



Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale

R RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE

Numero 3.3/2010

speciale

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

Scheda 3 - SOVRALLUVIONAMENTO



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 distribuisi 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 3.3/2010

SOMMARIO

5	PREFAZIONE
7	INTRODUZIONE ALLE BUONE PRATICHE
9	SOVRALLUVIONAMENTO
9	1 PREMESSA
9	2 APPROCCIO GENERALE AL PROBLEMA DEL SOVRALLUVIONAMENTO
9	2.1 IL PROBLEMA
10	2.2 EFFETTI NEGATIVI DELL'ESTRAZIONE DI INERTI IN ALVEO (DISALVEO)
14	2.3 L'APPROCCIO PROPOSTO
15	3 ANALISI DELLE CAUSE
15	3.1 SCALA DI BACINO
15	3.2 SCALA LOCALE
15	4 OBIETTIVI DELLE AZIONI A SCALA DI BACINO
16	5 ESEMPI DI POSSIBILI AZIONI A SCALA DI BACINO IN RELAZIONE AI DIVERSI OBIETTIVI
16	5.1 OBIETTIVO: DIMINUZIONE DELL'APPORTO SOLIDO DA MONTE
16	5.1.1 Azione: forestazione per il controllo degli apporti di sedimenti dai versanti
16	5.1.2 Azione: riqualificazione morfologica: ampliamento del corridoio di migrazione dei meandri
17	6 OBIETTIVI DELLE AZIONI A SCALA LOCALE
17	7 ESEMPI DI POSSIBILI AZIONI A SCALA LOCALE IN RELAZIONE AI DIVERSI OBIETTIVI
17	7.1 OBIETTIVO: GARANTIRE LE DINAMICHE MORFOLOGICHE ED ECOLOGICHE E GLI HABITAT PRESENTI
17	7.1.1 Azione: non intervenire
18	7.2 OBIETTIVO: RIMUOVERE LE CAUSE LOCALI DELL'ACCUMULO DI SEDIMENTI E/O FAVORIRE LE DINAMICHE MORFOLOGICHE
18	7.2.1 Azione: rimuovere le strozzature a valle
18	7.2.2 Azione: rimuovere il confinamento dell'alveo a valle
18	7.2.3 Azione: aumento locale della pendenza
19	7.2.4 Azione: riqualificazione morfologica: ampliamento del corridoio di migrazione dei meandri
19	7.3 OBIETTIVO: RIMUOVERE L'ACCUMULO DI SEDIMENTI, MITIGANDO E COMPENSANDO GLI IMPATTI DELL'INTERVENTO
19	7.3.1 Azione: trasferimento dei sedimenti nei tratti incisi, compensazione e mitigazione degli impatti sull'ecosistema
19	BOX - PRECAUZIONI PER IL TRASFERIMENTO DEI SEDIMENTI DAI TRATTI IN SEDIMENTAZIONE A QUELLI INCISI
22	BOX - PRECAUZIONI IN FASE DI CANTIERE
22	BIBLIOGRAFIA

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.

stivo 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 approccio¹, 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.

¹ 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)

Sovralluvionamento

1 PREMESSA

- Le buone pratiche descritte nella presente scheda si occupano del problema del **sovralluvionamento**, suggeriscono valutazioni ed analisi necessarie per stabilire la reale esistenza del problema e indicare le precauzioni da seguire nel caso si decida di procedere con interventi di **disalveo** (estrazione di inerti in alveo), al fine di minimizzare gli importanti impatti negativi che una tale pratica produce sui corsi d'acqua.

- Secondo l'approccio della **riqualificazione fluviale**, 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), le operazioni di disalveo sono infatti, nella maggior parte dei casi, ingiustificate, mentre sarebbe più corretto ripristinare e assecondare i processi evolutivi geomorfologici e degli ecosistemi fluviali o comunque tenerne conto durante le movimentazioni di sedimenti nel corso d'acqua.

- Le **modifiche all'assetto dell'alveo** dovrebbero quindi essere prese in considerazione solo dopo aver adeguatamente indagato il funzionamento idraulico, geomorfologico, ecosistemico del corso d'acqua in studio, le ricadute di medio e lungo periodo degli interventi e la loro sostenibilità tecnico-economica.

- La scheda in oggetto 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 DEL SOVRALLUVIONAMENTO¹

2.1 IL PROBLEMA

- La sedimentazione (o aggradazione) consiste in un innalzamento della quota del fondo alveo a causa del deposito di sedimenti. Non comprende gli accumuli localizzati od occasionali, bensì solo quelli *generalizzati*, estesi ad un lungo tronco fluviale e persistenti a lungo termine.

- Il termine *sovralluvionamento*, benché generico, impreciso ed estraneo al linguaggio scientifico geomorfologico, è ampiamente usato nel "gergo" della gestione dei fiumi per sottolineare il carattere "anomalo" (anche se, spesso, solo presunto) di un accumulo di sedimenti (prescindendo dalla natura dei processi che lo hanno generato) e, implicitamente, per segnalare la necessità della sua rimozione. Il fenomeno, se persistente negli anni, progressivo ed esteso ad un lungo tratto, dovrebbe essere chiamato *sedimentazione*; in caso contrario, *accumulo locale*.

- Il termine *sovralluvionamento* dovrebbe dunque essere abbandonato; in questa scheda viene usato solo per la sua ampia diffusione nella pratica.

¹ Tratto dal 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), Capitolo 2 "Rischio", Paragrafo 2.2 "L'approccio classico alla sistemazione dell'alveo e altri miti", Box "Estrazione di inerti: dallo sfruttamento alla gestione".

- Parlare di sovralluvionamento (con il suo implicito richiamo ad un intervento di disalveo) è particolarmente fuorviante quando usato per indicare un accumulo locale nel contesto di un corso d'acqua che, a scala più ampia, è soggetto ad incisione (ed avrebbe perciò bisogno di aumentare gli apporti solidi, anziché asportarli).

- Il sovralluvionamento viene di solito segnalato in aree ben localizzate a monte di restringimenti del corso d'acqua (ponti con sezione idraulica insufficiente, alvei canalizzati, ecc.), ma talora su estesi tratti fluviali. Spesso il termine è usato erroneamente per indicare accumuli del tutto normali, come le barre; in realtà una barra, sebbene sia una forma di deposito, non rappresenta un fenomeno anomalo (e, tantomeno, generalizzato e persistente) del fondo, ma un elemento morfologico del tutto normale dei corsi d'acqua in equilibrio dinamico che, in quanto tale, si sposta gradualmente piena dopo piena.

- L'estrazione di sedimenti da alvei fluviali (disalveo) viene spesso motivata dal fatto che il fiume è in sovralluvionamento e che la rimozione dell'eccessiva quantità di sedimenti è indispensabile per una sua migliore "efficienza idraulica" (Figura 1).

- Quasi mai questi interventi vengono suffragati da studi geomorfologici e l'estrazione di inerti in alveo viene generalmente effettuata senza motivazioni adeguate.

- Per decidere se esiste realmente il sovralluvionamento (e se occorre intervenire per rimuoverlo) è quindi necessario svolgere adeguate indagini geomorfologiche volte a verificare se il deposito di sedimenti è davvero anomalo (e quindi può essere considerato sovralluvionamento), oppure se è generato da naturali dinamiche evolutive.

- Occorre perciò capire se il corso d'acqua si trova in una fase di sedimentazione eccessiva (disequilibrio geomorfologico), o se il deposito di sedimenti, al contrario, si manifesta su un alveo precedentemente inciso (in tal caso la sedimentazione è un fenomeno positivo, di recupero dell'equilibrio), oppure se la sedimentazione è effettivamente anomala e localizzata, generata da particolari situazioni locali.

- In ogni caso, la tipologia di azione deve basarsi sulla comprensione del problema, delle sue cause e delle conseguenze dell'eventuale intervento sull'intera asta fluviale e non solo localmente.

- Si tenga inoltre conto che, sul-

la base degli studi disponibili, in Italia sono quasi da escludersi casi in cui fiumi alluvionali abbiano subito negli ultimi decenni fenomeni diffusi di *sedimentazione*, seppure non siano rare situazioni locali e particolari di sedimentazione in atto (ad es. un tratto di fiume a monte del quale si è verificata una frana, o alla confluenza di un affluente con forte trasporto solido).

- Questo significa che in genere la maggior parte delle situazioni in cui si segnala un sovralluvionamento fa in realtà riferimento ad alvei precedentemente incisi o comunque non in fase di netta sedimentazione.

2.2 EFFETTI NEGATIVI DELL'ESTRAZIONE DI INERTI IN ALVEO (DISALVEO)

- L'intervento più frequente col quale viene affrontato un sovralluvionamento è il **disalveo**. È piuttosto diffusa, infatti, l'opinione che l'estrazione di inerti sia positiva ai fini idraulici in quanto comporta un aumento della sezione dell'alveo ed una maggiore "efficienza idraulica".

- Questa classica pratica idraulica ("aumentare la sezione, ridurre la scabrezza") può avere un effetto immediato positivo in loco sul problema delle esondazioni, perché aumenta la portata veicolabile dal

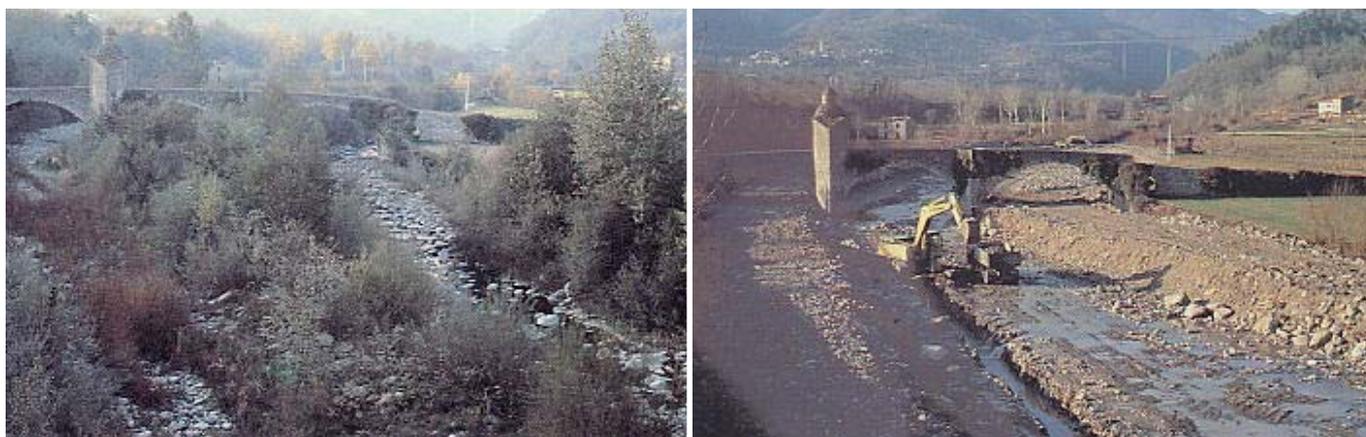


Figura 1 – Interventi di disalveo, nel caso specifico preparatori alla costruzione di difese spondali (Foto: Giuseppe Sansoni)

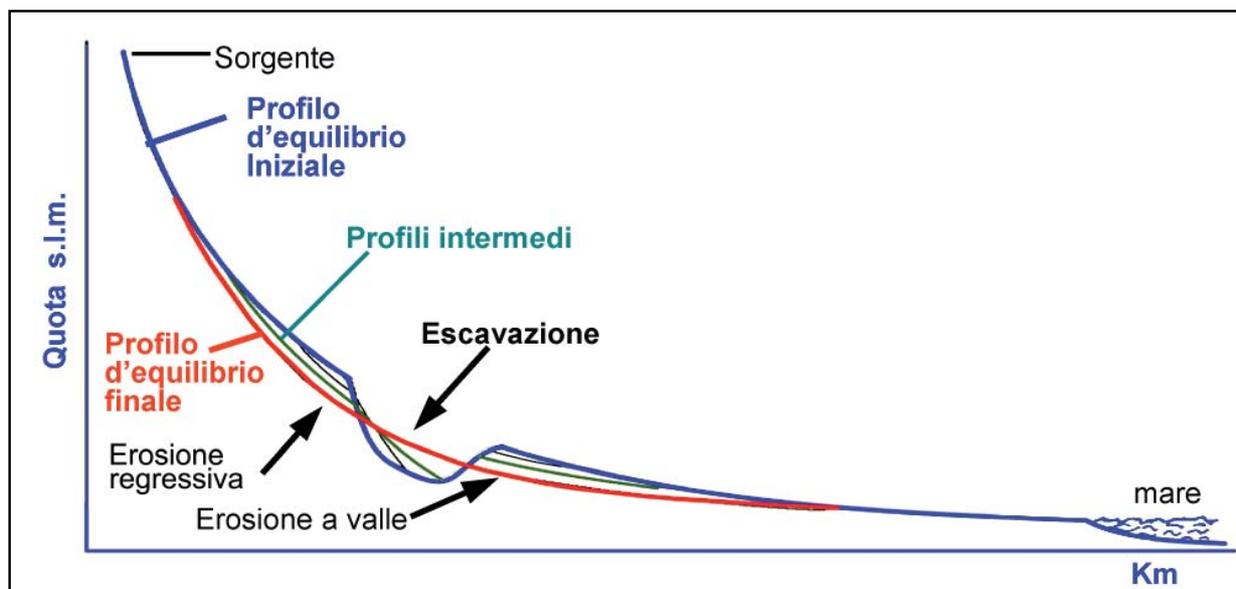
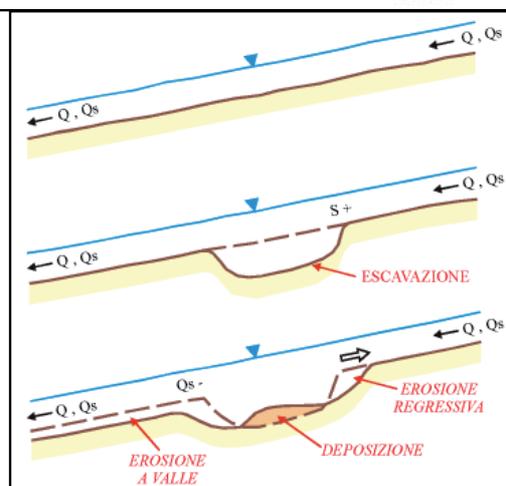


Figura 2 - Effetti morfologici verso monte e verso valle dell'estrazione di inerti dagli alvei fluviali. A destra (visione locale): al margine di monte della buca, per la maggior pendenza, si innesca l'erosione regressiva; poiché la buca intrappola i sedimenti in arrivo –interrompendo il trasporto solido– l'erosione si propaga anche a valle di essa. Sopra (visione d'insieme, profilo longitudinale): nel corso degli anni il deficit solido causato dall'escavazione locale si redistribuisce lungo le intere aste fluviali, producendo un'erosione generalizzata dalla sorgente alla foce. (Figura a sinistra: KONDOLF, 1994, ritoccata da Massimo Rinaldi; figura a destra di Giuseppe Sansoni)



tronco fluviale (una data portata transita con livelli idrici inferiori), ma peggiora il rischio a valle, perché accelera e concentra i deflussi, quindi accentua il picco di piena.

- Inoltre, in generale destabilizza l'equilibrio geomorfologico, innescando una spirale di dissesti, manutenzione continua, costi.

- È ampiamente documentato dalla letteratura scientifica, infatti, che solo in particolari situazioni, ad esempio in corsi d'acqua in sedimentazione (quindi con progressivo innalzamento del fondo), il disalveo può essere positivo dal punto di vista geomorfologico; ma nelle altre situazioni, come quelle presenti nella maggior parte dei corsi d'acqua italiani, l'estrazione di inerti produ-

ce una serie di effetti negativi che devono essere assolutamente considerati.

- Questi effetti, del tutto analoghi a quelli delle escavazioni di inerti, sono qui brevemente descritti, con la duplice avvertenza che 1) si riferiscono principalmente al caso di gran lunga più frequente (rimozione di un accumulo locale nel contesto di un corso d'acqua che, a scala più ampia, è soggetto al fenomeno opposto, di incisione) e 2) spesso gli effetti non si manifestano nel tratto sottoposto a disalveo, ma a valle e a monte di esso.

Effetti morfologici ed idrogeologici

- Incisione a monte. Oltre

all'abbassamento diretto del livello del fondo nel punto di estrazione, l'escavazione altera il profilo longitudinale, creando un aumento locale di pendenza che tende a migrare verso monte (erosione regressiva, Figura 2).

- Incisione a valle. Il disturbo si propaga anche verso valle, in particolar modo se l'estrazione è intensa e prolungata. La cavità d'escavazione, infatti, agendo da trappola per i sedimenti, ne interrompe il trasporto a valle, ove l'erosione diviene prevalente per l'eccesso di energia della corrente e il ridotto apporto di sedimenti da monte (Figura 2).

- Instabilità dell'alveo. L'incisione è spesso accompagnata da instabilità laterale e variazioni di

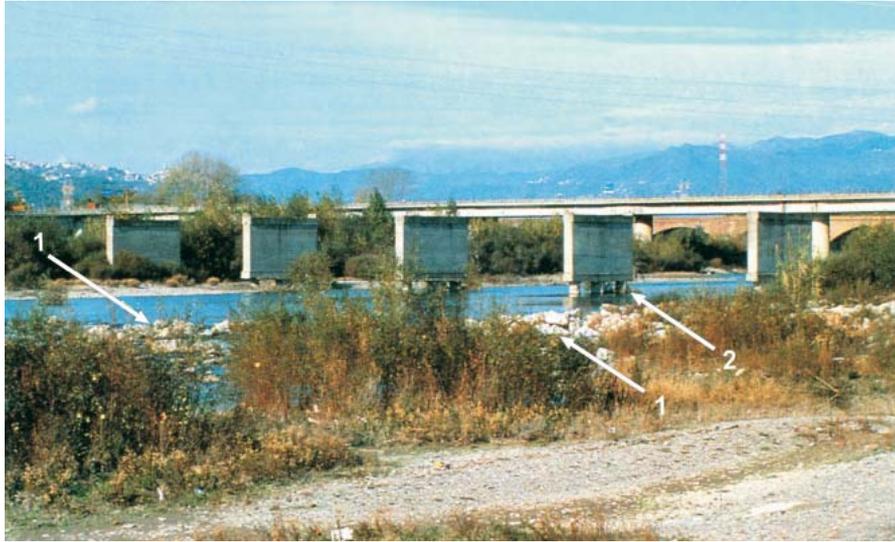


Figura 3 - Fiume Magra (SP), 1987. L'erosione retrograda indotta dalle escavazioni ha indebolito e, nel 1970, provocato il crollo del ponte di Romito (i cui resti sono indicati dalle frecce 1). Dopo oltre 15 anni dall'interruzione delle escavazioni, lo scalzamento dei piloni del nuovo ponte (freccia 2) –costruito in sostituzione del precedente– mostra che il deficit solido sta ancora redistribuendosi lungo l'intera asta fluviale, minacciando la stabilità dei manufatti. La convenienza delle escavazioni in alveo sussiste solo da un punto di vista privatistico, se qualcun altro (la collettività) ne paga i costi, ambientali ed economici. (Foto: Giuseppe Sansoni)

larghezza, innescando erosione delle sponde e migrazione laterale in tratti precedentemente stabili.

- Corazzamento dell'alveo. Il diffuso abbassamento del fondo innescato dalle escavazioni può proseguire fino ad incontrare uno strato di sedimenti più grossolani (strato "corazzato", deposto in epoche precedenti).
- Instabilità di manufatti e infrastrutture. Come risultato dell'abbassamento del fondo, le pile dei ponti o altre strutture su piloni o pali possono essere "scalzate" e destabilizzate (Figura 3), mentre condotte o altre strutture sepolte sotto il fondo possono essere esposte o danneg-

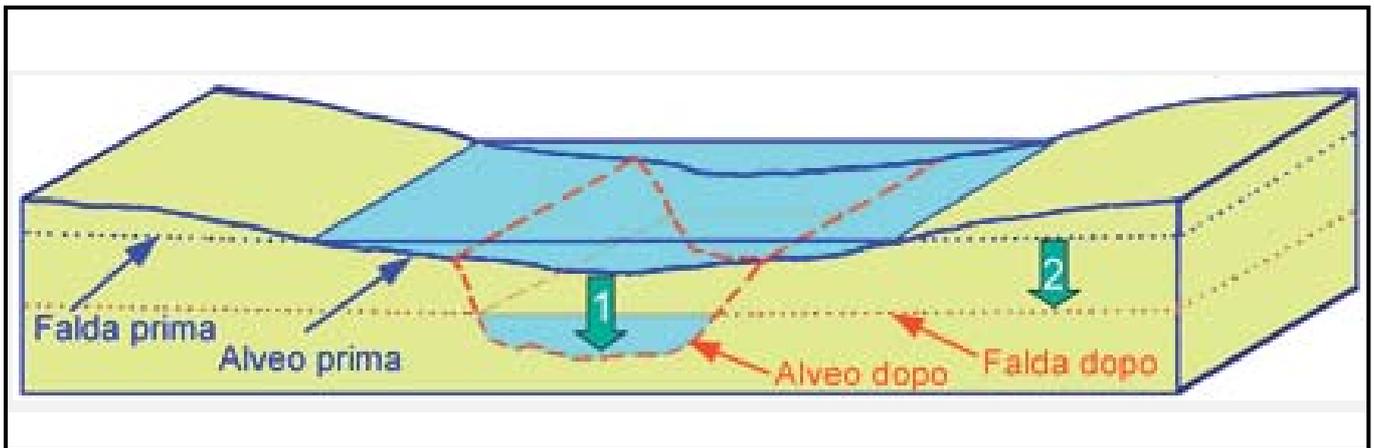


Figura 4 - Abbassamento della falda freatica conseguente alle escavazioni in alveo. L'abbassamento del fondo (freccia 1) induce un "effetto canalizzazione" dell'alveo (sponde più ripide) e l'abbassamento del pelo libero dell'acqua (in continuità col livello della falda); ne deriva il drenaggio della falda il cui livello si abbassa (freccia 2) su tutta l'estensione dell'acquifero della piana provocando problemi collaterali, per esempio tipicamente la difficoltà di approvvigionamento e/o l'aumento dei costi di sollevamento (pompaggio). (Figura: Giuseppe Sansoni)

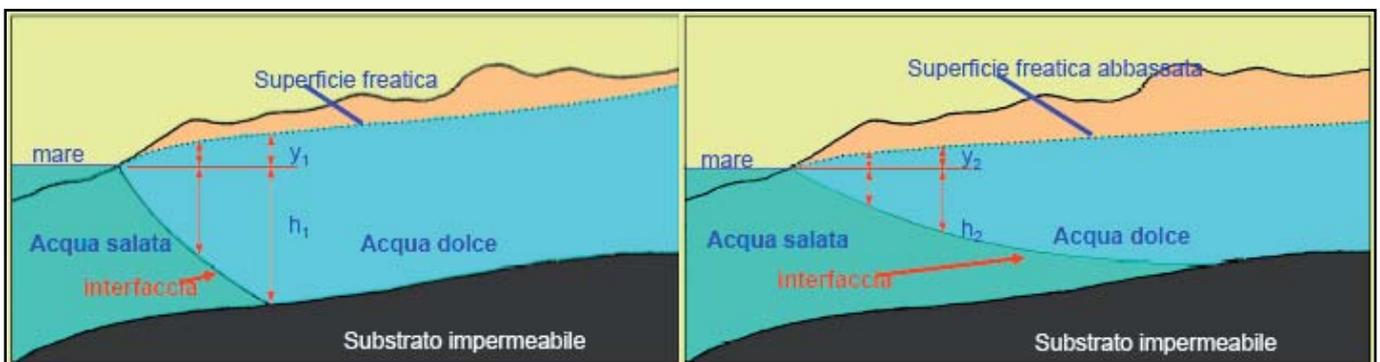


Figura 5 - Avanzamento del cuneo salino indotto dalle escavazioni. Nella fascia costiera la quota dell'interfaccia tra acqua salata e dolce (che galleggia sulla prima; h_1 e h_2 indicano la profondità dell'interfaccia) è determinata dalla pressione idrostatica esercitata dall'acqua dolce, cioè dalla quota della superficie freatica s.l.m. (y_1 e y_2). Lo schizzo a sinistra mostra le condizioni normali; a destra, la ridotta pressione idrostatica ($y_2 < y_1$), l'innalzamento dell'interfaccia dolce-salata ($h_2 < h_1$) e la penetrazione del cuneo salino. Per ogni m di abbassamento della superficie freatica, l'interfaccia si innalza di circa 30 m, con una forte penetrazione del cuneo salino nell'entroterra (infatti la profondità dell'interfaccia sotto il livello del mare si ricava da $h = y / (d_s - d_d)$ dove d_s (densità acqua salata) $\cong 1,035$ e d_d (densità acqua dolce) $\cong 1,001$). (Figura: Giuseppe Sansoni)



Figura 6 - F. Vara a Piana Battolla (SP), 1988. A sinistra: l'alveo viene spianato dalla ruspa (freccia), con rimozione delle barre e della vegetazione. In magra l'acqua si disperde su una sezione molto ampia, scorrendo molto lentamente e in strato sottile; l'ambiente è inospitale per i macroinvertebrati e i pesci. A destra: stesso sito, in piena moderata. L'increspatura uniforme della superficie rivela l'uniformità del fondo; i pesci, privi di ripari ed esposti all'impeto della corrente, accumulano nei muscoli quantità di acido lattico tali da poterli condurre a morte in pochi giorni. (Foto: Giuseppe Sansoni)

giate.

- Erosione costiera. Il deficit di sedimenti prodotto dalle estrazioni può avere effetti importanti anche sull'equilibrio delle coste, innescando o accentuando l'arretramento delle spiagge.

- Abbassamento della falda freatica. L'incisione dell'alveo è accompagnata da un abbassamento del pelo libero dell'acqua e delle falde ad essa idrologicamente connesse (Figura 4). Tra le conseguenze, le difficoltà di approvvigionamento idrico, la scomparsa di aree umide e l'alterazione della vegetazione riparia (suolo più secco). Nelle zone costiere, l'abbassamento della falda può favorire l'ingresso del cuneo salino (Figura 5). Inoltre, anche la riduzione della frequenza di esondazione -conseguente all'approfondimento dell'alveo e al suo "effetto canalizzazione"- riduce la ricarica naturale delle falde.

Effetti idraulici

- Effetti sulla frequenza di esondazione nel tratto di estrazione. L'effetto complessivo dell'escavazione, come già osservato, è generalmente quello di una riduzione

della frequenza di esondazione, a causa soprattutto del significativo aumento dell'area della sezione; ciò comporta un aggravio della pericolosità idraulica a valle, per l'arrivo di portate di piena maggiori (in pratica si trasferisce il problema a valle). Generalmente, inoltre, per l'effetto canalizzazione (Figura 4) e la riduzione di scabrezza (es. rimozione delle barre), si verifica un'accelerazione della corrente che può accentuare il picco di piena a valle.

Effetti ecologici ed ambientali

- Perdita di habitat acquatici e ripari. Molti sono gli impatti dell'estrazione di sedimenti sugli habitat, tra cui:

- la distruzione di forme fluviali (raschi, buche, barre), ricche di habitat per le specie acquatiche;
- il corazzamento del fondo e la risultante scarsità di ghiaia di granulometria adatta sottraggono habitat essenziali per la deposizione di uova ed hanno perciò ripercussioni particolarmente dannose sui popolamenti ittici;
- l'asportazione di barre può avere profondi impatti sugli habitat acquatici, creando una sezione larga e piatta, sfavorevole sia in condizioni di magra (minor veloci-

tà, maggior riscaldamento) sia in condizioni di piena (scomparsa di ripari dalla corrente: Figura 6);

- l'instabilità dell'alveo può risultare in una distruzione della vegetazione riparia che, a sua volta, causa perdita di habitat, di ombreggiamento e di risorse alimentari per gli organismi acquatici;
- la riduzione della frequenza di inondazione causa la perdita di aree umide e degli habitat associati, tra cui importanti nursery per l'ittiofauna.

- Altri effetti quali:

- incremento di torbidità a valle durante le attività estrattive, con effetti negativi sulle popolazioni di invertebrati e di pesci (es. seppellimento delle uova e degli stadi vitali fissati al substrato);
- il rumore delle attività estrattive e il traffico di mezzi pesanti scoraggiano la vita selvatica nelle zone riparie;
- impatti legati alla costruzione e alla presenza di infrastrutture tecnologiche e di viabilità;
- degradazione estetica del paesaggio (creazione di aree denudate esteticamente spiacevoli, suolo compattato con depressioni, cumuli di materiale, solchi).

- Impatto sulle altre attività socio-economiche e sulla fruizione, per la sottrazione e il deterioramento di aree di elevata qualità ambientale.

2.3 L'APPROCCIO PROPOSTO

- La rimozione del sovralluvionamento dovrebbe essere considerata solo come ultima scelta, essendo una soluzione provvisoria e impattante.

- Obiettivo primario dovrebbe essere quello di preservare l'equilibrio geomorfologico del corso d'acqua, cercando di conservare le caratteristiche morfologiche dell'alveo (alternanza di buche e raschi, presenza almeno parziale di barre di sedimenti, conservazione ove presente della pluricursualità, ecc.).

- Un corso d'acqua in equilibrio geomorfologico, 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.).

- La presenza di opere quali ponti privi della sezione idraulica adeguata, che creano rigurgito e sedimentazione a monte, o di tratti canalizzati e confinati entro argini, portano il corso d'acqua verso una situazione di perdita dell'equilibrio.

- La possibilità di riportare il fiume verso condizioni di equilibrio geomorfologico deve quindi essere attentamente considerata per rimediare alle situazioni di sovralluvionamento (quando dimostrate), agendo prioritariamente sulle cause del problema (ponti stretti, canalizzazioni, ecc.) prima che sugli effetti (rimozione del deposito di sedimenti).

- Nel caso si reputi necessario realizzare un intervento di **disalveo**, occorre **minimizzare la banalizzazione dell'alveo** e la perdita degli habitat disponibili per la comunità macrobentonica e per la fauna ittica (siti riproduttivi, rifugi, ecc.).

- Prima di procedere ad interventi di disalveo occorre dimostrare l'esistenza del problema del sovralluvionamento mediante opportune indagini geomorfologiche, sintetizzate di seguito.

Indagini preliminari speditive

- Per decidere se intervenire o meno in alveo, occorre effettuare almeno le seguenti indagini geomorfologiche preliminari, sebbene sia preferibile e consigliato indagare il problema in modo più approfondito, come suggerito più avanti:

- compilare una scheda speditiva per il rilievo geomorfologico dell'area interessata dal disalveo per verificare la tendenza locale di sedimentazione/incisione;

- valutare se vi è davvero sovralluvionamento nel tratto interessato sulla base di una ricognizione speditiva di informazioni in merito all'evoluzione storica del profilo di fondo (ultimi 50-100 anni) e all'evoluzione recente (ultimi 15-20 anni);

- individuare la presenza di tratti incisi nel bacino in cui spostare i sedimenti eventualmente eliminati dal tratto in esame.

Indagini preliminari complete

- Le seguenti attività di indagine permettono di comprendere il funzionamento geomorfologico del corso d'acqua e la sussistenza o meno del problema del sovralluvionamento:

- effettuare un'attenta analisi preventiva sulla necessità/oppor-

tunità del disalveo basandosi su studi geomorfologici a scala di bacino (realizzati utilizzando la cartografia disponibile, rilievi topografici, sezioni trasversali, profili longitudinali e altri dati) utili a caratterizzare lo stato geomorfologico attuale e le variazioni occorse negli ultimi 15-20 anni; in particolare, accertare se vi è davvero sovralluvionamento nel tratto interessato e/o se vi è incisione nella rete idrografica a valle di esso. Per questo, confrontare lo stato attuale con dati relativi a un periodo di una scala temporale di 50-100 anni fa;

- effettuare campagne di rilevamento aereofotografiche (1 ogni 5 anni indicativamente) di tutta l'asta fluviale, per valutare le variazioni morfologiche (tipologia e posizione delle barre, indice di intrecciamento, ecc.);

- effettuare un rilievo topografico prevedendo un numero adeguato di sezioni rispetto alle caratteristiche morfologiche del tratto interessato; il numero dei transetti va calcolato in funzione della lunghezza del tratto e della lunghezza media delle barre (indicativamente la distanza tra una sezione trasversale e la successiva non deve essere superiore alla lunghezza media delle barre attive). Nell'effettuare tali rilievi è opportuno georiferire le misure e rilevare le forme fluviali di fondo alveo per misurare eventuali irregolarità;

- in alternativa al rilievo topografico, se possibile in base alle caratteristiche fisiche del corso d'acqua da investigare, misurare il trasporto solido utilizzando una "trappola" per il trasporto di fondo; la trappola va posta a monte e a valle del tratto interessato dal disalveo; è opportuno prevedere un numero indicativo di almeno 2-3 misurazioni a monte e a valle (di cui una posta ad una distanza doppia rispetto a quella del tratto

interessato dal disalveo);

- caratterizzare tipologia, stato ed evoluzione della vegetazione spondale al fine di ricavare informazioni sulla dinamica dell'alveo;
- effettuare almeno una campagna di monitoraggio biologico (flora e fauna acquatiche e/o indici morfologici) prima e subito dopo l'eventuale intervento di disalveo e almeno fino ai 3 anni successivi (con frequenza annuale).

3 ANALISI DELLE CAUSE

3.1 SCALA DI BACINO

- Le cause del sovralluvionamento a scala di bacino possono riguardare:

- **Aumento dell'apporto solido da monte**, proveniente ad esempio da frane e versanti deforestati, che rilasciano in alveo più sedimenti di quanto sia necessario per mantenere le condizioni di equilibrio geomorfologico.

3.2 SCALA LOCALE

- Le cause del sovralluvionamento possono essere ricondotte a diverse situazioni a scala locale, descritte brevemente di seguito:

- **Restringimenti di sezione a valle del tratto in esame**, che causano il rallentamento delle acque a monte del restringimento ed il conseguente deposito dei sedimenti (Figura 7).
- **Diminuzione della pendenza dell'alveo**, dovuta ad esempio alla presenza di briglie o traverse che fissano la quota di fondo ad un livello maggiore di quello precedente l'opera, con conseguente diminuzione della pendenza e della velocità e relativa sedimentazione a monte dell'opera (Figura 8).
- **Confinamento dell'alveo a**



Figura 7 – Ponte sul Fiume Vara (SP). La sezione ristretta e gli stessi piloni del ponte inducono un rallentamento a monte e il conseguente deposito dei sedimenti. Si noti l'imprudente localizzazione del ponte e dell'abitato, situati proprio alla confluenza di due corsi d'acqua ove, di conseguenza, gli apporti solidi di entrambi si sommano e gli alvei hanno una spiccata tendenza alla divagazione laterale. (Foto: Parco Naturale Regionale Montemarcello-Magra)



Figura 8 – L'ingente accumulo di sedimenti a monte della diga illustra efficacemente la riduzione di pendenza, la sedimentazione e l'innalzamento della quota del fondo indotte da ogni sbarramento. (Foto: Andrea Goltara)

valle (ad es. mediante arginature vicine all'alveo), il quale crea un restringimento e, come nel caso dei ponti con sezioni idrauliche inadeguate, genera un deposito di sedimenti a monte del tratto confinato.

4 OBIETTIVI DELLE AZIONI A SCALA DI BACINO

- L'analisi dei problemi e delle cause a scala di bacino può suggerire di intervenire a scala vasta piuttosto che localmente, ove il sovralluvionamento si manifesta.

- E' quindi necessario porsi obiettivi, e definire azioni conseguenti, che non sono necessariamente

Obiettivi	Azioni
Diminuzione dell'apporto solido da monte	Forestazione per il controllo degli apporti di sedimenti dai versanti
	Riqualificazione morfologica: ampliamento del corridoio di migrazione dei meandri

Tabella 1 – Obiettivi e relative azioni a scala di bacino

te 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.

- Secondo questa logica, le azioni atte a risolvere a scala di bacino il problema del sovralluvionamento dovrebbero porsi il seguente obiettivo:

- **Diminuzione dell'apporto solido da monte**, intervenendo direttamente sulle fonti di sedimenti oppure facendo in modo che questi si distribuiscono a monte del tratto sovralluvionato.

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

- Le azioni atte a risolvere a scala di bacino il problema del sovralluvionamento sulla base degli obiettivi posti nel capitolo precedente, sono riportate in Tabella 1 e descritte nei paragrafi seguenti.

5.1 OBIETTIVO: DIMINUZIONE DELL'APPORTO SOLIDO DA MONTE

- Se il sovralluvionamento è generato da un aumento di apporto so-

lido da monte, occorre fare in modo che questo diminuisca, agendo direttamente sulla causa (ad esempio rimboschendo versanti deforestati e soggetti perciò ad una erosione accentuata, con maggiore cessione di sedimenti al corso d'acqua) oppure mitigando gli effetti (ad esempio favorendo la sedimentazione a monte del tratto in studio).

5.1.1 Azione: forestazione per il controllo degli apporti di sedimenti dai versanti

- Se uno studio sul trasporto solido evidenzia un apporto in eccesso di sedimenti dai versanti e dalle sponde, il quale causa una sedimentazione eccessiva nei tratti a valle ed è foriera di problemi all'incolumità di persone e beni, è possibile prevedere estesi rimboschimenti dei versanti e delle sponde, così da favorire il loro consolidamento e la diminuzione dei sedimenti apportati al corso d'acqua.

- Questa situazione è alquanto rara nella realtà italiana, caratterizzata per lo più da alvei incisi.

5.1.2 Azione: riqualificazione morfologica: ampliamento del corridoio di migrazione dei meandri

- Nel caso in cui non sia possibile diminuire l'apporto in eccesso di sedimenti da monte, è possibile rea-

lizzare interventi di riqualificazione morfologica per diminuire la quantità di sedimenti che giunge a valle.

- In questo caso occorre aumentare la capacità di sedimentazione del corso d'acqua a monte, ad esempio ampliando il corridoio di migrazione dei meandri.

- Qualora il tratto a monte abbia subito nel tempo estese rettifiche, una possibile azione è restituirgli la sinuosità: la riduzione di pendenza che ne risulta favorisce la sedimentazione a monte, riducendo gli apporti solidi nel tratto problematico. Il risultato può essere ottenuto in tempi brevi mediante lo scavo di un nuovo alveo sinuoso, ma è più saggio conseguirlo gradualmente posizionando in alveo (a monte del tratto problematico) cumuli di tronchi; questi, infatti, riducono il trasporto solido a valle con un duplice meccanismo: trattenendo localmente i sedimenti e inducendo la migrazione laterale dell'alveo (accentuandone la sinuosità e, quindi, riducendone la pendenza). Il processo tende ad autorafforzarsi nel tempo poiché l'accumulo di sedimenti nei tratti a monte tende a "rincalzare" il piede dei versanti, riducendone così la franosità (e quindi gli apporti solidi a valle).

Obiettivi	Azioni
Garantire le dinamiche morfologiche ed ecologiche e gli habitat presenti	Non intervenire
Rimuovere le cause locali dell'accumulo di sedimenti e/o favorire le dinamiche morfologiche	Rimuovere le strozzature a valle
	Rimuovere il confinamento dell'alveo a valle
	Aumento locale della pendenza
	Riqualificazione morfologica: ampliamento del corridoio di migrazione dei meandri
Rimuovere l'accumulo di sedimenti, mitigando e compensando gli impatti dell'intervento	Trasferimento dei sedimenti nei tratti incisi, compensazione e mitigazione degli impatti sull'ecosistema

Tabella 2 – Obiettivi e relative azioni a scala locale

6 OBIETTIVI DELLE AZIONI A SCALA LOCALE

• I problemi di sovralluvionamento possono essere affrontati a scala locale ponendosi almeno uno dei seguenti obiettivi:

- **Garantire le dinamiche morfologiche ed ecologiche e gli habitat presenti**, strategia da adottarsi nel caso in cui le indagini geomorfologiche abbiano messo in evidenza la presenza di naturali dinamiche evolutive che non richiedono alcun intervento correttivo.
- **Rimuovere le cause locali dell'accumulo di sedimenti e/o favorire le dinamiche morfologiche**, se la causa del sovralluvionamento è stata ricondotta a fattori locali spesso di origine antropica, come la presenza di ponti con luci troppo strette che favoriscono l'accumulo di sedimenti a monte, ecc.
- **Rimuovere l'accumulo di sedimenti, mitigando e compensando gli impatti dell'intervento**, se il sovralluvionamento è effettivamente presente e le analisi

geomorfologiche suggeriscono la necessità di agire anche/solo localmente.

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 1.

7.1 OBIETTIVO: GARANTIRE LE DINAMICHE MORFOLOGICHE ED ECOLOGICHE E GLI HABITAT PRESENTI

• L'accumulo locale di sedimenti in alveo può essere fisiologico e temporaneo (es. migrazione delle barre) e può costituire il semplice manifestarsi di naturali dinamiche morfologiche del corso d'acqua, che non richiedono la realizzazione di alcun intervento.

7.1.1 Azione: non intervenire

- L'azione proposta non prevede di realizzare alcun intervento in alveo.
- Per decidere se utilizzare o meno tale ipotesi è necessario indagare il corso d'acqua dal punto di vista geomorfologico (si veda il Par.2.3 "L'approccio proposto").
- Non si tratta necessariamente dell'opzione "non intervento" in senso stretto, intesa come scelta rinunciataria di fronte alla impossibilità di risolvere i problemi, ma piuttosto della scelta consapevole di "permettere gli aggiustamenti naturali del corso d'acqua", derivante da una conoscenza accurata dei problemi e delle tendenze evolutive del corso d'acqua stesso (Si veda la "Scheda Erosione Spondale", Par.7.1, " *Obiettivo: mantenere o favorire la dinamica laterale*").
- Ad esempio, tale scelta è perseguibile se un accurato studio geomorfologico ha messo in evidenza che l'evoluzione che sta subendo il corso d'acqua, e che si manifesta

con l'accumulo temporaneo di sedimenti, altro non è che una fase del naturale processo evolutivo verso una situazione di equilibrio dinamico, mentre non è percorribile se lo stesso studio ha messo in evidenza che il corso d'acqua tende ad accentuare ulteriormente la sedimentazione locale. Tale opzione è inoltre utile se i tempi necessari per il riequilibrio naturale del corso d'acqua sono compatibili con le esigenze del progetto.

7.2 OBIETTIVO: RIMUOVERE LE CAUSE LOCALI DELL'ACCUMULO DI SEDIMENTI E/O FAVORIRE LE DINAMICHE MORFOLOGICHE

- La presenza di restringimenti di sezione a valle del tratto in studio, quali pile dei ponti troppo ravvicinate, alvei ristretti e canalizzati, ecc., possono causare il rallentamento della corrente a monte della strettoia e il conseguente accumulo di sedimenti.

- Le azioni utili per rimuovere queste cause locali possono essere:
 - Rimuovere le strozzature a valle
 - Rimuovere il confinamento dell'alveo a valle
 - Aumento locale della pendenza
 - Riqualificazione morfologica: ampliamento del corridoio di migrazione dei meandri

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

7.2.1 Azione: rimuovere le strozzature a valle

- La presenza di una sezione ristretta a valle del tratto in studio, ad esempio creata da arcate dei ponti troppo strette, crea un rallen-

tamento a monte e il conseguente deposito dei sedimenti (Figura 7).

- L'innalzamento del fondo può provocare un aumento dei livelli idrici in caso di piena, a causa del rigurgito idraulico indotto da un ponte con luce insufficiente, e la conseguente inondazione delle aree limitrofe.

- Se queste aree sono occupate da insediamenti urbani si rende necessario intervenire per diminuire il rischio idraulico.

- La risposta tradizionale a questa situazione è stata fino ad ora l'estrazione dei sedimenti nel tratto a cavallo del ponte, con conseguenze negative per l'ecosistema fluviale e i residenti a valle.

- Infatti, l'estrazione di inerti in alveo, oltre a provocare impatti all'ecosistema (Par.2.2), velocizza le acque e trasferisce a valle il rischio di inondazioni (si veda a tal proposito la "*Scheda Rischio Idraulico*", Capitolo 2, "*Approccio generale al problema del rischio idraulico*").

- Può quindi risultare più conveniente, anche dal punto di vista puramente economico, lasciare in loco i sedimenti e ricostruire il ponte con arcate più alte e lunghe (possibilmente a campata unica) e, perciò, meno piloni in alveo, riducendo il tal modo definitivamente la strozzatura idraulica e il conseguente rigurgito.

- Infatti, sebbene il costo iniziale di una tale soluzione possa essere ingente, il problema viene risolto una volta per tutte agendo sulle cause del problema (il ponte) anziché sugli effetti (il sovralluvionamento), evitando costosi interventi periodici di rimozione dei sedimenti e possibili, nonché probabili, danni, conseguenti al trasferimento di rischio idraulico più a valle.

7.2.2 Azione: rimuovere il confinamento dell'alveo a valle

- Il restringimento della sezione a valle del tratto in studio, causato da un alveo canalizzato e compreso entro argini che ne riducono la larghezza, provoca gli stessi effetti descritti nel caso precedente, relativo alla presenza di un ponte dalla sezione idraulica insufficiente.

- Anche in questo caso la soluzione più efficace per risolvere alla radice il problema consiste nell'allargamento della sezione tramite la riqualificazione del tratto canalizzato ed il relativo aumento di sezione.

- Si veda a tal proposito la "*Scheda Rischio Idraulico*", Par.5.1.2, "*Azione: ampliamenti naturalistici di sezione (riqualificazione morfologica)*".

7.2.3 Azione: aumento locale della pendenza

- La sedimentazione nel tratto in studio può essere dovuta alla presenza di opere idrauliche che causano una diminuzione della pendenza: ne sono un esempio le briglie, frequentemente realizzate subito a valle di un ponte per assicurarne la stabilità.

- La pendenza ridotta causa il rallentamento della corrente ed il deposito dei sedimenti a monte dell'opera.

- Per risolvere tale problema si rende necessario eliminare/modificare l'opera trasversale in modo che sia possibile ridurre localmente la sedimentazione mediante aumento della pendenza (si veda la "*Scheda Incisione*", Par.5.1.5, "*Azione: modifica, non ricostruzione o eliminazione degli sbarramenti trasversali*"). Ad esempio, l'eliminazione della briglia, sostituita dal

consolidamento in profondità delle fondazioni delle pile di un ponte, può risolvere il problema.

7.2.4 Azione: riqualificazione morfologica con ampliamento del corridoio di migrazione dei meandri

- La presenza del sovralluvionamento può causare, come descritto al Par.7.2.1, un aumento del rischio idraulico, a causa del possibile aumento dei livelli idrici.
- La riqualificazione morfologica dell'alveo tramite ampliamento di sezione, e quindi del relativo corridoio di migrazione dei meandri, aumenta il volume disponibile per le acque di piena e rende l'accumulo di sedimenti idraulicamente compatibile con la nuova sezione.
- In questo modo il sovralluvionamento cessa di essere un proble-

ma e diviene il semplice manifestarsi delle dinamiche morfologiche del corso d'acqua (sedimentazione, creazione di barre, loro traslazione, ecc.).

- Questa soluzione permette quindi di avviare il recupero dell'equilibrio geomorfologico del corso d'acqua (Par.2.3).

7.3 OBIETTIVO: RIMUOVERE L'ACCUMULO DI SEDIMENTI, MITIGANDO E COMPENSANDO GLI IMPATTI DELL'INTERVENTO

- La rimozione diretta dei sedimenti accumulati è una soluzione da prendere in considerazione raramente e solo nei casi in cui uno studio geomorfologico (Par.2.3, "L'approccio proposto") metta evidenza che non sono percorribili le altre ipotesi descritte nei paragrafi precedenti.

7.3.1 Azione: trasferimento dei sedimenti nei tratti incisi, compensazione e mitigazione degli impatti sull'ecosistema

- Il trasferimento dei sedimenti dai tratti ove è presente il sovralluvionamento a quelli incisi è una soluzione dall'impatto elevato sugli habitat, che necessita di essere reiterata più volte e che non affronta le cause del problema.
- Per questo motivo occorre adottare precauzioni in fase di realizzazione degli interventi ed in fase di cantiere, esposte nei box seguenti.
- "Si vedano "Box - Precauzioni per il trasferimento dei sedimenti dai tratti in sedimentazione a quelli incisi" e "Box - Precauzioni in fase di cantiere".

BOX - PRECAUZIONI PER IL TRASFERIMENTO DEI SEDIMENTI DAI TRATTI IN SEDIMENTAZIONE A QUELLI INCISI

- La rimozione dei sedimenti dai tratti in sedimentazione, per poi collocarli in quelli incisi (si veda la "Scheda Incisione"), deve essere realizzata mettendo in atto precauzioni che permettano di **minimizzare gli impatti sull'ecosistema fluviale**, ponendosi i seguenti **obiettivi**:
 - preservare l'equilibrio geomorfologico del corso d'acqua (Par.2.3);
 - cercare di conservare le caratteristiche morfologiche dell'alveo (alternanza di buche e raschi, presenza almeno parziale di barre di sedimenti, conservazione ove presente della pluricursualità dell'alveo, ecc.);
 - minimizzare la banalizzazione dell'alveo e la perdita degli habitat disponibili per la comunità macrobentonica e per la fauna ittica (siti riproduttivi, rifugi, ecc.).
- La **scelta del sito** deve tener conto delle seguenti precauzioni:
 - effettuare operazioni di disalveo solo nei tratti critici, cioè nei tratti in cui, sulla base delle indicazioni emerse dalle indagini geomorfologiche (Par.2.3), il corso d'acqua risulta in sedimentazione e contemporaneamente presenta problemi di rischio idraulico (effettivamente dimostrabile e tale da comportare rischi socio-economici rilevanti – quindi escludendo ad esempio i casi di allagamenti di aree libere da case e infrastrutture), favorendo la conservazione del sedimento in alveo; evitare invece di intervenire nei tratti in cui la tendenza è incerta (equilibrio o incisione);
 - preferibilmente, evitare di intervenire più volte nello stesso tratto;
 - preferire siti d'intervento posti in prossimità di tratti aventi forme di controllo strutturale (determinati per esempio dalla presenza di affioramenti rocciosi), in modo da limitare le variazioni morfologiche conseguenti

all'intervento.

• I lavori fluviali dovrebbero inoltre seguire le seguenti **linee guida e precauzioni di lavoro:**

- spostare i sedimenti nei tratti incisi, previo studio sul trasporto solido e analisi dell'andamento storico del profilo di fondo (Figura 9);
- non spianare l'alveo;
- non creare un alveo a sezione regolare (trapezia, ecc.);
- lasciare almeno un canale di magra dove la corrente si raccolga;
- diversificare la morfologia dell'alveo;
- creare le condizioni per cui le aree laterali vengano di nuovo vegetate;
- ove le condizione lo consentano, procedere al prelievo del materiale costruendo un alveo a 2 stadi facendo attenzione ad attestare la base dello stadio superiore in modo che venga lambita dall'acqua nei livelli di morbida, affinché vi si stabilizzino condizioni ambientali igrofile intermedie;
- entrare con i mezzi in alveo solo dove non è possibile intervenire dalla sponda
- scegliere i mesi di lavoro sulla base del ciclo di vita della fauna ittica (frega, ecc.), per evitare che la torbidità generata dai lavori, non evitabile, causi problemi
- a valle del sito di intervento, cre-



Figura 9 – Spostamento dei sedimenti dal tratto in sedimentazione a quello inciso (Foto: Andrea Goltara)

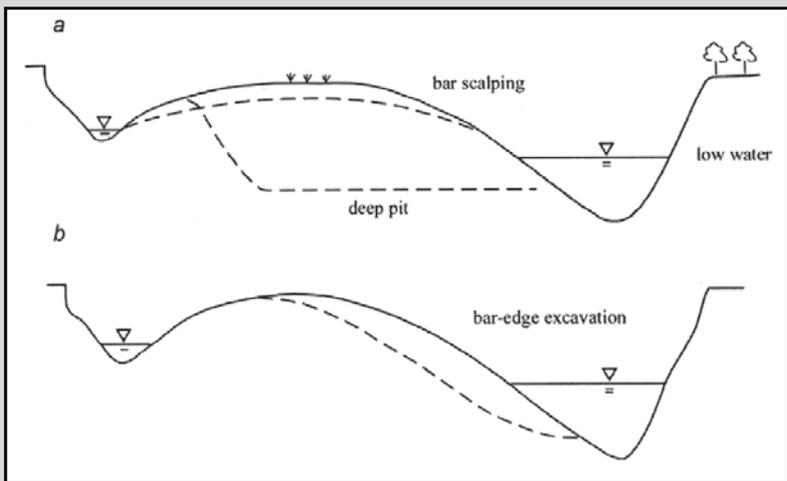


Figura 10 - Modalità alternative di mobilizzazione di sedimenti da barre: a) scorretto; b) corretto. (da Church et al., 2001)

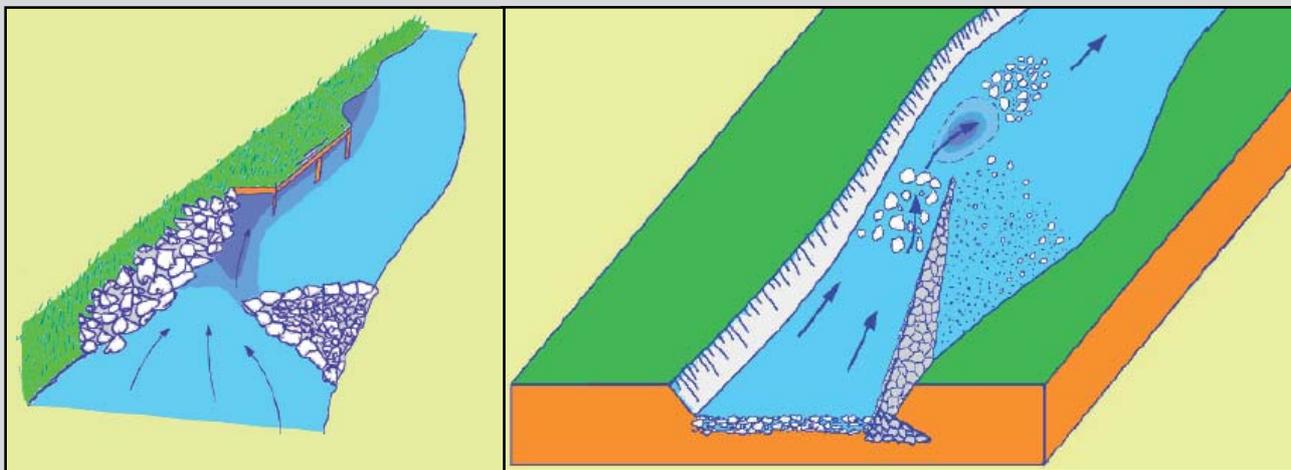


Figura 11 - A sinistra: uso di deflettori in massi che indirizzano la corrente in un rifugio artificiale per pesci (pensilina inerbita, sulla sponda opposta) nel restauro di un tratto rettificato (immagine di SANSONI, 1993, ispirata ad una foto di WESCHE, 1985). A destra: deflettore a molo sommersibile dalle piene; la sporgenza dall'alveo diminuisce progressivamente dalla radice (ben immersata nella sponda) all'estremità libera (immagine da AUTORITÀ DI BACINO FIUME MAGRA, 2006).

are aree di rifugio per la fauna ittica (pozze laterali di acqua calma) e superfici piane laterali dove, ad esempio, la trota può deporre

- se presenti isole in alveo, provvedere alla piantagione di salici lungo il profilo di valle seguendo il perimetro dell'isola, o almeno il sub-perimetro di monte (verso la corrente);
- cercare di effettuare lo scavo solo lungo il bordo della barra a contatto con il canale di magra (bar-edge excavation), in modo da lasciare invariata la quota della sommità della barra. Evitare l'asportazione della sommità della barra (bar scalping) e scavi profondi (deep pit) il cui fondo viene ad essere più basso del livello di magra. (Figura 10)
- laddove l'alveo è canalizzato o banalizzato (o lo diviene a seguito dell'intervento idraulico), introdurre deflettori di corrente a fini di incremento della biodiversità (Figura 11), particolarmente indicati nelle sezioni più larghe, meno profonde e con debole pendenza; i deflettori (ma anche i disalvei) sono da evitare in tratti con sponde alte, ripide, soggette ad erosione; evitare deflettori in tratti con pendenza superiore al 3%, a meno che non siano bassi, tarati per le portate di magra; è sempre buona norma prudenziale realizzare deflettori bassi, funzionanti nei periodi di magra e di morbida, ma ampiamente sommergibili dalle piene; nei tratti rettilinei, deflettori alterni sulle sponde opposte, distanziati 5-7 volte la larghezza dell'alveo, inducono un andamento sinuoso similnaturale della corrente; i deflettori possono essere validamente coadiuvati biologicamente e rinforzati meccanicamente dall'inserimento di specie vegetali, per talea (salici arbustivi) o da rizoma (canneto) o radicati;
- provvedere alla posa di massi ciclopici (sia nella parte centrale che vicino alle sponde) per accelerare i processi di recupero della diversità ambientale in alveo; per evitarne il rotolamento a valle durante le piene, usare massi di dimensioni adeguate alla tensione tangenziale e incassarne la base. Privilegiare la creazione di presidi di massi, rispetto alla posa di massi singoli, a formare isole o penisole (Figura 12). Nel progettare gli interventi di riqualificazione del tratto dopo il disalveo come ad esempio l'inserimento di massi ciclopici in alveo, tenere conto delle caratteristiche geomorfologiche del corso d'acqua sulla base delle indicazioni emerse dai precedenti rilievi geomorfologici.
- Effettuare operazioni di "rehabitat" (costruzione artificiale di habitat) lungo le sponde.
- L'esecuzione delle delicate operazioni di disalveo richiede la realizzazione di campagne di **monitoraggio del sito e dell'intervento**:
 - una volta effettuato il rilievo topografico della situazione precedente al disalveo occorre valutare le variazioni morfologiche (tipologia e posizione barre, indice di intrecciamento, ecc.) che si verificano negli anni successivi all'intervento; ciò può essere effettuato mediante ulteriori rilievi topografici, eventualmente integrati da foto aeree di tutta l'asta fluviale, almeno ogni 5 anni e dopo eventi di piena significativi;
 - misurare eventuali alterazioni dello stato ecologico, mediante azioni di monitoraggio biologico e morfologico successivo all'intervento, da ripetersi ad intervalli determinati.

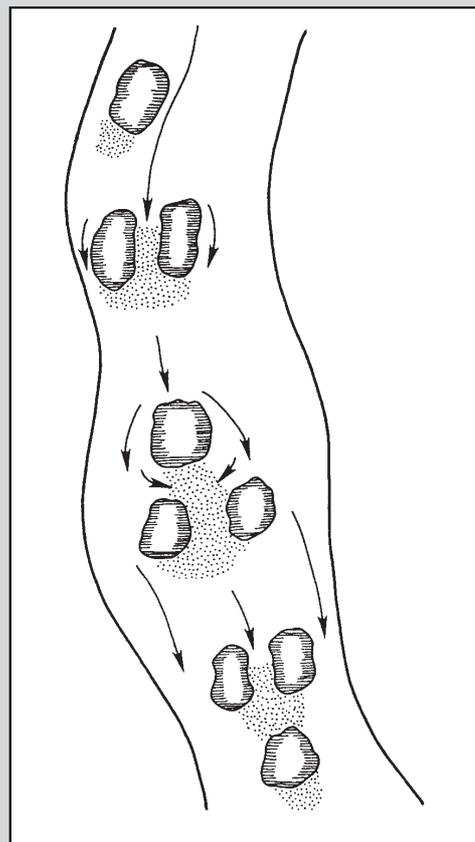


Figura 12 - Massi collocati in alveo: alcune possibili disposizioni (Immagine modificata da WESCHE, 1985)

BOX - PRECAUZIONI IN FASE DI CANTIERE

- La fase di cantiere, durante la quale si realizza l'intervento di disalveo, genera numerosi **impatti sull'ecosistema fluviale**:
 - aumento dei sedimenti in sospensione e della torbidità delle acque con i seguenti effetti sull'ittiofauna: allontanamento forzato o morte (soprattutto per gli stadi giovanili), lesioni cutanee, danni branchiali, seppellimento di uova, ecc.;
 - drastica riduzione dei popolamenti macrobentonici e macrofitici con conseguente calo/annullamento della capacità biogenica complessiva;
 - possibili danni alla vegetazione riparia nei tratti di accesso.
- È pertanto necessario porsi **obiettivi di contenimento degli impatti negativi**, quali:
 - ridurre il più possibile i sedimenti in sospensione e la torbidità
 - salvaguardare l'ittiofauna e preservare il più possibile gli habitat presenti
 - non danneggiare la vegetazione spondale presente
- In fase di cantiere si dovrebbero quindi seguire le seguenti **linee guida**:
 - limitare al minimo indispensabile il numero e la lunghezza della piste di accesso, seguendo un tracciato che minimizzi gli impatti sulle fasce vegetate e sulla morfologia delle sponde;
 - in caso di disalvei reiterati nel tempo riutilizzare la medesima pista di accesso;
 - quando possibile, muoversi in alveo lungo le barre di deposito, senza entrare in acqua con i mezzi;
 - evitare la movimentazione di materiale in acqua corrente;
 - mantenere le operazioni di scavo ad una distanza dalle sponde sufficiente a non comprometterne la stabilità;
 - pianificare tempi e date di inizio e fine lavori con gli organi competenti;
 - evitare di operare in alveo nei periodi di massima vulnerabilità per l'ittiofauna (ad esempio, da fine ottobre ad aprile per i salmonidi, da fine gennaio a fine aprile per il temolo, ecc.)

BIBLIOGRAFIA

AUTORITÀ DI BACINO FIUME MAGRA, 2006. *P.A.I. del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola: Allegato 3, Elementi di progettazione ambientale dei lavori fluviali*. Autorità di bacino Fiume Magra, Sarzana (SP), 60 pp.

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.

CHURCH M., HAM D., WEATHERLY H., 2001. *Gravel management in lower Fraser River*. Final Report for The City of Chilliwack, <http://www.geog.ubc.ca/fraserriver/publications.html>.

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.

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)

GUERRICCHIO, MELIDORO, RONCONI, 1996. *Sorgenti e modalità del trasporto solido negli alvei delle fiumare calabre e suo significato geologico*. Società geologica italiana, Roma.

KONDOLF G.M., 1994. *Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining*. *Landscape and Urban Planning*, 28: 225-243.

LEGAMBIENTE E PROTEZIONE CIVILE, 2008. *Le buone pratiche per gestire il territorio e ridurre il rischio idrogeologico* (scaricabile dal sito www.cirf.org).

org)

LIÉBAULT F., CLÉMENT P., PIÉGAY H., 2001. *Analyse géomorphologique de la recharge sédimentaire des bassins versants de la Drôme, de l'Eygues et du Roubion*. Unpublished technical report, ONF Service Départemental de la Drôme and CNRS - UMR 5600, 182 p.

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

SANSONI G., 1993b. *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

SANSONI G., 1993. *La rinaturalizzazione degli ambienti fluviali: principi e metodi*. Relazione al corso "Metodi biologici pratici per il mappaggio di qualità dei corsi d'acqua: analisi comunità macroinvertebrati", Trento, 30 ag.-4 sett. 1993, 81 pp.

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.

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.

WESCHE T.A., 1985. *Stream channel modifications and reclamation structures to enhance fish habitat*. In: *The restoration of rivers and streams. Theories and experi-*

ence. Gore J.A. (ed.), *Butterworth Publisher, Ann Arbor Science Book, Stoneham, MA*, pp. 103-163.



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.

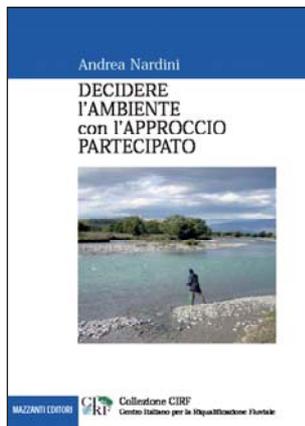
LE NOSTRE PUBBLICAZIONI



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.

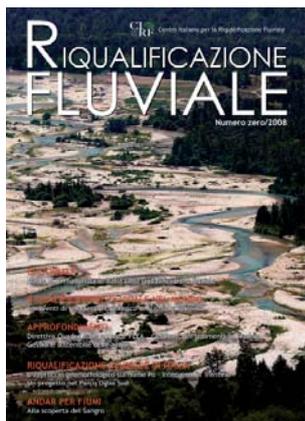
Per una presentazione più esaustiva del testo è possibile consultare la pagina web: www.cirf.org



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



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

