene effettuato tramite l'inserimento di materiale che determina una diversificazione degli habitat in alveo.

c) Rischio da esondazione

L'aumento diffuso della scabrezza in alveo rientra tra le strategie di diminuzione del rischio da esondazione, sebbene sia generalmente limitato al reticolo minore, in quanto in corsi d'acqua di maggiori dimensioni non è solitamente realistico assumere di poter determinare significativi effetti ad ampia scala con questa tipologia di intervento. Concettualmente l'intervento è analogo a quello descritto al Par.4.4 "

Forestazione della piana inondabile per rallentare i deflussi”, ma localizzato in alveo: ad una maggior scabrezza corrisponde infatti un aumento dei tempi di corrivazione e quindi, laddove siano disponibili aree e/o volumi di laminazione residui, un incremento della laminazione diffusa ed una conseguente diminuzione della pericolosità a valle. Non è invece applicabile laddove l’aumento dei livelli idrici, determinato dalla maggiore scabrezza, può comportare a parità di portata in alveo l’allagamento di tratti non compatibili per la presenza di elementi a rischio.

*d) Rischio da dinamica morfologica*

L’intervento aumenta localmente la sedimentazione e può quindi contribuire a diminuire una situazione di incisione locale e la conseguente destabilizzazione di opere interferenti e beni esposti ivi presenti. L’azione può inoltre stabilizzare parzialmente il fondo e di conseguenza, in modo analogo a quanto svolto dalle soglie, interviene su fenomeni di erosione localizzata.

### **4.5.3 Avvertenze**

In fase progettuale va valutata con attenzione la compatibilità di un incremento di potenziale trasporto di materiale fluitante in alveo con eventuali sezioni critiche poste a valle; questo al fine di valutare l’applicabilità dell’azione, o comunque la dimensione appropriata per il materiale inserito, e per decidere se consentirne o meno la totale mobilità oppure optare per ancoraggi totali o parziali. Va comunque sottolineato che non è detto che la presenza di sezioni critiche infici necessariamente la realizzazione di questa tipologia di interventi, in quanto può essere conveniente intervenire contestualmente per ridurre le criticità locali.

Esistono molti interventi in cui si è ricorsi all’inserimento di massi, anche di grandi dimensioni, in corsi d’acqua che non sono naturalmente caratterizzati da substrati di tale granulometria. Sebbene alcune funzioni di diversificazione degli habitat, in particolare per la fauna ittica, possano essere garantite anche dai massi, dal punto di vista morfologico tali interventi rappresentano in molti contesti un allontanamento dalle condizioni di riferimento; per un migliore inserimento di questa tipologia di interventi si consiglia l’utilizzo di granulometrie coerenti con la tipologia fluviale considerata.

Infine, la sedimentazione potenzialmente generata dall’intervento potrebbe indurre un deficit di sedimenti a valle: occorre pertanto valutare se tale effetto possa essere rilevante e se sia compatibile con la dinamica dei tratti a valle.

## **4.6 Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari**

### **4.6.1 Descrizione generale**

L'intervento consiste nel rendere nuovamente disponibile ai processi erosivi tratti di sponda precedentemente difesi da opere idrauliche quali muri, scogliere, gabbioni, ma anche opere di ingegneria naturalistica quali palificate, che hanno analoga funzione, costruite al fine di contenere la divagazione laterale dei corsi d'acqua preservando i terreni limitrofi per attività di interesse antropico (Figura 20). L'azione può consistere nella rimozione attiva dell'opera o nella mancata manutenzione di opere ammalorate lasciando al corso d'acqua il compito di danneggiare la struttura esistente fino a farle perdere la funzionalità, e può essere accompagnata o meno dalla ricostruzione di difese a una distanza maggiore dal corso d'acqua, eventualmente "dormienti"<sup>9</sup>, in funzione dell'ampiezza della fascia che si vuole rendere disponibile alla dinamica fluviale e della stima dell'evoluzione planimetrica dell'alveo una volta rimosse le protezioni.

La disponibilità delle aree è una questione particolarmente rilevante in questa tipologia di azione, in quanto, al contrario degli interventi di sola riconnessione idraulica (es. rimozione di argini), in cui è possibile ipotizzare una compensazione economica ai proprietari a seguito di specifici eventi alluvionali, in questo caso un determinato uso del suolo può essere totalmente inibito, in quanto il terreno eroso diventa parte dell'alveo attivo.

La realizzazione estensiva di un'azione di rimozione di difese spondali necessita quindi della definizione a livello pianificatorio di una fascia di mobilità fluviale compatibile con la vulnerabilità del territorio (si veda il Par.4.13 "Definizione di una fascia di mobilità planimetrica").

A seconda dei materiali utilizzati per la costruzione delle opere di difesa presenti e a seguito di valutazioni economiche ed ecologiche, la difesa da smantellare può essere almeno in parte lasciata in loco, eventualmente dopo averne ridotto le dimensioni, utilizzandola come elemento di diversificazione morfologica se coerente con le condizioni di riferimento del corpo idrico, riutilizzata per le eventuali nuove difese ricostruite a distanza maggiore dal corso d'acqua, oppure può essere trasportata al di fuori del sito di intervento per l'opportuno smaltimento o riutilizzo dei materiali.

In Figura 21 si riporta un esempio di rimozione di difese spondali sul fiume Moesa (Svizzera) realizzato al fine di recuperare lo stato di incisione dell'alveo, puntando inoltre ad ottenere effetti migliorativi sullo stato ecologico del corso d'acqua.

In Figura 22 vengono illustrati due interventi di rimozione di difese spondali e allargamento d'alveo, che fanno parte del programma di riqualificazione del torrente Aurino (Provincia Autonoma di Bolzano).

---

<sup>9</sup> Per difesa "dormiente" si intende un'opera, ad esempio una massicciata, interrata lungo il confine esterno dell'area lasciata alla libera erosione da parte del corso d'acqua; la difesa non entra in funzione finché il fronte di erosione (l'alveo attivo) raggiunge il confine, oltre il quale non è possibile consentire la libera divagazione. Il vantaggio di interrare l'opera invece che costruirla in superficie è non solo paesaggistico e connesso alla fruibilità dell'area, ma anche ecologico, in quanto si evita una limitazione della continuità laterale, in particolare per la fauna, ma anche per lo sviluppo della vegetazione.

In Figura 23 è mostrato l'intervento di rimozione di difese lungo la Fossa Pagana (Mestre - Venezia).

Questo tipo di azione può essere o meno accompagnata dalla costruzione attiva di canali secondari o dalla realizzazione di un allargamento di sezione con morfologia "naturalistica" (non geometrica) che, in corsi d'acqua ad elevata energia, ha il solo scopo di facilitare e accelerare la dinamica morfologica ma non di costruire l'assetto finale del corso d'acqua, che sarà esso stesso a determinare con la sua naturale divagazione morfologica (si veda per ulteriori dettagli il Par.3.2. "Elementi di base per la definizione degli interventi di riqualificazione morfologica"). Gli interventi di allargamento di sezione possono inoltre essere ipotizzati anche in situazioni in cui non vi sia una difesa spondale presente a limitare la dinamica laterale ma in cui, ad esempio, si osservi una situazione di incisione che determina una riduzione della dinamica laterale.

In Figura 24 si riportano alcuni esempi di allargamento di sezione realizzati lungo i fiumi Isel e Drava (Austria).

In Figura 25 si mostra invece la riapertura di un alveo secondario interrato lungo il fiume Taro (Provincia di Parma).

Nelle Figura 26 e Figura 27 viene illustrata, tramite un esempio relativo al fiume Po, una tipologia di intervento particolare, che si può tuttavia far ricadere nell'ambito della categoria di misure qui trattata: l'abbassamento di pennelli per recuperare una dinamica idromorfologica più attiva nei rami secondari.

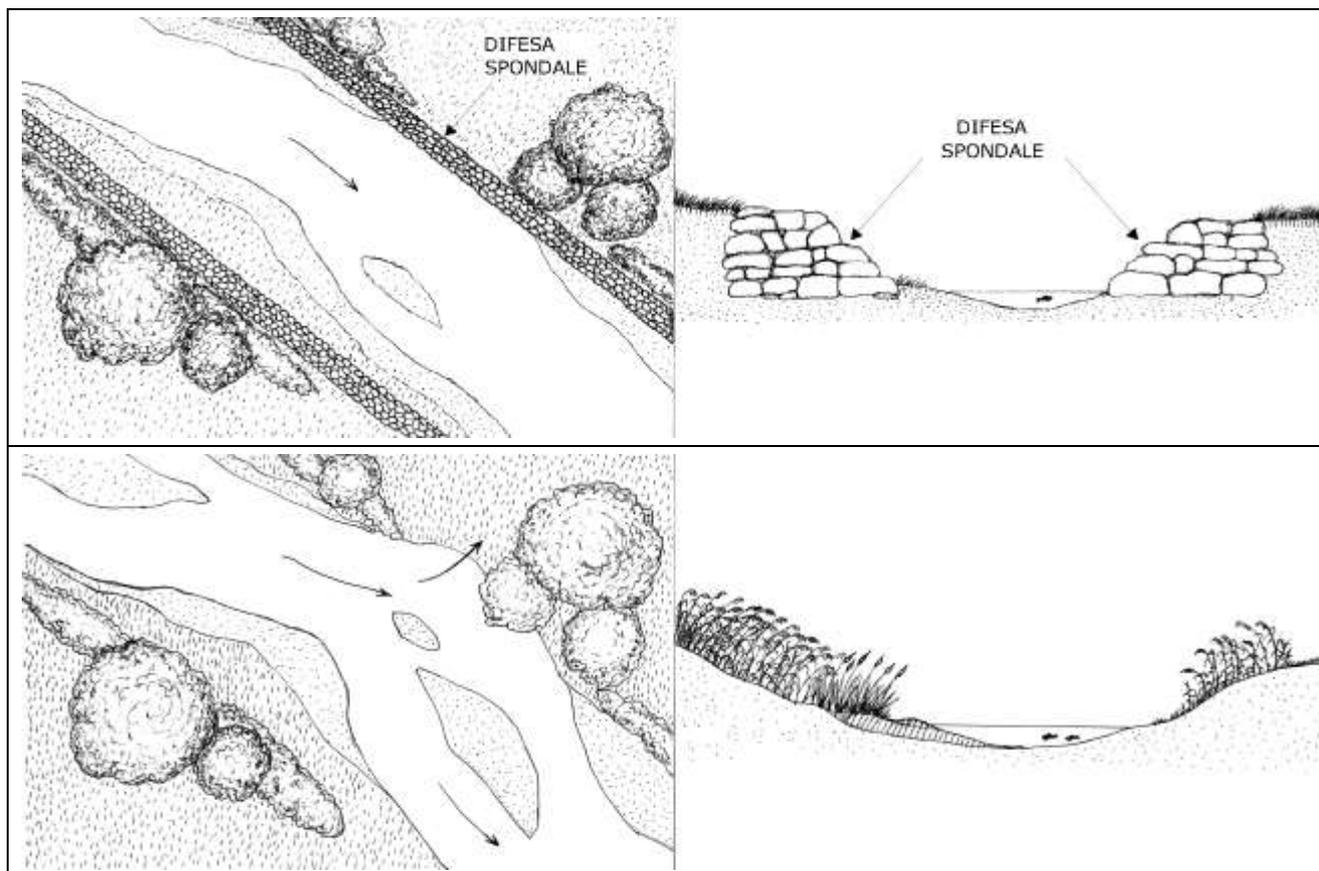


Figura 20 - Schema progettuale di massima dell'intervento. Disegni Regione Emilia-Romagna: Massimo Milandri

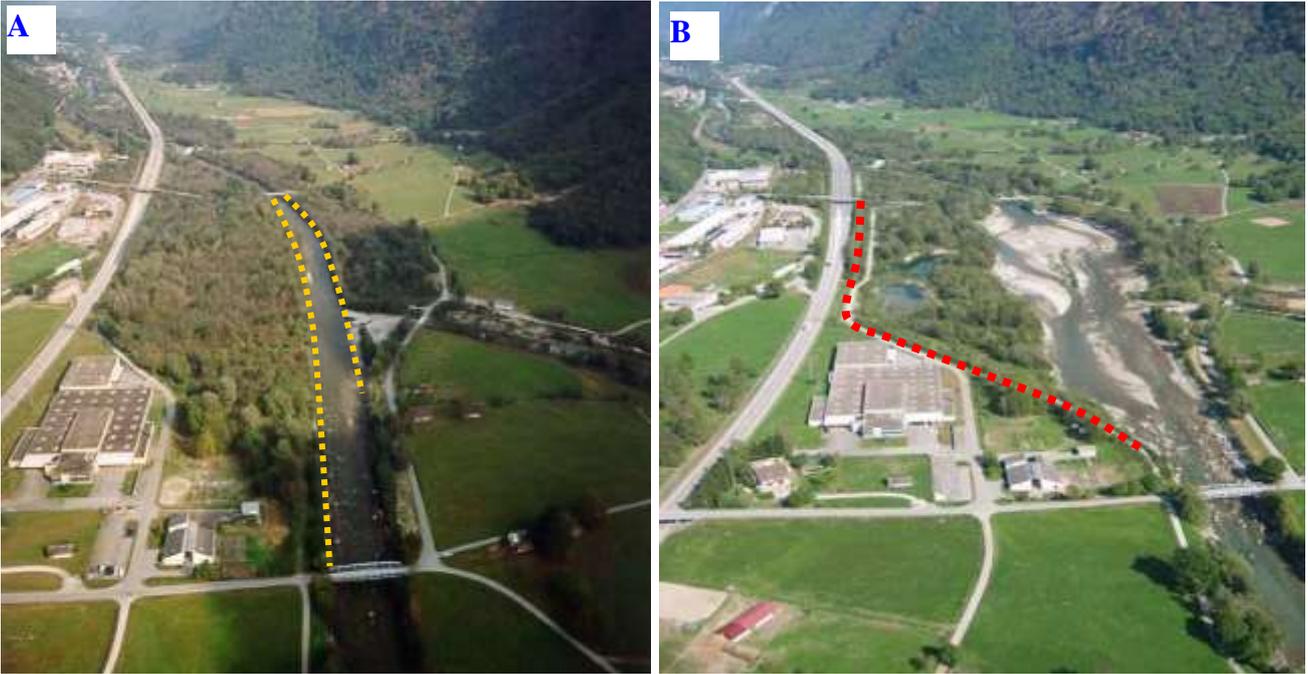


Figura 21 – Esempio di rimozione di difese spondali e rivitalizzazione della zona golenale Pascoletto sul Torrente Moesa (Svizzera).

La Moesa è un fiume alpino, tributario del fiume Ticino, il cui corso è stato intensamente modificato da rettificazioni e costruzione di difese spondali già a partire da fine '800 e, in special modo, dopo lo straordinario evento alluvionale del 1978. Il fiume Moesa è ora confinato dalla presenza di aree urbane e strade prossime all'alveo e il suo regime idrico è alterato dalla presenza di numerose centrali idroelettriche presenti lungo tutto il suo corso. A partire dal 1999 sono stati realizzati numerosi progetti di riqualificazione fluviale al fine di mitigare gli effetti dell'elevata artificialità cui è soggetta la Moesa: allargamenti di sezione, abbassamento di argini, rimozione locale di difese spondali, ricostituzione di boschi planiziali, riconnessione di affluenti, ricreazione di habitat golenali. Uno di questi interventi, realizzato in Comune di Grono e mostrato in figura, ha permesso di riconnettere all'alveo, in precedenza completamente canalizzato, una parte della piana inondabile, per una superficie di circa 25 ha, così da ricostituire una dinamica idrologica e morfologica più naturale, invertire il processo di incisione in atto e aumentare lo spazio disponibile per una riqualificazione spontanea delle caratteristiche morfologiche e degli habitat della Moesa. Questi obiettivi sono stati raggiunti tramite la rimozione, tra il 1998 e il 2000, di argini e difese (linea gialla tratteggiata nella foto A) e la loro ricostruzione a maggiore distanza dall'alveo attivo (linea rossa tratteggiata nella foto B), nei pressi di una strada da proteggere; le discariche di rifiuti presenti in golena -in uso fino agli anni '70- sono state bonificate e gli avvallamenti conseguenti all'intervento sono stati trasformati in stagni per la riproduzione degli anfibi. Intervento e foto: Ufficio per la caccia e la pesca dei Grigioni. "© Tiefbauamt Gaubünden"



*Figura 22 – Esempio di rimozione di difese spondali e allargamento di sezione.  
Immagini in alto: intervento realizzato lungo il torrente Aurino a Campo Tures  
(Provincia Autonoma di Bolzano).*

*Il fiume Aurino è il principale affluente del fiume Rienza, che a sua volta è uno dei principali affluenti del fiume Adige. Un programma di riqualificazione avviato da oltre 10 anni, e ancora in corso, è stato promosso dalla Provincia Autonoma di Bolzano allo scopo di invertire il trend di incisione del fiume, causato sia dalla locale estrazione di ghiaia sia da una generalizzata interruzione del trasporto solido nella parte alta del bacino. Benché il corso attuale dell'Aurino sia nel tratto inferiore simile a quello del 1858, negli ultimi 150 anni la superficie da esso occupata si è ridotta drasticamente. Nel 1858 il corso d'acqua nell'area progettuale copriva infatti 95 ha, mentre attualmente ne rimangono solo 47. Alla fine del IX secolo l'Aurino formava, in corrispondenza dei meandri, estese ramificazioni occupate da boschi rivieraschi. Nel gennaio 1999 la Ripartizione opere idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano ha avviato un progetto pilota sul torrente Aurino. L'area di progetto ha riguardato i primi 15 km del suo corso inferiore, ovvero da poco a monte dello sbocco del Rio Selva dei Molini nel comune di Campo Tures fino alla confluenza dell'Aurino nella Rienza a Brunico. Uno degli esempi più riusciti è rappresentato dagli interventi realizzati, dal 2003 ad oggi, in località Molini di Tures, appena a valle dell'abitato di Campo Tures: per contrastare efficacemente l'abbassamento del fondo, su un tratto di circa 390 m di lunghezza l'alveo dell'Aurino è stato raddoppiato passando da 30 m agli attuali quasi 60 m. Solo una sottile isola longitudinale, volutamente lasciata, indica la posizione dell'originaria sponda orografica destra dell'Aurino (linea gialla nella foto). Tale isola, sommergibile durante eventi di piena, delimita una zona di corrente lenta quasi a costituire un braccio laterale del corso d'acqua principale. La nuova area così creata può essere sommersa dalle acque durante il disgelo primaverile o comunque in caso di eventi di piena con bassi tempi di ritorno (Tr 10 e 30 anni).*

*Immagine in basso: intervento realizzato nel 2005 lungo il torrente Aurino a Gatzau (Provincia Autonoma di Bolzano), dove questo scorre in un'ampia ansa e comprende una superficie di boschi golenali di circa 5 ha (foto in alto a sinistra, nel 2002). Uno degli scopi principali del progetto è stato quello di ottenere un innalzamento del livello del fondo del torrente. L'intervento ha interessato una superficie di 12.000 m<sup>2</sup>, con una larghezza media d'allargamento di 35 m (foto in alto a destra nel 2009, dove è indicata con linea gialla la sponda prima dei lavori). Le sponde sono state realizzate con geometria naturaliforme ed irregolare, alternando scarpate ripide a zone più pianeggianti. L'inserimento di singoli massi in alveo e lungo le sponde, alternate a ceppaie e legname ancorato, ha contribuito alla creazione di nuove nicchie per la fauna acquatica. L'intervento è poi proseguito negli anni successivi con un ulteriore lotto su una superficie di circa 1 ha, sulla quale si è proceduto a realizzare abbassamenti variabili da 1,60 m a 3,20 m, ottenendo ambienti comunque sommergibili dalle acque per bassi tempi di ritorno. Per una superficie complessiva di circa 5.600 m<sup>2</sup> è così stato creato un ramo laterale dell'Aurino, con profondità variabile da 0,50 m a 1,5 m, separato dal corso principale da un'isola di forma allungata (foto in basso) di circa 1.300 m<sup>2</sup> e larghezza massima di 8-10 m, l'originaria sponda destra dell'Aurino. Intervento e foto: Provincia Autonoma di Bolzano - Ripartizione Opere Idrauliche.*



*Figura 23 – Intervento di rimozione di difese spondali lungo la Fossa Pagana, corso d’acqua naturale gestito dal Consorzio di bonifica Acque Risorgive (Mestre - Venezia).*

*Nel bacino scolante nella Laguna di Venezia i canali e i corsi d’acqua sono stati generalmente progettati, a fini irrigui e di bonifica, con sezioni tali da garantire il minimo ingombro e il rapido deflusso delle acque verso la Laguna. La Fossa Pagana rispondeva a questi criteri progettuali e, prima dell’intervento di riqualificazione, presentava l’intero alveo (3,5 km) rivestito da una canaletta di calcestruzzo. In un contesto di questo tipo risulta evidente come il corso d’acqua offrisse un contributo pressoché nullo sia alla biodiversità dell’ambiente agro-forestale sia alla riduzione degli apporti di azoto e fosforo alla Laguna di Venezia. La canaletta di rivestimento in calcestruzzo (larghezza 240 cm al fondo e 320 cm alla sommità, con spallette di 150 cm di altezza) è stata ora completamente demolita per un tratto di lunghezza complessiva pari a 1,5 km. In prossimità delle abitazioni il rivestimento in calcestruzzo è rimasto o è stato rimosso solo parzialmente, realizzando delle bassure allagabili e delle sponde a pendenza ridotta. La nuova sezione della Fossa Pagana si presenta adesso di dimensioni variabili, con lunghi tratti di larghezza pari a circa 12 m e con dimensioni maggiori nella parte centrale del tracciato, variabili da 15 a 70 m. La possibilità di avere sponde con una pendenza limitata ha permesso non solo di ridurre i fenomeni erosivi ma anche di avere una maggiore varietà di specie vegetali nella zona riparia e, più in generale, una maggiore superficie di contatto acqua-vegetazione. Le variazioni morfologiche del letto del corso d’acqua hanno determinato una più elevata complessità biologica e di conseguenza un migliore effetto tampone*

*sui nutrienti che entrano nelle catene trofiche degli ambienti umidi. Intervento e foto:  
Consorzio di Bonifica Acque Risorgive.*



Figura 24 – Esempio di allargamento di sezione con ricreazione di canali secondari realizzato lungo i fiumi Isel ad Ainet (in alto a sinistra) e Drava a Kleblack (in alto a destra) e a Obergottesfeld (in basso) (Austria).

Il fiume Drava è il quarto affluente del Danubio per lunghezza e attraversa cinque Stati (Italia, Austria, Slovenia, Croazia e Ungheria); il fiume Isel scorre nel Tirolo Orientale (Austria) e si immette nella Drava a Lienz. A dispetto delle significative alterazioni subite dal fiume Drava e dai suoi affluenti (banalizzazione dell'ecosistema, canalizzazione ed incisione dell'alveo) causate dalle opere di artificializzazione comuni in molti fiumi Alpini, si è rilevato come questi corsi d'acqua posseggano ancor oggi un notevole potenziale per la loro rigenerazione, motivo per il quale, a partire dai primi anni '90, sono stati realizzati interventi di riqualificazione fluviale tra i più innovativi e conosciuti presenti in Europa. Ad oggi due grandi progetti di riqualificazione fluviale sono stati realizzati nell'alto bacino del fiume Drava, cofinanziati dal programma LIFE della UE. Questi progetti hanno avuto lo scopo principale di ripristinare le dinamiche fluviali mediante allargamenti d'alveo e riconnessione delle forme fluviali relitte. I benefici dei progetti hanno incluso l'arresto dell'approfondimento del letto, l'incremento della naturale protezione dalle piene e il mantenimento e la riqualificazione di habitat e specie. Il progetto di riqualificazione del fiume Isel ha previsto la creazione di un alveo molto più ampio di quello attuale (in alto a sinistra), così come per l'intervento sulla Drava a Kleblack (in alto a destra), grazie al quale sono state eliminate le difese spondali per favorire l'erosione laterale, si è realizzato lo scavo di un canale secondario ed è stato riconnesso un canale esistente, su un tratto di circa 2.300 m complessivi. L'intervento sulla Drava a Obergottesfeld (in basso) ha

*anche in questo caso trasformato completamente il corso d'acqua canalizzato, creando un alveo molto più ampio dove le dinamiche morfologiche ed ecologiche sono di nuovo possibili. I progetti LIFE realizzati sull'alto corso della Drava dal 1999 al 2011 hanno permesso di riqualificare 11 km di sponde e 2 km di affluenti, ripristinare la continuità longitudinale per la fauna ittica in 12 sezioni, ricostruire 22 bracci morti e acquisire 60 ha di terreno e 40 ha di boschi igrofilo. Intervento realizzato dal Governo della Carinzia. (Foto: Amt der Kärntner Landesregierung).*



*Figura 25 - Riapertura di un alveo secondario interrato lungo il Fiume Taro realizzato nel Comune di Medesano all'interno del Parco fluviale del fiume Taro (Macroarea dell'Emilia Occidentale).*

*L'intervento, realizzato mediante scavo del canale abbandonato e reimmissione dei sedimenti in alveo, ha avuto lo scopo di ripristinare un canale secondario parzialmente interrato (si vedano le foto relative agli anni 2000, 2008 e 2010) al fine di contrastare il processo di banalizzazione ecologica e di abbassamento del fondo che ha subito l'aveo del fiume negli ultimi decenni a causa delle massicce estrazioni in alveo. L'azione ha avuto in particolare lo scopo di isolare porzioni di greto per rendere più efficace la salvaguardia degli habitat vitali per alcune specie tutelate di avifauna (*Sterna hirundo*, *Sterna albifrons*, *Burhinus oedicephalus*, *Calandrella brachydactyla*) e migliorare localmente l'assetto idrodinamico con la riapertura di rami ad acqua debolmente corrente per invertire il processo di canalizzazione che comporta la perdita di habitat golenali (All. I della Dir. Habitat, quali: 24.223 Fiumi alpini e loro vegetazione riparia legnosa di *Myricaria germanica*; 24.224 fiumi alpini e loro vegetazione riparia legnosa di *Salix eleagnos*; 44.17 Foreste a galleria di *Salix alba* e *Populus alba*). Il canale è attualmente soggetto ad una sedimentazione parziale del tratto iniziale (foto relativa al 2014) che permette in ogni caso di attivare il ramo secondario quando le piene superano un certo livello, per sormonto o per rimozione diretta dei materiali da parte delle acque che si immettono nel canale. Intervento e foto del Parco fluviale del fiume Taro.*

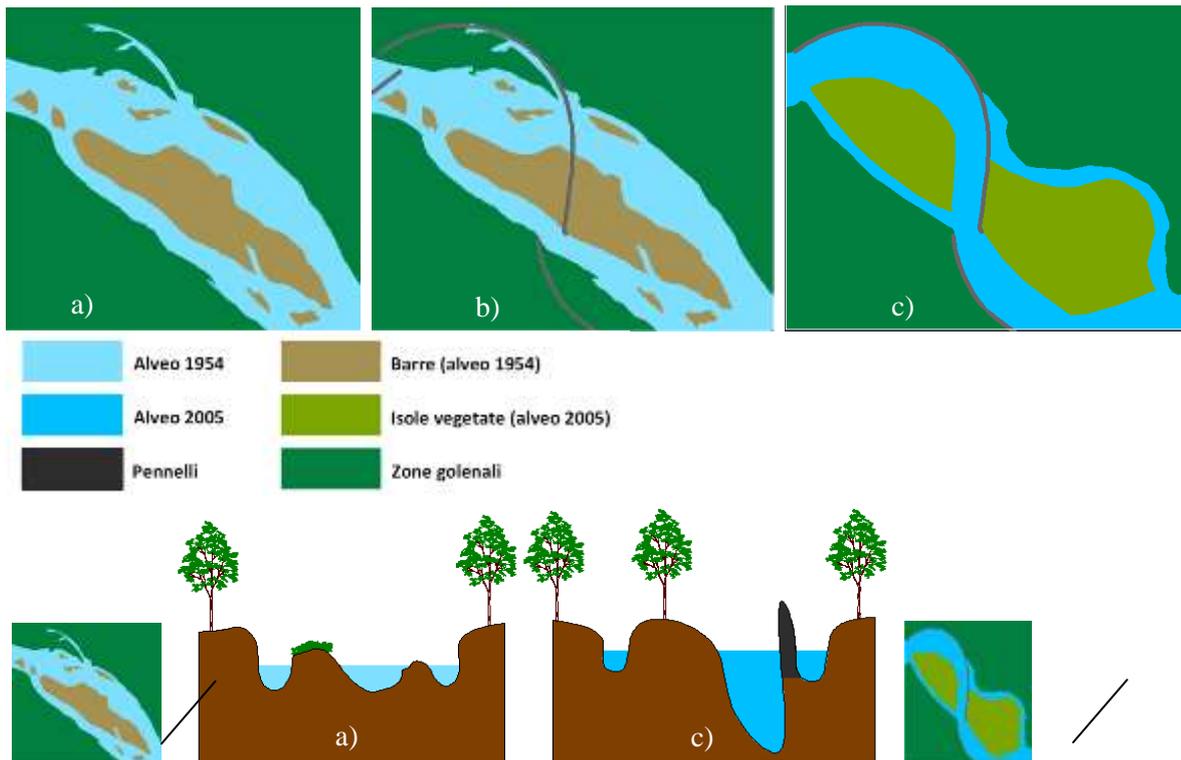
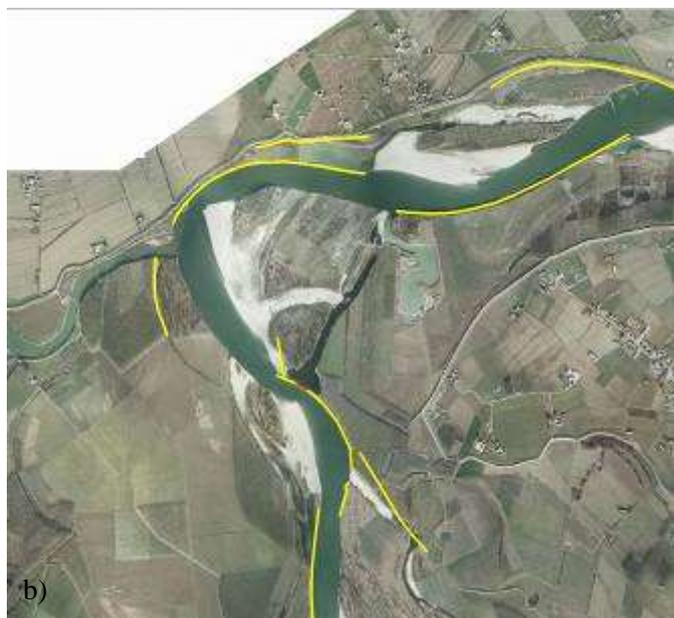


Figura 26 - A partire dagli anni cinquanta il tratto di fiume Po compreso tra Cremona e foce Mincio è stato progressivamente sistemato per la navigazione a corrente libera tramite l'impostazione del tracciato del canale di magra secondo una serie di curve e controcurve regolari. Fino al 1954 (a) l'alveo era caratterizzato da canali multipli e barre attive non vegetate. In seguito, a causa della costruzione dei pennelli (b) e soprattutto di un complessivo squilibrio del bilancio sedimentario indotto principalmente dalle escavazioni in alveo tra gli anni '60 e gli anni '80 e dalla costruzione dello sbarramento di Isola Serafini, il canale navigabile si è progressivamente inciso, diventando l'alveo principale del fiume, mentre gli altri canali hanno subito nella maggior parte un processo di interrimento. I canali a tergo dei pennelli hanno infatti funzionato come trappola per sedimenti, essendo inondati da valle e quindi con velocità molto basse che hanno favorito il deposito del trasporto in sospensione. Parallelamente, nel corso degli anni, le barre si sono progressivamente consolidate e vegetate, diventando isole stabili la cui quota è attualmente paragonabile a quella della piana inondabile circostante. L'assetto attuale (c, figure riferite al 2005) è caratterizzato da un alveo principale che si appoggia ai pennelli longitudinali e canali secondari poco profondi e disconnessi a monte per la maggior parte delle portate in alveo. Coerentemente con il Programma generale di Gestione dei Sedimenti dell'Autorità di bacino del Fiume Po e puntando a invertire il processo di semplificazione e banalizzazione dell'ambiente fluviale in corso, pur garantendo la navigabilità a corrente libera, AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po) ha avviato interventi con lo scopo di ripristinare e mantenere rami laterali ancora parzialmente attivi, migliorando l'assetto morfologico ed ecologico del fiume, e di recuperare almeno in parte la continuità laterale del trasporto solido mediante la riattivazione di processi erosivi ordinari in corrispondenza dei sedimenti alluvionali presenti a tergo dei pennelli. Gli interventi sono stati progettati in modo da abbassare i pennelli alla quota del profilo per una portata pari a 800 m<sup>3</sup>/s, garantendo una connessione idraulica molto più frequente rispetto all'attuale. In diversi casi gli interventi hanno anche l'obiettivo di ridurre, grazie alla ripartizione della portata nei rami laterali, le sollecitazioni in corso di piena sul fondo alveo e sulla sponda opposta rispetto al

pennello, laddove in particolare sia presente un'arginatura maestra in frodo. Intervento ed immagine: AIPO – IQM del Fiume Po da Isola Serafini a confluenza Mincio, dallo Studio di impatto ambientale del "Progetto definitivo degli interventi relativi alla sistemazione a corrente libera del Fiume Po nella tratta compresa tra Isola Serafini e foce Mincio per consentire il transito di unità di navigazione della V classe CEMT".



*Figura 27*

*a) esempio di abbassamento di un pennello lungo il fiume Po a Casalmaggiore. Il pennello evidenziato in figura (in azzurro) era parzialmente dissestato; l'intervento realizzato (tratto di 200 m, in rosso) lo ha consolidato alla quota di sfioro per una portata di 800 m<sup>3</sup>/s, permettendo così la riattivazione della lanca retrostante, che è stata facilitata tramite un rimodellamento del tratto terminale in corrispondenza dell'immissione nell'alveo del Po.*

*b) e c) Analogo intervento realizzato in prossimità della confluenza tra fiume Oglio e Po.*

*Interventi e foto: AIPO.*

## 4.6.2 Obiettivi

### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	X
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	X
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	X
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	X
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	

Tabella 7 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: MEDIO o ELEVATO, a seconda che l'intervento abbia una scala solo puntuale, oppure preveda la riattivazione di un significativo spazio di mobilità laterale.

### b) Qualità biologica

La rimozione di difese spondali determina la riattivazione dei processi di erosione e deposizione e quindi la riattivazione della dinamica di costruzione e mantenimento delle forme fluviali. Questo si traduce nel ripristino di habitat, sia in alveo che lungo le sponde, per le diverse comunità biologiche. Analoghi benefici in termini di

diversificazione degli habitat sono connessi alla mitigazione o inversione dell'incisione dell'alveo: l'incisione ha, infatti, l'effetto di ridurre l'interazione fra il corso d'acqua e la sua piana inondabile e di abbassare i livelli di falda che si traduce in una significativa perdita di habitat e di funzioni tipiche dell'ambiente ripariale, in particolare per le specie adattate ad ambienti igrofilii. Inoltre, il deficit di apporto solido determina in genere una banalizzazione o comunque un'alterazione delle forme fluviali, con effetti particolarmente evidenti nei casi estremi di incisione, in cui il materasso alluvionale è completamente asportato, portando in superficie gli strati sottostanti, di caratteristiche granulometriche solitamente molto diverse. L'aumento dell'apporto di sedimenti dalle sponde consente di mitigare o invertire gli effetti del deficit di apporto solido a valle e di riattivare i processi geomorfologici, ristabilendo in termini di quantità e di caratteristiche ed eterogeneità granulometriche condizioni più naturali, contrastando i processi di incisione dell'alveo e ripristinando una dinamica di creazione e mantenimento di forme fluviali e degli habitat ad esse associati.

#### *c) Rischio da esondazione*

La rimozione o dismissione tramite mancata manutenzione o spostamento di difese spondali è una delle misure tramite le quali si può ripristinare un maggiore apporto di sedimenti a tratti incisi. L'erosione spondale, infatti, è una delle principali fonti di sedimenti, di solito con importanza crescente spostandosi verso valle. La riattivazione dell'erosione spondale consente di rendere disponibile materiale utile a contrastare l'eventuale incisione, localmente e a valle, e pertanto a ristabilire una maggiore frequenza di inondazione della piana.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

Grazie alla rimozione delle difese spondali aumenta la mobilità laterale del corso d'acqua e quindi il carico di sedimenti che può essere mobilizzato e contribuire a diminuire gli eventuali problemi di incisione presenti e i relativi effetti di destabilizzazione delle opere interferenti e dei beni esposti ivi presenti.

### **4.6.3 Avvertenze**

In questa come in tutte le tipologie di intervento che mirano a invertire situazioni di incisione dell'alveo, determinandone l'aggradazione, vanno valutati con attenzione eventuali effetti collaterali negativi connessi alla conseguente risalita della superficie freatica; infatti, non solo si avrà una maggiore frequenza di inondazione della piana durante i fenomeni di piena (effetto voluto, in quanto è il principale obiettivo dell'azione dal punto di vista idraulico), ma potrebbe aumentare più o meno localmente la frequenza di sommersione o comunque l'umidità del suolo anche per portate ordinarie, rendendo non più compatibili determinati usi del suolo. L'azione può di fatto determinare il recupero di aree umide riparie scomparse a causa dell'incisione).

Una volta individuati i tratti in cui potenzialmente rimuovere le difese presenti, va determinata la qualità dei sedimenti, così come l'eventuale presenza di discariche abusive, frequente in aree golenali, in modo da poterne confermare la compatibilità con la reimmissione in alveo.

Nel caso in cui nella piana che viene riconnessa all'alveo siano presenti attività estrattive, va valutata con particolare attenzione la possibilità che queste agiscano da trappole per sedimenti, non solo in relazione al trasporto in sospensione, ma anche al trasporto di fondo qualora la mobilità laterale sia sufficiente. In questo caso

l'intervento potrebbe addirittura essere controproducente in relazione all'obiettivo di aumentare il trasporto solido verso valle.

Il materiale eroso, almeno in parte, verrà trasportato a valle: occorre perciò valutare la compatibilità di eventuali sezioni critiche con un aumento del trasporto solido; per poter procedere all'intervento queste situazioni vanno risolte, laddove possibile, tramite interventi strutturali, valutando ad esempio la modifica o la sostituzione dell'infrastruttura interferente, o gestionali, ad esempio attraverso interventi localizzati di movimentazione di materiale con contestuale reimmissione a valle della sezione critica.

L'efficacia dell'azione va stimata in particolare in relazione all'estensione del tratto di intervento e del volume di sedimenti riattivabile in un dato intervallo di tempo rispetto alla quantità di materiale necessaria a raggiungere gli obiettivi di progetto. Molto rilevante, in particolare in relazione ai benefici attesi in termini di ricostruzione di habitat, è inoltre l'energia specifica del corso d'acqua nel tratto in esame: se troppo bassa, la capacità di rimodellamento spontaneo sarà limitata e i tempi per ottenere effetti misurabili molto lunghi.

## 4.7 Aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti

### 4.7.1 Descrizione generale

In ambito montano-collinare l'apporto di sedimenti ai corsi d'acqua è fornito principalmente dai materiali dei versanti direttamente connessi al reticolo idrografico. Questo apporto è spesso fortemente limitato a causa di stabilizzazioni di versante e/o di ostacoli (muri, reti paramassi, difese spondali o anche strade, quando poste tra il versante e il fiume) che impediscono al materiale franato/eroso di raggiungere il corso d'acqua e di essere quindi mobilizzato dal deflusso idrico. Nel caso in cui si verifichi, tramite uno studio geomorfologico, che in un dato tratto sussiste una condizione di deficit di apporto solido da monte e che vi siano fonti potenziali disponibili, la loro riattivazione e/o riconnessione è una delle possibili azioni per contrastare i processi di incisione dell'alveo, compatibilmente con la presenza di elementi vulnerabili.

L'individuazione delle aree di potenziale ricarica degli alvei grazie ai sedimenti prodotti da frane può essere effettuata attraverso il seguente procedimento (Rinaldi M., 2007) (Figura 28):

- classificazione in base al grado di attività delle frane e alla loro tipologia;
- definizione del grado di connessione al reticolo idrografico;
- individuazione dell'idoneità litologica (ovvero dell'idoneità a produrre materiale di granulometria compatibile con il substrato da ripristinare).

Una volta stabilita la presenza, l'entità e l'effettivo grado di connessione delle fonti di sedimenti presenti nei versanti, si possono ipotizzare le seguenti azioni:

- nel caso in cui vi siano sorgenti di sedimenti attive, ma disconnesse dal corso d'acqua a causa di opere antropiche, dove possibile, esse dovrebbero essere rimosse; dove non sia possibile rimuoverle va valutata la fattibilità tecnica di eventuali bypass che consentano almeno a parte del materiale di transitare; in alternativa può essere fattibile la reimmissione meccanica in alveo del materiale accumulato, anziché asportarlo (in questo caso l'azione rientra nella categoria descritta al Par. 4.10 "Immissione di sedimenti in alveo");
- nel caso in cui vi siano sorgenti attualmente non attive (ad esempio a causa di opere di stabilizzazione, di interventi di riforestazione o anche di aumento naturale della copertura forestale connesso a un cambio di uso del suolo), ma potenzialmente riattivabili, compatibilmente con la presenza di eventuali elementi vulnerabili, si può scegliere di rimuovere, o di non mantenere se danneggiate, opere di stabilizzazione. In casi limite si può addirittura favorire la riattivazione di frane, ad esempio eliminando in aree delimitate *ad hoc* la copertura vegetale (in relazione a questa tipologia di azione, si vedano ad esempio gli interventi sperimentali illustrati in Bertrand M., 2013). Gli interventi di riattivazione privilegeranno fonti potenziali connesse al corso d'acqua, ma sono teoricamente effettuabili anche laddove esistano disconnessioni, che andranno risolte con la modifica e/o rimozione delle opere di difesa;
- le fonti di sedimenti già attive e connesse vanno conservate, così da mantenere gli attuali apporti di sedimenti all'alveo; si tratta in sostanza di non intervenire nella stabilizzazione di frane o versanti in erosione laddove non sia strettamente necessario, valutando non solo i fenomeni locali (l'eventuale rischio indotto), ma anche i potenziali benefici a scala più ampia (riduzione del rischio a valle grazie al contributo alla mitigazione/inversione dei fenomeni di incisione).

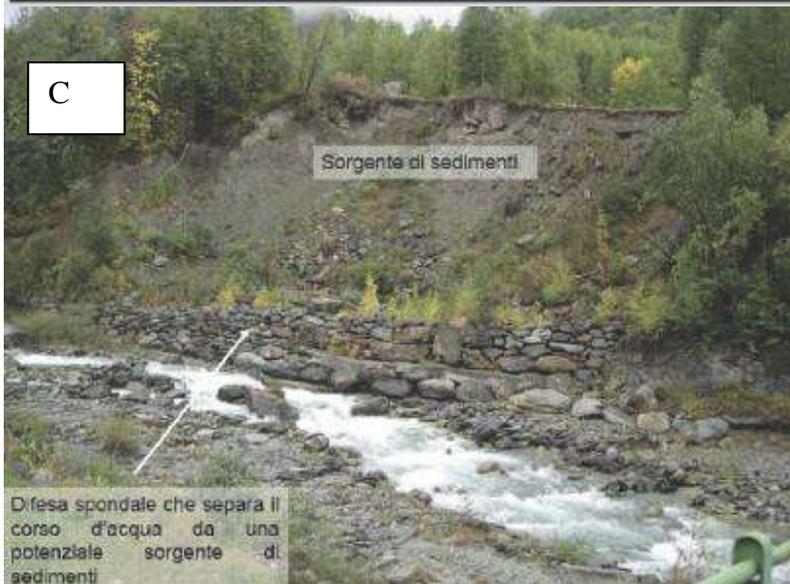
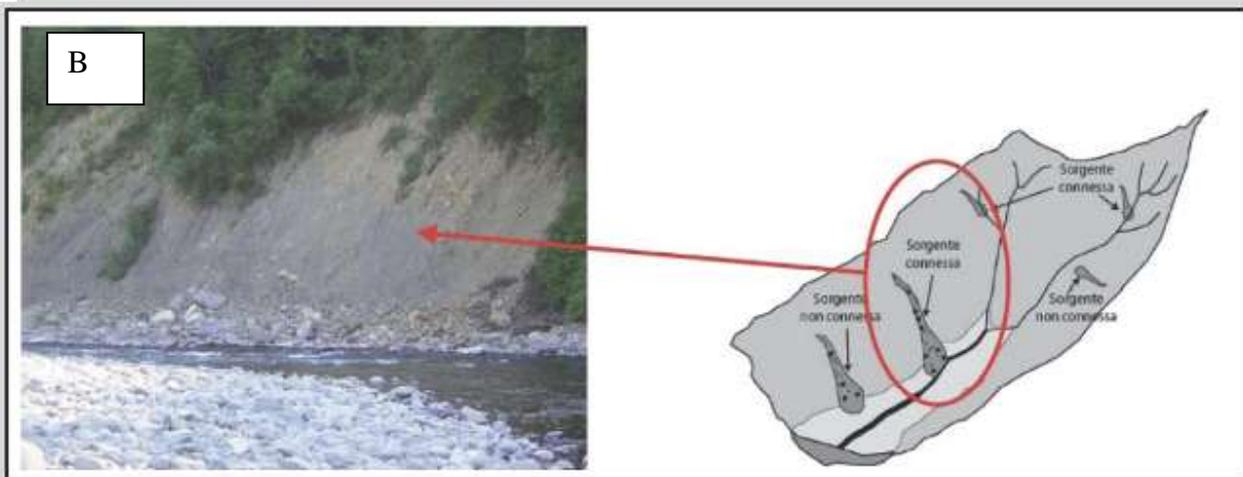
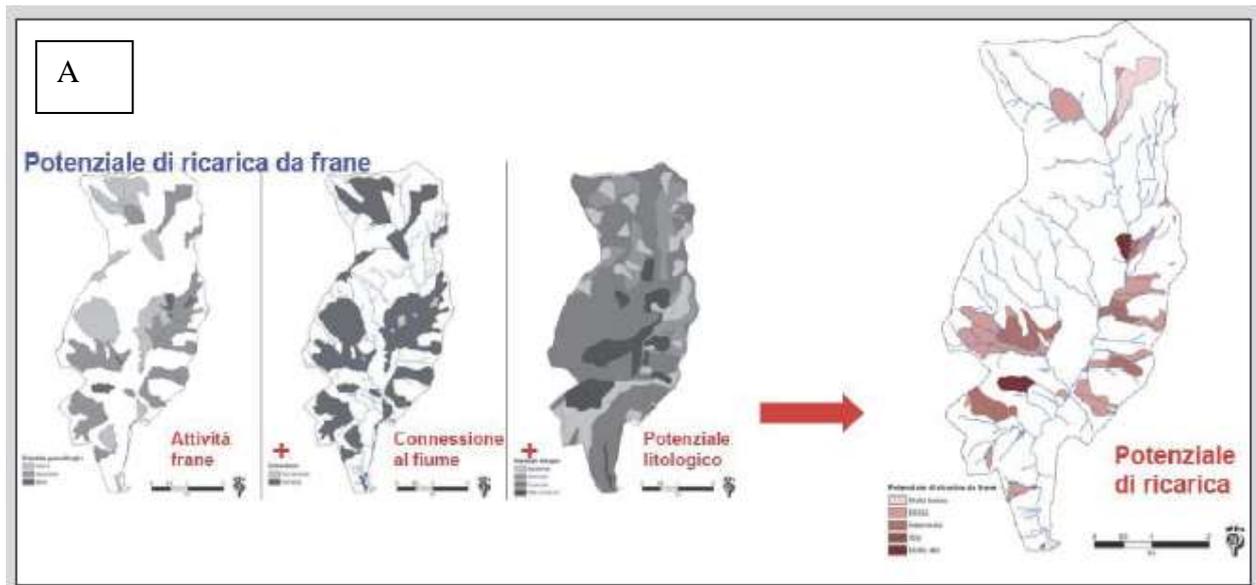


Figura 28 – Schema concettuale di massima dell'intervento.

In figura (A) si esemplificano i passi chiave che occorre seguire per identificare il potenziale di ricarica dei sedimenti dai versanti (Rinaldi M., 2007), sviluppati

*nell'ambito di uno studio realizzato dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile) per conto dell'Autorità di bacino del Magra. Il potenziale di ricarica (espresso in cinque classi da molto basso a molto elevato) deriva dalla sovrapposizione di tre layer informativi: l'attività delle frane, il loro grado di connessione al corso d'acqua ed il potenziale litologico (cioè l'idoneità dei substrati a favorire la formazione di trasporto solido con idonea granulometria). Il grado di connessione viene definito (B) sulla base della localizzazione della frana rispetto al corso d'acqua; in presenza di difese spondali (C) è possibile intervenire per riattivare le fonti di sedimenti potenzialmente connesse. (Immagini A e B Autorità di bacino del Magra. Foto C: Bruno Boz).*

#### 4.7.2 Obiettivi

##### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	X
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	X
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	X
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	X
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	X <sup>6</sup>
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	X
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	

*Tabella 8 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.*

*Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.*

*Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.*

*Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".*

*Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").*

*Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriiformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriiforme in passato ma attualmente non lo è.*

*Nota 6: solo se associato alla rimozione di difese spondali.*

Livello di ambizione morfologico: MEDIO o ELEVATO, a seconda che l'intervento abbia una scala solo puntuale, oppure preveda la riattivazione di un significativo spazio di mobilità laterale.

#### *b) Qualità biologica*

L'incisione ha l'effetto di ridurre l'interazione fra il corso d'acqua e la sua piana inondabile e di abbassare i livelli di falda; questo si traduce in una significativa perdita di habitat e di funzioni tipiche dell'ambiente ripariale, in particolare per le specie adattate ad ambienti igrofilii. Inoltre, il deficit di apporto solido determina in genere una banalizzazione o comunque un'alterazione delle forme fluviali, con effetti particolarmente evidenti nei casi estremi di incisione, in cui il materasso alluvionale è completamente asportato, portando in superficie gli strati sottostanti, di caratteristiche granulometriche solitamente molto diverse. L'aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti consente di mitigare o invertire gli effetti del deficit di apporto solido a valle e di riattivare i processi geomorfologici, ristabilendo in termini di quantità e di caratteristiche ed eterogeneità granulometriche condizioni più naturali, contrastando i processi di incisione dell'alveo e ripristinando una dinamica di creazione e mantenimento di forme fluviali e degli habitat ad esse associati.

#### *c) Rischio da esondazione*

La riattivazione di fonti di sedimenti provenienti dai versanti è un'azione funzionale per contrastare, nel tratto a valle dell'intervento, situazioni di incisione di alvei fluviali (a fondo mobile) connessi a condizioni di deficit di apporto solido, favorendo l'innalzamento della quota del fondo. Questo fa sì che la piana inondabile –se presente– sia connessa idraulicamente al corso d'acqua con maggiore frequenza, dando un maggiore contributo alla laminazione delle piene. L'effetto atteso è analogo a quello descritto al Par.4.3 "Ripristino di piana inondabile mediante abbassamento di superfici terrazzate", ma mentre in quel caso si cerca di ristabilire un equilibrio tra fiume e piana a una quota inferiore rispetto a quella pregressa, in questo caso si cerca

di riportare l'alveo a una quota più prossima a quella pregressa (o comunque a quella che il corso d'acqua avrebbe nelle attuali condizioni di uso del suolo del bacino se non vi fossero limitazioni dell'apporto solido).

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

L'attivazione di fonti di sedimenti dai versanti aumenta il carico di questi che può essere mobilizzato, che può quindi contribuire a diminuire gli eventuali problemi di incisione presenti a valle e i relativi effetti di destabilizzazione delle opere interferenti e dei beni esposti ivi presenti.

### **4.7.3 Avvertenze**

In questa come in tutte le tipologie di intervento che mirano a invertire situazioni di incisione dell'alveo, determinandone l'aggradazione, vanno valutati con attenzione eventuali effetti collaterali negativi connessi alla conseguente risalita della superficie freatica; infatti non solo si avrà una maggiore frequenza di inondazione della piana durante i fenomeni di piena ma potrebbe aumentare più o meno localmente la frequenza di sommersione o comunque l'umidità del suolo anche per portate ordinarie, rendendo non più compatibili determinati usi del suolo. L'azione può di fatto determinare il recupero di aree umide riparie scomparse a causa dell'incisione.

L'azione può d'altra parte generare un locale aumento della pericolosità a causa dell'eventuale aggradazione locale indotta dall'intervento a fronte di benefici ottenuti a valle dell'intervento, motivo per il quale la scelta su dove e come intervenire deve essere ben ponderata mediante un'analisi dei pro e contro a scala adeguata.

Tale azione non può essere realizzata senza considerare l'eventuale presenza di barriere (ad esempio dighe o briglie) fraposte fra le zone di riattivazione dei sedimenti ed i tratti incisi: nel caso in cui queste strutture determinino un arresto del trasporto di fondo le azioni realizzate si rivelerebbero inutili in assenza di ulteriori interventi atti ad assicurarne la "trasparenza" del flusso di sedimenti (si veda la scheda riportata al Par.4.8 "Rimozione o modifica strutturale di briglie o soglie").

Le fonti di sedimenti individuate nel bacino possono inoltre essere distanti dal tratto in incisione che si vuole riqualificare; va pertanto tenuta in considerazione la velocità di trasporto verso valle del materiale in alveo, di difficile previsione, ma comunque generalmente variabile tra alcune decine e alcune centinaia di m/anno. Nel caso in cui le fonti di sedimenti riattivabili siano a una distanza dell'ordine di alcuni chilometri dal tratto inciso, il tempo necessario a determinare un effetto dove voluto può essere troppo elevato e quindi altre tipologie di intervento potrebbero essere più consone (si vedano le schede riportate ai Par.4.6 "Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari", Par.4.9 "Costruzione di strutture trasversali per favorire il trattenimento di sedimenti e rialzare il livello dell'alveo" e Par.4.10 "Immissione di sedimenti in alveo").

Anche in assenza di sbarramenti trasversali e con tempi stimati di trasporto solido verso valle compatibili con le esigenze gestionali, vi potrebbero essere tra le sorgenti e il tratto inciso obiettivi dell'intervento sezioni o tratti critici non compatibili con

l'aumento di materiale in alveo; per poter procedere all'intervento queste situazioni vanno risolte, laddove possibile, tramite interventi strutturali, valutando ad esempio la modifica o la sostituzione dell'infrastruttura interferente, o gestionali, ad esempio attraverso interventi localizzati di movimentazione di materiale con contestuale reimmissione a valle della sezione critica.

## 4.8 Rimozione o modifica strutturale di briglie o soglie

### 4.8.1 Descrizione generale

La rimozione completa o parziale, in genere abbassamento, di briglie o soglie non più funzionali (Figura 29) è un intervento che viene realizzato con l'obiettivo di ristabilire un profilo del fondo più simile a quello presente in condizioni naturali, così da risolvere problemi di incisione locale creati dalla presenza dell'opera e riattivare la dinamica geomorfologica attraverso il recupero del trasporto solido e la creazione di zone di erosione e deposito. Oltre a questi obiettivi di natura geomorfologica, quasi sempre vengono anche perseguite finalità di natura ecologica: si eliminano le discontinuità trasversali così da favorire per numerosi organismi la possibilità di movimenti longitudinali, si creano nuovi habitat a seguito della riattivazione dei processi geomorfologici sopra descritti e si riduce l'innaturale creazione di ambienti lentici (acque ferme) a monte dell'opera che penalizza gli organismi tipici degli ambienti lotici (acque correnti).

Per la realizzazione dell'intervento si procede alla rimozione dell'ostacolo parziale o totale, a seconda delle condizioni al contorno presenti, in relazione a possibili fenomeni di erosione progressiva o regressiva.

In Figura 30, Figura 31 e Figura 32 si riportano tre esempi di rimozione di briglie realizzati rispettivamente sul Torrente Alagnon (Francia), sul Torrente Setta (Provincia di Bologna) e sul Torrente Corrèze (Francia).

In

Figura 33, Figura 34 e Figura 35 si riportano invece tre esempi di demolizione di una briglia in cemento armato e sostituzione con rampa in massi ciclopici realizzati rispettivamente sul Torrente Reno (Provincia di Bologna) e sui Torrenti Enzola e Lavezza (Provincia di Reggio Emilia).

Analogo intervento di rimozione, pur con difficoltà tecniche di altra portata, è correntemente effettuato anche per le dighe; nel caso invece la diga rimanga *in situ*, sono possibili interventi di mitigazione in relazione al flusso di sedimenti verso valle, come ad esempio la creazione di by-pass per permettere il transito di materiali grossolani (Figura 36).

Un ulteriore esempio di rimozione parziale e modifica di briglie esistenti è quella descritta per il Rio Mareta nel Par.4.9 "Costruzione di strutture trasversali per favorire il trattenimento di sedimenti e rialzare il livello dell'alveo".

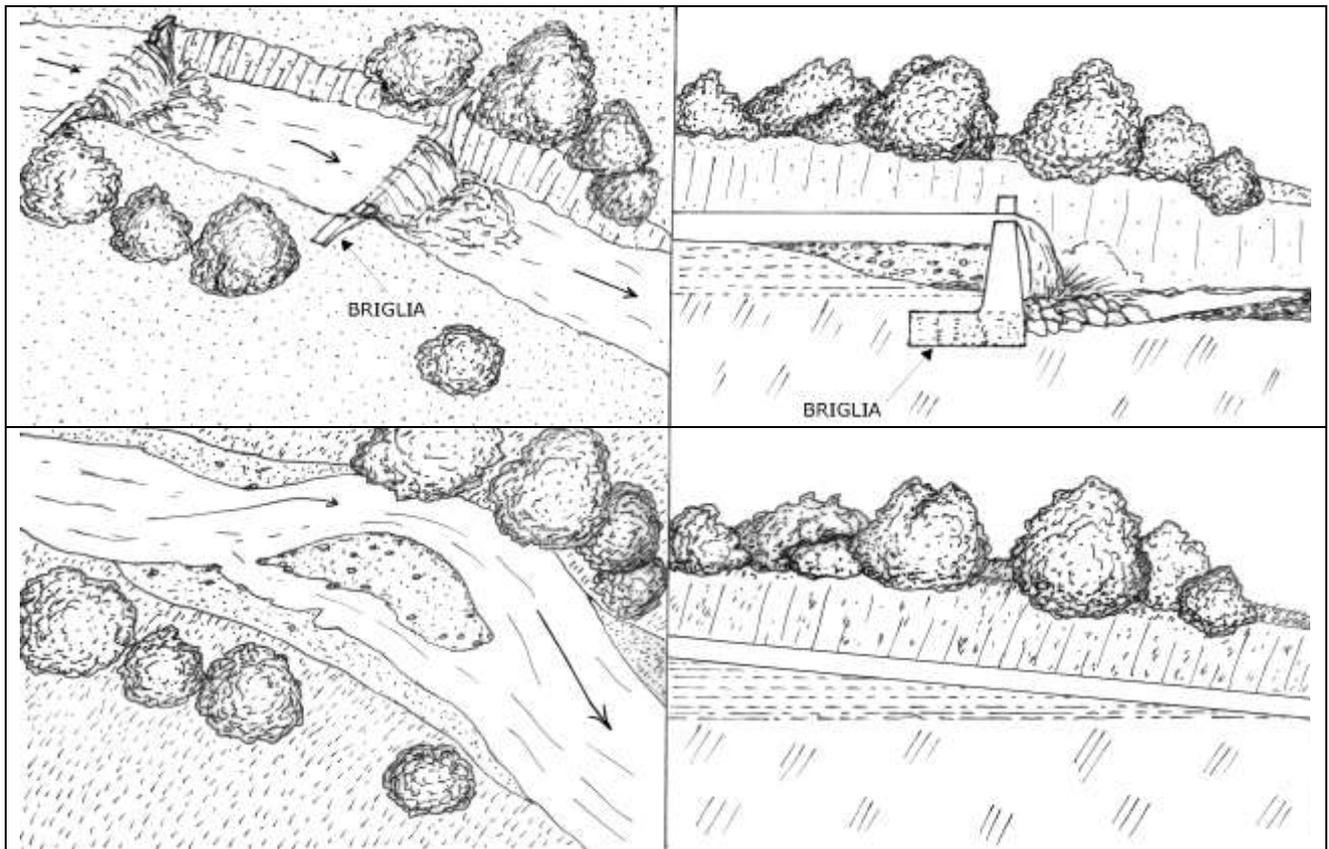
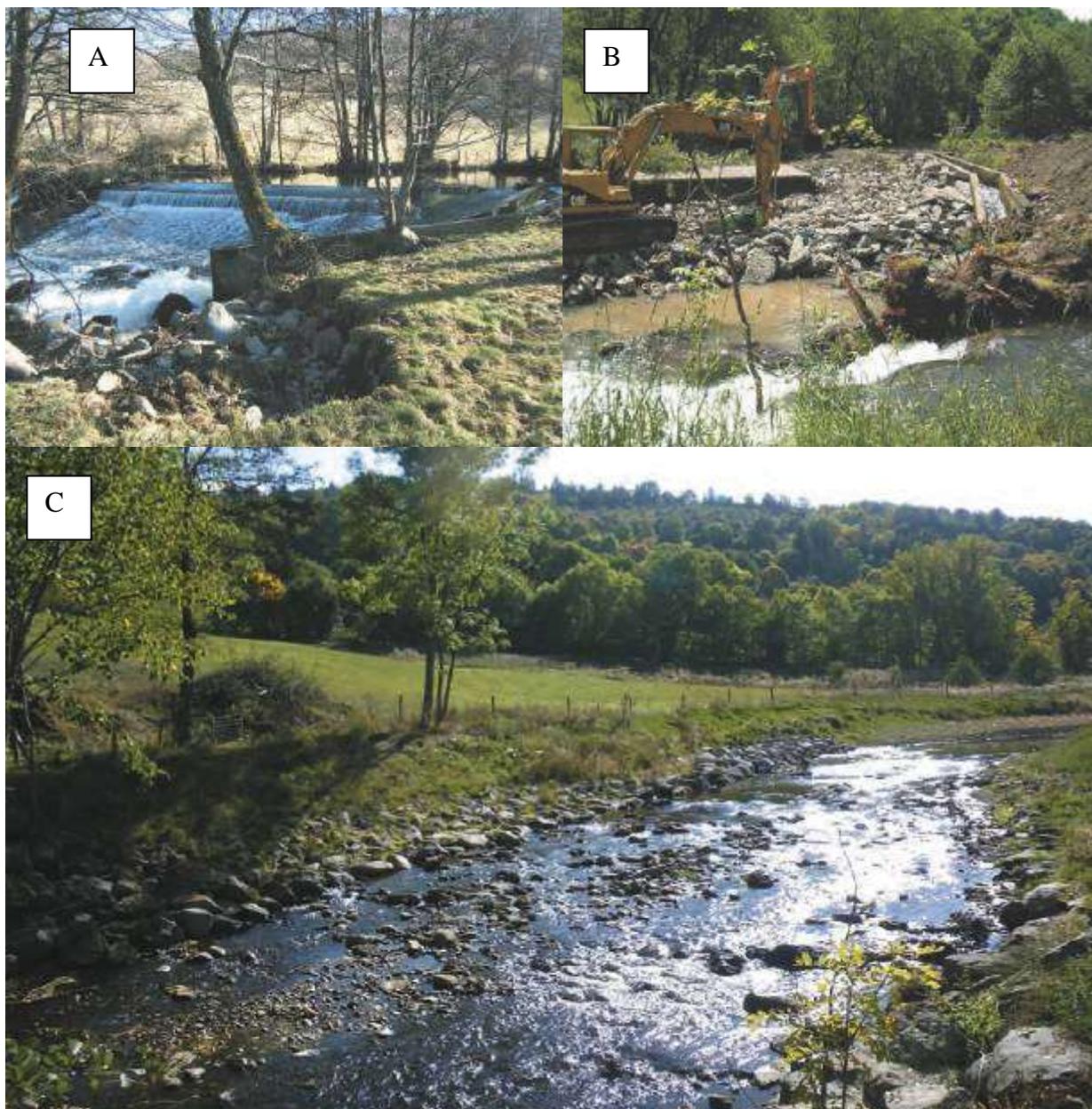


Figura 29 – Schema progettuale di massima dell'intervento. Disegni Regione Emilia-Romagna: Massimo Milandri.



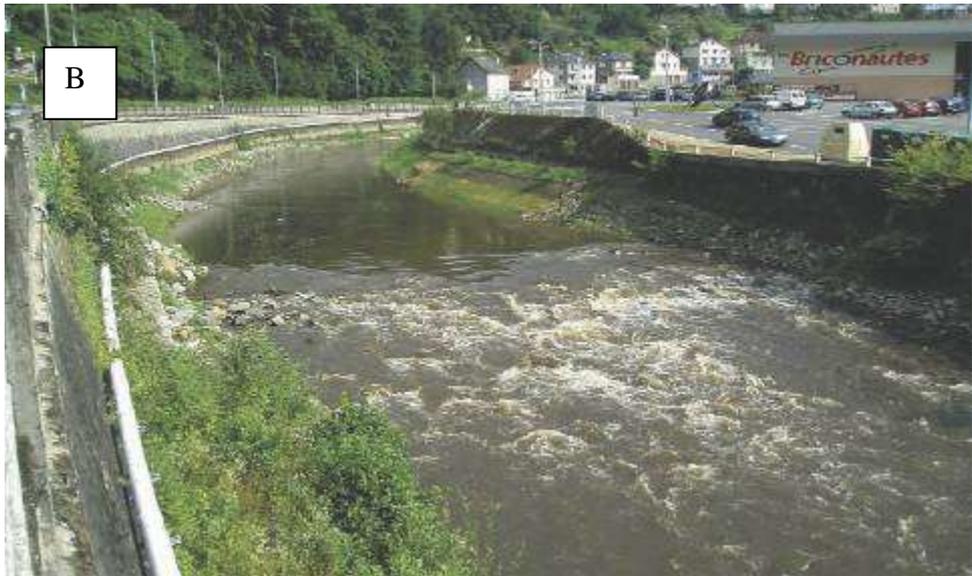
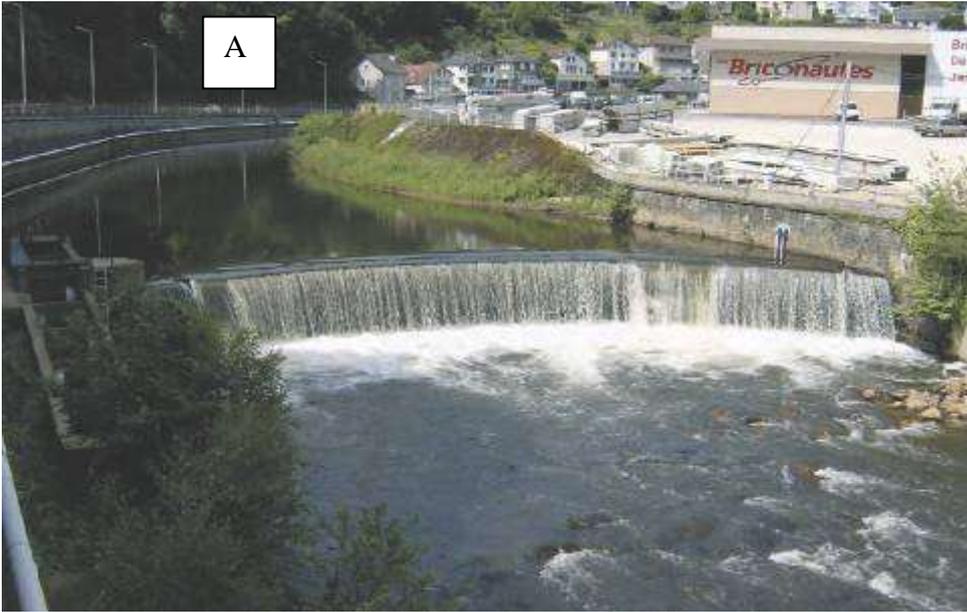
*Figura 30 – Rimozione di una briglia (visibile in A) sul torrente Alagnon, un affluente dell'Allier nel bacino della Loira (Francia).*

*Lo scopo principale dell'intervento è stato quello di favorire la continuità per la fauna ittica del corso d'acqua, un tempo frequentato da popolazioni di Salmone atlantico, ma anche di riqualificare gli aspetti geomorfologici riattivando le dinamiche dei sedimenti e riqualificando le sponde. Per la rimozione con mezzi meccanici della briglia il corso d'acqua è stato temporaneamente deviato (B); nella foto post operam (C) sono evidenti anche alcuni interventi complementari quali la deposizione di massi su entrambe le sponde per contenere i processi erosivi laterali. Intervento e foto: Syndicat intercommunal de gestion de l'Alagnon et de ses affluents (SIGAL).*



*Figura 31 – Rimozione della briglia di Lorianò sul torrente Setta (comuni di Marzabotto e Monzuno, provincia di Bologna).*

*La briglia è stata realizzata negli anni '60 dalla società Autostrade per sostenere il profilo di fondo dopo le consistenti escavazioni di materiale litoide eseguite in alveo per la realizzazione dei rilevati autostradali. A distanza di quasi 50 anni e dopo almeno 24 anni dalla L.R. 17/1991, che ha vietato le escavazioni in alveo, l'opera trasversale in conglomerato cementizio armato è stata demolita, così da favorire il progressivo ripascimento dell'alveo e il naturale trasporto solido. In rosso la posizione originaria della briglia. Intervento realizzato dal Servizio Tecnico Bacino del Reno (Regione Emilia-Romagna). Foto: Marco Rami.*



*Figura 32 – Rimozione di una briglia (visibile in A) sul torrente Corrèze, nel bacino Adour - Garonne presso la città di Tulle (Francia).*

*Questo intervento è stato realizzato con tre obiettivi principali: riqualificare la qualità morfologica favorendo un recupero del trasporto solido e di un profilo di fondo più naturale, favorire la continuità per la fauna ittica in quanto il passaggio (visibile sulla sinistra in A) risultava non funzionante, permettere lo svolgimento di attività di canottaggio. Come visibile nelle immagini, oltre alla rimozione meccanica dell'opera trasversale, sono stati realizzati anche interventi di posizionamento di massi e geotessuto sulla sponda a protezione del muro (per complessivi 600 metri) e la realizzazione di una soglia in pietrame lunga circa 40 metri per ridurre fenomeni di incisione regressiva e per fissare il livello del fondo. L'intervento è stato preceduto da una serie di approfondimenti conoscitivi tra cui la stima della quantità di sedimenti immobilizzati a monte della briglia ed una modellizzazione idraulica degli effetti della sua rimozione. Intervento e foto: Communauté de communes Tulle et Cœur de Corrèze.*



*Figura 33 – Demolizione di una briglia in cemento armato e sostituzione con rampa in massi ciclopici nel tratto del fiume Reno che segna il confine tra il territorio comunale di Porretta Terme (BO) e Castel di Casio (BO).*

*La vecchia briglia, realizzata presumibilmente all'inizio degli anni '60, era posta in un tratto del fiume Reno decisamente inciso in cui il dislivello tra l'alveo di magra e il piano campagna era di circa 6,5 m e realizzava un salto idraulico di circa 2 m. L'opera era stata realizzata per arrestare i fenomeni di incisione retro-progressiva che*

*interessavano il tratto in oggetto. La briglia era costituita da un corpo monolitico in cemento armato, di sezione pressoché trapezia per una lunghezza di circa 44 m, realizzato tra due muri andatori (sempre in cemento armato) che incanalano e costringono il flusso della corrente. Nel tempo le erosioni al piede delle fondazioni della platea di dissipazione hanno indebolito notevolmente la struttura che in occasione degli eventi di piena non ha retto all'impatto del flusso di corrente ed ha ceduto mettendo in serio pericolo l'intera briglia, con evidenti fenomeni di notevole turbolenza ed erosione sotto le fondazioni del manufatto. In sostituzione della briglia è stata realizzata una rampa in massi da realizzarsi per tutta la larghezza dell'alveo compresa tra i due muri andatori e per una lunghezza di circa 30-35 m. Come osservabile nelle foto, la rampa è stata realizzata con massi ciclopici posti a secco e incastrati tra loro con conformazione ad arco così da scaricare ai lati la spinta idraulica. Sono state mantenute le preesistenti quote del profilo di monte e di valle così da non variare l'assetto idraulico del profilo e ripristinare le precedenti quote di fondo alveo. I vantaggi ambientali non si limitano al ripristino della connessione longitudinale (sia per la fauna acquatica sia, in modo limitato visto il mantenimento del profilo di fondo, per il passaggio dei sedimenti), ma si concretizzano, come apprezzabile nella foto, anche in una riduzione dei fenomeni di rallentamento della corrente che avevano creato un ambiente con caratteristiche lentiche sia a monte che a valle della vecchia briglia. Intervento realizzato dal Servizio Tecnico bacino del Reno (Regione Emilia-Romagna). Foto: Marco Rami.*



*Figura 34 - Esempio di modifica di una briglia lungo il rio Enzola nel Comune di Quattro Castella (RE).*

*L'intervento ha previsto la modifica strutturale di una briglia mediante sostituzione con una rampa in massi atta a ripristinare la continuità ecologica del rio. L'intervento fa parte di un complesso di azioni sviluppate nell'ambito del Progetto europeo LIFE+ RII (il cui Ente capofila è la Regione Emilia-Romagna) volte a diminuire la situazione di pericolosità idraulica e a migliorare la qualità ecologica dei rii oggetto di*

intervento (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/life-rii/temi/progetto-life-rii/life-rii>). Intervento realizzato dal Consorzio di bonifica dell'Emilia Centrale (RE). Foto Marco Monaci, Aronne Ruffini.



Figura 35 – Esempio di modifica di una briglia lungo il rio Lavezza nel Comune di Albinea (RE)

L'intervento ha previsto la modifica strutturale di una briglia mediante sostituzione con una rampa in massi atta a ripristinare la continuità ecologica del rio. L'intervento fa parte di un complesso di azioni sviluppate nell'ambito del Progetto Europeo LIFE+ RII (il cui Ente capofila è la Regione Emilia-Romagna) volte a diminuire la situazione di pericolosità idraulica e a migliorare la qualità ecologica dei rii oggetto di intervento (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/life-rii/temi/progetto-life-rii/life-rii>). Dall'alto al basso e da sinistra a destra si possono osservare la briglia prima dell'intervento, la rampa in massi, un particolare della rampa che mostra alcune pozze realizzate a gradoni lungo di essa per consentire la risalita della fauna e una morbida che attraversa la rampa. Intervento realizzato dal Consorzio di bonifica dell'Emilia Centrale (RE). Foto: Marco Monaci, Aronne Ruffini.

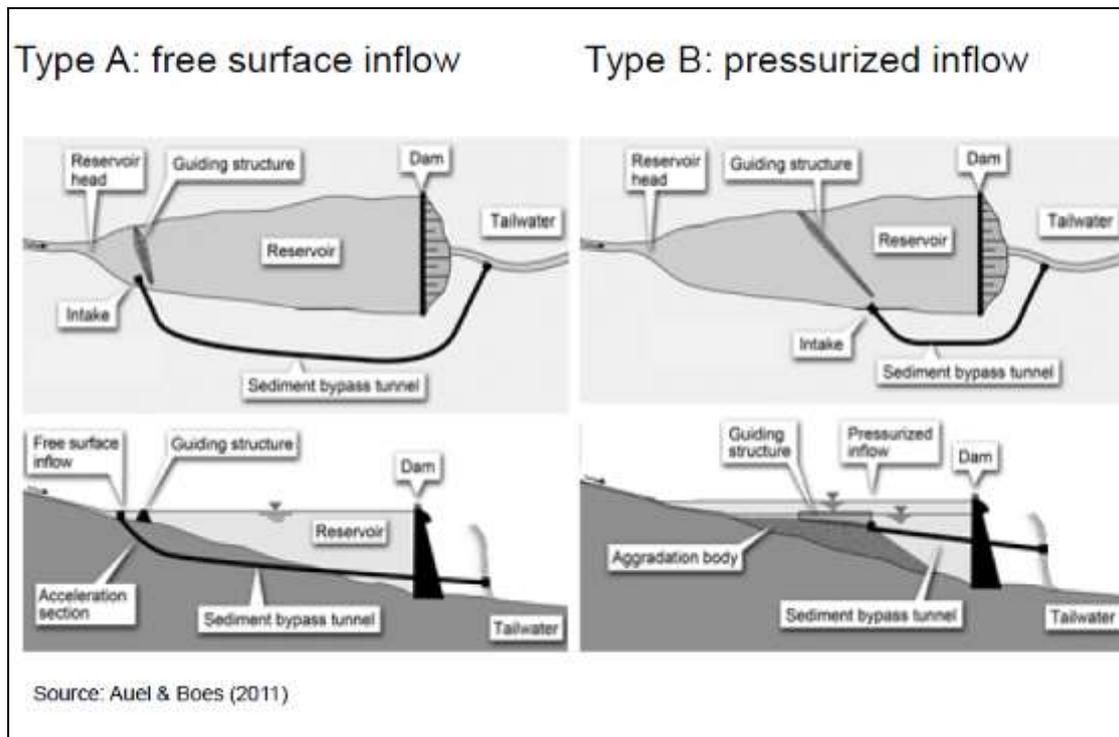


Figura 36 – Costruzione di un by-pass per il transito dei sedimenti grossolani a valle di una diga (Fonte: Auel, C. & Boes, R.M. (2011).

Nella figura di sinistra si riporta lo schema di massima di un by-pass costruito per intercettare i sedimenti prima che entrino nell'invaso presente a monte della diga, così da poterli scaricare a valle della stessa tramite un apposito tunnel; nella figura di destra è invece rappresentato uno schema in cui il tunnel di by-pass è alimentato dai sedimenti già presenti all'interno dell'invaso e che ne hanno ridotto la capacità di accumulo.

## 4.8.2 Obiettivi

### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	X
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	

Tabella 9 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: da BASSO (nel caso in cui siano previste solo limitate modifiche strutturali) a ELEVATO (se è prevista la rimozione totale dell'opera e non vi sono altri elementi che limitino il recupero della dinamica morfologica).

### b) Qualità biologica

L'incisione ha l'effetto di ridurre l'interazione fra il corso d'acqua e la sua piana inondabile e di abbassare i livelli di falda che si traduce in una significativa perdita di habitat e di funzioni tipiche dell'ambiente ripariale, in particolare per le specie caratteristiche degli ambienti igrofilo. Inoltre, il deficit di apporto solido determina in genere una banalizzazione o comunque un'alterazione delle forme fluviali, con effetti particolarmente evidenti nei casi estremi di incisione, in cui il materasso alluvionale è completamente asportato, portando in superficie gli strati sottostanti, di caratteristiche granulometriche solitamente molto diverse. La rimozione, totale o parziale di ostacoli trasversali consente di mitigare o invertire gli effetti del deficit di apporto solido a valle e di riattivare i processi geomorfologici, ristabilendo in termini di quantità e di caratteristiche ed eterogeneità granulometriche condizioni più naturali, contrastando i processi di incisione dell'alveo e ripristinando una dinamica di creazione e mantenimento di forme fluviali e degli habitat ad esse associati. In caso di rimozione totale dell'opera il miglioramento delle condizioni morfologiche è localmente connesso anche al recupero di un profilo longitudinale più naturale. Questo effetto non si verifica invece nel caso di interventi di modifica o rimozione solo parziale, che prevedano il mantenimento del livello del fondo artificialmente imposto.

Un tipico impatto delle opere trasversali è la trasformazione di tratti lotici in lentici a monte dello sbarramento, lungo un'estensione più o meno ampia a seconda della tipologia di opera e la morfologia del tratto, in particolare la pendenza in relazione all'altezza dell'opera. Questo determina un totale stravolgimento degli habitat e delle specie ad essi associate; la rimozione dell'opera può consentire un recupero anche totale dell'habitat originario, mentre il recupero delle comunità biotiche ad esso associato dipende anche da altri fattori, primariamente dalla continuità ecologica del sistema fluviale ai fini della ricolonizzazione.

Un altro beneficio ecologico importante, più comunemente associato a questa tipologia di interventi, è il ripristino della continuità longitudinale per la fauna, in particolare per la fauna ittica. La costruzione di un passaggio per pesci di tipo tecnico, infatti, anche se realizzato a regola d'arte, non ripristina completamente la transitabilità per tutte le specie ittiche presenti, in tutte le fasi vitali e sia da valle a monte che viceversa. La rimozione dell'opera (anche parziale, ad esempio lasciandone il basamento se non è fattibile il recupero del profilo ante-operam) può invece garantire una transitabilità pari o molto prossima a quella naturale, purché le condizioni idrologiche siano adeguate.

### c) Rischio da esondazione

Dal punto di vista del rischio da esondazione lo scopo di questa tipologia di intervento è analogo a quello delle schede descritte ai Par.4.7 "Aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti", Par.4.6 "Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari" e Par.4.8 "Rimozione o modifica strutturale di briglie o soglie", ovvero mitigare o invertire fenomeni di incisione dell'alveo rendendo nuovamente disponibili al trasporto verso valle i sedimenti accumulati a monte di opere trasversali. Anche in questo caso, quindi, i benefici idraulici sono connessi alla disponibilità di aree di laminazione che risulterebbero attivate con maggiore frequenza. Vengono considerate

all'interno di questa categoria opere di dimensioni e finalità diverse (briglie, soglie, traverse di derivazione, dighe), in quanto dal punto di vista della continuità longitudinale del trasporto solido di fondo l'approccio è analogo. Tuttavia, dal punto di vista del rischio da esondazione possono sussistere differenze significative. La rimozione di una diga dovrebbe essere eseguita nei casi in cui sia bassa la sua capacità di laminazione, per evitare l'aumento di rischio a valle. In caso contrario occorre valutare se la capacità di laminazione non è più effettiva a causa del riempimento con sedimenti dell'invaso presente a monte della diga. Va inoltre tenuto conto della quantità di materiale accumulato e della sua dinamica di distribuzione a valle, che oltre a invertire complessivamente il trend di incisione dell'alveo potrebbe localmente determinare situazioni di criticità.

Più in generale la scelta di rimozione di uno sbarramento deve valutare pro e contro dal punto di vista del rischio e le azioni da mettere eventualmente in campo per aumentare tali benefici.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

L'aumento del trasporto solido conseguente alla rimozione delle opere trasversali può contribuire a diminuire gli eventuali problemi di incisione presenti a valle e quindi i relativi effetti di destabilizzazione delle opere interferenti e dei beni esposti ivi presenti.

### **4.8.3 Avvertenze**

La rimozione di opere che sono state realizzate con lo scopo di alterare il profilo longitudinale del corso d'acqua e di arrestarne la dinamica, costituendo punti fissi, va chiaramente preceduta da uno studio che stimi l'evoluzione morfologica attesa. In particolare, l'intervento può generare un processo di erosione regressiva, più o meno esteso anche in funzione di altri punti fissi naturali o artificiali presenti a monte, e anche determinare conseguenti aggiustamenti di sezione, la cui compatibilità va attentamente valutata, soprattutto se sono presenti beni/usi del suolo ad alta vulnerabilità. Se i rischi o i costi connessi alla necessità di modificare altre strutture a monte e/o a valle rendono la rimozione totale dell'opera non vantaggiosa, è possibile optare per una rimozione solo parziale o una modifica strutturale dell'opera che determini almeno parte dei benefici illustrati in precedenza.

In questa come in tutte le tipologie di intervento che mirano a invertire situazioni di incisione dell'alveo, determinandone l'aggradazione, vanno valutati con attenzione eventuali effetti collaterali negativi connessi alla conseguente risalita della superficie freatica; infatti, non solo si avrà una maggiore frequenza di inondazione della piana durante i fenomeni di piena (effetto voluto, in quanto è il principale obiettivo dell'azione dal punto di vista idraulico), ma potrebbe aumentare più o meno localmente la frequenza di sommersione o comunque l'umidità del suolo anche per portate ordinarie, rendendo non più compatibili determinati usi del suolo. L'azione può di fatto determinare il recupero di aree umide riparie scomparse a causa dell'incisione.

La determinazione della qualità dei sedimenti presenti è particolarmente importante per questa tipologia di intervento, soprattutto laddove, come negli invasi a monte di dighe, la percentuale di sedimenti fini può essere elevata e i tempi di accumulo molto

lunghi. La compatibilità con la reimmissione in alveo può influenzare radicalmente la fattibilità dell'intervento o le modalità attuabili.

Anche nel caso di qualità chimica dei sedimenti compatibile con la reimmissione in alveo, date le grandi quantità di materiale potenzialmente in gioco, vanno valutati con grande attenzione i potenziali impatti ambientali connessi alla mobilitazione in tempi brevi, in particolare della componente più fine, e ai conseguenti picchi di concentrazione di solidi sospesi, oltre che l'alterazione granulometrica dell'alveo a valle.

Il materiale eroso, almeno in parte, verrà trasportato a valle: occorre perciò valutare la compatibilità di eventuali sezioni critiche con un aumento del trasporto solido; per poter procedere all'intervento queste situazioni vanno risolte, laddove possibile, tramite interventi strutturali, valutando ad esempio la modifica o la sostituzione dell'infrastruttura interferente, o gestionali, ad esempio attraverso interventi localizzati di movimentazione di materiale con contestuale reimmissione a valle della sezione critica.

## **4.9 Costruzione di strutture trasversali per favorire il trattenimento di sedimenti e rialzare il livello dell'alveo**

### **4.9.1 Descrizione generale**

La costruzione di strutture trasversali finalizzate ad aumentare la capacità di sedimentazione del tratto di intervento (Figura 37) può essere una soluzione tecnica appropriata per rialzare il livello dell'alveo in situazioni di forte incisione, laddove le altre tipologie di intervento (Par.4.6 "Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari", Par.4.7 "Aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti" e Par.4.10 "Immissione di sedimenti in alveo") non siano da sole sufficienti a raggiungere i risultati voluti, in particolare in situazioni in cui la capacità di trasporto nel tratto inciso sia troppo elevata rispetto all'apporto da monte. L'intervento può quindi essere abbinato a una o più misure per aumentare l'apporto di sedimenti da monte, oppure all'immissione di sedimenti nel tratto inciso, o anche realizzato in assenza di altre misure, facendo affidamento sull'apporto solido disponibile, sulla base di un adeguato studio geomorfologico che stimi gli effetti dell'intervento non solo in loco, ma anche nel tratto a valle e in quello a monte.

Al fine di minimizzare gli impatti sulla continuità per la fauna ittica, le dimensioni e la tipologia costruttiva delle opere devono essere adattati in funzione delle specie presenti. In linea generale occorre evitare briglie di grandi dimensioni, limitandosi a piccole soglie o a rampe in massi quando si debba coprire un dislivello maggiore; queste ultime devono avere una pendenza limitata e una superficie sufficientemente eterogenea da creare zone più profonde, di riposo, tali da assicurare almeno in una parte dell'opera un battente sufficiente durante le condizioni di magra.

In Figura 38 è mostrato un piccolo sbarramento in tronchi, massi e radici esposte progettato nell'ambito del Progetto europeo LIFE+ RII che può essere applicato su piccoli rii presenti in Regione Emilia-Romagna.

In Figura 39 e Figura 40 si mostra un esempio di intervento integrato che applica in parte l'approccio qui descritto, la riqualificazione morfologica del Rio Mareta (Provincia Autonoma di Bolzano), finalizzata al recupero di una situazione di incisione, restringimento dell'alveo e parziale perdita di piana inondabile dovuta prevalentemente alle escavazioni realizzate in alveo nei decenni precedenti. In questo caso la realizzazione di rampe in massi ciclopici, che ha seguito la demolizione delle briglie preesistenti e l'allargamento dell'alveo, ha avuto solo in piccola parte la funzione di intrappolare materiale proveniente da monte, in quanto le strutture sono state perlopiù colmate con i sedimenti scavati dalla piana parzialmente terrazzata a causa dell'incisione; la loro funzione principale è invece quella di assicurare che in caso di eventi di piena particolarmente intensi non si verifichino ulteriori fenomeni di incisione che potrebbero creare situazioni di elevato rischio.

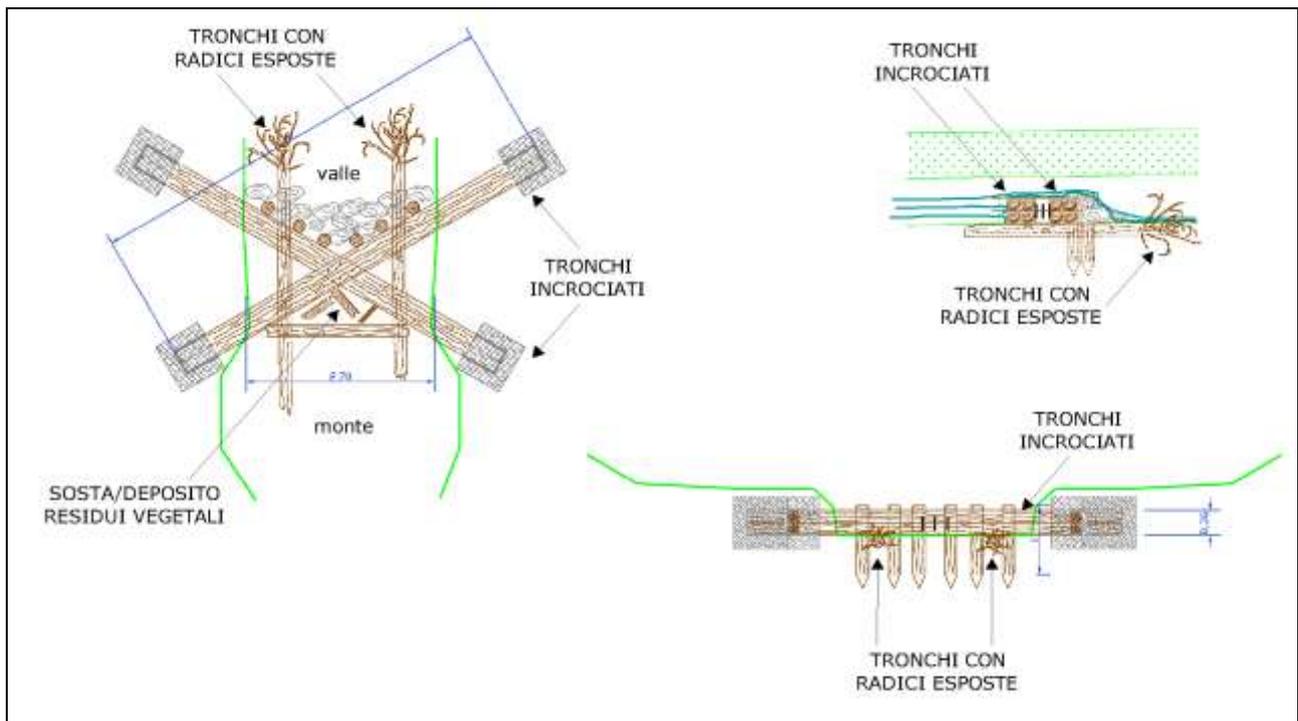


Figura 37 - Schema progettuale di massima dell'intervento di costruzione di strutture trasversali atte ad aumentare la capacità di sedimentazione e rialzare il livello dell'alveo Immagine: Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (RE).



Figura 38 - Esempio di costruzione di un piccolo sbarramento in tronchi, massi e radici esposte lungo il rio Bianello in comune di Quattro Castella (RE).

L'intervento è stato realizzato nell'ambito del Progetto europeo LIFE+ RII (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/life-rii/temi/progetto-life-rii/life-rii>), il cui Ente capofila è la Regione Emilia-Romagna. Lo sbarramento (il cui schema costruttivo è riportato in Figura 37) è costituito da tronchi a radici esposte debitamente incastrati e ancorati tra loro ed è finalizzato ad innalzare il livello dell'alveo (si noti in foto l'accumulo di sedimenti depositati a monte della struttura, ora completamente

*ricoperta). L'intervento prevede di incrociare due tronchi d'albero al fine di formare una sorta di X, che consente di creare anfratti a monte e a valle che andranno a riempirsi di pietrame, legni, sostanza organica, così da costituire microhabitat in alveo. Al di sotto di tale struttura sono posizionati, in parte sotterrati, due tronchi di albero dotati di radice e posti longitudinalmente all'alveo, con le radici esposte a valle dello sbarramento. L'intervento è completato dalla posa a fianco delle radici di massi sparsi. Dal punto di vista ecologico il salto che si viene a creare tra monte e valle, di circa 30-60 cm a seconda del numero di tronchi sovrapposti, viene in realtà ad essere mitigato e addolcito dalla presenza sia delle radici sia del pietrame sparso; l'intera struttura ricrea inoltre una situazione naturale tipica, nella quale tronchi di alberi caduti possono depositarsi in alveo incastrandosi tra loro e fungendo da trappola per pietrame, legname, sostanza organica, andando a costituire microhabitat locali adatti per la fauna ittica, quando presente, per anfibi, insetti, ecc. e più in generale per tutta la fauna che popola i corsi d'acqua.. Intervento e foto: Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (RE).*



Fig. 1970 Intervento di recupero morfologico del rio Ma 2003 (v. Provincia Autonoma di Bolzano).

*Il rio Mareta drena la Val Ridanna e sfocia nell'Isarco, dopo 25 km, presso Vipiteno. Nell'ambito del progetto Interreg III-B River Basin Agenda, svolto negli anni 2004-2006, è stato possibile stimare la pericolosità idraulica del rio Mareta in prossimità della confluenza con l'Isarco. E' stato osservato che un marcato evento di piena (tempo di ritorno di 30 anni) sarebbe stato in grado di provocare estese inondazioni coinvolgendo anche alcune zone produttive ed importanti infrastrutture, come ad esempio il ponte Passo Pennes e il casello autostradale. Dal punto di vista ecologico sono stati evidenziati sul rio Mareta diversi deficit principalmente dovuti all'interruzione della continuità longitudinale del corso d'acqua, a causa delle briglie presenti nei pressi di Stanghe e all'andamento rettilineo/canalizzato della parte bassa del torrente. Negli ultimi 150 anni il rio Mareta è infatti stato oggetto di diversi interventi, il primo importante nel 1876 per regimare il torrente e il secondo di entità notevole durante il periodo di costruzione dell'autostrada del Brennero all'inizio degli anni '70, quando il torrente è stato utilizzato come cava di inerti. A causa dei notevoli prelievi di ghiaia il letto del rio Mareta si è così notevolmente abbassato, con modifiche dell'assetto altimetrico che hanno raggiunto e superato i 10 m; inoltre, l'alveo a canali intrecciati, che presentava una larghezza con valori massimi di 300 m (si veda in figura l'immagine relativa al 1970, pre-escavazioni), è stato ridotto ad una larghezza relativamente uniforme di circa 30- 40 m (si veda in figura l'immagine relativa al 2003, con l'alveo molto più stretto del periodo precedente e numerose briglie presenti). La piana inondabile si è fortemente disconnessa dall'alveo, riducendo di molto la sua capacità di laminazione naturale delle piene, che sono diventate successivamente più intense e gravose per l'area della conca di Vipiteno. L'opportunità di accedere a fondi comunitari FESR 2007-2013 ha permesso di realizzare lungo il basso corso del rio Mareta interventi mirati ad un miglioramento importante della protezione idraulica del fondovalle e della qualità eco-morfologica del torrente. Il piano di prevenzione contro le piene e di riqualificazione che ne è conseguito è stato articolato in due fasi complementari: la prima, realizzata fra il 2008 e il 2010, ha previsto l'allargamento dell'alveo e la rimozione di una serie di briglie in un tratto poco a monte di Vipiteno presso Stanghe (intervento qui descritto), mentre la seconda, ancora da realizzare, prevede ulteriori interventi da eseguire nella parte bassa del corso del torrente per migliorare i problemi di rischio da esondazione residui. Il primo intervento realizzato ha utilizzato le aree demaniali ancora presenti lungo l'asta, che hanno permesso di ampliare l'alveo lungo un tratto di 2 km fino al doppio della larghezza imposta negli anni '70 (si veda il confronto tra la larghezza del Mareta nel 2005 e nel 2010 nelle due immagini sopra riportate). Il materiale di risulta degli scavi è stato depositato in alveo avendo cura di riprodurre forme altimetriche più naturali possibili. L'intervento ha visto il ripristino della continuità longitudinale dell'alveo grazie alla demolizione di 16 briglie, con evidenti benefici sia per l'ecosistema e la fauna ittica che per l'evoluzione morfologica del torrente stesso, che è ritornato così ad essere un sistema dinamico. Per garantire la sicurezza idraulica evitando potenziali fenomeni di incisione anche in caso di eventi eccezionali, si è scelto di consolidare il nuovo alveo mediante rampe in massi ciclopici. Per evitare eventuali erosioni localizzate in prossimità delle sponde, esse sono state protette mediante pennelli, realizzati anch'essi con massi ciclopici. La distanza tra i pennelli è pari a circa 50 m. Intervento e foto: Provincia Autonoma di Bolzano - Ripartizione Opere Idrauliche*



Figura 40 - L'intervento di recupero della larghezza dell'alveo del Rio Mareta descritto nella figura precedente ha previsto il ripristino della continuità longitudinale dell'alveo grazie alla demolizione di 16 briglie (immagine in alto), con evidenti benefici sia per l'ecosistema e la fauna ittica che per l'evoluzione morfologica del torrente stesso, che è ritornato così ad essere un sistema dinamico. Per prevenire l'innescarsi di nuove incisioni e per garantire l'innalzamento del livello dell'alveo, il progetto ha previsto il consolidamento del fondo mediante rampe (immagine in basso a sinistra) costituite da massi ciclopici con un peso minimo di 2 t (immagine in basso a destra). La peculiarità di queste rampe è quella di essere state per la maggior parte ricoperte con materiale sciolto ed armonizzate così con il paesaggio circostante, ricreando un alveo con caratteristiche morfologiche naturali, come visibile in Figura 39 (anno 2010), ma che contestualmente presenti, in profondità, elementi che garantiscano la protezione contro ulteriori incisioni ed effetti di canalizzazione, che potrebbero di nuovo creare problemi idraulici a valle, a Vipiteno. Intervento e foto: Provincia Autonoma di Bolzano - Ripartizione Opere Idrauliche.

## 4.9.2 Obiettivi

### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	X
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	

Tabella 10 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: MEDIO, in quanto l'intervento, se non associato ad altri ha l'obiettivo di riattivare i processi evolutivi morfologici in alveo, senza interessamento di piana inondabile/fascia di mobilità.

### *b) Qualità biologica*

La presenza di opere trasversali negli alvei fluviali è un rilevante fattore di pressione sull'ecosistema fluviale e può pertanto apparire incoerente che se ne suggerisca la realizzazione come misura per migliorare le condizioni biologiche di un corso d'acqua. In realtà vi sono situazioni in cui l'artificializzazione conseguente può essere un impatto necessario per assicurare benefici di ordine superiore connessi alla risoluzione/mitigazione di fenomeni di incisione e alla conseguente riattivazione di processi geomorfologici e di una dinamica più naturali tra alveo e piana inondabile. Questo può essere vero ad esempio in un contesto di incisione molto accentuata (che si potrebbe definire "di break-through incipiente") in cui lo strato alluvionale sia stato quasi del tutto eroso e in cui un'ulteriore asportazione di materiale, che si potrebbe realizzare in uno o pochi eventi di piena, potrebbe portare in superficie uno strato sottostante, tipicamente terziario, di caratteristiche completamente diverse, determinando un totale cambiamento della struttura dell'alveo e del substrato e un conseguente stravolgimento degli habitat. In modo analogo, l'azione può essere utile laddove la perdita completa dello strato alluvionale sia già avvenuta in alcuni tratti e la conseguente riduzione di scabrezza, unita alla canalizzazione dell'alveo, abbia aumentato la capacità di trasporto, limitando molto il processo di sedimentazione. In modo analogo, l'azione può essere di utilità in quei casi in cui i tempi di recupero, in assenza di interventi strutturali che favoriscano la sedimentazione, sono considerati troppo lunghi.

Come detto, la realizzazione di strutture trasversali determina comunque degli impatti, in particolare sulla continuità per la fauna ittica e in relazione alle dinamiche iporreiche (deflussi di sub-alveo) e pertanto occorre adottare adeguati accorgimenti per limitarli il più possibile.

### *c) Rischio da esondazione*

Questo intervento fa parte della categoria di azioni che mirano a contrastare situazioni di incisione di alvei fluviali a fondo mobile, favorendone l'innalzamento della quota, incrementando la deposizione e il trattenimento del trasporto solido proveniente da monte. Questo fa sì che la piana inondabile, se presente, sia connessa idraulicamente al corso d'acqua con maggiore frequenza, dando un contributo più efficace alla laminazione delle piene.

### *d) Rischio da dinamica morfologica*

L'intervento, come tutti quelli finalizzati alla risoluzione di situazioni di incisione, punta ad evitare gli effetti di destabilizzazione di opere interferenti e beni esposti conseguente proprio alla situazione di incisione, grazie alla stabilizzazione del fondo ma soprattutto all'aumentata capacità di sedimentazione dell'alveo.

### **4.9.3 Avvertenze**

Poiché l'intervento viene realizzato al fine di aumentare la quantità di trasporto solido di fondo che si deposita nel tratto inciso, è evidente che, in assenza di un contestuale aumento di apporto solido, l'effetto collaterale è la diminuzione del materiale trasportato verso valle. Anche nel caso in cui vengano realizzati interventi che aumentano l'apporto solido a monte o a valle del tratto di intervento, tuttavia, il bilancio complessivo in alcune o tutte le sezioni di valle può essere negativo, almeno transitoriamente. Il rischio è quindi quello di risolvere il deficit di sedimenti nel tratto di intervento, ma di creare situazioni analoghe a valle. È pertanto indispensabile stimare quantitativamente il bilancio nelle sezioni coinvolte e adattare di conseguenza le azioni previste.

## **4.10 Immissione di sedimenti in alveo**

### **4.10.1 Descrizione generale**

Lo scopo dell'immissione di sedimenti in alveo (Figura 41) è analogo a quello delle azioni presentate ai Par. 4.6 "Riattivazione della dinamica planimetrica mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo e/o riapertura di canali secondari", Par.4.7 "Aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti" e Par.4.8 "Rimozione o modifica strutturale di briglie o soglie ", ossia mitigare o invertire fenomeni di incisione dell'alveo aumentando l'apporto di sedimenti.

Nei casi in cui le tipologie di intervento già illustrate non siano fattibili (ad esempio la riattivazione delle fonti di sedimenti dai versanti sia impedita dalla presenza di insediamenti o infrastrutture, o la rimozione di difese spondali lungo tratti sufficientemente lunghi non sia percorribile a causa dell'elevato valore dei terreni/beni protetti, o dove la rimozione di opere trasversali che bloccano il trasporto solido determini effetti negativi non accettabili), oppure non possano determinare effetti tangibili in tempi sufficientemente brevi, si può valutare l'immissione diretta in alveo di sedimenti con mezzi meccanici (Figura 41). Questi possono provenire da zone esterne all'alveo (ad esempio da escavazioni nella pianura adiacente) o da altri tratti dell'alveo stesso in sedimentazione e dove ne sia utile la rimozione, in particolare a monte di sbarramenti o in tratti critici dal punto di vista idraulico.

Il materiale reimpresso va selezionato sulla base delle caratteristiche granulometriche e geologiche, che devono essere coerenti con quelle necessarie a ricostituire nel sito di intervento condizioni più naturali e l'aggradazione del letto. Può eventualmente essere necessaria una selezione granulometrica prima della reimmissione, ad esempio per ridurre la frazione di materiali fini.

Le quantità in gioco devono essere valutate sulla base di uno studio geomorfologico che stimi il deficit attuale e, tenendo conto delle altre fonti e della capacità di trasporto, i volumi necessari a ricostruire lo spessore voluto.

Il reinserimento del materiale può avvenire con diverse modalità a seconda della configurazione morfologica, dell'energia specifica del corso d'acqua, dello spazio disponibile, del rischio da esondazione nella fase transitoria, dell'impatto potenziale sulle comunità biotiche, dell'eventuale volontà di ricostruire fin da subito specifiche forme d'alveo, delle modalità di monitoraggio (che deve essere sempre previsto e proseguito per un tempo sufficientemente lungo):

- immissione in alveo in un'area ristretta senza redistribuzione meccanica (es. scarico da bilico a valle di un ponte);
- deposito lungo le sponde, dove possa essere raggiunto e gradualmente eroso almeno da portate di piena ordinaria;
- ripartizione omogenea nel tratto di intervento;
- inserimento in alveo a costituire forme fluviali coerenti con la tipologia morfologica locale, tenendo in considerazione che il materiale verrà comunque rimodellato dal deflusso idrico.

Prima di procedere alla reimmissione occorre, come detto, stimare la capacità di trasporto da parte del corso d'acqua dei sedimenti reimmessi, anche al fine di valutare

l'eventuale necessità di opere trasversali (ad esempio piccole soglie di fondo) che ne favoriscano la sedimentazione (si veda il Par.4.9 "Costruzione di strutture trasversali per favorire il trattenimento di sedimenti e rialzare il livello dell'alveo"). Ovviamente in questo caso vanno tenuti in considerazione i potenziali effetti negativi, ad esempio sulla continuità longitudinale per la fauna ittica: facendo riferimento al caso precedente, ad esempio, la costruzione di piccole soglie in massi è preferibile alla realizzazione di briglie o di altre strutture che abbiano un effetto significativo sul profilo longitudinale del corso d'acqua.

La reimmissione di sedimenti in alveo è inoltre consigliata, e spesso necessaria, nelle situazioni in cui si procede alla riqualificazione morfologica del corso d'acqua mediante abbassamento della piana inondabile, creazione di canali secondari, riprofilatura e arretramento delle sponde, ecc., tutte situazioni in cui si prevede una notevole asportazione di sedimenti dalle aree di pertinenza fluviale.

In Figura 42 si riporta un esempio sperimentale di reimmissione di sedimenti in alveo realizzato dal Servizio tecnico di Bacino Romagna sul fiume Montone (Forlì) e in Figura 43 la reintroduzione di sedimenti a valle di uno sbarramento idroelettrico sul fiume Rienza (Prov. Aut. Bolzano).

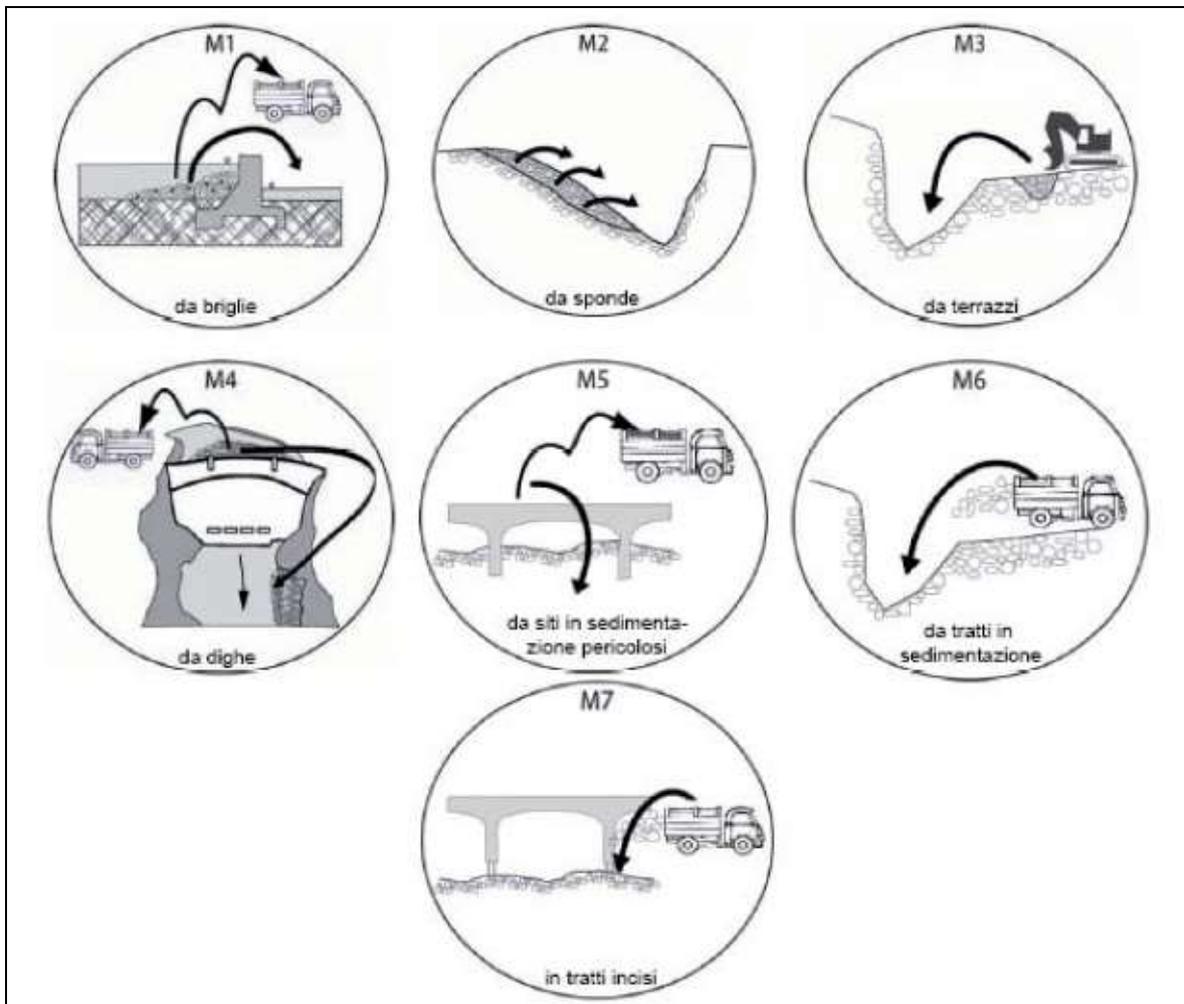


Figura 41 - Schema progettuale di massima dell'intervento.

Briglie o dighe possono interrompere in modo drastico il flusso di sedimenti (M1 e M4); nel caso si valuti che per motivi strutturali (es. protezione di ponti) o economici (derivazione di acque ad uso irriguo o idroelettrico) tali opere non possano essere eliminate o modificate per ripristinare il trasporto solido, si può valutare l'opportunità di un'asportazione meccanica dei sedimenti depositati a monte degli sbarramenti per immetterli a valle, nei punti ove è presente l'incisione. Nel caso in cui durante gli interventi di riqualificazione morfologica si rendano disponibili sedimenti da operazioni di scavo di sponde o terrazzi (M2 e M3), questi dovrebbero essere prioritariamente reimmessi entro gli alvei incisi (M7). Se i sedimenti si sono accumulati a monte di ponti ferroviari o viari e generano in quel punto un aumento del rischio da esondazione, è possibile provvedere alla asportazione del sedimento accumulatosi per poi ridistribuirlo a valle, lungo tratti d'alveo in incisione (M5). Alvei o tratti d'alveo in sedimentazione (M6) possono infine essere un'ottima fonte di sedimenti per alimentare alvei o tratti d'alveo in incisione. (Fonte: ISPRA (2007)).



Figura 42 – Esempio di reimmissione di sedimenti lungo il fiume Montone (Forlì).

Sebbene la pratica di rimettere sedimenti in alveo per risolvere problemi di deficit sedimentario trovi numerose applicazioni in altri paesi, in Italia gli esempi non sono frequenti e si tratta per lo più di azioni ancora di carattere sperimentale, come quello rappresentato nelle foto. Sul fiume Montone circa 1.500 m<sup>3</sup> di sedimenti (per lo più fini) accumulatisi a monte di un restringimento legato alla presenza di un ponte sono stati dapprima rimossi dalla sezione critica e quindi reimmessi in alveo durante una piena formativa. L'intervento è oggetto di monitoraggi per valutarne gli effetti. Nelle immagini si osserva il tratto oggetto dell'intervento di risezionamento (a sinistra) ed un particolare delle operazioni di rilascio in alveo dei sedimenti. Intervento e foto: Servizio Tecnico di bacino Romagna.



Figura 43 - Reintroduzione di sedimenti a valle di uno sbarramento idroelettrico sul fiume Rienza (Provincia Autonoma di Bolzano – Ripartizione Opere Idrauliche).

In alto a sinistra: prelievo del sedimento ghiaioso (circa 3500 m3) all'incile del piccolo serbatoio idroelettrico presso San Lorenzo di Sebato; in alto a destra ed in basso a sinistra: disposizione in alveo a valle, presso Kiens/Chienes, del sedimento prelevato, depositato a formare una barra laterale in destra idrografica; in basso a destra: monitoraggio dell'erosione della barra creata a Kiens/Chienes e dello spostamento di singoli clasti. Foto: Robert Schifferegger (APPA Bolzano) e Francesco Comiti (Libera Università di Bolzano).



Figura 44 - Esempio di ripascimento di un tratto fluviale in erosione, tramite movimentazione di materiale litoide costituente depositi presenti nei tratti più a monte.

Si tratta di un intervento che ha voluto riequilibrare la dinamica del trasporto solido, alterata a causa della presenza di due traverse collocate in corrispondenza di due ponti stradali, mediante la rimozione del materiale litoide accumulatosi, presente in particolare a monte della prima traversa (aree campite in giallo) e sua successiva ricollocazione a valle, in due tratti del corso d'acqua caratterizzati da forte erosione (aree campite in rosso). Intervento a cura di AIPO-Ufficio di Torino denominato CN-E-39 M-Lavori di ricostruzione morfologica del torrente Grana in Comune di Caraglio (CN) eseguito nel corso dell'estate 2013. Foto AIPO.

#### 4.10.2 Obiettivi

##### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	X
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	

Tabella 11 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: BASSO o MEDIO, a seconda della scala dell'intervento e dell'estensione degli effetti attesi.

##### b) Qualità biologica

Come per gli interventi descritti al Par. 4.7 "Aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti", anche in questo caso l'azione proposta ha lo scopo di intervenire sulle situazioni di incisione.

L'incisione ha l'effetto di ridurre l'interazione fra il corso d'acqua e la sua piana inondabile e di abbassare i livelli di falda; questo si traduce in una significativa perdita di habitat e di funzioni tipiche dell'ambiente ripariale, in particolare per le specie adattate ad ambienti igrofilo. Inoltre, il deficit di apporto solido determina in genere una banalizzazione o comunque un'alterazione delle forme fluviali, con effetti particolarmente evidenti nei casi estremi di incisione, in cui il materasso alluviale è completamente asportato, portando in superficie gli strati sottostanti, di caratteristiche granulometriche solitamente molto diverse. L'immissione diretta di sedimenti in alveo consente di mitigare o invertire gli effetti del deficit di apporto solido a valle e di riattivare i processi geomorfologici, ristabilendo in termini di quantità e di caratteristiche ed eterogeneità granulometriche condizioni più naturali, contrastando i processi di incisione dell'alveo e ripristinando una dinamica di creazione e mantenimento di forme fluviali e degli habitat ad esse associati.

#### *c) Rischio da esondazione*

Come per gli interventi descritti al Par. 4.7 "Aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti", l'immissione diretta di sedimenti in alveo è un'azione funzionale a contrastare situazioni di incisione di alvei fluviali a fondo mobile connessi a condizioni di deficit di apporto solido, favorendone l'innalzamento della quota. Questo fa sì che la piana inondabile, se presente, sia connessa idraulicamente al corso d'acqua con maggiore frequenza, dando un contributo più efficace alla laminazione delle piene. L'effetto atteso è analogo a quello descritto al Par.4.3 "Ripristino di piana inondabile mediante abbassamento di superfici terrazzate", ma, mentre in quel caso si cerca di ristabilire un equilibrio tra fiume e piana ad una quota inferiore rispetto a quella iniziale, in questo si cerca di riportare l'alveo ad una quota più prossima a quella pregressa o comunque a quella che il corso d'acqua avrebbe nelle attuali condizioni di uso del suolo del bacino se non vi fossero limitazioni dell'apporto solido.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

L'immissione diretta di sedimenti in alveo aumenta il carico di materiale che può essere mobilizzato, che può quindi contribuire a diminuire gli eventuali problemi di incisione presenti a valle e i relativi effetti di destabilizzazione delle opere interferenti e dei beni esposti ivi presenti.

### **4.10.3 Avvertenze**

In questa, come in tutte le tipologie di intervento che mirano a invertire situazioni di incisione dell'alveo, determinandone l'aggradazione, vanno valutati con attenzione eventuali effetti collaterali negativi connessi alla conseguente risalita della superficie freatica; infatti, non solo si avrà una maggiore frequenza di inondazione della piana durante i fenomeni di piena (effetto voluto, in quanto è il principale obiettivo dell'azione dal punto di vista idraulico), ma potrebbe aumentare più o meno localmente la frequenza di sommersione o comunque l'umidità del suolo anche per

portate ordinarie, rendendo non più compatibili determinati usi del suolo. L'azione può di fatto determinare il recupero di aree umide riparie scomparse a causa dell'incisione.

Una volta individuate le possibili fonti di sedimenti, va necessariamente effettuata una caratterizzazione chimica, in modo da poterne confermare la compatibilità con la reimmissione in alveo.

Il materiale reimpresso, almeno in parte, verrà trasportato a valle: occorre perciò valutare la compatibilità di eventuali sezioni critiche con un aumento del trasporto solido; per poter procedere all'intervento queste situazioni vanno risolte, laddove possibile, tramite interventi strutturali, valutando ad esempio la modifica o la sostituzione dell'infrastruttura interferente, o gestionali, ad esempio attraverso interventi localizzati di movimentazione di materiale con contestuale reimmissione a valle della sezione critica.

Nel caso in cui le quantità di materiale e/o le distanze in gioco tra sorgente e tratto di reimmissione siano rilevanti, va prestata particolare attenzione all'impatto ambientale e sociale del trasporto.

## **4.11 Rimozione di tombinamenti**

### **4.11.1 Descrizione generale**

Il tombinamento dei corsi d'acqua è in genere stato effettuato in passato con la finalità di recuperare spazio per lo sviluppo urbano o, in alcuni casi, per coprire corpi idrici particolarmente inquinati che creavano problemi di natura igienico-sanitaria.

La presenza di tratti tombinati crea però spesso criticità di natura idraulica dovute sia ad un dimensionamento insufficiente della sezione di deflusso, ad esempio per le mutate condizioni territoriali che hanno aumentato le portate transitanti, sia alla possibilità di occlusione della sezione a causa dell'accumulo di materiali (alberi, rifiuti, sedimenti, ecc.) all'imbocco della stessa e all'interno del tratto tombinato.

Per agire sulle problematiche idrauliche e possibilmente, in funzione dei vincoli territoriali presenti, per recuperare il corso d'acqua dal punto di vista ecologico, è necessario pertanto (Figura 45) rimuovere la copertura e riqualificare sponde e fondo tramite l'induzione di processi di naturale evoluzione morfologica ed ecologica oppure, quando questo non è possibile, mediante interventi di ricostruzione di forme fluviali e di inserimento di vegetazione.

In Figura 46, Figura 47 e Figura 48 si riportano tre esempi di rimozione di un tombinamento realizzati rispettivamente lungo i fiumi Bièvre e Ondaine (Francia) e ai piedi delle sorgenti del fiume Tevere (Comune di Verghereto, Provincia di Forlì Cesena).

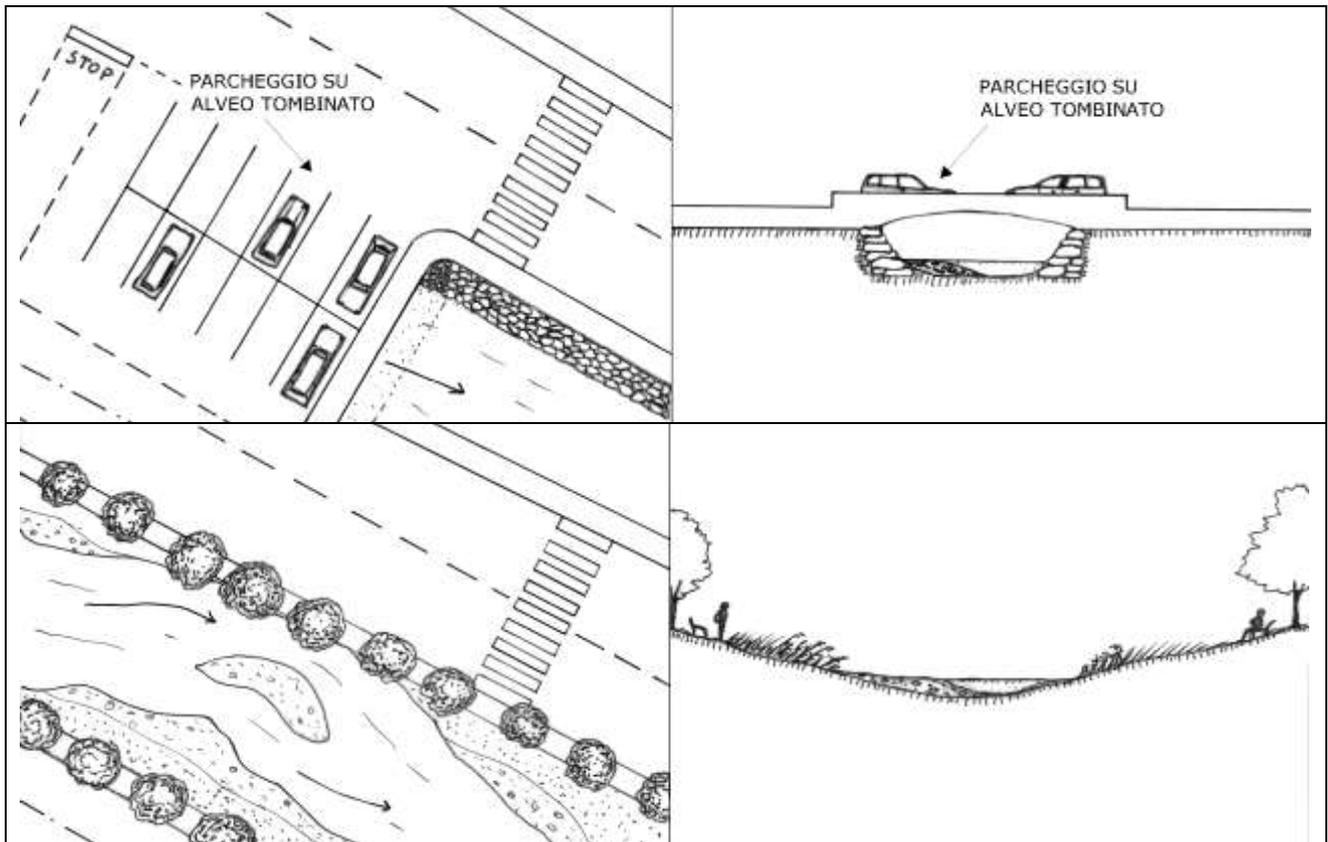


Figura 45 – Schema progettuale di massima dell'intervento. In alto a sinistra, nella visione planimetrica, è rappresentato un parcheggio realizzato tombinando un corso d'acqua, che torna a cielo aperto sulla destra del parcheggio (con direzione del flusso indicata dalla freccia). In alto a destra la medesima situazione vista in sezione, con il corso d'acqua coperto dal tombinamento. In basso è invece rappresentato in pianta (a sinistra) e in sezione (a destra) il medesimo sito dopo la rimozione del tombinamento e la riapertura del corso d'acqua. Disegni Regione Emilia-Romagna: Massimo Milandri.



Figura 46 – Esempio di rimozione del tombinamento di due tratti urbani del fiume Bièvre, corso d’acqua di risorgiva che confluisce nella Senna a Parigi (Francia).

Fortemente inquinato già nei secoli scorsi, il Bièvre è stato progressivamente tombato, già a partire da metà '800. Negli anni '90, diverse associazioni iniziano a richiedere di migliorare lo stato del fiume e a ipotizzare per questo interventi di riapertura dello stesso e creano il Syndicat Intercommunal d’assainissement de la Vallée de la Bièvre (SIAVB – Comitato Intercomunale di risanamento della Valle della Bièvre). Come primo intervento dimostrativo nasce il progetto di riapertura della Bièvre in un breve tratto (circa 200 m, immagini in alto) a Fresnes, che ha consentito nel 2003 il recupero di un antico meandro e la creazione di un parco urbano, il Parc des Prés, elemento di un più ampio corridoio verde che collega Fresnes a Gentilly. Diversi altri interventi sono stati previsti dopo il primo. Nelle immagini in basso (a sinistra: 1999, prima dei lavori; a destra: 2006, dopo lo stombamento) è illustrato l’intervento effettuato tra Massy e Verrières: la pista pedonale e ciclabile che passava sopra al corso d’acqua tombinato è stata avvicinata alla strada carrabile e leggermente ristretta per permettere di tracciare una sezione abbastanza ampia del corso d’acqua. L’intervento è stato accompagnato dall’inserimento di specie vegetali acquatiche. Intervento e foto: Communauté d’agglomération de la Vallée de la Bièvre.





*Figura 47 – Esempio di riapertura e riqualificazione di un tratto del fiume Ondaine, affluente della Loira, nelle vicinanze della città di Saint Etienne (Francia).*

*Nel tratto in cui attraversa l'abitato di Chambon-Feugerolles, in una ex zona industriale, il corso d'acqua era stato tombato. Nel 1998 ci furono le prime avvisaglie di cedimento della volta: a seguito di ciò, nell'ambito del locale contratto di fiume e contestualmente a un progetto di riqualificazione urbana, nel 2003 fu ipotizzato di rimuovere la copertura del corso d'acqua. Negli anni seguenti vennero scoperte a più riprese fonti di inquinamento all'interno del sito e fu necessario procedere ad una fase di bonifica. I lavori veri e propri sono stati realizzati nel 2009, dopo aver constatato l'ulteriore degrado della volta a causa di eventi alluvionali. L'eliminazione del tombamento ha riguardato un tratto di circa mezzo chilometro, mentre complessivamente i lavori di riqualificazione sono stati eseguiti su un totale di oltre un chilometro. Non potendo garantire la mobilità laterale in un contesto così urbanizzato, si è provveduto a stabilizzare il nuovo percorso del corso d'acqua in parte con opere di ingegneria naturalistica e in parte con l'inserimento di difese spondali di tipo tradizionale; si è poi proceduto con la piantagione e semina di vegetazione riparia naturale. L'alveo è stato ricostruito in modo da poter veicolare piene con tempo di ritorno centennale. Oltre al parziale recupero della funzionalità ecologica del corso d'acqua, particolare cura è stata data alla riqualificazione paesaggistica del sito e alla sua utilizzazione a fini ricreativi. Foto 1-4 (lavori di demolizione della copertura): Communauté d'agglomération Saint-Etienne Métropole; foto 5-9(Ondaine dopo i lavori, nel 2010): Foto Andrea Goltara.*



*Figura 48 – L'intervento qui rappresentato è stato realizzato nei pressi della sorgente del fiume Tevere in località Ocri nel comune di Verghereto (Provincia di Forlì Cesena).*

*Il fiume era tombinato per una decina di metri a seguito della costruzione di un edificio in un'area assoggettata a rischio da esondazione R4 dal Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere. Oltre alla rimozione dell'edificio, che ha riportato il corso d'acqua a cielo aperto, sono stati effettuati anche alcuni interventi di rinforzo spondale visibili nell'ultima foto. Più che per gli effetti ambientali, che in questo caso vista la scarsa estensione dell'intervento sono molto limitati, l'esempio è utile per evidenziare un caso concreto di rimozione di un edificio palesemente in grado di creare situazioni di rischio idraulico. Intervento realizzato dal Servizio Tecnico di Bacino Romagna. Foto Luciano Casali.*

#### 4.11.2 Obiettivi

##### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	X
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	

Tabella 12 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: generalmente BASSO, in quanto le limitazioni all'evoluzione morfologica dell'alveo restano forti anche in assenza di tombinamento, ma potrebbe teoricamente essere anche ELEVATO, laddove una volta rimosso il tombinamento si possa lasciare il corso d'acqua libero di evolvere naturalmente.

#### *b) Qualità biologica*

E' evidente che un tratto di corso d'acqua tombinato ha significativi problemi ecologici, non potendosi verificare, tra le altre cose, tutti i processi di natura fotosintetica: inoltre, sia fondo che sponde sono totalmente artificiali e non offrono la disponibilità di alcun tipo di habitat. Nei progetti di riqualificazione buona parte dei processi ecologici limitati dall'assenza di luce e dall'artificialità dell'alveo possono perciò essere recuperati ed il tratto può essere ricolonizzato da parte di organismi animali e vegetali tipici dei sistemi fluviali.

#### *c) Rischio da esondazione*

I tratti fluviali tombinati costituiscono in genere un ostacolo al deflusso delle acque a causa della presenza di una sezione ridotta; la rimozione del tombinamento favorisce l'incremento della sezione e ridurre quindi la probabilità di inondazioni locali.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

La rimozione del tombinamento può contribuire a migliorare la continuità longitudinale del trasporto solido e quindi a ridurre situazioni di deficit di sedimenti nei tratti posti a valle.

### **4.11.3 Avvertenze**

La rimozione del tombinamento deve essere abbinata ad azioni di miglioramento della qualità delle acque nel caso queste siano compromesse o comunque non compatibili con la salubrità pubblica o con l'eventuale funzione paesaggistica e fruitiva dell'intervento di riqualificazione. Può inoltre essere necessario l'inserimento di difese spondali nel caso il corso d'acqua riportato a cielo aperto scorra a ridosso di abitazioni o infrastrutture.

## **4.12 Recupero della sinuosità**

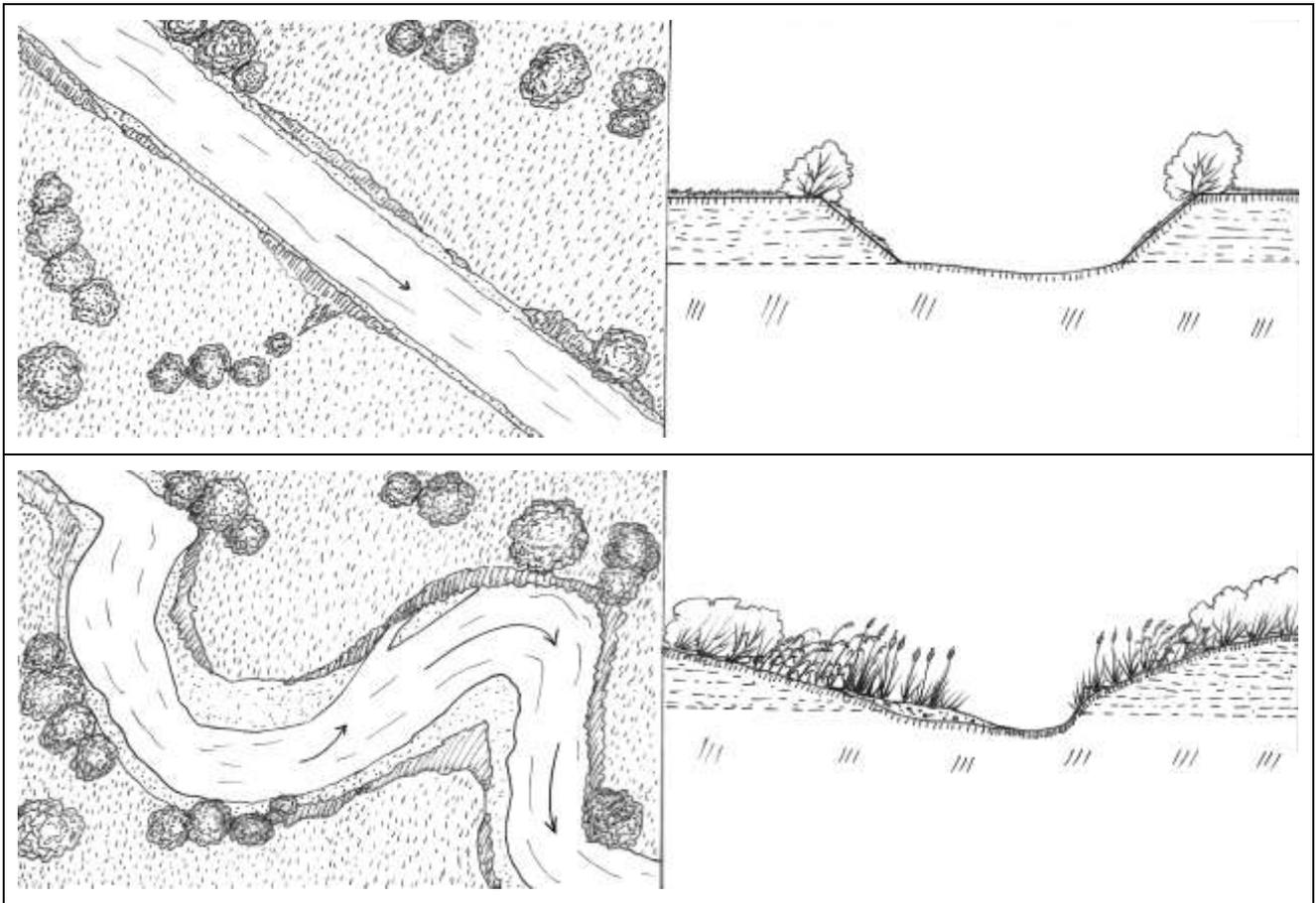
### **4.12.1 Descrizione generale**

Il recupero della sinuosità di un corso d'acqua in precedenza rettificato (Figura 48), (spesso in associazione con la realizzazione di difese spondali e arginature, è conseguibile:

- favorendo la naturale ricostituzione di un tracciato più sinuoso tramite la rimozione delle difese spondali eventualmente presenti e/o inserendo degli elementi (pennelli, deflettori, ecc.) che inneschino processi di erosione/deposito, laddove l'energia del corso d'acqua sia compatibile con i risultati attesi;
- realizzando artificialmente un nuovo tracciato: ciò può essere ottenuto sia costituendo un percorso completamente nuovo rispetto a quello esistente, sia più comunemente rimodellando l'alveo già esistente ed eventualmente creando bracci morti connessi al nuovo alveo sinuoso; il ricorso a tale soluzione è obbligato nel caso si voglia restituire sinuosità a corsi d'acqua che non hanno sufficiente energia per riattivare i processi formativi in tempi utili;
- dalla combinazione di entrambe le tecniche di intervento.

La scelta del tipo di intervento da adottare nelle situazioni specifiche è soprattutto dipendente dalla tipologia di corso d'acqua, con particolare riferimento al tipo di substrato e all'energia in gioco e in relazione ai tempi entro i quali si vuole raggiungere l'assetto di progetto.

In Figura 50 si mostra il recupero della sinuosità nel rio Mardereau presso Sorigny (Bacino della Loira - Francia), che costituisce un esempio di intervento su corsi d'acqua di piccole dimensioni.



*Figura 49 – Schema progettuale di massima dell'intervento Disegni Regione Emilia-Romagna: Massimo Milandri.*



*Figura 50 – Esempio di incremento della sinuosità del tracciato lungo il rio Mardereau presso Sorigny (Bacino della Loira – Francia).*

*Si tratta di un tipico intervento per il recupero della sinuosità su un corso d'acqua appartenente al reticolo minore che risultava estremamente banalizzato a seguito di interventi di rettificazione. Il recupero della sinuosità è stato conseguito allargando la sezione, tracciando un alveo meandriforme, inserendo sedimenti grossolani in alcuni punti per favorire la diversificazione del substrato ed infine mettendo a dimora vegetazione acquatica ed arborea per accelerare il recupero della componente vegetale. Intervento e foto: Syndicat intercommunal d'aménagement de la vallée de l'Indre (SAVI).*

#### 4.12.2 Obiettivi

##### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	X
<b>Morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	X
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	
<b>Vegetazione nella fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	X
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	X

Tabella 13 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame in relazione agli indicatori di funzionalità morfologica dell'indice IQM.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: MEDIO, nel caso di un recupero della sinuosità non accompagnato da un aumento della mobilità planimetrica, con effetti che riguardano esclusivamente il miglioramento dello stato delle comunità acquatiche e riparie dovuto ad un aumento della variabilità degli habitat. Il livello di ambizione può passare da MEDIO ad ELEVATO se l'intervento genera anche un recupero della mobilità planimetrica dell'alveo.

#### *b) Qualità biologica*

L'incremento della sinuosità favorisce in generale una maggiore diversificazione dei substrati (formazione di barre, depositi di sedimenti a diversa granulometria in zone differenziate), una diversificazione dei flussi di corrente (zone lente alternate a zone con deflussi veloci), una maggiore interazione con gli ambienti spondali (zone di erosione e deposizione) e potenzialmente con la piana inondabile e aumenta l'interazione con il sub-alveo: questi cambiamenti fisici si traducono generalmente nella neo-formazione e/o in una maggiore diversificazione ed abbondanza di habitat con conseguente incremento della biodiversità.

Il rallentamento dei tempi di deflusso, l'incremento/diversificazione della vegetazione acquatica e dei substrati possono inoltre favorire i processi chimico-fisici che regolano la capacità autodepurativa dei corsi d'acqua, favorendone un complessivo incremento.

#### *c) Rischio da esondazione*

L'incremento della sinuosità porta ad un incremento della lunghezza, oltre a maggiore interazione fra le acque di deflusso e la vegetazione, i sedimenti e le sponde; ciò si traduce in termini idraulici in un allungamento complessivo dei tempi di deflusso e quindi in una riduzione dei picchi di piena a valle.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

Nel caso l'intervento di recupero della sinuosità preveda anche un aumento della mobilità laterale del corso d'acqua, si può ottenere un incremento del carico di sedimenti mobilizzabile, il quale può quindi contribuire a diminuire gli eventuali problemi di incisione presenti a valle e i relativi effetti di destabilizzazione delle opere interferenti e dei beni esposti ivi presenti.

### **4.12.3 Avvertenze**

La principale causa di fallimento di questa tipologia di interventi è dovuta ad una scarsa comprensione delle dinamiche geomorfologiche e della tipologia fluviale. In particolare è opportuno perseguire l'incremento della sinuosità solo in corsi d'acqua che per loro natura, in condizioni di riferimento, appartengono a questa tipologia fluviale, mentre è da escludersi in tutti i casi in cui la tipologia di riferimento non preveda la presenza di un alveo sinuoso (ad esempio come nel caso delle tipologie "a canali intrecciati", "wandering", ecc.). Anche l'inserimento di sedimenti grossolani (ciottoli e massi) e/o legnosi (large woody debris) va attentamente valutata rispetto alla composizione dei sedimenti nelle condizioni di riferimento; andrebbe ad esempio evitato l'inserimento di massi o ciottoli in corsi d'acqua a substrato sabbioso o limo-argilloso.

## **4.13 Definizione di una fascia di mobilità planimetrica**

### **4.13.1 Descrizione generale**

L'azione qui proposta è di natura prevalentemente pianificatoria e prevede di definire una porzione di territorio nella quale un corso d'acqua sia libero di evolvere morfologicamente e di esprimere le sue naturali dinamiche di migrazione planimetrica dell'alveo, coerentemente con gli obiettivi di funzionalità morfologica che ci si prefigge di raggiungere e dei vincoli di carattere urbanistico-territoriale presenti. Questa fascia di mobilità planimetrica "compatibile" tiene quindi conto da un lato dell'area nel corridoio fluviale corrispondente alla dinamica laterale del corso d'acqua in assenza di influenza antropica, dall'altra dei vincoli a questa dinamica che, sulla base degli usi del suolo attuali e previsti e di una valutazione integrata, si ritenga indispensabile porre a questa dinamica. All'interno di questa fascia di mobilità compatibile va definito un sistema di regole e norme che consentano di mantenerla tale nel tempo (ad esempio vincoli di non edificazione, divieti di realizzazione di opere di difesa spondale, o di prelievo di sedimenti). Nel caso in cui la fascia di mobilità attuale non coincida con quella pianificata, specialmente perché sono presenti opere di difesa che impediscono la mobilità del corso d'acqua, anche dove se ne sia invece valutata la potenziale compatibilità, vanno attuate non solo misure di tutela ma anche azioni strutturali, in particolare la rimozione o spostamento di difese spondali.

Per quanto concerne l'inserimento di questo strumento nell'attuale ambito pianificatorio si può innanzitutto ipotizzare la revisione dei piani di assetto idrogeologico, da cui devono discendere i necessari adeguamenti nella pianificazione territoriale ed urbanistica.

Il primo passo per la definizione di una fascia di mobilità compatibile è quella di individuare la fascia di mobilità potenziale del corso d'acqua in assenza delle opere di difesa. Questa, in estrema sintesi, è individuabile includendo:

- l'alveo attuale;
- la fascia di divagazione storica, definibile come l'involuppo dei tracciati fluviali di un prefissato periodo (es. gli ultimi 100 - 200 anni);
- le aree di possibile riattivazione della dinamica a medio termine o in caso di eventi estremi, che si può ottenere con un approccio sufficientemente semplificato stimando il tasso medio di erosione laterale indisturbato (ovvero escludendo gli effetti delle opere di protezione) e moltiplicandolo per un periodo considerato adeguato a fini pianificatori (ad esempio 50 o 100 anni); la relativa fascia è individuata a partire dalle sponde attuali del corso d'acqua.

Una procedura operativa di questo tipo è descritta più nel dettaglio in Rinaldi et al. (2014), a cui si rimanda per approfondimenti, in relazione alla delimitazione della "Fascia di Dinamica di Evento" (FDE). Va sottolineato che la fascia così determinata non ha relazione diretta con la zonizzazione delle aree inondabili con dato tempo di ritorno.

Per giungere alla definizione della fascia di mobilità planimetrica realmente applicabile nel territorio in esame è necessario integrare la valutazione basata su criteri di tipo geomorfologico sopra esposta con considerazioni di carattere urbanistico-territoriale e socio-economico; queste portano tendenzialmente ad eliminare dalla fascia di mobilità

le zone vincolate dal tessuto antropico esistente (insediamenti, infrastrutture) o eventualmente previsto (zone di espansione), con l'eccezione di elementi di cui si possa prevedere la delocalizzazione. Il compromesso tra l'esigenza di assicurare sufficiente spazio al fiume a fini ecologici e per la riduzione del rischio a scala vasta e quella di salvaguardare localmente dal rischio di alluvioni zone di elevato interesse antropico (Figura 52) deve essere basato su un'analisi sufficientemente integrata di costi e benefici e sostenuto da un adeguato processo di partecipazione pubblica.

Per valutare se, al fine di implementare la fascia di mobilità planimetrica compatibile così individuata, siano necessari interventi strutturali, va infine determinata l'attuale fascia di dinamica morfologica, tenendo conto anche dell'influenza delle opere idrauliche esistenti. Dal confronto dello stato di fatto con la fascia pianificata si possono individuare eventuali opere di difesa da rimuovere o spostare.

La determinazione della fascia attuale può essere effettuata sulla base della metodologia proposta da Rinaldi et al. (2014) per la "Fascia di Dinamica Morfologica" (FDM), analoga a quella per la FDE prima citata, ma relativa all'area che ha una probabilità elevata di essere interessata dalla dinamica laterale del corso d'acqua nel medio termine, anche in assenza di eventi di piena di elevata magnitudo e tenendo in considerazione le opere di difesa esistenti.

In Figura 51 si illustra sinteticamente lo schema concettuale per la determinazione della fascia di mobilità planimetrica. In Figura 52 si mostra un esempio di definizione della fascia di mobilità planimetrica realizzato in Italia e in Figura 53 si riporta invece un esempio dei possibili effetti pratici legati alla definizione di una fascia di mobilità planimetrica in relazione al fiume Magra.

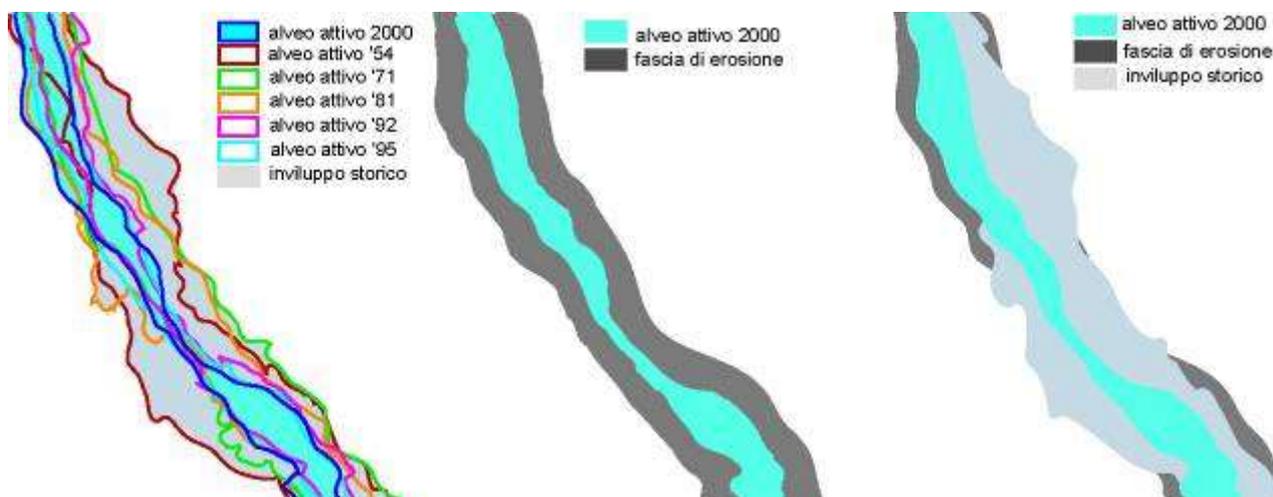


Figura 51 – Schema concettuale di massima dell'azione.

Uno studio molto approfondito per la definizione della fascia di mobilità è stato realizzato fra il 2004 ed il 2009 dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile) per conto dell'Autorità di bacino del fiume Magra relativamente ad alcuni tratti dei fiumi Magra e Vara.. Nell'esempio si osservano (da sinistra a destra) i tre passaggi di analisi geomorfologica (involuppo degli alvei storici, definizione della fascia di erosione e ulteriore involucro delle due informazioni) seguiti per definire la fascia di mobilità in una porzione del fiume Vara. (Fonte: Centro Italiano di Riqualificazione Fluviale CIRF).



Figura 52 – Con riferimento allo studio dell’Autorità di Bacino del Magra riportato nella figura precedente, l’immagine permette di comprendere le modificazioni apportate alla fascia di mobilità funzionale definita su soli criteri geomorfologici una volta considerati gli aspetti di natura territoriale-urbanistica, al fine di definire la fascia di mobilità funzionale “compatibile”. Si osservi in particolare come in questo esempio la fascia di mobilità non si limiti alle sole aree demaniali e come siano previsti anche interventi per riattivare più velocemente alcuni processi geomorfologici. Linea bianca: confini della “Fascia di mobilità funzionale” derivante dalla fase di studio geomorfologico; linea gialla: confini della “Fascia di mobilità funzionale compatibile” di progetto, dopo la fase di mediazione con gli Enti (coincide con la linea bianca ove non vi siano state variazioni durante la fase di mediazione); linea verde: confine delle aree demaniali (si noti che la fascia di mobilità funzionale comprende anche aree non demaniali); la freccia azzurra indica la direzione della corrente. Gli ovali tratteggiati indicano aree in cui realizzare lembi di piana alluvionale, mediante sbancamenti e rivegetazione, per accelerare il riequilibrio morfologico. (Fonte: Centro Italiano di Riqualificazione Fluviale CIRF).



*Figura 53 – Un esempio dei possibili effetti pratici legati alla definizione di una fascia di mobilità planimetrica (anche se in questo caso la decisione di non intervenire è stata presa a prescindere dalla presenza di questo strumento pianificatorio). Fiume Magra presso Stadano (MS).*

*A sinistra (1987): costruzione di una difesa spondale a protezione di terreni agricoli minacciati da un'erosione in atto (la freccia gialla indica l'escavatore in opera, quella bianca la direzione della corrente). A destra (2002): circa un terzo della difesa spondale è stato distrutto dalle piene ed il fiume ha eroso i terreni ripari (le frecce rosse indicano lunghezza e larghezza dell'area erosa). L'Autorità di Bacino del Magra, sulla base di considerazioni economiche ed ambientali, ha ritenuto preferibile non riparare le difese e lasciare libero corso alle dinamiche fluviali. (Foto: Giuseppe Sansoni).*

#### 4.13.2 Obiettivi

##### a) Qualità morfologica

Indicatori di funzionalità morfologica		Obiettivi potenziali dell'intervento
<b>Ripristino della continuità</b>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	X
	Presenza di piana inondabile <sup>1</sup>	X
	Connessione tra versanti e corso d'acqua <sup>2</sup>	
	Processi di arretramento delle sponde <sup>1</sup>	X
	Fascia potenzialmente erodibile <sup>1</sup>	X
<b>Ripristino/ridefinizione della morfologia</b>	Morfologia del fondo e pendenza della valle <sup>3</sup>	X
	Forme e processi tipici della configurazione morfologica <sup>4</sup>	X
	Forme tipiche di pianura <sup>5</sup>	X
	Variabilità della sezione	X
	Struttura del substrato	X
	Materiale legnoso di grandi dimensioni	X
<b>Ripristino della vegetazione-fascia perifluviale</b>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	X
	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	X

Tabella 14 – Obiettivi morfologici perseguiti dall'intervento in esame.

Nota 1: indicatore non valutato nel caso di alvei confinati.

Nota 2: indicatore valutato solo nel caso di alvei confinati.

Nota 3: indicatore applicato solo agli alvei confinati a canale singolo mentre per i confinati a canali multipli o wandering esso è sostituito dall'indicatore "Forme e processi tipici della configurazione morfologica".

Nota 4: indicatore applicabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering (per i confinati a canale singolo si applica invece l'indicatore "Morfologia del fondo e pendenza della valle").

Nota 5: indicatore applicabile solo ad alvei meandriformi in ambito fisiografico di pianura, anche nel caso in cui il corso d'acqua è stato meandriforme in passato ma attualmente non lo è.

Livello di ambizione morfologico: ELEVATO, poiché l'obiettivo dell'intervento è la riattivazione di dinamiche morfologiche non solo in alveo, ma anche in una fascia di mobilità che consenta una buona funzionalità geomorfologica.

##### b) Qualità biologica

La definizione di una fascia di mobilità planimetrica si traduce nel destinare una fascia di territorio fluviale alla libera evoluzione del corso d'acqua, il quale può così essere in grado di mantenere o riattivare i processi geomorfologici che lo caratterizzano e da cui discendono la formazione e il rinnovamento delle forme fluviali (barre, isole, erosioni di sponda, ecc.) e conseguentemente del mosaico di habitat che sostiene la biodiversità degli ambienti fluviali.

I principali obiettivi ecologici sono quindi:

- avere dei tratti fluviali in equilibrio dinamico, con un continuo rinnovamento delle forme e dei processi morfologici;
- ristabilire, riconnettere o preservare (se esistenti) habitat sia in alveo sia nella piana inondabile;
- mantenere o ripristinare il rapporto con la falda, che può giocare un ruolo determinante nel regolare la presenza di specie animali e vegetali presenti nella fascia riparia;
- diminuire o evitare la riduzione/sottrazione diretta di habitat dovuta alla presenza di opere di artificializzazione;
- favorire l'incremento dei processi di autodepurazione grazie alla maggiore interazione fra acqua e sedimenti (anche in relazione alla zona ipodermica).

#### *c) Rischio da esondazione*

La definizione di una fascia di mobilità planimetrica è tipicamente basata su considerazioni di tipo geomorfologico e non è, in genere, direttamente collegata a considerazioni di tipo idraulico (anche se i due livelli di analisi possono/devono essere integrati). Nella sostanza, la definizione di una fascia di mobilità planimetrica ha come effetti tangibili la non realizzazione/riduzione/arretramento delle difese spondali ed anche idrauliche; in termini idraulici ciò si traduce generalmente in un incremento della capacità di invaso del sistema fluviale ed in una maggiore interazione fra le acque con la vegetazione, i sedimenti e le sponde, con un rallentamento complessivo dei tempi di deflusso e quindi dei picchi di piena a valle.

#### *d) Rischio da dinamica morfologica*

Grazie all'aumento potenziale della mobilità laterale del corso d'acqua e quindi del carico di sedimenti che può essere mobilizzato, l'intervento non strutturale può contribuire a diminuire gli eventuali problemi di incisione presenti a valle e i relativi effetti di destabilizzazione delle opere interferenti e dei beni esposti ivi presenti. La pericolosità locale tuttavia aumenta, essendo l'obiettivo dell'intervento proprio quello di riattivare la dinamica locale. L'analisi da effettuare al fine della definizione della fascia di mobilità compatibile deve assicurare che l'eventuale aumento di rischio locale sia bilanciato da sufficienti benefici in termini di rischio a valle e/o di altri obiettivi.

## **5 APPENDICE: PRINCIPALI FATTORI DI PRESSIONE CONNESSI ALLA PROTEZIONE DALLE ALLUVIONI E RELATIVI EFFETTI SUI CORSI D'ACQUA**

Gli interventi tradizionali di protezione dalle alluvioni determinano, in maggiore o minore misura, un'artificializzazione dei corsi d'acqua, con effetti sugli elementi idromorfologici e sulle componenti biologiche, con uno scadimento della qualità ecologica complessiva e dei servizi ecosistemici da essa dipendenti. Questa evidenza è ampiamente documentata in letteratura<sup>10</sup>

In

---

<sup>10</sup> Si veda ad esempio il lavoro di revisione realizzato nell'ambito del progetto di ricerca europeo REFORM (deliverable "[D3.1 Impacts of hydromorphological degradation and disturbed sediment dynamics on ecological status](http://www.reformrivers.eu/deliverables/d31-impacts-hydromorphological-degradation-and-disturbed-sediment-dynamics-ecological)") liberamente scaricabile da: [www.reformrivers.eu/deliverables/d31-impacts-hydromorphological-degradation-and-disturbed-sediment-dynamics-ecological](http://www.reformrivers.eu/deliverables/d31-impacts-hydromorphological-degradation-and-disturbed-sediment-dynamics-ecological)), ma anche Feld, C. K., et al., 2010 (Progetto WISER - <http://www.wiser.eu>), Brooks, 1988, Hart & Poff, 2002 e Hart et al., 2002

Tabella 15 si fornisce un quadro sintetico e molto semplificato degli impatti generati dalle principali tipologie di opere e interventi di protezione. Va sottolineato che le relazioni causa-effetto fra gli interventi, le alterazioni idromorfologiche e lo stato delle diverse comunità biologiche sono in realtà molto più complesse di quanto presentato e vanno analizzate in funzione dello specifico contesto<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> A titolo di ad esempio, la realizzazione di una briglia, oltre a determinare una discontinuità per la fauna ittica e una riduzione di trasporto solido a valle, almeno fino al suo riempimento, può generare la formazione di un tratto lenticò a monte dell'opera, con conseguente accumulo di sedimenti fini e incremento delle temperature, che portano ad una riduzione della disponibilità di ossigeno, che a sua volta può determinare condizioni localmente non compatibili con la sopravvivenza di determinate specie ittiche.

Tabella 15 - Quadro sintetico semplificato degli impatti generati dalle principali tipologie di opere e interventi di protezione

Tipologia di intervento	Immagini esemplificative	Principali impatti
<p>Rettifica, canalizzazione, taglio di meandri</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento della velocità media della corrente a causa dell'aumento di pendenza</li> <li>• conseguente alterazione granulometrica e possibile tendenza all'incisione dell'alveo</li> <li>• perdita di eterogeneità morfologica e conseguentemente di habitat in alveo</li> <li>• disconnessione dagli ambienti laterali quali lanche e canali secondari; per gli organismi acquatici vengono quindi a mancare in particolare le aree di rifugio sia in condizioni di piena (rese più critiche dall'aumento di velocità media), che di magra.</li> </ul>
<p>Ricalibratura, risagomatura dell'alveo, spesso associate ad estrazione di sedimenti e di legname in alveo</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• perdita diretta di eterogeneità morfologica e conseguentemente di habitat in alveo e sulle sponde</li> <li>• se accompagnata da estrazione di sedimenti in alveo: possibile incisione nel tratto e a valle e conseguente riduzione della connessione con la piana inondabile, abbassamento della falda e riduzione della ricarica della stessa</li> <li>• omogeneizzazione dei deflussi in alveo</li> </ul>

<p>Taglio di vegetazione nella fascia perfluviale</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• perdita diretta di specie e habitat ripari</li> <li>• riduzione della capacità autodepurativa</li> <li>• possibile aumento dell'erosione spondale</li> <li>• per corsi d'acqua di piccole dimensioni, possibile aumento della temperatura dell'acqua e alterazione chimico-fisica</li> <li>• riduzione della presenza di ramaglie e legname in alveo e conseguentemente degli habitat associati</li> <li>• possibile alterazione dell'eterogeneità della sezione del corso d'acqua</li> </ul>
<p>Realizzazione di argini</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• perdita della connessione idraulica tra alveo e piana inondabile, più o meno importante a seconda della distanza dell'argine dall'alveo e dalla presenza o meno di aree golenali residue</li> <li>• conseguente riduzione della ricarica della falda</li> <li>• alterazione dei deflussi di piena a valle</li> <li>• perdita di aree umide nella piana</li> </ul>
<p>Realizzazione di difese spondali</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• perdita diretta di eterogeneità morfologica sulle sponde</li> <li>• limitazione della dinamica morfologica con conseguente alterazione delle forme in alveo</li> <li>• riduzione dell'alimentazione di sedimenti provenienti dalle sponde</li> </ul>

<p>Realizzazione di briglie di trattenuta</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• riduzione del trasporto solido a valle (con effetti analoghi a quelli dell'estrazione di sedimenti dall'alveo)</li> <li>• alterazione del trasporto solido</li> <li>• disconnessione longitudinale per la fauna ittica</li> <li>• in caso di briglie filtranti l'alterazione è tendenzialmente inferiore</li> </ul>
<p>Realizzazione di briglie di consolidamento</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• non essendo opere finalizzate a trattenere completamente il trasporto solido gli effetti sono analoghi a quelli delle briglie di trattenuta, ma più limitati soprattutto in relazione alla riduzione del trasporto solido a valle</li> <li>• l'estensione dell'alterazione della morfologia dell'alveo a monte, a parità di dimensioni dell'opera e di distanza tra opere consecutive, è minore all'aumentare della pendenza dell'alveo</li> </ul>
<p>Realizzazione di rivestimenti del fondo, incluse soglie e rampe</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• perdita anche totale di forme e habitat in alveo e della connettività idraulica verticale (tra deflusso superficiale e iporreico)</li> <li>• alterazione della capacità di trasporto solido e impedimento alla mobilitazione di sedimenti dal fondo</li> </ul>

<p>Realizzazione di scolmatori e diversivi</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• alterazione del regime dei deflussi in alveo, in particolare delle portate formative, e conseguente possibile alterazione della morfologia e della granulometria in alveo nel tratto by-passato</li> </ul>
<p>Realizzazione di casse di espansione</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• nel caso di casse in parallelo, perdita di habitat nella piana inondabile, alterazione morfologica delle sponde, alterazione del regime dei deflussi in alveo a valle in relazione alle portate di riferimento.</li> <li>• nel caso di casse in linea, possibile alterazione della capacità di trasporto solido, con effetti analoghi a quelli delle briglie</li> </ul>
<p>Tombamenti d'alveo</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• totale perdita di habitat e specie nel tratto tombato a causa dell'estrema alterazione morfologica</li> </ul>

Per quanto concerne l'intensità degli impatti, occorre tener conto sia della loro estensione spaziale (effetti locali ed indotti) sia dell'evoluzione temporale (effetti immediati e a lungo termine). Alcune opere hanno infatti un impatto significativo e continuativo tale da stravolgere l'intero tratto fluviale a valle, mentre in altri casi possono determinare impatti più localizzati.

In aggiunta, le possibili conseguenze degli interventi illustrate dalla tabella dipendono oltre che dal tipo di azione, anche da altri fattori quali la tipologia fluviale e l'energia del corso d'acqua (si veda il Par.3.2 "Elementi di base per la definizione degli interventi di riqualificazione morfologica"). In particolare, l'energia –attraverso la mobilitazione dei sedimenti– è un fattore fondamentale dei processi di riaggiustamento morfologico e determina pertanto, a parità di intervento, diverse risposte del corso d'acqua.

Definire quindi in via generale una correlazione precisa tra tipo ed estensione dell'opera e intensità dell'impatto non è possibile, anche se un'indicazione di massima ricavata dall'analisi di una casistica ampia è stata proposta nel già citato studio del progetto REFORM, come riportato in Figura 54.

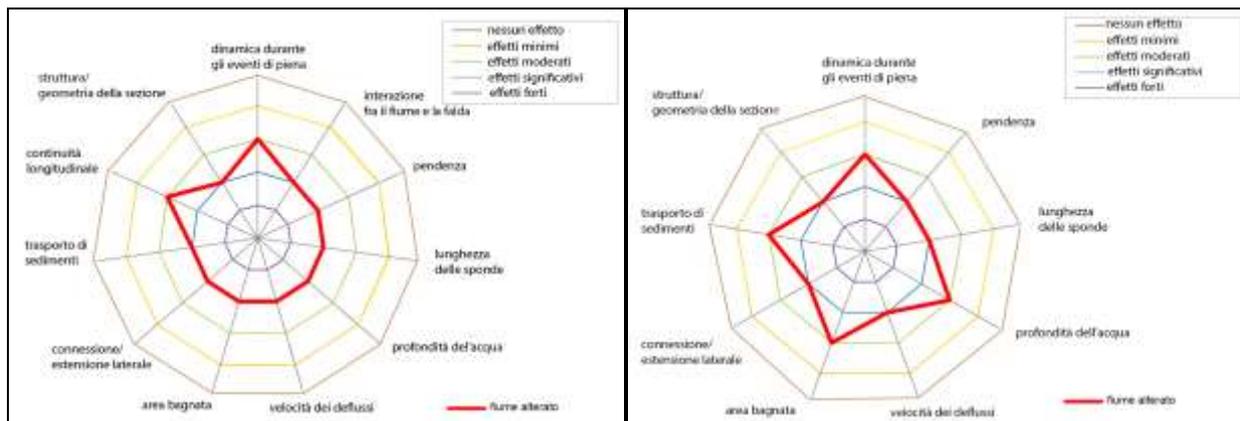


Figura 54 – Rappresentazione dell'intensità degli impatti indotti dalla realizzazione di arginature (grafico a sinistra) e di interventi di rettificazione (a destra) su una serie di indicatori idromorfologici. Per le arginature si nota un'interferenza molto significativa (linea rossa) per tutti gli indicatori ad esclusione della "continuità longitudinale" e della "dinamica durante gli eventi di piena" (moderate). Per le rettificazioni i maggiori impatti (linea rossa) si hanno su "struttura geometrica della sezione", "pendenza", "lunghezza delle sponde", "connessione/estensione laterale" e "velocità dei deflussi" (da Alonso C. et al., 2011, modificata).

## 6 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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

Alonso C., et al. "Impacts of hydromorphological degradation and disturbed sediment dynamics on ecological status. Deliverable D3.1. REFORM - REstoring rivers FOR effective catchment Management EU FP7 Project (2011)

ARPA ER, 2011. Analisi morfologica del reticolo idrografico naturale tipizzato per la suddivisione in tratti omogenei finalizzata alla valutazione dell'indice di qualità morfologica

Association of Drainage Authorities and Natural England, Peterborough: Buisson, R. S. K., Wade, P. M., Cathcart, R. L., Hemmings, S. M., Manning, C. J. and Mayer, L., 2008. Drainage Channel Biodiversity Manual: Integrating Wildlife and Flood Risk Management.

[http://www.restorerivers.eu/Portals/27/Publications/NE121\\_Drainage\\_Channel\\_Biodiversity\\_Manual%5B1%5D.pdf](http://www.restorerivers.eu/Portals/27/Publications/NE121_Drainage_Channel_Biodiversity_Manual%5B1%5D.pdf)

Auel C., Boes R.M. (2011). Sediment bypass tunnel design – review and outlook. Proc. 79th Annual Meeting of ICOLD "Dams and Reservoirs under Changing Challenges". Lucerne, Switzerland, Taylor and Francis, London, ISBN 978-0-514-68267-1, 403-412.

Autorità di bacino del fiume Po, 2009. Edifici in aree a rischio di alluvione: come ridurre la vulnerabilità.

<http://www.adbpo.it/on-multi/ADBPO/Home/Incorsodopera/Riduzionedellavulnerabilitanellefascefluviali150CanoaPO/documento12661.html>

Baldo G., Monaci M., Boz B., Romagnoli F., 2003. I Canali di bonifica e i corsi d'acqua delle Province di Modena e Bologna - Progetto Life Econet. CIRF, Regione Emilia Romagna. [www.cirf.org](http://www.cirf.org)

Bertrand M., Piégay H., Pont D., Liébault F., Sauquet E., 2013. Sensitivity analysis of environmental changes associated with riverscape evolutions following sediment reintroduction: geomatic approach on the Drôme River network. France International Journal of River Basin Management

Bischetti G.B., Chiaradia E.A., Conti M., Di Fidio M., Morlotti E., Cremascoli F., 2008. Linee guida per la Riqualificazione dei Canali Agricoli (LIRICA). In: Quaderni della ricerca, 92.

Regione Lombardia <http://www.agricoltura.regione.lombardia.it>.

Bobbio L., 2004. A più voci. Amministrazioni pubbliche, imprese, associazioni e cittadini nei processi decisionali inclusivi, Cantieri – Analisi e strumenti per l'innovazione, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli.

Brookes, A., 1988. Channelized Rivers, Perspectives for Environmental Management. John Wiley & Sons. Chichester.

Brooks A. et al. 2006. Design guideline for the reintroduction of wood into Australian streams, Land & Water Australia, Canberra.

Cabe Space, 2005. Does Money Grow on Trees?

[www.cabe.org.uk/files/does-money-grow-on-trees.pdf](http://www.cabe.org.uk/files/does-money-grow-on-trees.pdf)

Chelli A., Clerici A., Magnarini G., Perego S., Ruffini A., Tellini C., 2010. Gli strumenti per la valutazione morfodinamica dell'alveo dei corsi d'acqua : il S.I.G. del F. Taro (Prov. di Parma, Emilia-Romagna)

Cramer, Michelle L. (managing editor). 2012. Stream Habitat Restoration Guidelines. Co-published by the Washington Departments of Fish and Wildlife, Natural Resources, Transportation and Ecology, Washington State Recreation and Conservation Office, Puget Sound Partnership, and the U.S. Fish and Wildlife Service. Olympia, Washington)

Dal Cin L., Bendoricchio G., Coffaro G., 2002. Linee guida per la ricostruzione di aree umide per il trattamento di acque superficiali. ANPA, Manuali e linee guida 9/2002.

David A. Sear, Malcolm D. Newson, and Colin R. Thorne, 2003. Guidebook of Applied Fluvial Geomorphology.

<http://www.restorerivers.eu/Portals/27/Guidebook20of20Applied20Fluvial20Geomorphology.pdf>

EEA Report No 8/2012. European waters - assessment of status and pressures.

<http://www.restorerivers.eu/Publications/tabid/2624/mod/11083/articleType/ArticleView/articleId/3398/Default.aspx>

Environment Agency, 2001. River Restoration: A stepping stone to urban regeneration

[http://therrc.co.uk/pdf/References/southriver\\_combined\\_2up.pdf](http://therrc.co.uk/pdf/References/southriver_combined_2up.pdf)

Environment Agency, 2010. Working with Natural Processes

Environment Agency, 2011. Evidence, The Mayes Brook restoration in Mayesbrook Park

[www.therivertrust.org/projects/water/Mayes%20brook%20restoration.pdf](http://www.therivertrust.org/projects/water/Mayes%20brook%20restoration.pdf)

Environment Agency. Fisheries Habitat Improvement booklet.

<http://www.restorerivers.eu/Publications/tabid/2624/mod/11083/articleType/ArticleView/articleId/3318/Fisheries-Habitat-Improvement-booklet.aspx>

European Commission, 2011. Links between the Water Framework Directive (WFD 2000/60/EC) and Nature Directives (Birds Directive 2009/147/EC and Habitats Directive 92/43/EEC) - Frequently Asked Questions.

Hart D. D. and Poff N. L., 2002. A Special Section on Dam Removal and River Restoration. *Bioscience* 52, 8 pp. 653-655.

Hart DD, Johnson TE, Bushaw-Newton KL, Horwitz RJ, Bednarek AT, Charles DF, Kreeger DA, Velinsky DJ. 2002. Dam removal: Challenges and opportunities for ecological research and river restoration. *BioScience* 52:

669-681.

Hecher P., Vignoli G., 2012. Riquilificazione del Rio Mareta: pianificazione e prime fasi d'attuazione. In "Riquilificazione fluviale e gestione del territorio", atti del "2° Convegno italiano sulla riquilificazione fluviale" (Bolzano, 6-7 novembre 2012). A cura di G. Trentini, M. Monaci, A. Goltara, F. Comiti, W. Gallmetzer, B. Mazzorana

Hendrik Pieter Wolfert, 2001. Geomorphological Change and River Rehabilitation.

[http://www.restorerivers.eu/Portals/27/restgeom\\_doc3.pdf](http://www.restorerivers.eu/Portals/27/restgeom_doc3.pdf)

Feld, C. K., et al. "Conceptual Models and effects of river rehabilitation and restoration measures on aquatic organisms. Deliverable 5.1. 1." WISER-Water bodies in Europe. Integrative system to assess ecological status and recovery. EU FP7 Project (2010).

Fisher R. e Ury W., 1995. L'arte del negoziato, Milano, Mondadori.

Gentili G e Moroni D., 2012. Interventi di riquilificazione dei corsi d'acqua e delle loro biocenosi in Provincia di Sondrio - Il Progetto ECOIDRO. Atti del II convegno italiano sulla Riquilificazione fluviale. Bolzano, novembre 2012.

Goltara et al., 2011. Metodologia italiana per la certificazione CH2OICE per gli impianti idroelettrici.

[http://www.ch2oice.eu/index.php?option=com\\_content&task=view&id=53&Itemid=76](http://www.ch2oice.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=53&Itemid=76)

- Gregory, K.J., 2006. The human role in changing river channels. *Geomorphology* 79: 172-191.
- Gumiero B., Mant J., Hein T., Elso J.N and Boz B., 2013. Linking the restoration of Rivers and Riparian zones/Wetlands in Europe: sharing knowledge through case studies. *Ecological Engineering*, 56: 36-50, ISSN 0925-8574, DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.12.103
- ISPRA 2011. Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici. Versione 1.1. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma
- Katolikov V.M. e Kopaliani Z.D., 2001. Side bars in river channels: the conditions of formation and dynamics. *Water Resources* 28, n.5.
- Klaus A., Stefan J., The Isar Experience, Urban River Restoration in Munich  
[http://www.bayern.de/fluesse\\_seen/massnahmen/isarplan/doc/the\\_isar\\_experience.pdf](http://www.bayern.de/fluesse_seen/massnahmen/isarplan/doc/the_isar_experience.pdf)
- Lane E.W., 1955. Design of stable channels. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 120, 1-34.
- Life+ T.E.N., 2013. Linee guida per la gestione della vegetazione lungo i corsi d'acqua in Trentino
- Magnarini G. .A.A.2008/09. "Evoluzione morfologica del Fiume Taro dal 1881 al 2008 nel tratto da Fornovo fino alla confluenza del fiume Po". Tesi inedita. Relatore Prof. A.Chelli
- Ministry of environment, lands and parks – British Columbia, 1997. Fish habitat rehabilitation procedures. Watershed restoration technical circular n.9.
- Monaci M., Schipani I. (a cura di), 2010. Buone pratiche per la progettazione e la gestione del reticolo idrografico minore naturale nell'ottica della riqualificazione fluviale. CIRF. Provincia dell'Aquila. [www.cirf.org](http://www.cirf.org).
- Muhar S., Jungwirth M., Unfer G., Wiesner C., Poppe M., Schmutz S., Hohensinner S., and Habersack H., 2008. Restoring riverine landscapes at the Drau River: successes and deficits in the context of ecological integrity; in "Gravel-Bed Rivers VI: From Process Understanding to River Restoration", Habersack H., Piégay H., Rinaldi M., Eds. Elsevier. Pag. 779-807.
- Nardini A., Sansoni G (a cura di), 2006. La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. CIRF (Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale)  
[www.cirf.org](http://www.cirf.org)
- Natural England, 2011. Green Infrastructure Guidance  
<http://publications.naturalengland.org.uk/publication/35033?category=49002>
- Niemi GJ, P DeVore, N Detenbeck, D Taylor, Lima A., Pastor J., Youunt J.D & Naiman R.J., 1990. Overview of case studies on recovery of aquatic systems from disturbance. *Environmental Management*, Vol.15 n.5 pp. 571-587.
- Obere Drau LIFE, 2008. II Report dell'International Symposium "DRAVA RIVER VISION". 23-25 settembre 2008, Maribor, Slovenia.  
<http://www.life-drau.at>
- Onema, 2009. La restauration des cours d'eau - Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie  
[http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/recueil\\_hydro.pdf](http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/recueil_hydro.pdf)
- Pardolesi F., Sormani D. (a cura di), 2011. Maison de l'eau. Monitoraggio Ambientale Interdisciplinare con Studi e Osservazioni Naturalistiche. Regione Emilia-Romagna

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/pubblicazioni/servizio-difesa-del-suolo-della-costa-e-bonifica>

Poff, N.L. et al., 2007. Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. *PNAS*104(14): 5732-5737.

Poff, N.L. & J.K.H. Zimmerman, 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology* 55: 194-205.

Regione Emilia Romagna - Regione del Veneto (1993). Manuale tecnico di ingegneria naturalistica. A cura centro di formazione professionale "O. Malaguti"

Regione Emilia-Romagna, 2009. Partecipare e decidere. Insieme è meglio. Una guida per amministratori e tecnici. Quaderni della partecipazione n.4/2008.

Regione Emilia-Romagna, 2011. LIFE RII. Riqualificazione integrata idraulico-ambientale dei rii appartenenti alla fascia pedemontana dell'Emilia-Romagna

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/life-rii/temi/progetto-life-rii/life-rii>

RESTORE, 2013. Riqualificazione fluviale in Europa: l'arte del possibile. Report divulgativo non tecnico. LIFE09/INF/UK000032.

<http://www.restorerivers.eu/Portals/27/Publications/140205%20Laymans%20report%20Italia n.pdf>

RESTORE, 2013. Rivers by Design. Rethinking development and river restoration.

<http://www.restorerivers.eu/Portals/27/Publications/131223%20Rivers%20by%20Design.pdf>

Ricciardelli F., Caggianelli A., Milandri M., Simonati W. (a cura di), 2009. Disciplina tecnica 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). Regione Emilia Romagna. <http://www.regione.emilia-romagna.it>.

Richter B.D., Baumgartner J.V., Wigington R., Braun D.P., 1997. How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37, 231-249.

Rinaldi M., 2007. Approfondimenti dello studio geomorfologico dei principali alvei fluviali nel bacino del F.Magra finalizzato alla definizione di linee guida di gestione dei sedimenti e della fascia di mobilità funzionale. Università di Firenze - Autorità di Bacino Interregionale del F.Magra

Rinaldi et al., 2014. IDRAIM – Sistema di valutazione IDR morfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua. Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua. ISPRA

TCPA, 2004. Biodiversity by Design, A guide for sustainable communities [www.tcpa.org.uk/data/files/bd\\_biodiversity.pdf](http://www.tcpa.org.uk/data/files/bd_biodiversity.pdf)

The Nature Conservancy, 2009. Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1 User's Manual (<http://conserveonline.org/workspaces/iha>)

Thomas, H., and T. R. Nisbet. 2007. An assessment of the impact of floodplain woodland on flood flows. *Water and Environment Journal* 21:114–126

Toth, L.A., 1995. Principles and guidelines for restoration of river/floodplain ecosystems – Kissimmee River, Florida. In J. Cairns (editor). *Rehabilitating damaged ecosystems*, pages 49–73. Lewis Publishers/CRC Press, Boca Raton, Florida.

Vaughan, I.P., Diamond, M., Gurnell, A.M., Hall, K.A., Jenkins, A., Milner, N.J., Naylor, L.A., Sear, D.A., Woodward, G. & S.J. Ormerod, 2009. Integrating ecology with hydromorphology: a

priority for river science and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19(1): 113-125.

Vörösmarty, C. et al., 2003. Anthropogenic sediment retention major global impact from registered river impoundments. *Global and Planetary Change* 39: 169 - 190.

Washington State, 2002. Integrated streambank protection guidelines. Washington State, Dept. of Fish and Wildlife, Dept. Of Transportation, Dept. of Ecology.

<http://www.wdfw.wa.gov>

Washington Departments of Fish and Wildlife, Natural Resources, Transportation and Ecology et al, 2012. Stream Habitat Restoration Guidelines

Woolsey, S. et al., 2005. Handbook for evaluating rehabilitation projects in rivers and streams. Publication by the Rhone-Thur project. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 108 pp.

[www.reformrivers.eu](http://www.reformrivers.eu)

<http://www.wiser.eu>