



Centro Italiano per la Riqualficazione Fluviale

# R RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE

Numero 3.2/2010

speciale

**BUONE PRATICHE  
PER LA PROGETTAZIONE E LA GESTIONE  
DEL RETICOLO IDROGRAFICO MINORE NATURALE  
NELL'OTTICA DELLA RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE**

Scheda 2 - INCISIONE DELL'ALVEO



Provincia dell'Aquila  
Assessorato all'Ambiente

Questa pubblicazione e tutti gli articoli in essa contenuti sono rilasciati sotto licenza Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Non opere derivate 2.5, ovvero

**Tu sei libero:**

- di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera

**Alle seguenti condizioni:**

 **Attribuzione.** Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza e in modo tale da non suggerire che essi avallino te o il modo in cui tu usi l'opera

 **Non commerciale.** Non puoi usare quest'opera per fini commerciali.

 **Non opere derivate.** Non puoi alterare o trasformare quest'opera, né usarla per crearne un'altra.

- Ogni volta che usi o distribuisce quest'opera, devi farlo secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.
- In ogni caso, puoi concordare col titolare dei diritti utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.
- Questa licenza lascia impregiudicati i diritti morali.

Le utilizzazioni consentite dalla legge sul diritto d'autore e gli altri diritti non sono in alcun modo limitati da quanto sopra.

Questo è un riassunto in linguaggio accessibile a tutti del Codice Legale (la licenza integrale) che si può consultare sul sito internet <http://creativecommons.it/licenze>

---

#### **AUTORI**

Marco Monaci  
Ileana Schipani  
Giuseppe Sansoni  
Bruno Boz

#### **SI RINGRAZIANO PER LA COLLABORAZIONE**

Giuliano Trentini  
Daniele Sogni  
Michele Ceddia

#### **GRAFICA E IMPAGINAZIONE**

Anna Polazzo

#### **FOTO DI COPERTINA**

Ileana Schipani

# RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE

Numero 3.2/2010

## SOMMARIO

---

5	<b>PREFAZIONE</b>
7	<b>INTRODUZIONE ALLE BUONE PRATICHE</b>
9	<b>INCISIONE DELL'ALVEO</b>
9	1 <b>PREMESSA</b>
9	2 <b>APPROCCIO GENERALE AL PROBLEMA DELL'INCISIONE</b>
10	3 <b>ANALISI DELLE CAUSE</b>
10	3.1 <b>SCALA DI BACINO</b>
13	3.2 <b>SCALA LOCALE-</b>
14	5 <b>ESEMPI DI POSSIBILI AZIONI A SCALA DI BACINO IN RELAZIONE AI DIVERSI OBIETTIVI</b>
14	5.1 <b>OBIETTIVO: RIDUZIONE/ELIMINAZIONE DEL DEFICIT DI TRASPORTO SOLIDO A SCALA DI BACINO</b>
14	5.1.1 <b>Azione: aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti</b>
15	<b>BOX - ATTIVAZIONE DI FONTI DI SEDIMENTI DA VERSANTI</b>
16	5.1.2 <b>Azione: aumento dell'apporto di sedimenti dalle sponde</b>
16	5.1.3 <b>Azione: reimmissione di sedimenti in alveo</b>
17	<b>BOX - ELIMINAZIONE DI DIFESE SPONDALI PER LA CREAZIONE DI FONTI DI SEDIMENTI</b>
18	<b>BOX - MOVIMENTAZIONE DI SEDIMENTI PER L'IMMISSIONE DIRETTA NEGLI ALVEI</b>
19	5.1.4 <b>Azione: conservazione dei sedimenti in alveo</b>
19	5.1.5 <b>Azione: modifica, nonricostruzione o eliminazione degli sbarramenti trasversali</b>
20	<b>BOX - SOSTITUZIONE DELLE BRIGLIE A BRUSCO SALTO CON RAMPE IN PIETRAMÈ</b>
21	5.2 <b>OBIETTIVO: DIMINUIZIONE DELLA CAPACITÀ EROSIVA DELLA CORRENTE</b>
21	5.2.1 <b>Azione: riqualificazione morfologica</b>
21	<b>BOX - MANCATA RICOSTRUZIONE DI BRIGLIE AMMALORATE</b>
22	<b>BOX - ELIMINAZIONE DELLE OPERE TRASVERSALI</b>
23	5.2.2 <b>Azione: laminazione delle piene a monte del tratto in esame</b>
23	5.3 <b>OBIETTIVO: RIEQUILIBRIO DEL REGIME DELLE PORTATE SOLIDE E LIQUIDE A VALLE DELLE DERIVAZIONI</b>
23	5.3.1 <b>Azione: gestione del regime delle portate solide e liquide</b>
23	<b>BOX - RILASCIO DI PIENE FORMATIVE PROGRAMMATE</b>
24	<b>6 OBIETTIVI DELLE AZIONI A SCALA LOCALE</b>
25	7 <b>ESEMPI DI POSSIBILI AZIONI A SCALA LOCALE IN RELAZIONE AI DIVERSI OBIETTIVI</b>
25	7.1 <b>OBIETTIVO: RIPRISTINO DELL'EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO ED INNALZAMENTO DEL PROFILO DI FONDO</b>
25	7.1.1 <b>Azione: induzione della dinamica laterale per l'attivazione di fonti locali di sedimenti</b>
25	7.1.2 <b>Azione: aumento della scabrezza per rallentare la corrente e favorire la sedimentazione</b>

25	7.1.3 Azione: immissione in alveo dei sedimenti prelevati dai terrazzi fluviali
<b>26</b>	<b>BOX - AUMENTO DELLA SCABREZZA MEDIANTE POSIZIONAMENTO IN ALVEO DI CUMULI DI TRONCHI</b>
<b>26</b>	<b>BOX - CREAZIONE DI NUOVA PIANA INONDABILE E IMMISSIONE DI SEDIMENTI IN ALVEO</b>
27	7.1.4 Azione: modifica/eliminazione/diversa gestione degli sbarramenti trasversali
27	7.1.5 Azione: costruzione di soglie e briglie per la stabilizzazione e l'innalzamento del profilo di fondo
<b>27</b>	<b>BOX - REALIZZAZIONE DI CANALI SECONDARI E IMMISSIONE DI SEDIMENTI IN ALVEO</b>
<b>28</b>	<b>BOX - BRIGLIE IN MASSI PER LA REDIREZIONE DELLA CORRENTE</b>
<b>29</b>	<b>BOX - BRIGLIE POROSE PER LA REDIREZIONE DELLA CORRENTE</b>
<b>30</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>

# Prefazione

Negli ultimi anni abbiamo assistito a un concreto incremento di attenzione verso il nostro patrimonio ambientale, ancorché la coscienza degli operatori e dei fruitori non abbia ancora compiutamente sviluppato quella sensibilità che invece "l'ambiente" merita.

Chi si occupa quotidianamente di problemi riguardanti il territorio, oltre a promuovere una maggiore sensibilità verso la natura deve anche porsi un importante obiettivo: contribuire alla conoscenza e allargare gli orizzonti degli operatori che si occupano di ambiente presso le amministrazioni pubbliche.

In particolare, in un territorio come quello della Provincia dell'Aquila, caratterizzato da una presenza di corsi d'acqua di assoluto rilievo, diviene fondamentale approfondire le problematiche connesse al loro "funzionamento" e definire le modalità per una loro corretta gestione.

La Provincia ha perciò ritenuto opportuno promuovere iniziative di studio, formazione, educazione e divulgazione di buone pratiche per la gestione del patrimonio idrologico provinciale, oltre a sperimentare nuove forme di approccio alla risoluzione dei problemi cui l'Ente deve far fronte giornalmente.

La ricerca delle migliori soluzioni per la gestione dei corsi d'acqua richiede un lavoro di tipo interdisciplinare, un'azione improntata alla sostenibilità ambientale e la capacità di ottimizzare la sempre più scarsa disponibilità di risorse economiche. Gli Enti pubblici, infatti, e in particolare i Geni Civili, sono chiamati a progettare interventi sul reticolo idrografico e a programmare, valutare e autorizzare azioni di diversi soggetti pubblici e privati, dalla riqualificazione dell'ecosistema fluviale, alla realizzazione di attraversamenti fino alla gestione/autorizzazione delle derivazioni.

I tecnici devono pertanto confrontarsi con la necessità di definire strategie di "gestione" dei corsi d'acqua sempre più integrate, al fine di coniugare le esigenze di protezione dal rischio di alluvioni e di dissesto idromorfologico con quelle di natura ambientale, sociale ed economica.

Per rispondere a questa richiesta, dettata dal contesto normativo, ma anche dai nuovi bisogni della società, la Provincia ha intrapreso un percorso di innovazione delle prassi decisionali e progettuali per la gestione dei corsi d'acqua, così da basarle maggiormente su una visione ad ampio spettro delle problematiche e su un approccio multiobiettivo.

Da queste esigenze, negli anni 2008-2009, per volontà dell'Assessore all'Ambiente Dott. Michele Fina, è nata la proficua collaborazione tra l'Amministrazione Provinciale dell'Aquila e il CIRF, Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale, che ha visto la realizzazione di un corso di formazione rivolto al personale tecnico del

Genio Civile provinciale e incentrato sugli aspetti teorici e pratici della gestione dei corsi d'acqua: un corso che ha indubbiamente fornito gli stimoli per guardare ai fiumi del nostro territorio con nuova consapevolezza e che ha gettato le basi, con i contenuti raccolti in questa pubblicazione, per prendersene cura in modo più appropriato e cosciente.

Al CIRF va il mio più sentito apprezzamento per la disponibilità, la professionalità e la competenza posta a servizio dei nostri tecnici.



**Ing. FRANCESCO BONANNI**

Dirigente del Settore Ambiente della Provincia dell'Aquila

# Introduzione alle Buone Pratiche

## MOTIVAZIONI

Come coniugare la gestione del rischio idraulico con la tutela e la riqualificazione degli ecosistemi fluviali?

In che modo affrontare i problemi di incisione ed erosione migliorando lo stato ecologico dei corsi d'acqua? È possibile integrare la prassi di programmazione, progettazione e manutenzione del reticolo idrografico gestito dai "Geni civili" affinché questi obiettivi possano essere perseguiti in modo congiunto?

Il CIRF, insieme al Settore Ambiente della Provincia dell'Aquila, ha provato a rispondere a queste domande raccogliendo differenti approcci, soluzioni tecniche ed esperienze concrete in una pubblicazione online gratuita, il numero speciale della rivista "Riqualificazione fluviale" dedicato alle "Buone pratiche per la progettazione e la gestione del reticolo idrografico minore naturale nell'ottica della riqualificazione fluviale" (nel seguito "Buone Pratiche").

## DESTINATARI

Le buone pratiche si rivolgono principalmente agli Enti (Geni civili, Servizi tecnici di bacino, Settori ambientali delle Pubbliche Amministrazioni, ecc.) che programmano, progettano, valutano e autorizzano interventi sul reticolo idrografico minore naturale, oltre che ai professionisti, alle Università e a chiunque a diverso titolo si occupi di corsi d'acqua.

## AMBITO DI APPLICAZIONE

La pubblicazione fornisce indicazioni utili per la gestione del reticolo idrografico minore naturale; si intendono perciò esclusi i grandi fiumi e il reticolo artificiale.

I concetti di base introdotti dalle buone pratiche sono generalmente validi anche per queste tipologie di corsi d'acqua, ma i suggerimenti progettuali specifici potrebbero non essere adeguati alle loro dimensioni, alle dinamiche, alle portate, ecc. . Le buone pratiche, pur non coprendo tutte le tipologie di reticolo minore naturale presenti nel territorio nazionale, si pongono come uno strumento dinamico, che può essere periodicamente integrato e aggiornato mediante la raccolta di nuovi casi, tipologie, soluzioni.

## PROBLEMATICHE TRATTATE

Il numero speciale della rivista intende illustrare, attraverso specifiche Schede, le possibilità offerte dalla riqualificazione fluviale per la soluzione dei principali problemi affrontati dai Geni Civili nella gestione dei corsi d'acqua:

- Scheda 1 - Erosione spondale
- Scheda 2 - Incisione dell'alveo
- Scheda 3 - Sovralluvionamento
- Scheda 4 - Rischio idraulico

Le schede contengono suggerimenti concettuali utili per orientare le scelte progettuali e, in quanto tali, non devono essere considerate un manuale tecnico-operativo esauriente

che, dall'analisi del problema e delle cause, permette di passare in modo schematico ed automatico alla soluzione progettuale; quest'ultima deve invece essere individuata adattando i suggerimenti tecnici forniti alla specifica realtà territoriale in studio.

## APPROCCIO GENERALE: LA RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE

Il termine riqualificazione fluviale è stato per molto tempo associato agli interventi di forestazione delle sponde, ad azioni sugli scarichi fognari o dei depuratori o, tutt'al più, ad interventi puntuali di creazione di habitat in alveo e sulle sponde (come rifugi per pesci, buche e raschi, ecc.), la cui realizzazione era però subordinata al mantenimento di un deflusso delle piene libero da ogni impedimento.

Le buone pratiche non rinnegano tali interventi, considerati anzi in alcuni casi di estrema importanza, ma intendono fare un passo in avanti rispetto a questo approccio, ampliando le opportunità per ottenere un miglioramento ambientale dei corsi d'acqua e del territorio attraversato; nelle schede si suggerisce, infatti, l'uso di interventi di riqualificazione fluviale per affrontare problemi quali il rischio idraulico, il dissesto spondale, ecc..

La riqualificazione fluviale è ormai considerata come una strategia vantaggiosa per risolvere problemi che possono mettere a rischio la vita, il benessere e la salute delle persone, senza limitarsi ad essere un semplice corollario, "una volta risolti i problemi seri", finalizzato esclusivamente al pur importante miglioramento dello stato degli ecosistemi.

Secondo questo approccio<sup>1</sup>, il rischio di alluvioni può essere limitato gestendo i corsi d'acqua in modo più naturale, restituendo loro spazio e naturalità, mentre mantenere o ripristinare una dinamica morfologica attiva dei corsi d'acqua -"lasciar muovere" di più il fiume- e garantire un trasporto solido il più possibile indisturbato cominciano ad essere considerate azioni prioritarie per il controllo del dissesto idromorfologico.

Azioni che prevedono l'uso o il ripristino di opere fluviali (argini, casse d'espansione, ecc.) dovrebbero quindi essere prese in considerazione solo dopo aver verificato che le soluzioni offerte dalla riqualificazione fluviale non siano praticabili o lo siano solo parzialmente, e comunque dopo aver adeguatamente indagato il funzionamento idraulico, geomorfologico, ecosistemico del corso d'acqua in studio, le ricadute di medio e lungo periodo delle opere fluviali e la loro sostenibilità tecnico-economica.

Un concetto fondamentale nella valutazione dei processi che agiscono sull'alveo e per la definizione degli interventi di riqualificazione è quello dell'equilibrio geomorfologico dinamico, che caratterizza la tendenza dell'alveo a mantenere la propria struttura (tipologia fluviale, pendenza, larghezza, profondità, sinuosità, ecc.) alla scala temporale di medio termine (o gestionale), pur modificandosi e variando continuamente il tracciato (equilibrio "dinamico").

I processi geomorfologici (erosione, trasporto e sedimentazione) costituiscono, infatti, i meccanismi principali per la formazione dell'alveo, della piana inondabile, dei terrazzi e di altre strutture presenti nel bacino

idrografico e nel corridoio fluviale. I corsi d'acqua e le loro piane inondabili si assestano costantemente in funzione della quantità di acqua e di sedimenti fornita dal bacino idrografico: stati di squilibrio, al contrario, inducono processi accelerati di riaggiustamento morfologico (incisione ed erosione delle sponde fuori controllo, ecc.), con pesanti ripercussioni economiche ed ecologiche. Qualsiasi progetto di intervento sui corsi d'acqua deve quindi tenere in attenta considerazione tali processi, per comprendere se e come intervenire per riequilibrarli (nel caso si abbia una situazione di instabilità fuori controllo) o se lasciare che si manifestino liberamente, o con vincoli da definire in funzione della situazione locale, perché espressione della naturale dinamica dei corsi d'acqua.

<sup>1</sup> Per ulteriori dettagli si veda il Manuale "La riqualificazione Fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio" (Nardini A. e Sansoni G. e collaboratori - CIRF, 2006)

# Incisione dell'alveo

## 1 PREMESSA

- Le buone pratiche descritte nella presente scheda hanno lo scopo di mostrare le possibilità offerte dalla riqualificazione fluviale nella soluzione del problema strutturale dell'incisione degli alvei.

- Secondo questo approccio, descritto dettagliatamente nel Manuale *"La riqualificazione Fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio"* (Nardini A. e Sansoni G. e collaboratori - CIRF, 2006), in molti casi è possibile, e spesso necessario, ripristinare e assecondare i processi evolutivi degli ecosistemi fluviali per porre rimedio a situazioni di dissesto che possono arrecare danni ad opere ed infrastrutture e che mettono a rischio l'incolumità delle persone, pur nei vincoli imposti da un uso intensivo del territorio.

- Azioni che prevedono l'uso o il ripristino di opere fluviali (argini, difese spondali, briglie, ecc.) dovrebbero quindi essere prese in considerazione solo dopo aver verificato che le soluzioni offerte dalla riqualificazione fluviale non sono praticabili o lo sono solo in parte, e comunque dopo aver adeguatamente indagato il funzionamento idraulico, geomorfologico, ecosistemico del corso d'acqua in studio, le ricadute di medio e lungo periodo delle opere fluviali e la loro sostenibilità tecnico-economica.

- La presente scheda consiste in suggerimenti concettuali utili per orientare le scelte progettuali e non deve essere considerata un manuale tecnico-operativo che, dall'analisi del problema e delle sue

cause, permette di passare in modo schematico ed automatico alla soluzione progettuale; questa deve invece essere individuata adattando i suggerimenti tecnici della scheda alla specifica realtà territoriale in studio.

- Le indicazioni qui fornite non intendono essere esaustive e nemmeno coprire tutte le tipologie di reticolo minore naturale presenti nel territorio nazionale, ma anzi hanno l'ambizione di essere uno strumento periodicamente aggiornato mediante la raccolta di nuovi casi, nuove tipologie, nuove soluzioni.

- Si sottolinea infine che i cenni teorici presenti nella scheda in merito alle caratteristiche geomorfologiche, ecologiche, idrauliche dei corsi d'acqua ed all'approccio della riqualificazione fluviale, potranno essere approfonditi facendo riferimento al Manuale già citato, alla bibliografia specifica in esso indicata ed a quella essenziale riportata nella presente scheda.

## 2 APPROCCIO GENERALE AL PROBLEMA DELL'INCISIONE

- L'incisione dei corsi d'acqua è una situazione molto diffusa nel territorio italiano e consiste in un abbassamento anomalo ed eccessivo dell'alveo rispetto ad una situazione di equilibrio (Figura 1).

- Gli alvei incisi causano diversi ordini di problemi, sia ambientali sia legati ad interessi antropici.

- Dal punto di vista degli impat-

ti sull'ecosistema fluviale:

- le incisioni tendono ad eliminare la diversificazione morfologica dei corsi d'acqua e dell'ecosistema fluviale, inducendo restringimento e uniformità dell'alveo ("effetto canalizzazione"), che da ampio e morfologicamente diversificato diviene ristretto, con sponde più ripide e habitat più omogenei;

- l'abbassamento del fondo causa un analogo calo della falda circostante ed il conseguente inaridimento della piana inondabile, con conseguenze gravi sulle specie vegetali;
- la piana si disconnette inoltre progressivamente dal corso d'acqua, viene inondata sempre meno e tende ad interrompere la sua costante evoluzione morfologica ed ecologica.

- Le conseguenze antropiche delle incisioni sono altrettanto gravi:

- l'incisione tende a scalzare il piede dei versanti (inducendo frane) e delle opere fluviali (difese spondali, argini, briglie, ecc.) presenti lungo i corsi d'acqua, così come le pile dei ponti che li attraversano;

- gravi danni possono inoltre essere apportati alle infrastrutture o agli agglomerati urbani posti in prossimità di tratti incisi, soggetti a possibili franamenti spondali;

- l'abbassamento della falda provoca inoltre problemi di approvvigionamento dai pozzi destinati all'uso idropotabile, irriguo, ecc. .

- La presenza di tratti incisi mette in evidenza la perdita dell'equilibrio geomorfologico dinamico che caratterizza i corsi d'acqua in buono stato, concetto fondamentale nella valutazione dei processi che agiscono sull'alveo, a cui prestare attenzione nella definizione delle strategie per risolvere problemi di incisione.



Figura 1 – Piccolo corso d'acqua profondamente inciso (Foto: Marco Monaci)

ricercare una condizione di stabilità dell'alveo (assenza di erosione, di incisione, di creazione e modifica di forme fluviali quali barre, isole, ecc.), quanto piuttosto quello di ricreare una condizione di equilibrio dinamico, caratterizzato da una lenta e progressiva evoluzione del corso d'acqua.

## 3 ANALISI DELLE CAUSE

### 3.1 SCALA DI BACINO

- Le cause dell'incisione possono essere ricondotte a diverse situazioni a scala di bacino, descritte brevemente di seguito.

- Un corso d'acqua in equilibrio, infatti, pur modificandosi e variando il tracciato (in maniera graduale), mantiene mediamente invariata la sua forma e le sue dimensioni caratteristiche (pendenza, larghezza, profondità, sinuosità, ecc.), senza subire violente e repentine (rispetto alla scala geologica) modifiche, quali appunti incisioni eccessive.

ità longitudinale, dovuta ad esempio alla presenza di opere trasversali, o qualunque altra situazione che interrompe, riduce o comunque modifica il trasporto di sedimenti da monte verso valle, causa la perdita dell'equilibrio geomorfologico e può generare problemi di incisione ed erosione.

- Un'interruzione della continu-

- Scopo degli interventi per rimediare alla situazione di incisione non dovrà quindi essere quello di

- Deficit di trasporto solido causato dalla presenza di opere trasversali (dighe, briglie, ecc.) a monte del tratto inciso, che costituiscono uno dei principali impedimenti al libero flusso dei sedimenti lungo i corsi d'acqua (Figura 2 e Figura 5). In questo caso i materiali trasportati dal fiume, intrappolati a monte dello sbarramento, non possono più fluire liberamente, distribuirsi lungo il corso d'acqua per creare le sue



Figura 2 - Sedimenti intrappolati a monte di una briglia. (Foto: Bruno Boz).



Figura 3 – Difesa spondale che impedisce l'attivarsi di fonti di sedimenti. (Foto: Ileana Schipani)

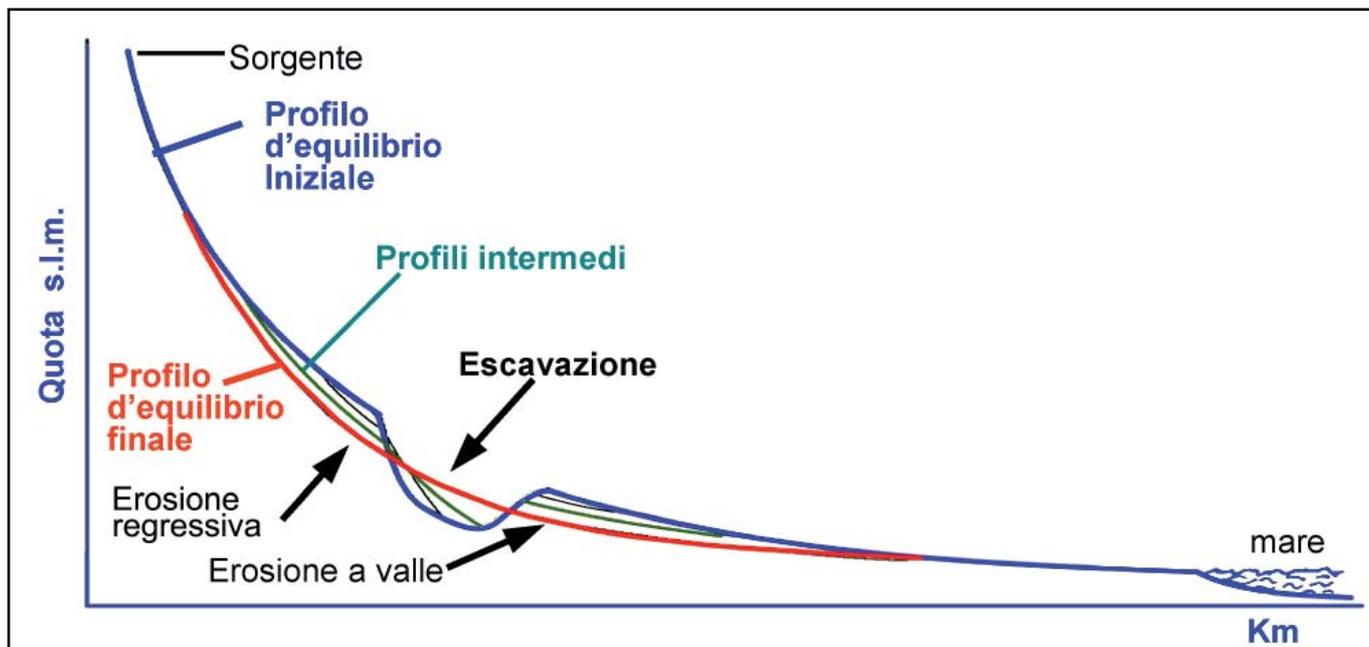


Figura 4 – Le escavazioni in alveo di inerti fluviali determinano un deficit solido locale che progressivamente viene redistribuito lungo tutta l'asta fluviale, dalla sorgente alla foce, fino al raggiungimento di un nuovo profilo d'equilibrio. Il tratto approfondito dall'escavazione, infatti, oltre a determinare una rottura di pendenza che innesca l'erosione retrograda, si comporta come una trappola per inerti che trattiene i sedimenti asportati a monte dalla corrente; anche a valle di esso, quindi, si verifica erosione, sia per il mancato apporto solido da monte, sia perché l'acqua, liberatasi del carico solido, acquista una maggiore energia e capacità erosiva. (Immagine: Giuseppe Sansoni)

tipiche forme fluviali (barre, isole, ecc.) e contribuire a mantenere una situazione di equilibrio geomorfologico dinamico.

Il meccanismo che porta alla diminuzione del trasporto di sedimenti a causa di una o più briglie in serie è più complesso di quanto qui descritto e può essere approfondito grazie all'ampia letteratura tecnica disponibile. È però utile aggiungere alcune considerazioni, così da mettere in luce alcuni aspetti che potrebbero sembrare controversi in merito all'effettiva capacità delle briglie di generare il fenomeno dell'incisione. Le briglie sono costruite principalmente per trattenere sedimenti (elevando localmente la quota del fondo) e ridurre la pendenza (e, di conseguenza, la capacità erosiva). Generando sedimentazione nel tratto a monte, a valle di esse si verifica incisione (a causa del ridotto apporto di sedimenti da monte); in altre parole, risolvono localmente il rischio d'incisione, trasferendolo a valle. Una volta colmate di sedimenti, le briglie però non in-

terrompono più il trasporto solido e quindi a valle riprende il normale equilibrio tra apporto solido e asportazione/trasferimento dei materiali. In genere però il tratto a valle risulta ormai inciso e il nuovo equilibrio lo mantiene tale; può però anche succedere che, con il tempo, in questo tratto si verifichi di nuovo la sedimentazione dei

materiali trasportati, con recupero parziale della quota del fondo, ma l'incisione, che generalmente non viene recuperata totalmente, può trasferirsi ancora più a valle: si verifica cioè la redistribuzione del deficit solido su un tratto più lungo (tendenzialmente fino alla foce).

Anche le dighe si comportano nello stesso modo ma, considerate le



Figura 5 – Diga per una derivazione idroelettrica sul F. Vara. (Foto: Giuseppe Sansoni)



Figura 6 – Il fenomeno dell'*hydropeaking*. Il corso d'acqua è soggetto, nel giro di poche decine di minuti, ad un brusco innalzamento del livello e della velocità delle acque. (Foto: Ileana Schipani)



Figura 7 - Artificializzazione e conseguente velocizzazione del corso d'acqua. (Foto: Ileana Schipani)

dimensioni maggiori, trattengono interamente i sedimenti per decenni, tanto da poter considerare il loro effetto un vero impedimento permanente.

- **Deficit di trasporto solido causato dalla scarsità o dalla disconnessione delle fonti di sedimenti nel bacino;** in questo caso i sedimenti contenuti nei versanti prossimi al corso d'acqua, nelle sponde, nei terrazzi fluviali, ecc. sono stati asportati o risultano disconnessi dal fiume a causa di opere fluviali (difese, argini, ecc.) o altre infrastrutture che ne impediscono gli apporti all'alveo ed il successivo trasporto verso valle (Figura 3).

- **Scarsità di sedimenti in alveo causata dall'estrazione di inerti** che, approfondendo il tratto interessato, lo rende una trappola per inerti (trattiene i sedimenti provenienti da monte). A valle, venendo a mancare gli apporti solidi, si verifica erosione *progressiva*; a monte, il brusco salto di pendenza provoca un'erosione accelerata che procede progressivamente verso monte (*incisione regressiva*, o *retrograda*). In questo modo il corso d'acqua tende a ricostruire un profilo di fondo d'equilibrio, ad una quota inferiore a quella precedente. (Figura 4).

- **Alterazione del regime delle portate liquide e solide:** gli sbarramenti per l'accumulo e/o la derivazione di acque ad uso irriguo/idroelettrico/idropotabile modificano, spesso in modo sostanziale, il regime idrologico dei corsi d'acqua (Figura 5). Il fenomeno dell'*hydropeaking* (violente oscillazioni giornaliere di portata causate dall'utilizzo idroelettrico degli sbarramenti) ha notevoli conseguenze sull'aumento delle forze erosive e può generare/aumentare la tendenza all'incisione di un corso d'acqua. Gli sbarramenti possono d'altro canto ridurre anche frequenza ed intensità delle portate

formative, con le quali il corso d'acqua dovrebbe prendere in carico fonti locali di sedimenti posti a valle dello sbarramento stesso e distribuirli lungo il suo percorso; in questo caso, alla mancanza di flusso di sedimenti causata direttamente dall'opera fluviale, si somma la diminuita capacità del corso d'acqua di trasportare i sedimenti ancora presenti, che potrebbero bilanciare le situazioni di incisione. A queste due situazioni, che possono anche sommarsi, se ne può infine aggiungere anche una terza, che vede il possibile rilascio di portate eccezionali, conseguenti a periodi di piena, con intensità che possono essere superiori a quelle naturali e che possono generare/aggravare il problema dell'incisione (Figura 6).

- **Rettifica, accorciamento del percorso e perdita di aree di laminazione;** la riduzione di sinuosità e la rettifica di ampi tratti di corso d'acqua, il taglio dei meandri, la perdita di aree ove le piene possono laminare e diminuire la loro velocità e forza erosiva, sommati o meno all'impermeabilizzazione diffusa a scala di bacino e alla conseguente diminuzione dei tempi di corrivazione, possono generare un aumento delle portate transittanti e quindi della forza erosiva della corrente, amplificando o generando in questo modo le situazioni di incisione (Figura 7).

### 3.2 SCALA LOCALE

• Le cause dell'incisione possono essere ricondotte a diverse situazioni a scala locale, descritte brevemente di seguito:

- **Presenza di un'opera trasversale a monte;** briglie, sbarramenti, ecc., possono impedire il libero flusso dei sedimenti e generare subito a valle profonde incisioni, che in alcuni casi, non rari, possono causare anche lo scalzamento



Figura 8 – Incisione (si noti la scarpata spondale sullo sfondo) a valle di un'opera trasversale (in primo piano). (Foto: Marco Monaci)

al piede dell'opera stessa (Figura 8) (si veda il Par.3.1 in merito al funzionamento di briglie e dighe).

- **Rettifica e accorciamento del percorso;** un alveo rettificato e ristretto genera un aumento locale della pendenza e, quindi, della velocità della corrente che può causare/acuire i problemi di incisione (Figura 7).

## 4 OBIETTIVI DELLE AZIONI A SCALA DI BACINO

• L'analisi dei problemi e delle cause a scala di bacino può suggerire di intervenire a livello di area vasta piuttosto che localmente, ove l'incisione si manifesta.

• E' quindi necessario porsi obiettivi, e definire azioni conseguenti, che non sono necessariamente di diretta competenza dei Geni civili, a cui le linee guida in oggetto si rivolgono; è perciò necessario che il Genio civile agisca di concerto con l'autorità idraulica sovra-ordinata per definire le azioni, locali e a scala di bacino, sui corsi

d'acqua di propria competenza.

• Come ricordato al Capitolo 2 "Approccio generale al problema dell'incisione", la ricerca di una condizione di *equilibrio geomorfologico dinamico* dovrebbe essere l'obiettivo che sottende ogni azione per il recupero dell'incisione.

• Secondo questa logica, le azioni atte a risolvere a scala di bacino il problema dell'incisione, dovrebbero porsi i seguenti obiettivi:

- **Riduzione/eliminazione del deficit di trasporto solido a scala di bacino.**

Se la causa dell'incisione è la generalizzata mancanza di fonti sedimenti (dalle sponde, dai versanti) e/o la presenza di interruzioni trasversali (briglie, dighe, ecc.) che ne precludono il trasporto, la soluzione sostenibile e duratura del problema deve passare, per quanto possibile ma comunque in modo prioritario, attraverso il ripristino di un adeguato trasporto solido.

- **Diminuzione della capacità erosiva della corrente**

Se a monte dei tratti in incisione si è generato un aumento delle

portate transitanti e quindi della forza erosiva della corrente (ad esempio a causa di ampi tratti di corso d'acqua rettificati che velocizzano la corrente o dell'impermeabilizzazione diffusa che diminuisce i tempi di corrivazione), e questo fatto amplifica o genera le situazioni di incisione, occorre apportare modifiche all'assetto fisico del corso d'acqua che permettano di diminuire la sua capacità erosiva.

**- Riequilibrio del regime delle portate solide e liquide a valle delle derivazioni**

Oltre ad agire sull'assetto fisico del corso d'acqua, può essere necessario riequilibrare anche il regime delle portate solide e liquide, attraverso una diversa gestione degli sbarramenti per la derivazione o l'accumulo delle acque, in modo da ottenere il ripristino, per quanto possibile, delle portate formative (e del trasporto solido associato) e l'attenuazione delle violente oscillazioni di portata giornaliera (*hydropeaking*).

## 5 ESEMPI DI POSSIBILI AZIONI A SCALA DI BACINO IN RELAZIONE AI DIVERSI OBIETTIVI

• Le azioni a scala di bacino suggerite nei paragrafi successivi in relazione ai diversi obiettivi sono riassunte in Tabella 1.

### 5.1 OBIETTIVO: RIDUZIONE/ELIMINAZIONE DEL DEFICIT DI TRASPORTO SOLIDO A SCALA DI BACINO

• Nel caso di alvei in incisione per i quali sia accertato un generalizzato deficit di sedimenti per il trasporto solido, le possibili misure di riequilibrio a scala di bacino, non limitate quindi al tratto in studio, devono essere orientate al riequilibrio del trasporto solido attraverso le seguenti azioni:

- aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti
- aumento dell'apporto di sedimenti dalle sponde
- reimmissione di sedimenti in alveo
- conservazione dei sedimenti in

alveo

- modifica, non ricostruzione o eliminazione degli sbarramenti trasversali

• Nei paragrafi seguenti si presentano alcune delle possibili opzioni progettuali e gestionali che possono essere messe in campo in tal senso a scala di bacino.

#### 5.1.1 Azione: aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti

• In ambito montano-collinare l'apporto di sedimenti ai corsi d'acqua è fornito dai materiali dei versanti direttamente connessi al reticolo in studio e agli affluenti minori.

• La quantità di sedimenti che deve essere presa in carico dal corso d'acqua perché questo possa trovarsi in equilibrio dinamico e non generare incisioni generalizzate deve essere stabilita da un adeguato studio sul trasporto solido.

• Nel caso in cui tale studio stabilisca che vi sia necessità di ricon-

Obiettivi	Azioni
Riduzione/eliminazione del deficit di trasporto solido a scala di bacino	Aumento dell'apporto di sedimenti dai versanti
	Aumento dell'apporto di sedimenti dalle sponde
	Reimmissione di sedimenti in alveo
	Conservazione dei sedimenti in alveo
	Modifica, non ricostruzione o eliminazione degli sbarramenti trasversali
Diminuzione della capacità erosiva della corrente	Riqualificazione morfologica
	Laminazione delle piene a monte del tratto in esame
Riequilibrio del regime delle portate solide e liquide a valle delle derivazioni	Gestione del regime delle portate solide e liquide

Tabella 1 – Obiettivi e relative azioni a scala di bacino

## BOX - ATTIVAZIONE DI FONTI DI SEDIMENTI DA VERSANTI

- L'individuazione delle aree di potenziale ricarica degli alvei grazie ai sedimenti prodotti da frane può essere effettuata attraverso il seguente procedimento (Figura 9):
  - Classificazione in base al grado di attività delle frane
  - Definizione del grado di connessione al reticolo idrografico (Figura 10)
  - Individuazione dell'idoneità litologica
- Nel caso in cui vi siano impedimenti di tipo antropico per la connessione delle sorgenti di sedimenti al corso d'acqua (presenza di difese spondali), si dovrebbe agire per eliminare tali vincoli (si rimanda al Par. 5.1.2).
- Le fonti che invece sono connesse andrebbero conservate, così da mantenere gli attuali apporti di sedimenti all'alveo (Figura 11); si tratta in sostanza di non intervenire nella stabilizzazione di frane, versanti connessi e sponde in erosione, di non costruire briglie che precludono il passaggio dei sedimenti e di non procedere al mantenimento di opere idrauliche nel caso in cui si siano ammalorate e sia necessario riconnettere fonti potenziali di sedimenti.

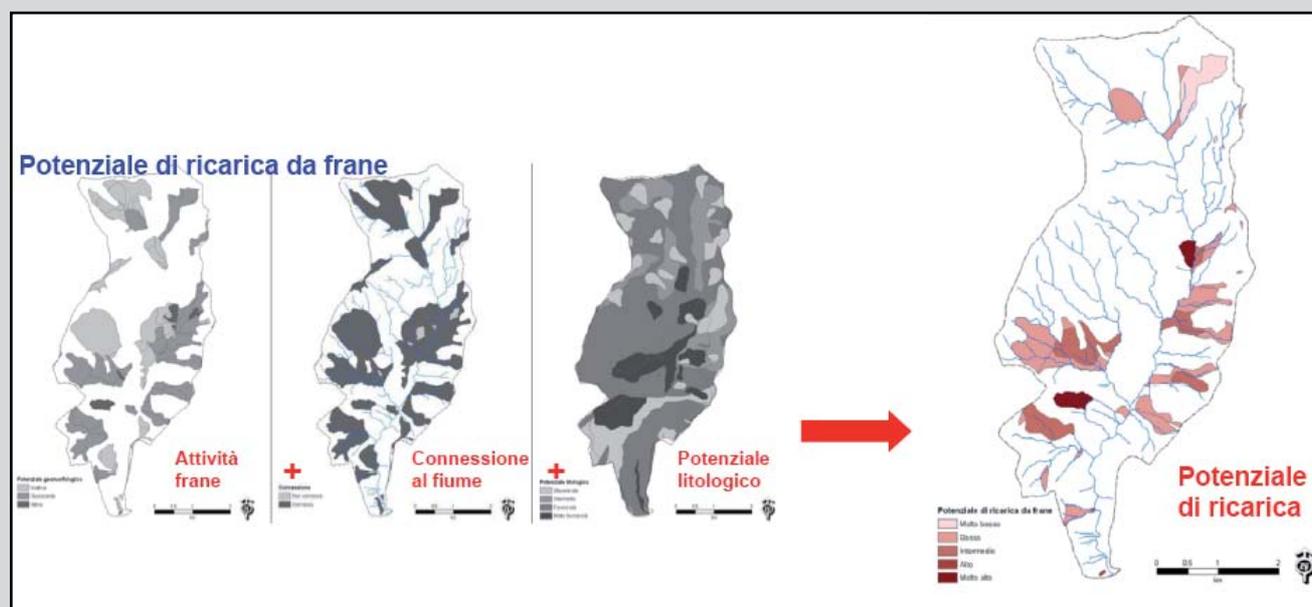


Figura 9 – Procedimento per la definizione del potenziale di ricarica da frane (Immagine: Rinaldi M. (2007) - Autorità di bacino del Fiume Magra - Ritoccata).

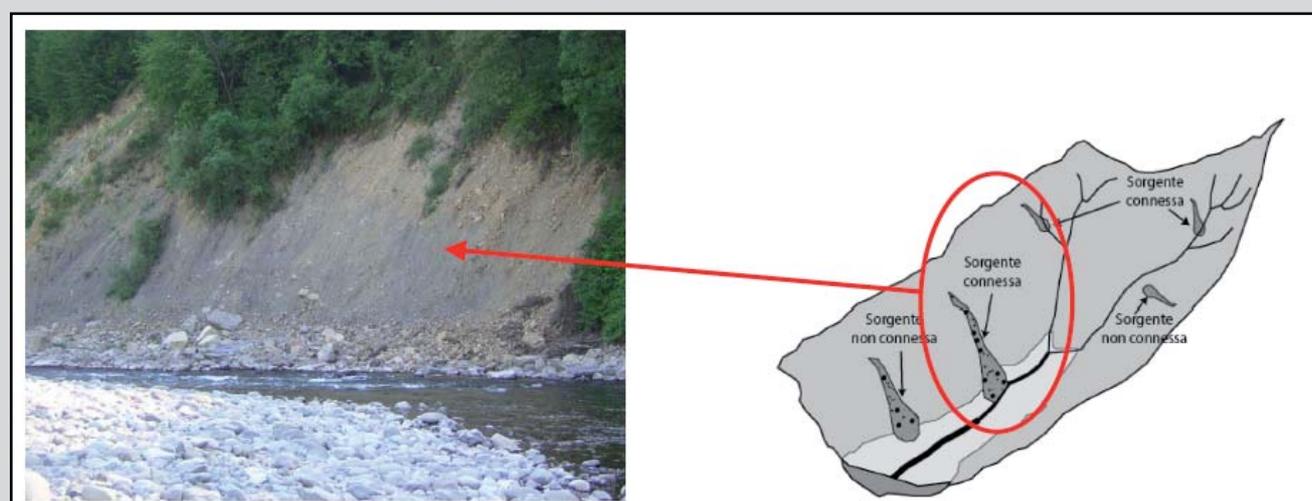


Figura 10 – A sinistra: sorgente di sedimenti connessa al corso d'acqua. A destra: analisi del grado di connessione delle sorgenti di sedimenti al corso d'acqua. (Immagine: Rinaldi M. (2007) - Autorità di bacino del Fiume Magra - Ritoccata).

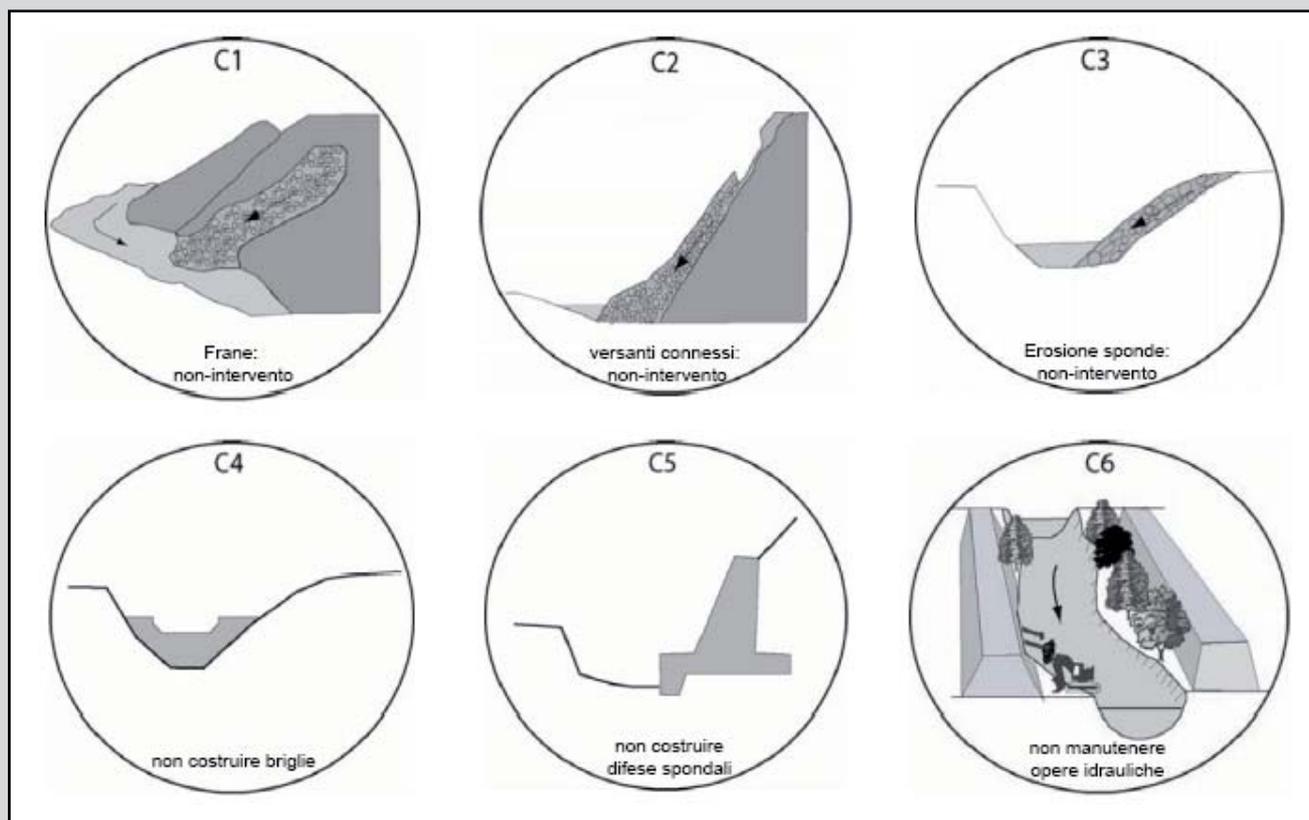


Figura 11 – Misure conservative delle fonti di sedimenti esistenti (Immagine: Rinaldi M. (2007) - Autorità di bacino del Fiume Magra - Ritoccata).

nettere al corso d'acqua più fonti di sedimenti dai versanti rispetto a quelle ora attive, occorre procedere all'individuazione a scala di bacino delle principali sorgenti di sedimenti (frane direttamente connesse con la rete idrografica, falde detritiche che immettono materiale direttamente nelle aste torrentizie) e alla verifica del grado di connessione e degli eventuali impedimenti.

- In alcuni casi, compatibilmente con le situazioni di rischio, si può scegliere di non stabilizzare o addirittura di favorire la riattivazione delle frane che alimentano direttamente il corso d'acqua.

- Si veda il "Box - Attivazione di fonti di sedimenti da versanti"

#### 5.1.2 Azione: aumento dell'apporto di sedimenti dalle sponde

- Le sponde costituiscono un'eccezionale riserva di sedimenti; i processi di arretramento delle stesse, favorendo l'alimentazione di sedimenti, sono perciò da considerare sicuramente positivi per il riequilibrio di alvei incisi o in incisione.

- Anche in questo caso, si può scegliere tra non intervenire, permettendo il naturale verificarsi di tali fenomeni, o favorire tali processi, attraverso la rimozione di difese esistenti o addirittura la realizzazione di strutture in alveo che favoriscano l'innesco dell'erosione spondale.

- La localizzazione e l'estensione di tale tipologia di intervento

dovrebbe essere stabilita da un adeguato studio sul trasporto solido e dall'individuazione delle potenziali fonti di sedimenti lungo le sponde del corso d'acqua.

- Si veda il "Box - Eliminazione di difese spondali per la creazione di fonti di sedimenti".

#### 5.1.3 Azione: reimmissione di sedimenti in alveo

- In alcune situazioni le azioni di riattivazione di fonti di sedimenti dai versanti e dalle sponde possono non essere possibili o sufficienti.

- È questo il caso di corsi d'acqua ove le aree limitrofe sono in larga parte occupate da insediamenti umani o infrastrutture, oppure dove

## BOX - ELIMINAZIONE DI DIFESE SPONDALI PER LA CREAZIONE DI FONTI DI SEDIMENTI

- La scelta sull'opportunità di eliminare alcune difese spondali, al fine di favorire la riattivazione di fonti locali di sedimenti presenti nelle aree di pertinenza fluviale, deve passare attraverso un processo di valutazione sia tecnico che economico.
- Dal punto di vista tecnico occorre infatti valutare, nell'ambito di uno studio sul trasporto solido a scala di bacino, il volume e la tipologia di sedimenti teoricamente disponibile e ora protetto dalle difese, la loro distribuzione lungo il corso d'acqua in relazione alle aree in incisione, le modalità di trasporto dei sedimenti e di distribuzione lungo l'alveo una volta riattivati, ecc. .
- Si rende poi necessario valutare i pro e contro economici di una tale operazione, sia in relazione a possibili alternative tecniche (si vedano le altre azioni proposte nel presente capitolo o altre ancora di tipo ingegneristico-strutturale), sia relativamente a valutazioni in merito al valore economico delle aree protette dalla difese spondali (si veda la "Scheda erosione spondale").

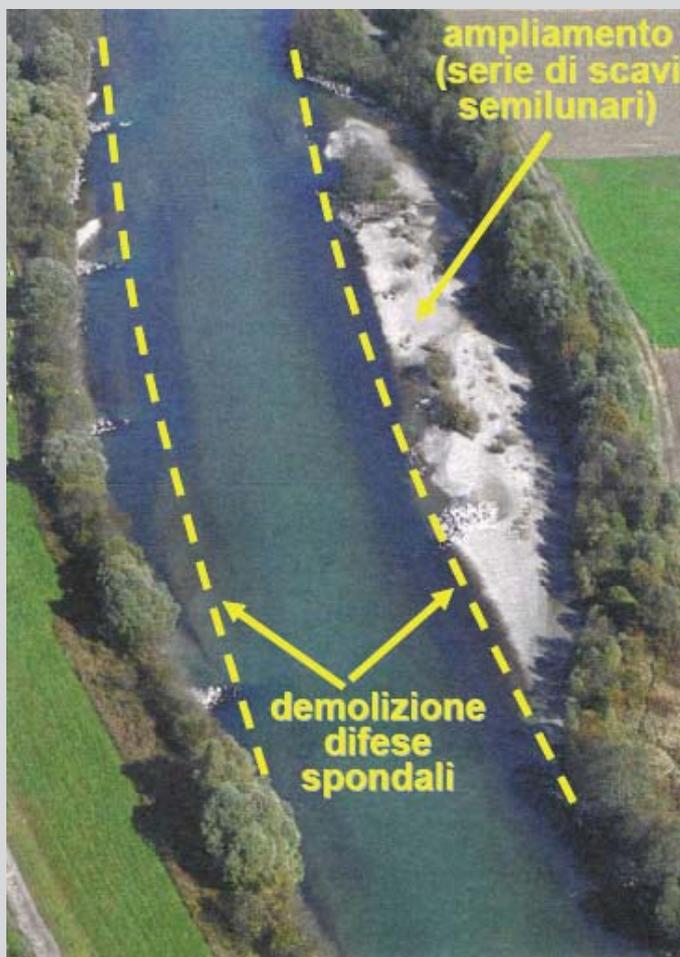


Figura 12 – Fiume Drava (Austria). Le linee gialle tratteggiate in figura indicano il punto in cui erano presenti difese spondali prima della loro eliminazione, la quale ha permesso di riattivare fonti locali di sedimenti in precedenza disconnesse dal corso d'acqua. (Fonte: [http://www.wasser.ktn.gv.at/life\\_drau/drau.html](http://www.wasser.ktn.gv.at/life_drau/drau.html), ritoccata)

la maggior parte del sedimento è bloccato da imponenti opere trasversali (dighe, traverse, ecc.) che ne impediscono il trasporto verso valle, o ancora dove la morfologia del corso d'acqua impedisce ai sedimenti accumulati in determinate zone di raggiungere e alimentare aree ora incise.

- In queste situazioni è allora possibile valutare l'utilizzo di un'azione estrema quale l'immissione diretta in alveo dei sedimenti attraverso mezzi meccanici.

- Questi possono provenire esternamente dall'alveo (ad esem-

pio da escavazioni nella pianura adiacente) o da altri tratti dell'alveo stesso dove il problema può essere opposto (alvei in sedimentazione), in particolare a monte di sbarramenti. Un'opportunità di ripascimento dell'alveo può essere fornita da materiali rocciosi, adeguatamente trattati, provenienti dallo scavo di gallerie stradali o ferroviarie.

- Prima di procedere a tale azione occorre individuare attentamente i siti ove depositare i materiali, valutare le modalità di trasporto dei sedimenti reimmessi e la loro probabile distribuzione lungo l'alveo, così da individuare l'eventuale necessità

di opere (ad esempio soglie di fondo) che ne favoriscano la sedimentazione nei tratti incisi.

- 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 (Par.5.2) 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 questi casi, uno studio sul

## BOX - MOVIMENTAZIONE DI SEDIMENTI PER L'IMMISSIONE DIRETTA NEGLI ALVEI

- 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 (si veda il Par. 3.1 in merito al funzionamento di briglie e dighe).
- 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 essere reimmessi entro gli alvei incisi (M7) (si vedano le considerazioni effettuate ad inizio paragrafo).
- Se i sedimenti si sono accumulati a monte di ponti ferroviari o viari e generano in quel punto un aumento del rischio idraulico, 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.

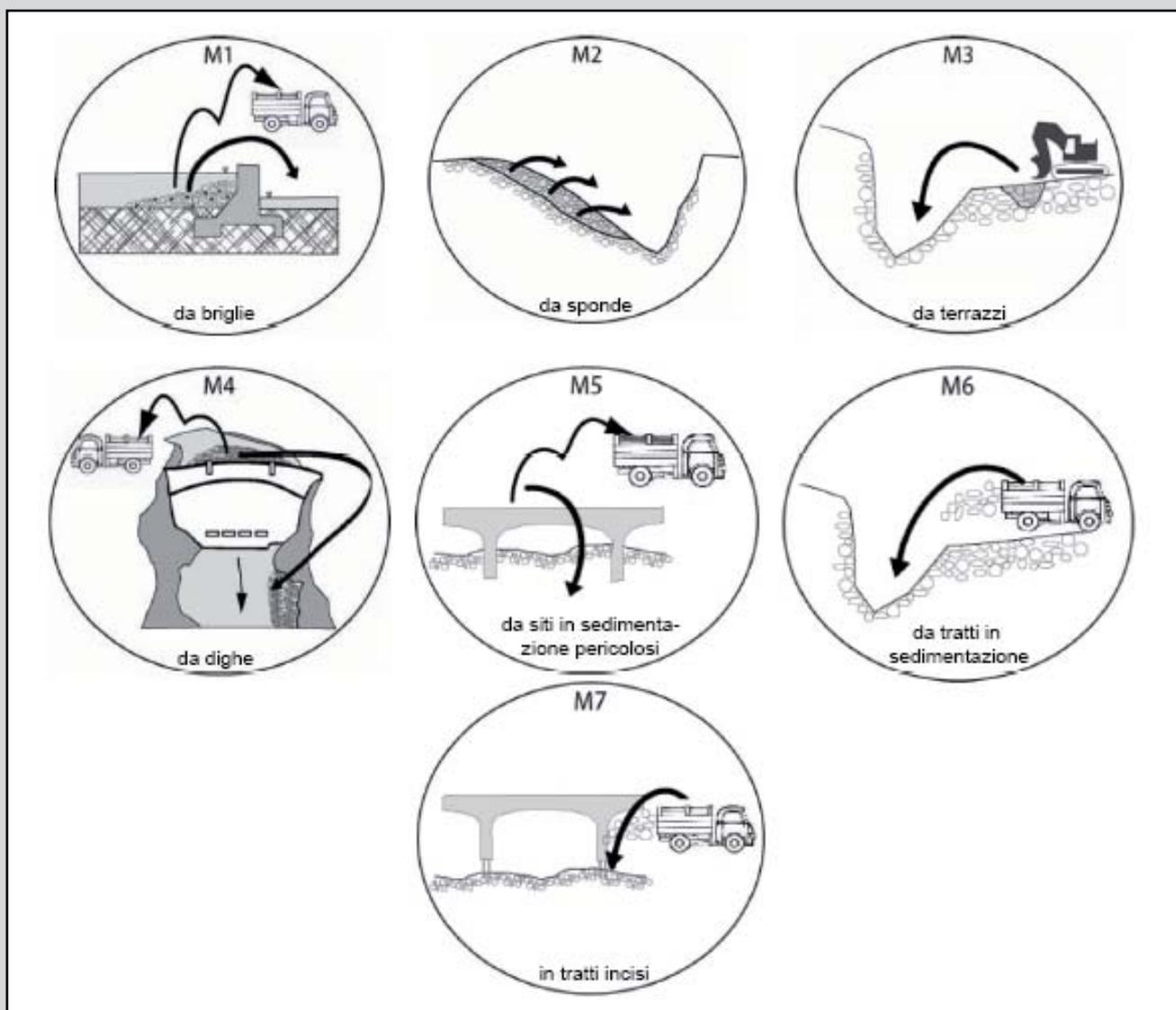


Figura 13 – Fonti di sedimenti per la reimmissione diretta in alveo. (Immagine: Rinaldi M. (2007) - Autorità di bacino del Fiume Magra - Ritoccata).

trasporto solido, che dovrebbe essere propedeutico ad ognuna di queste azioni, dovrà stabilire quanta parte del sedimento movimentato dovrà essere restituito al corso d'acqua per recuperare la situazione di incisione (o alimentare l'eventuale ripascimento della costa), che sarà tanto più grande quanto peggiore è la situazione di incisione dell'alveo.

- Si veda il "Box - Movimentazione di sedimenti per l'immissione diretta negli alvei"

#### 5.1.4 Azione: conservazione dei sedimenti in alveo

• È ancora oggi abbastanza comune la pratica dei lavori fluviali realizzati "in compensazione", pagati cioè grazie alla vendita di inerti estratti dall'alveo o dalle aree di pertinenza fluviale da parte delle ditte esecutrici.

• Nel primo caso, in cui gli inerti sono estratti direttamente dall'alveo, spesso si parla di "sovralluvionamento" (localizzato), intendendo che la quota parte di sedimenti asportati dal corso d'acqua è "in eccesso" e deve quindi essere allontanata.

• In genere queste considerazioni sono effettuate senza un vero e proprio studio sul trasporto solido e non tengono in considerazione la situazione di incisione o meno in altre parti dell'alveo.

• Sono infatti frequenti le situazioni in cui i sedimenti accumulatisi localmente potrebbero essere utili in tratti incisi (si veda Par.5.1.3) e andrebbero prioritariamente destinati a compensare queste situazioni di dissesto, mentre la loro asportazione potrebbe aggravare l'incisione, privando il corso d'acqua di fonti locali di sedimenti.

• Gli accumuli localizzati di materiali potrebbero inoltre non essere l'evidenza di una situazione anomala ma anzi l'indicazione che è in atto una naturale dinamica fluviale, che prevede l'accumulo temporaneo di sedimenti in un punto, movimentati poi verso valle dalle future piene formative.

• Senza uno studio delle dinamiche fluviali e del trasporto solido, queste ed altre situazioni non possono essere colte e la decisione di eliminare l'accumulo di sedimenti appare non giustificata, se non da ragioni economiche. Per ogni ulteriore dettaglio si veda la "*Scheda sovralluvionamento*".

• Oltre al caso dei sedimenti estratti dall'alveo per eseguire i lavori "in compensazione", è frequente anche la situazione in cui questi sono estratti dalle aree limitrofe al corso d'acqua (terrazzi fluviali, piana inondabile, ecc.), da vere e proprie cave per l'estrazione di inerti o, nel caso migliore, da lavori per la riqualificazione morfologica del corso d'acqua.

• Anche in questo caso la decisione se eliminare definitivamente dal bacino sedimenti (e quanti e quali) dovrebbe dipendere da uno studio sul trasporto solido e sulle dinamiche fluviali, che individui e quantifichi le sorgenti di sedimenti necessarie al corso d'acqua per raggiungere e mantenere una situazione di equilibrio dinamico.

• Si può quindi concludere che in alvei incisi l'azione prioritaria consiste nel conservare i sedimenti ancora presenti in alveo, così che possano alimentare i tratti in disequilibrio; i lavori fluviali "in compensazione" dovrebbero quindi essere realizzati, in via eccezionale e non come pratica usuale, solo con il supporto di adeguati studi geomorfologici che indichino se e come ciò

sia possibile.

#### 5.1.5 Azione: modifica, non ricostruzione o eliminazione degli sbarramenti trasversali

• Gli sbarramenti trasversali (dighe, traverse, briglie, ecc.) costituiscono uno dei principali impedimenti al libero flusso dei sedimenti lungo i corsi d'acqua (si veda il Par. 3.1 in merito al funzionamento di briglie e dighe).

• In corsi d'acqua in incisione si rende pertanto necessario effettuare una valutazione in merito all'utilità di tali opere nelle condizioni attuali del bacino, che potrebbero essere sensibilmente diverse rispetto al momento della loro costruzione.

• Nel caso di opere trasversali realizzate per fissare il profilo del fondo, come ad esempio le briglie, potrebbero infatti essere drasticamente cambiate le condizioni circostanti e le opere potrebbero al momento apparire inutili o addirittura controproducenti, generando loro stesse problemi di incisione.

• In questo caso la loro eliminazione dovrebbe essere attentamente valutata, simulando dal punto di vista geomorfologico gli effetti nel breve e medio-lungo periodo sul corso d'acqua.

• Esistono poi casi in cui queste opere trasversali si presentano ammalorate e potrebbero richiedere un intervento di manutenzione per evitare che perdano definitivamente la loro funzionalità.

• Anche in questi casi, la loro manutenzione o ricostruzione dovrebbe essere valutata tenendo conto della reale necessità attuale in relazione alla situazione di incisione del corso d'acqua, valutando

## BOX - SOSTITUZIONE DELLE BRIGLIE A BRUSCO SALTO CON RAMPE IN PIETrame

- Ove si valuti necessaria, secondo quanto esposto nel paragrafo precedente, la sostituzione di briglie a brusco salto con opere trasversali meno impattanti dal punto di vista del trasporto solido e degli effetti sulla fauna ittica, è consigliabile la realizzazione di rampe in pietrame (adatte soprattutto in corsi d'acqua con pendenze non eccessive).
- Tra gli accorgimenti costruttivi vanno ricordati:
  - l'utilizzo di massi di diverse dimensioni;
  - la solida infissione dei massi ciclopici nel fondo;
  - il rafforzamento delle strutture con pali metallici verticali profondamente infissi;
  - la posa del pietrame in modo da formare spazi vuoti o, addirittura una struttura alveolare;
  - una maggiore altezza presso le sponde, in modo da convogliare la corrente verso il centro dell'alveo, proteggere le sponde dall'erosione e concentrare le portate di magra;
  - il consolidamento con alberi e arbusti delle sponde ai lati delle rampe.

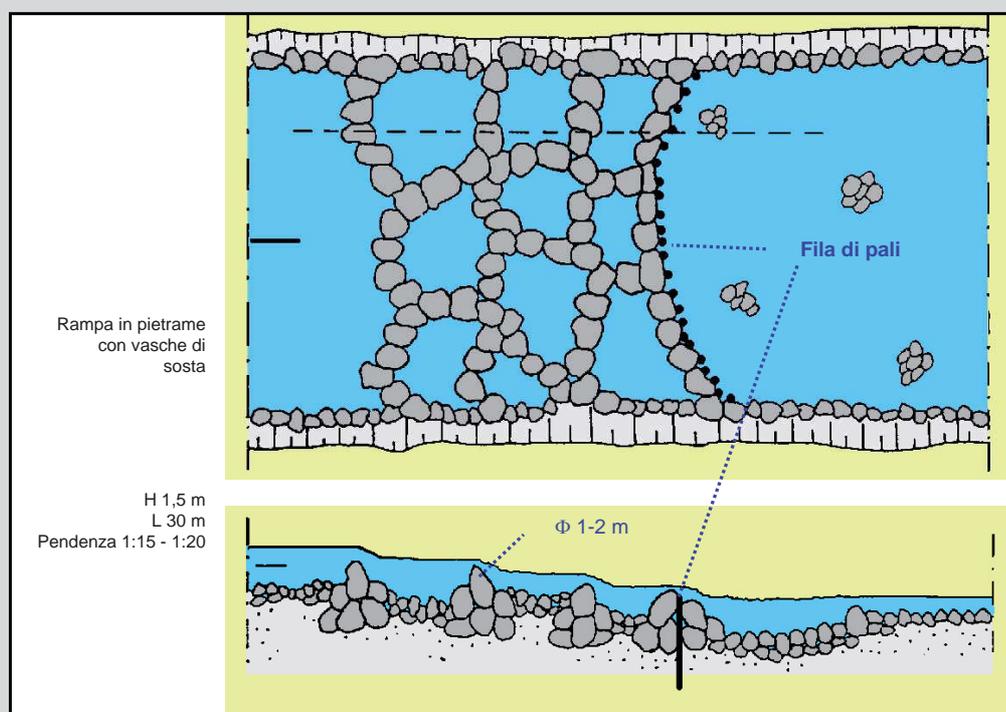


Figura 14 - Esempio progettuale di rampa in pietrame (Disegno da Regioni Emilia-Romagna e Veneto, 1993, ritoccato)

se la loro eliminazione possa favorire o meno un recupero della situazione di disequilibrio.

- Tale valutazione dovrebbe essere inoltre accompagnata da considerazioni economiche che certifichino se la spesa di manutenzione/ricostruzione sia giustificata dai beni eventualmente "protetti" (nel caso, ad esempio, di briglie costruite per stabilizzare il fondo e le erosioni spondali in ambiti territoriali non urbanizzati, dal basso valore economico).

- In alcune situazioni, ove sia ancora necessario mantenere il profilo di fondo fissato e l'eliminazione dell'opera non appare percorribile, può risultare utile sostituirla con rampe in pietrame in cui il dislivello tra monte e valle è realizzato in modo più dolce e distribuito; è questo il caso di opere ammalorate o di situazioni in cui il costo di demolizione e ricostruzione è giustificato da peculiarità ambientali o da un'analisi economica di area vasta (nel caso in cui, ad esempio, l'eliminazione dell'opera permetta di

recuperare una situazione di incisione che mette a rischio altre opere di valore superiore), o ancor meglio multiobiettivo (confrontando pro e contro non solo economici ma anche ambientali e sociali).

- Ove sia necessario mantenere la briglia, non potendola sostituirla con un'opera di minor impatto relativamente al trasporto solido, è possibile intervenire abbassando il più possibile la gaveta ottenendo così una parziale riattivazione del trasporto solido (in funzione della

## BOX - MANCATA RICOSTRUZIONE DI BRIGLIE AMMALORATE

- In passato molte briglie, anche in serie (Figura 15), sono state realizzate per contrastare la franosità di versanti montani, dando per scontato che ciò fosse di per sé utile. In molti casi, la conseguente riduzione degli apporti solidi dai versanti ha innescato l'incisione negli alvei a valle. Nelle situazioni ove la franosità dei versanti non minacci beni o persone, la rimozione delle briglie o la loro mancata riparazione (più semplice ed economica) può ripristinare un'importante fonte di alimentazione di sedimenti per contrastare i processi di incisione negli alvei a valle.



Figura 15 – Briglie in serie. (Foto da “Il Pescatore Trentino”)

larghezza e della quota della gaveta stessa), mantenendo la stabilità della quota di fondo alveo e favorendo inoltre il passaggio dell'ittiofauna.

- Se le opere trasversali sono invece realizzate per l'accumulo o la derivazione delle acque a scopi irrigui, idroelettrici o idropotabili (dighe, traverse, ecc.), la valutazione sulla loro utilità attuale dovrebbe essere eseguita valutando non solo gli aspetti tecnici ma anche quelli legati alle attività economiche collegate alle opere.

- Nel caso non sussistano più le condizioni per il mantenimento di queste opere trasversali, occorre valutare l'opportunità della loro rimozione, simulando anche in questo caso dal punto di vista geomorfolo-

gico gli effetti nel breve e medio-lungo periodo sul corso d'acqua.

- Si vedano il “Box - Sostituzione delle briglie a brusco salto con rampe in pietrame”, “Box - Mancata ricostruzione di briglie ammalorate” e “Box - Eliminazione delle opere trasversali”.

### 5.2 OBIETTIVO: DIMINUZIONE DELLA CAPACITÀ EROSIVA DELLA CORRENTE

- La presenza di lunghi tratti rettificati a monte di quello in esame, l'impermeabilizzazione diffusa a scala di bacino e la conseguente diminuzione dei tempi di corrivazione, possono generare un aumento delle portate transitanti e quindi della forza erosiva della corrente,

amplificando o generando in questo modo le situazioni di incisione.

- Le azioni a scala di bacino che permettono di ovviare o compensare tale situazione sono descritte sinteticamente di seguito;
  - riqualificazione morfologica
  - laminazione delle piene a monte del tratto in esame

#### 5.2.1 Azione: riqualificazione morfologica

- Nei casi in cui la situazione di incisione sia causata dalla presenza di ampi tratti rettificati a monte di quello in esame o dall'impermeabilizzazione diffusa a scala di bacino, può risultare utile intervenire mediante la riqualificazione morfo-

## BOX - ELIMINAZIONE DELLE OPERE TRASVERSALI

- L'eliminazione di opere trasversali, quali ad esempio briglie, traverse e dighe, è possibile principalmente nei casi in cui:
  - le opere siano poco o per nulla efficaci o, addirittura, creino problemi di funzionamento morfologico-idraulico del corso d'acqua;
  - le opere siano funzionanti ma figlie di un approccio localistico e quindi non in linea con una strategia progettuale a scala di bacino (infatti, un effetto positivo in loco procura numerosi altri effetti, anche negativi, a monte e a valle: serve un'analisi costi/benefici dell'intero sistema).
- Quando le risorse disponibili sono scarse si possono ottenere economie eliminando le opere di cui sopra anche solo parzialmente, dove creano più problemi, oppure demolendole in pezzi e lasciando i detriti in loco.
- Dal punto di vista geomorfologico, durante la fase di rimozione di sbarramenti trasversali si presentano due problemi: l'erosione regressiva che potrebbe innescarsi, e l'onda di sedimenti che, una volta rimossa l'opera, inizia a muoversi verso valle in modo non facilmente prevedibile.
- Attraverso la distruzione per fasi, l'onda di sedimenti si rimette in moto lentamente ed è possibile controllare le variazioni altimetriche del fondo.
- La sostituzione di una briglia con una rampa in massi, invece, elimina i problemi di erosione regressiva, poiché il fondo rimane fissato.

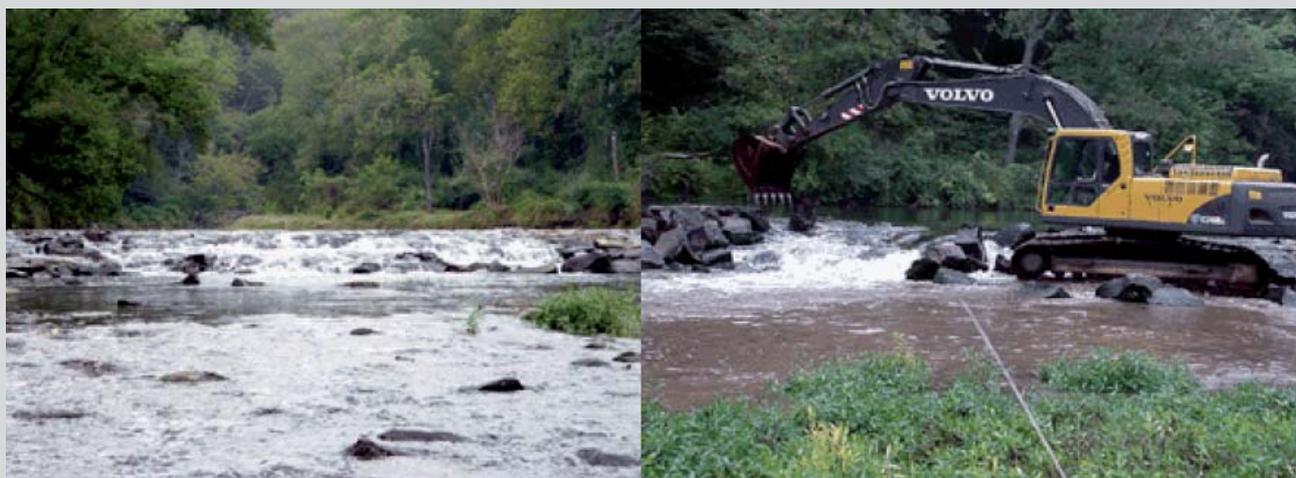


Figura 16 - Un esempio di rimozione di briglie lungo l'Octoraro Creek dam (USA). A sinistra la briglia prima delle operazioni di rimozione e a destra durante lo smantellamento. (USFWS photo)



Figura 17 - Rimozione della diga di Kernansquillec (15 m di altezza per 110 di larghezza; superficie invaso: 12 ha) sul Fiume Léguer (Francia). La diga viene costruita all'inizio degli anni '20; gradualmente abbandonata, la concessione non viene rinnovata e torna allo Stato francese nel 1994. Diverse associazioni ne chiedono lo smantellamento per questioni ambientali (ostacolo alla migrazione dei pesci, inquinamento dovuto ai sedimenti accumulati, ecc.) e di rischio idraulico in caso di crollo. Costo totale del progetto: circa 400mila €.

## BOX - RILASCIO DI PIENE FORMATIVE PROGRAMMATE

- Il rilascio programmato di piene artificiali può avere effetti positivi sugli ecosistemi fluviali; molti esempi mostrano infatti che perifiton, macroinvertebrati e habitat per pesci possono essere significativamente influenzati dai rilasci delle piene.
- Gli effetti sul biota possono essere diversi, in dipendenza della intensità delle portate e del numero di piene precedenti.
- Per esempio, alcune sperimentazioni evidenziano che più piene con magnitudine diversa sono necessarie per eliminare i sedimenti fini e migliorare le condizioni delle aree di frega per la fauna ittica.
- Per ulteriori dettagli si rimanda a Robinson C.T., Maiolini B., 2009 e alla bibliografia segnalata nell'articolo.



Figura 18 - Il fiume Spöl (Svizzera) in un periodo di magra (a sinistra) e durante una piena programmata (a destra) (Foto: C. Robinson)

logica del corso d'acqua a scala di bacino e/o a scala di tratto fluviale (intendendo con questo una porzione significativa del corso d'acqua che va ben oltre il sito locale ove si riscontra l'incisione).

- Per ovviare o compensare la situazione di incisione, l'intervento di riqualificazione prevede di effettuare una diversificazione morfologica dell'alveo, la modifica del tracciato planimetrico per il ripristino della sinuosità (riducendo così la pendenza e la capacità erosiva della corrente) e l'allargamento della sezione trasversale in modo naturaliforme, così da favorire la dissipazione dell'energia fluviale in eccesso.

- In questi casi, l'intervento previsto deve essere di più ampio

respiro rispetto alla semplice azione locale ed ha lo scopo di accelerare o creare le condizioni perché il corso d'acqua evolva verso una situazione di equilibrio dinamico.

- Si rimanda al Par. 7.1.2. della "Scheda erosione spondale".

### 5.2.2 Azione: laminazione delle piene a monte del tratto in esame

- Se le condizioni del bacino sono tali per cui sono drasticamente diminuite le aree di laminazione, occorre mettere in campo azioni che cerchino per quanto possibile di aumentare nuovamente lo spazio a disposizione del corso d'acqua per diminuire la velocità e la forza erosiva.

- Si rimanda alla "Scheda rischio idraulico".

## 5.3 OBIETTIVO: RIEQUILIBRIO DEL REGIME DELLE PORTATE SOLIDE E LIQUIDE A VALLE DELLE DERIVAZIONI

### 5.3.1 Azione: gestione del regime delle portate solide e liquide

- Gli sbarramenti per l'accumulo e/o la derivazione di acque ad uso irriguo/idroelettrico/idropotabile modificano spesso in modo sostanziale il regime idrologico dei corsi d'acqua.

- Gli effetti negativi si fanno sentire sia sulle comunità biologiche (a causa, ad esempio, dell'aumento delle oscillazioni giornaliere di

portata *-hydropeaking-* o della diminuzione delle portate di magra), che sui meccanismi che governano l'evoluzione morfologica del corso d'acqua (a causa della possibile diminuzione di frequenza ed intensità delle portate formative), con conseguenze indirette sull'ecosistema (diminuzione degli habitat, ecc.).

- Il fenomeno dell'*hydropeaking* ha però notevoli conseguenze anche sull'aumento delle forze erosive e può generare/aumentare la tendenza all'incisione di un corso d'acqua, soggetto a portate più intense ed alla maggiore capacità di erodere il fondo alveo e trasportare i sedimenti a valle.

- Gli sbarramenti possono d'altro canto modificare anche frequenza ed intensità delle portate formative, con le quali il corso d'acqua dovrebbe prendere in carico fonti locali di sedimenti posti a valle dello sbarramento stesso per distribuirli lungo il suo percorso; in questo caso, alla mancanza di flusso di sedimenti causata direttamente dall'opera fluviale, si somma la diminuita capacità del corso d'acqua di trasportare i sedimenti ancora presenti, che potrebbero bilanciare o ridurre le situazioni di incisione.

- A queste due situazioni, che possono anche sommarsi, se ne può infine aggiungere anche una terza, che vede il possibile rilascio di portate eccezionali, conseguenti a periodi di piena, con intensità che possono essere superiori a quelle naturali e che possono generare/aggravare il problema dell'incisione.

- Per far fronte alle situazioni complesse ora descritte si rende necessario modificare il regime dei rilasci dagli sbarramenti così da attuare il fenomeno dell'*hydropeaking*, aumentare la frequenza delle portate formative e diminuire i rilasci improvvisi in caso di piena.

- Gli sbarramenti, oltre ad agire sulle portate liquide, precludono in modo diretto anche il trasporto di sedimenti da monte a valle dello sbarramento.

- Per ovviare al problema occorre agire sul sistema di gestione dei sedimenti accumulatisi a monte dello sbarramento (portate solide), mediante la realizzazione/gestione di opere di fondo che permettano il transito dei materiali nei momenti voluti, oltre che tramite la movimentazione diretta dei materiali accumulatisi nel bacino (si veda il

Par.5.1.3).

- Si veda il "Box - Rilascio di piene formative programmate".

## 6 OBIETTIVI DELLE AZIONI A SCALA LOCALE

- La risoluzione di problemi di incisione le cui cause sono da ricondursi prevalentemente a scala di bacino (si veda Par. 3.1) non può che passare attraverso una pianificazione di area vasta, così da generare risultati duraturi (si vedano le proposte avanzate in tal senso al Cap. 5).

- Nel caso in cui l'analisi del problema mostri chiaramente che l'incisione ha invece cause di origine locale, le considerazioni effettuate nel Cap. 2 "*Approccio generale al problema dell'incisione*", in merito alla necessità di individuare azioni che riportino i corsi d'acqua in incisione in una condizione di **equilibrio morfologico dinamico**, rimangono ancora valide.

- In questo caso, quindi, la progettazione delle azioni atte a risolvere la problematica dovrebbe porsi

Obiettivi	Azioni
Ripristino dell'equilibrio geomorfologico ed innalzamento del profilo di fondo	Induzione della dinamica laterale per l'attivazione di fonti locali di sedimenti
	Aumento della scabrezza per rallentare la corrente e favorire la sedimentazione
	Immissione in alveo dei sedimenti prelevati dai terrazzi fluviali
	Modifica/eliminazione/diversa gestione degli sbarramenti trasversali
	Costruzione di soglie e briglie per la stabilizzazione e l'innalzamento del profilo di fondo

Tabella 2 – Obiettivi e relative azioni a scala locale

il seguente obiettivo:

- **Ripristino dell'equilibrio geomorfologico ed innalzamento del profilo di fondo**

Se l'incisione è limitata e sono presenti fonti di sedimenti locali ed un regime delle portate adeguato, è possibile ipotizzare di innalzare nuovamente il fondo alveo ad un livello prossimo a quello pre-incisione per ricondurre il corso d'acqua verso una situazione di equilibrio dinamico.

Se la situazione di incisione ha raggiunto livelli drammatici e uno studio a scala locale e di bacino ha messo in evidenza che non vi sono più le condizioni per il ripristino del profilo di fondo pre-incisione (ad esempio per la mancanza di adeguate fonti di sedimenti), l'obiettivo degli interventi dovrà essere quello di favorire la creazione di un nuovo assetto di equilibrio del corso d'acqua (alveo, piana inondabile, evoluzione morfologica, ecc.) ad un livello inferiore rispetto a quello esistente prima del manifestarsi dei problemi di incisione.

## 7 ESEMPI DI POSSIBILI AZIONI A SCALA LOCALE IN RELAZIONE AI DIVERSI OBIETTIVI

- Le azioni a scala locale suggerite nei paragrafi successivi in relazione ai diversi obiettivi sono riassunte in Tabella 2.

### 7.1 OBIETTIVO: RIPRISTINO DELL'EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO ED INNALZAMENTO DEL PROFILO DI FONDO

- Le azioni utili per ripristinare l'equilibrio geomorfologico e possibilmente innalzare il profilo di fondo sono ad esempio:

- induzione della dinamica laterale per l'attivazione di fonti locali

di sedimenti

- aumento della scabrezza per rallentare la corrente e favorire la sedimentazione

- immissione in alveo dei sedimenti prelevati dai terrazzi fluviali

- modifica/eliminazione/diversa gestione degli sbarramenti trasversali

- costruzione di soglie e briglie per la stabilizzazione e l'innalzamento del profilo di fondo

- Nei paragrafi seguenti si presentano alcune delle possibili opzioni progettuali e gestionali che possono essere messe in campo in tal senso a scala locale.

#### 7.1.1 Azione: induzione della dinamica laterale per l'attivazione di fonti locali di sedimenti

- Le sponde costituiscono un'eccezionale riserva di sedimenti; i processi di arretramento delle stesse, favorendo l'alimentazione di sedimenti, sono perciò da considerare sicuramente positivi per il riequilibrio di alvei incisi o in incisione.

- Si vedano a tal proposito le considerazioni già effettuate in relazione agli interventi a scala di bacino (Par.5.1.2 "Azione: aumento dell'apporto di sedimenti dalle sponde").

#### 7.1.2 Azione: aumento della scabrezza per rallentare la corrente e favorire la sedimentazione

- Il rallentamento della corrente nel tratto in incisione permette di diminuire le forze erosive che agiscono sul fondo e di favorire il deposito dei sedimenti.

- Tale risultato può essere ottenuto o mediante gli allargamenti di sezione descritti al Par.7.1.3 "Azio-

ne: immissione in alveo dei sedimenti prelevati dai terrazzi fluviali

- oppure attraverso l'aumento di scabrezza dell'alveo, ad esempio mediante l'inserimento di cumuli di tronchi in alveo.

- Si ottiene così una diversificazione morfologica dell'alveo, il ripristino della sinuosità e l'allargamento della sezione trasversale in modo naturaliforme, così da favorire la dissipazione dell'energia fluviale in eccesso.

- Si veda "Box - Aumento della scabrezza mediante posizionamento in alveo di cumuli di tronchi".

#### 7.1.3 Azione: immissione in alveo dei sedimenti prelevati dai terrazzi fluviali

- In alvei incisi le sorgenti di sedimenti contenute nei terrazzi fluviali sono spesso difficilmente attivabili nel breve periodo e si trovano quindi disconnesse dal corso d'acqua.

- Solo nel lungo periodo queste sorgenti possono essere prese in carico e utilizzate dal corso d'acqua per alimentare il trasporto solido e alleviare la situazione di incisione.

- Questi processi possono però essere troppo lenti rispetto alle esigenze immediate di stabilizzazione degli alvei incisi, necessarie per evitare che la situazione peggiori drasticamente.

- Può quindi essere utile procedere ad una immissione diretta in alveo dei sedimenti che costituiscono i terrazzi fluviali, andando così a creare una nuova piana inondabile, più bassa di quella originariamente presente.

- Come ribadito più volte, un

## BOX - AUMENTO DELLA SCABREZZA MEDIANTE POSIZIONAMENTO IN ALVEO DI CUMULI DI TRONCHI

- Il posizionamento di cumuli di tronchi in alvei incisi e canalizzati (A) ha lo scopo, in questa particolare applicazione, di favorire lo sviluppo di dinamiche evolutive del corso d'acqua, in modo da ottenere un rallentamento della corrente, la diminuzione delle forze erosive sul fondo e l'aumento della sedimentazione.
- Pochi tronchi in alveo possono infatti generare lo sviluppo di canali laterali e creare sinuosità (B), permettendo in questo modo anche l'attivazione di fonti laterali di sedimenti che possono tornare ad alimentare l'alveo.
- L'immissione di una maggiore quantità di tronchi (C) porta invece all'attivazione di più marcati processi erosivi nella piana inondabile, che diversificano gli habitat e forniscono ulteriori fonti di sedimenti all'alveo, ora più largo e quindi dotato di una maggior capacità di sedimentazione.

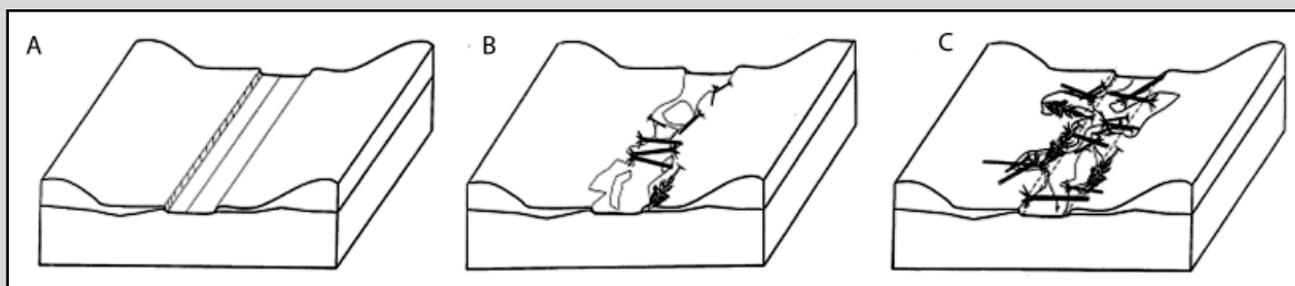


Figura 19 – Posizionamento in alveo di cumuli di tronchi in corsi d'acqua incisi e canalizzati. (tratto da Cederholm, C.J., L.G. Dominguez and T.W. Bumstead. 1997. Fish habitat rehabilitation procedures: Chapter 8 – Rehabilitating stream channels and fish habitat using large woody debris. P.A. Slaney and D. Zaldokas, editors. Watershed Restoration Technical Circular No.9. Ministry of Environment, Lands and Parks and Ministry of Forests.)

## BOX - CREAZIONE DI NUOVA PIANA INONDABILE E IMMISSIONE DI SEDIMENTI IN ALVEO

- L'intervento consiste nel creare (o ricreare) una sezione composta da un alveo a due (o più) livelli: un primo stadio (livello inferiore) per accogliere le portate abituali e le piene più frequenti (quelle formative, con tempo di ritorno 2-3 anni) ed un secondo stadio adiacente (livello superiore) destinato ad accogliere le piene maggiori.
- In questo modo si cerca di ricreare una porzione di pianura inondabile adiacente all'alveo di primo stadio.
- Si tratta di una strategia di intervento particolarmente indicata per il caso di alvei incisi: la nuova piana inondabile può essere infatti ricreata attraverso sbancamenti e ribasso della quota del terrazzo, senza necessariamente interferire con le dimensioni dell'alveo attivo. Si noti che la nuova piana inondabile, consentendo l'espansione delle piene, ne riduce la capacità erosiva, contrastando anche in tal modo l'incisione.
- I sedimenti asportati dal terrazzo devono in questo caso essere immessi nell'alveo inciso, al fine di contribuire ad alleviare la situazione di disequilibrio.

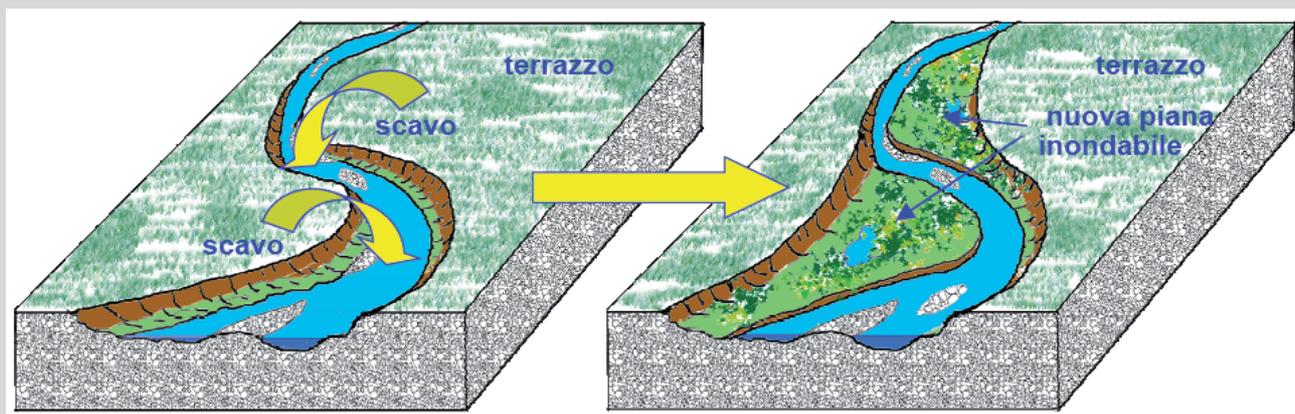


Figura 20 – Creazione di nuova piana inondabile e immissione di sedimenti in alveo (Immagine: Giuseppe Sansoni)

## BOX - REALIZZAZIONE DI CANALI SECONDARI E IMMISSIONE DI SEDIMENTI IN ALVEO

- Soprattutto nel caso di alvei incisi, alcuni canali secondari possono venire completamente abbandonati o percorsi dall'acqua con frequenze molto inferiori, comportando la perdita di funzionalità di questi importanti habitat.
- Lo scavo di alvei secondari punta a recuperare tale funzionalità e, tramite la reimmissione di sedimenti in alveo, ad alleviare la situazione di incisione.



Figura 21.- Creazione di un canale secondario (in giallo) lungo il Torrente Aurino (Bolzano). (tratto da: CIRF (2009). Rivista "Riqualificazione fluviale", Numero 2/2009. Articolo "Riqualificazione fluviale in Alto Adige: gli interventi sul basso corso del torrente Aurino")

tale intervento deve essere preceduto da attenti studi idraulici e geomorfologici che permettano di stabilire il possibile trend evolutivo del corso d'acqua nel nuovo assetto.

- Si vedano "Box - Creazione di nuova piana inondabile e immissione di sedimenti in alveo" e "Box - Realizzazione di canali secondari e immissione di sedimenti in alveo".

### 7.1.4 Azione: modifica/eliminazione/diversa gestione degli sbarramenti trasversali

- Si rimanda alla trattazione del tema effettuata a scala di bacino al Par.5.1.4.

### 7.1.5 Azione: costruzione di soglie e briglie per la stabilizzazione e l'innalzamento del profilo di fondo

- Nelle situazioni in cui sono necessarie soluzioni a breve termine e

occorre stabilizzare velocemente il fondo, per favorire una successiva sedimentazione, può essere adeguato l'utilizzo di soglie, briglie o rampe in pietrame o di tronchi per l'aumento della scabrezza locale (ponendo attenzione al rischio di scalzamento).

- L'obiettivo di medio periodo deve in ogni caso essere per quanto possibile il ripristino di condizioni di equilibrio geomorfologico, raggiungibile in modo prioritario mediante le azioni descritte nei paragrafi precedenti.

- Questa tipologia di azione rischia di essere in serio contrasto con l'obiettivo di raggiungere l'equilibrio geomorfologico del corso d'acqua e deve essere utilizzata in casi eccezionali debitamente documentati.

- Il posizionamento ed il dimensionamento di tali opere deve quindi essere definito nell'ambito di studi geomorfologici che indichino

il trend evolutivo del corso d'acqua e mostrino come una leggera artificializzazione dell'alveo sia effettivamente funzionale per il riequilibrio del sistema e la riqualificazione ecologica e geomorfologica del corso d'acqua.

- Si vedano "Box - Briglie in massi per la redirectione della corrente" e "Box - Briglie porose per la redirectione della corrente".

## BOX - BRIGLIE IN MASSI PER LA REDIREZIONE DELLA CORRENTE

- Le briglie qui proposte sono presentate anche nella “Scheda erosione spondale”, che focalizza l’attenzione sulla loro funzione di allontanamento della corrente da una sponda in erosione.
- Questi sbarramenti trasversali poco elevati sono però utili anche per contrastare l’erosione verticale, in quanto permettono di accumulare sedimenti a monte, innalzare la quota del fondo, ridurre la pendenza e la forza erosiva della corrente (dissipandone l’energia nel salto o per la scabrezza), permettendo inoltre il passaggio dei pesci.
- Per evitare lo scalzamento delle sponde a valle, le briglie dovrebbero avere una piega o una curvatura verso monte, con una incisione (gaveta) di norma non al centro, ma a circa un terzo della larghezza alveo; quando sono rettilinee, infatti, determinano un appiattimento dell’alveo, riducendo la diversità ambientale.
- Se hanno forma ad “S” o altro andamento trasversale asimmetrico, invece, possono simulare elevazioni e cascate naturali, con potenziali benefici per gli habitat.
- La buca di cascata o un’eccessiva elevazione possono creare una barriera al passaggio dei pesci.
- La cascata produce diverse buche (in diverse condizioni idrauliche), gorgi e cadute di velocità, fornendo un habitat di riparo dalla corrente in condizioni di piena. Alla coda della buca si depositano i sedimenti classati, fornendo ai pesci aree di ovoposizione.
- Se la briglia ha una gaveta incisa a “V” si crea un thalweg nella buca che, in tal modo, è più lunga e stretta e genera maggior diversità.
- Se le briglie sono realizzate in serie, il dislivello tra di esse non deve superare la trentina di centimetri, per consentire il passaggio dei pesci. Se isolate, la quota è di norma impostata al livello idrico di base, mantenendo un dislivello di una trentina di centimetri a tutte le portate.
- Se il transito delle fasi giovanili dei pesci è critico, il dislivello non deve superare i 15 cm.
- Molte briglie, frequentemente superiori a 1 o più m, sono perciò biologicamente inadeguate. Funzionando le briglie come trappole per inerti, non vanno sovradimensionate, per evitare di accentuare l’erosione a valle.

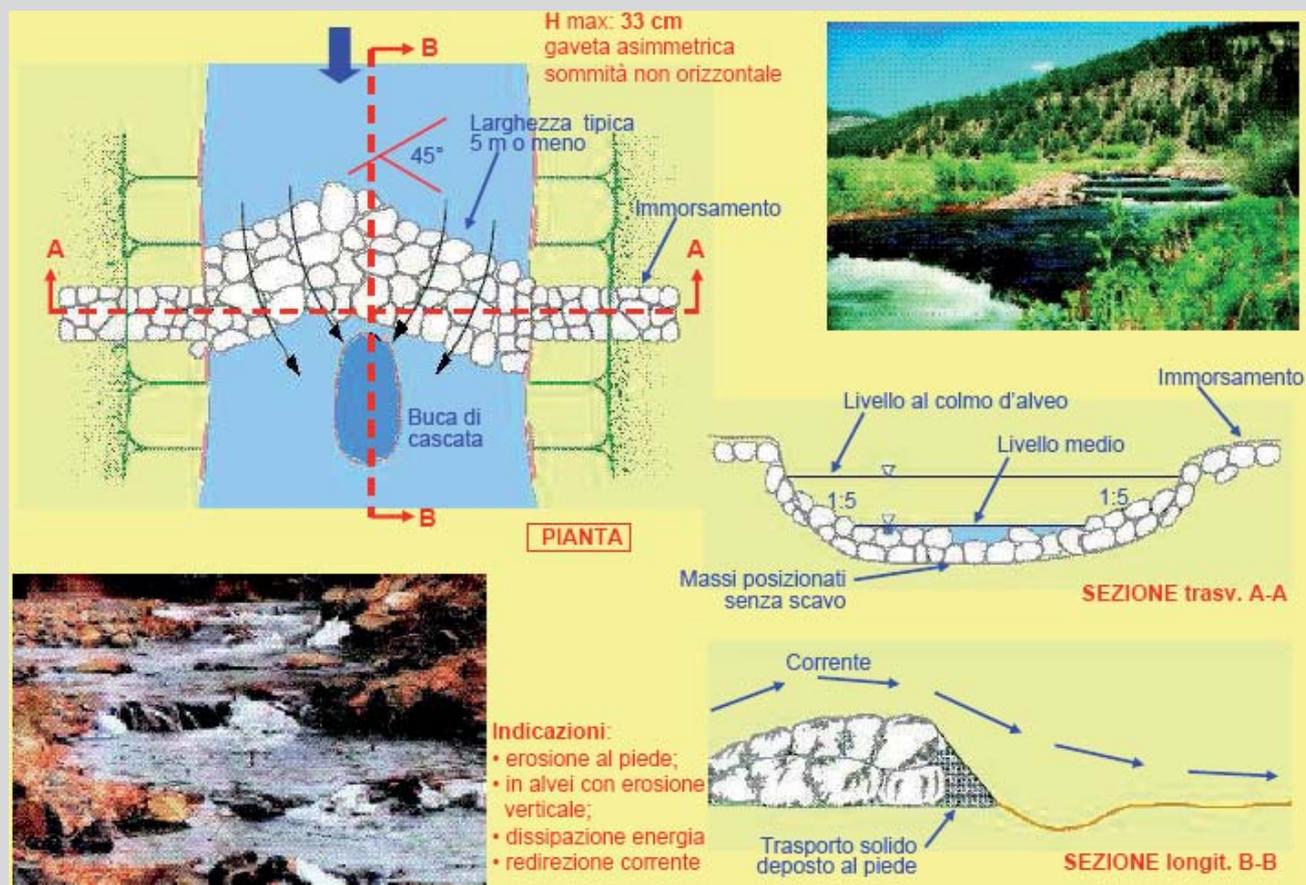


Figura 22 – Briglie per il controllo dell’incisione. (Immagine: Washington State 2002, adattata; © Washington Dept. of Fish and Wildlife)

## BOX - BRIGLIE POROSE PER LA REDIREZIONE DELLA CORRENTE

- Le briglie porose (*vortex, rock weirs*) sono costituite da massi distanziati tra loro e creano un minor risalto idraulico delle briglie classiche; sono presentate anche nella “*Scheda erosione spondale*”.
- La loro funzione principale è la protezione spondale (deviando la corrente verso il centro e dissipando energia), mentre quella delle briglie classiche è il controllo dell’erosione verticale; anche le briglie porose, tuttavia, svolgono parzialmente questa funzione ed hanno vantaggi superiori in termini ecologici.
- Sono indicate soprattutto in alvei ciottolosi o ghiaiosi con pendenza < 3% ed elevato trasporto solido; sono inadatte, invece, negli alvei in sedimentazione o ad elevata pendenza.
- Per la bassa elevazione (sono superate dalla portata al colmo d’alveo) e i larghi interstizi, non interrompono il trasporto solido: a monte, infatti, possono deporsi sedimenti, ma in corrispondenza della briglia l’aumento di velocità favorisce il trasporto.
- Ai fini dell’aumento della scabrezza e della dissipazione d’energia, utile complemento può essere l’introduzione in alveo di massi sparsi e/o di grossi detriti legnosi.
- Per permettere il passaggio dei giovani salmonidi, il dislivello della cascata non deve superare 20 cm.
- I massi utilizzati devono essere stabili alla portata di progetto (portata di piena almeno ventennale). L’angolazione verso monte delle braccia della “V” deve essere 30-40°; se l’alveo è più largo di 12 m è preferibile la forma a “W”.
- La quota della sommità deve scendere dalle sponde al centro, in modo che i massi presso riva siano gli ultimi ad essere sommersi in piena.
- Tipicamente sono realizzate in serie, con dislivelli inferiori a 30 cm.
- La sommità dei massi di piede diviene la nuova quota di fondo dell’alveo. La quota dei massi di testa adiacenti alle sponde deve corrispondere al livello idrico al colmo d’alveo. I massi presso le sponde possono essere sostituiti da tronchi con ceppaia.
- Le considerazioni biologiche sono analoghe a quelle delle briglie classiche, col vantaggio di creare più habitat e di intercettare frammenti legnosi.

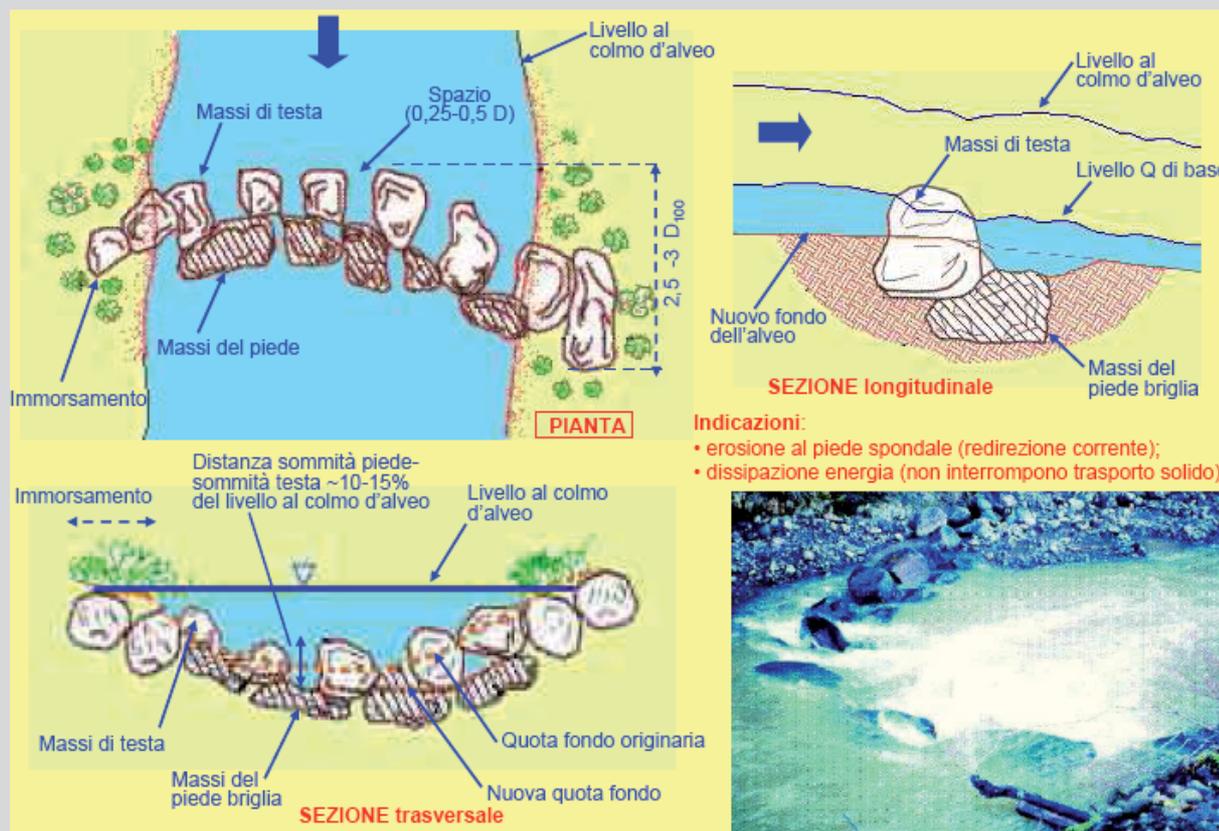


Figura 23 - Briglie porose per il controllo dell'incisione. (Immagine: Washington State 2002, adattata; © Washington Dept. of Fish and Wildlife)

## BIBLIOGRAFIA

*Autorità di bacino interregionale del Fiume Magra (1998)*. "Elementi di progettazione ambientale dei lavori fluviali"

*Baldaccini G., Doni A., Rossi S. (a cura di) (2009)*. Gli invasi artificiali. Elementi per una gestione sostenibile. Manuale tecnico ARPAT. 55 pp.

*Cederholm, C.J., L.G. Dominguez and T.W. Bumstead (1997)*. "Fish habitat rehabilitation procedures". Chapter 8 "Rehabilitating stream channels and fish habitat using large woody debris". P.A. Slaney and D. Zaldokas, editors. Watershed Restoration Technical Circular No.9. Ministry of Environment, Lands and Parks and Ministry of Forests.

*CIRF (2006)*. "La riqualificazione Fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio". Nardini A. e Sansoni G. (curatori) e collaboratori. Mazzanti Editori, Venezia. (www.cirf.org)

*CIRF (2009)*. Rivista "Riqualificazione fluviale", Numero 1/2009. Articolo "Effetti ecologici di piene programmate in un fiume regimato". A cura di Robinson C.T., Maiolini B., (scaricabile dal sito www.cirf.org)

*CIRF (2009)*. Rivista "Riqualificazione fluviale", Numero 2/2009. Articolo "Riqualificazione fluviale in Alto Adige: gli interventi sul basso corso del torrente Aurino" (scaricabile dal sito www.cirf.org)"

*Collins B., Dunne T. (1990)*. Fluvial geomorphology and river-gravel mining: a guide for planners, case studies included. California Department of Conservation, Division of Mines and Geology, Special Publication 98, 29 pp.

*Jaeggi M., Zarn B. (1999)*. Stream channel restoration and erosion control for incised channels in Alpine environments. In: Darby, S.E. & Simon, A. (Eds), *Incised River Channels. Processes, Forms, Engineering and Management*, Wiley: 343-369.

*Kondolf G.M (1994)*. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining.

*Landscape and Urban Planning, 28:* 225-243.

*Kondolf G.M. (1997)*. Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental management, 21(4):* 533-551.

*Kondolf G.M. Piegay, H. (Eds), (2003)*. Tools in Fluvial Geomorphology, John Wiley & Sons, 696 pp.

*Lagasse P.F., Winkley B.R., Simons D.B. (1980)*. Impact of gravel mining on river system stability. *J.Waterway, Port, Coastal and Ocean Div., ASCE, 106:* 389-404.

*Lamberti A. (1993)*. Le modificazioni recenti verificatesi nell'asta principale del Po e problemi connessi. *Acqua-Aria, 6:* 589-592.

*Legambiente e Protezione Civile (2008)*. "Le buone pratiche per gestire il territorio e ridurre il rischio idrogeologico" (scaricabile dal sito www.cirf.org)

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

*Rinaldi M. (2007)*. "Approfondimenti dello studio geomorfologico dei principali alvei fluviali nel bacino del Fiume Magra finalizzato alla definizione di linee guida di gestione dei sedimenti e della fascia

di mobilità funzionale". Relazione Finale Convenzione di Ricerca tra Autorità di Bacino del Fiume Magra e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze, 154 pp.

*Rinaldi M., Simon A. (1998)*. Bed-level adjustments in the Arno River, Central Italy. *Geomorphology, 22 (1):* 57-71.

*Sansoni G. (1993)b*. Una nuova cultura idraulica ed ambientale. In: G. Sansoni, P.L. Garuglieri, *Il Magra*. Analisi, tecniche e proposte per la tutela del fiume e del suo bacino idrografico. Ed. WWF Italia, 95 pp

*Shields F.D., Brookes A., Haltiner J. (1999)*. Geomorphological approaches to incised stream channel restoration in the United States and Europe. In: Darby, S.E. & Simon, A. (Eds), *Incised River Channels. Processes, Forms, Engineering and Management*. John Wiley & Sons Ltd: 371-394.

*Shields F.D. Jr., Copeland R.R., Klingeman P.C., Doyle M.W., Simon A. (2003)*. Design for stream restoration. *Journal of Hydraulic Engineering, 129 (8):* 575-584.

*Schumm S.A., Harvey M.D., Watson C.C. (1984)*. *Incised Channels: Initiation, Evolution, Dynamics, and Control*. Water Resources Publication, Littleton, Colorado, 200 pp.

*Simon A., Darby S. E. (2002)*. Effectiveness of grade-control structures in reducing erosion along incised river channels: the case of Hotophia Creek, Mississippi. *Geomorphology 42:* 229- 254 (www.elsevier.com/locate/geomorph).

*Strahler A.N. (1957)*. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union Transactions 38:* 913-920.

---

*Surian N., Rinaldi M. (2003).* Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology* 50: 307-326.

*Washington State (2002).* "Integrated streambank protection guidelines". Washington State, Dept. of Fish and Wildlife, Dept. of Transportation, Dept. of Ecology, 622 pp. (scaricabile dal sito <http://www.wdfw.wa.gov/hab/ahg/ispg-doc.htm> )





Il CIRF è un'associazione culturale tecnico scientifica senza fini di lucro, fondata nel 1999 per promuovere una gestione più sostenibile dei corsi d'acqua e favorire il dibattito tecnico-scientifico sull'approccio e le tecniche della riqualificazione fluviale.

Per conseguire questi obiettivi conduce attività di:

- formazione (corsi, viaggi studio, pubblicazioni tecnico-scientifiche);
- informazione (sito web, eventi, pubblicazioni divulgative, documenti di opinione);
- progetti pilota innovativi e ad alta valenza divulgativa (studi, piani..)

Attualmente il CIRF è membro del consiglio direttivo dell'*ECRR (European Centre for River Restoration)*, un'omologa organizzazione internazionale che mira a creare una rete europea tra istituzioni di rilievo nazionale che operano nel settore della Riquilificazione Fluviale.

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

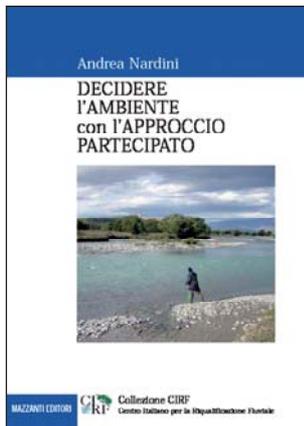
## LE NOSTRE PUBBLICAZIONI



### **La Riquilificazione Fluviale in Italia.** **Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio.**

Un testo di 832 pagine che non si limita alle tecniche, ma le subordina alle strategie. Ma come metterle in pratica? Ecco allora le linee guida operative, rivolte soprattutto a chi ha potere decisionale; l'approccio tecnico integrato, una rivoluzione nel modo di pianificare e progettare; gli orientamenti alle tecniche d'intervento, dalla progettazione dell'assetto geomorfologico alle tecniche di protezione spondale e agli interventi di miglioramento dell'habitat; un metodo innovativo (FLEA) per misurare lo stato ecologico; i casi studio che illustrano esperienze reali.

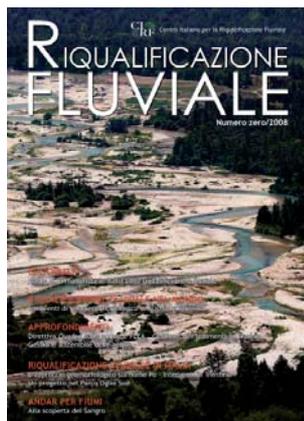
Per una presentazione più esaustiva del testo è possibile consultare la pagina web: [www.cirf.org](http://www.cirf.org)



### **Decidere l'ambiente.** **Una visione generale e indicazioni operative sulla problematica acqua, con esemplificazione sul fiume Taro.**

Un libro che parla in modo originale delle tematiche inerenti le decisioni in ambito pubblico, che cerca di renderle accessibili con una esemplificazione sufficientemente completa da far capire di cosa si tratta, ma non eccessivamente profonda, per non disperdere il lettore.

Per una presentazione più esaustiva del testo è possibile consultare la pagina web: [www.cirf.org](http://www.cirf.org)



### **Rivista "RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE"**

Si tratta di una rivista scaricabile gratuitamente online dal sito CIRF da associati e non associati ed esclusivamente dedicata al tema della riqualificazione fluviale.

Nasce con lo scopo di allargare quanto più possibile il confronto in merito ai temi della riqualificazione fluviale. Una rivista immaginata come un contenitore aperto ai contributi di enti pubblici, università, centri di ricerca, professionisti, associazioni che vogliano divulgare esperienze realizzate o situazioni di particolare interesse."

Per ulteriori informazioni consultare la pagina web: [www.cirf.org](http://www.cirf.org)

