

3 Importanza della dinamica dei sedimenti fini e fattori che la influenzano

I sedimenti fini e la loro dinamica influenzano la morfologia e gli habitat dei corsi d'acqua. I sedimenti fini si formano in seguito a processi come l'erosione del suolo e contribuiscono allo sviluppo di boschi golenali a legno duro e altri habitat nei e lungo i corsi d'acqua. Questa scheda descrive la dinamica dei sedimenti fini e spiega come sia influenzata dalla struttura spondale e da altri fattori. Nel progetto di ricerca «Dinamica dei sedimenti e degli habitat», l'influenza dell'assetto geometrico delle sponde sulla dinamica dei sedimenti fini è stata studiata sistematicamente in esperimenti di laboratorio.

C. Juez, M. J. Franca, S. Fink, Ch. Scheidegger, A. Siviglia, S. Stähly, C. Trautwein, Ch. Weber, A. Schleiss

Sono definiti sedimenti fini quelli con particelle di diametro inferiore a 2 mm, vale a dire le frazioni di argilla, limo e sabbia. Nei corsi d'acqua i sedimenti fini sono localizzati soprattutto sotto l'alveo, oppure sono trasportati in sospensione. In caso di colmatazione sono presenti anche nello strato superficiale dell'alveo stesso. La mobilizzazione e il trasporto dei sedimenti fini dipendono

dalla presenza di turbolenze sufficientemente forti, come quelle che caratterizzano i fiumi alpini e prealpini. La concentrazione di sostanze in sospensione aumenta più l'acqua è profonda. Essa raggiunge il massimo in prossimità del fondo dell'alveo, dove avvengono scambi tra le sostanze in sospensione e le particelle del fondo dell'alveo. La porzione più fine del trasporto in sospensione è costituita da particelle di diametro inferiore a 0,1 mm, il cosiddetto «wash load».

Mobilizzazione, trasporto e deposito

Le tre principali fonti di sedimenti fini sono (cfr. scheda 1):

- l'erosione e la meteorizzazione di rocce e suoli;
- l'abrasione della frazione solida costituita da granuli grossolani (nei fiumi, ghiacciai) e l'urto dei sedimenti più grossolani durante gli eventi di piena;
- le frane e le colate detritiche.

Nei fiumi alpini e prealpini i sedimenti fini sono in costante movimento. Tendono invece a scendere e a depositarsi quando la corrente è lenta e le acque sono calme (fig. 1). Nei fiumi canalizzati i sedimenti fini contribui-

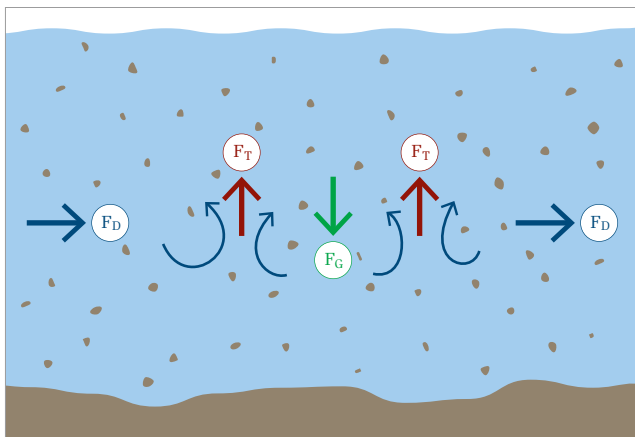
Fig. 1

Rappresentazione schematica delle insenature che sono state studiate in un esperimento di laboratorio (a sinistra). Allargamento locale della Kander ad Augand (BE) con isole di ghiaia e depositi di sedimenti fini (a destra). L'acqua della Kander è in genere caratterizzata da un'elevata quantità di sedimenti fini.



Fig. 2

Rappresentazione schematica delle forze che agiscono sul materiale in sospensione. La spinta dinamica F_T dovuta alla turbolenza mantiene in sospensione i sedimenti fini e dipende dalla velocità della corrente. La forza della corrente F_D trasporta i sedimenti verso valle. La forza di gravità F_G agisce contro la forza della turbolenza e dipende dalla massa propria della particella.



Fonte: LCH-EPFL

scono solo marginalmente ai sovralluvionamenti. Nei laghi naturali e artificiali rappresentano invece la frazione principale dei sedimenti introdotti. È il caso dei sedimenti fini di origine glaciale trasportati dal Rodano nel lago Lemano, dove si depositano in prossimità del delta oppure tramite correnti torbide nei settori profondi del lago in modo simile a una valanga subacquea. Nei corsi d'acqua naturali, per azione delle piene le sostanze in sospensione raggiungono i margini e le piane golenali dove poi si depositano. I sedimenti fini nelle golene a legno tenero

Tab. 1

Grandi laghi svizzeri nei quali si depositano considerevoli quantità di sedimenti fini provenienti dagli affluenti principali.

Lago	Afluente principale
Lago di Brienz	Aare, Lütschine
Lago di Costanza	Reno
Lago Lemano	Rodano
Lago Maggiore	Ticino
Lago di Thun	Kander
Lago dei Quattro Cantoni	Reuss, Muota
Lago di Walen	Linth

Fonte: LCH-EPFL

e duro, spesso definiti limo alluvionale, contribuiscono all'apporto di nutrienti in queste aree. Tale processo è tuttavia pregiudicato dagli interventi antropici (cfr. cap. Interventi dell'uomo nella dinamica dei sedimenti).

La figura 2 mostra che i processi fisici come la spinta dinamica e la turbolenza influenzano la sospensione, la discesa e il deposito dei sedimenti fini. La spinta dinamica è essenzialmente determinata dalla turbolenza attorno alle particelle dei sedimenti fini. La discesa è provocata dalla gravità e dipende in primo luogo dalla massa ma anche dalla forma di una particella (per es. lamellare vs. rotonda). La forza della turbolenza influenza la quantità di sedimenti fini che restano in sospensione. Se la concentrazione di sedimenti fini aumenta e supera un determinato valore limite, le particelle iniziano a depositarsi. Se la turbolenza si riduce in modo drastico, per esempio negli allargamenti o in altri tratti fluviali a corrente lenta, predomina la gravità con conseguente deposito e arricchimento di sedimenti fini.

Sedimenti fini nei corsi d'acqua svizzeri

I fiumi alpini trasportano più materiale in sospensione rispetto ai fiumi di bassa quota. Se un fiume alpino sfocia in un lago, questo si trasforma in un bacino di sedimentazione. Determinati laghi svizzeri intercettano l'intero carico di sedimenti fini dei loro affluenti (tab. 1) che espandono così costantemente il loro delta, come accade con il delta del Reno nel lago di Costanza. Il surriscaldamento climatico tende in generale a far aumentare l'apporto di materiale in sospensione. Il progressivo scioglimento dei ghiacciai, per esempio, porta alla formazione di morene che vengono facilmente erose dalla pioggia e dal vento liberando grandi quantità di sedimenti fini nei fiumi.

Importanza ecologica dei sedimenti fini

I composti organici, vale a dire contenenti carbonio, sono un'importante fonte di energia per gli esseri viventi e quindi un elemento decisivo della rete trofica, sia acquatica che terrestre. Il materiale organico presente nei corsi d'acqua è prodotto direttamente nell'acqua tramite la fotosintesi attuata dalle alghe, dalle piante acquatiche e dai cianobatteri utilizzando la luce solare, oppure è pro-

dotto altrove e poi introdotto dall'esterno, per esempio con il fogliame che cade in acqua lungo le sponde o proviene da monte.

Il ciclo del carbonio, che ha un prezioso ruolo ecologico, è anch'esso collegato alla dinamica dei sedimenti. Il carbonio è infatti trasportato insieme ai sedimenti fini: disciolto in acqua o aderente a superfici minerali o in forma di materiale organico (residui fogliari ecc.). Il suo accumulo e la sua ulteriore trasformazione sul fondo fluviale e sulle superfici golenali dipendono anche dalla granulometria dei sedimenti fini che si depositano (cfr. cap. Interventi dell'uomo nella dinamica dei sedimenti).

I sedimenti fini possono fungere anche da vettori di nutrienti e costituire così un'importante fonte nutritiva per le alghe acquatiche e la vegetazione golenale di cui stimolano la crescita. Inoltre il materiale organico asportato con l'erosione dei sedimenti presenti nelle golene contribuisce a rifornire di cibo gli organismi acquatici (Colditz 1994).

La granulometria dei sedimenti influenza il tipo di golene che si forma (cfr. scheda 5): se lungo le sponde del fiume si depositano principalmente ghiaia e particelle grossolane di sedimento, si sviluppano boschi golenali a legno tenero; se invece prevale il deposito di sedimenti fini, si assiste allo sviluppo di boschi golenali a legno duro. Lo sviluppo dei due tipi di golena dipende sia dalla dimen-

Fig. 3

I depositi di sedimenti fini nella Kander (BE) offrono un habitat alle piante pioniere.



Foto: Vinzenz Maurer

sione dei granuli che dalla frequenza delle inondazioni (Colditz 1994; Ellenberg 2010).

Grazie ai sedimenti fini e ai nutrienti che contengono, dopo il rientro di una piena, si creano le condizioni ideali per la germinazione dei semi delle specie di alberi che vivono negli ambienti golenali. Rientrano tra queste specie i salici, gli ontani e i pioppi (Delarze et al. 2015). Lo stesso accade alle diverse specie bersaglio oggetto della protezione della natura e delle specie. Molte specie bersaglio¹ si avvantaggiano della formazione di nuovi ambienti ricchi di sostanze nutritive dovuta alla deposizione di sedimenti fini (fig. 3). Per altre invece, come la tamerice alpina (*Myricaria germanica*), l'apporto di sedimenti fini organici rappresenta un ostacolo alla germinazione.

La dinamica dei sedimenti fini ha effetti diretti e indiretti sugli organismi acquatici dell'intera rete trofica (cfr. scheda 1). Molti organismi viventi si sono adattati alla dinamica dei sedimenti modificando la loro morfologia, fisiologia, comportamento o ciclo di vita.

Interventi dell'uomo nella dinamica dei sedimenti fini

Gli interventi dell'uomo perturbano il naturale equilibrio tra immissione e trasporto di sedimenti fini. Le conseguenze sono soprattutto due:

- 1) l'aumento dell'immissione di sedimenti fini può portare alla colmatazione del fondo dell'alveo fluviale pregiudicando così lo scambio tra le acque superficiali e sotterranee e il trasporto di ossigeno negli spazi interstiziali della ghiaia.
- 2) le basse velocità della corrente favoriscono la deposizione dei sedimenti fini mettendo così a rischio la protezione contro le piene.

In Svizzera la topografia favorevole consente uno sfruttamento intensivo dell'energia idroelettrica. Inoltre la densità degli insediamenti, le misure di protezione contro le piene o le rettificazioni dei fiumi a scopo agricolo hanno

¹ La definizione di «specie bersaglio» e di altri termini si trova nel glossario. Online: www.rivermanagement.ch > prodotti e pubblicazioni

favorito una morfologia fluviale artificiale (cfr. scheda 1). Queste attività dell'uomo hanno effetti diretti e indiretti sulla dinamica dei sedimenti. I principali interventi dell'uomo nella dinamica dei sedimenti fini saranno brevemente descritti nei prossimi paragrafi.

Lavori di costruzione

Dai cantieri dislocati nei e lungo i fiumi possono liberarsi sedimenti fini. Questi sono immessi tramite il vento o la pioggia nei corsi d'acqua o mobilizzati in acqua con la risospensione e trasportati altrove.

Rettificazioni dei fiumi

I fiumi sono stati rettificati per garantire la protezione contro le piene e recuperare superfici agricole. La correzione dei fiumi riduce la naturale variabilità della larghezza dell'alveo, con la conseguenza che si riducono anche la variabilità della velocità e profondità dell'acqua; ciò determina a sua volta la scomparsa degli ambienti con acqua a corrente lenta o ferma nonché delle zone golenali. Inoltre, nei fiumi rettificati il carico di materiali in sospensione non riesce quasi più a depositarsi, fatta eccezione per quelli caratterizzati da sezioni trasversali strutturate – per esempio a doppio trapezio – dove durante gli eventi di piena si ha una deposizione di sedimenti fini sui margini delle golene.

Impianti di accumulazione

In Svizzera, gran parte della corrente elettrica è prodotta dalle centrali idroelettriche. I laghi artificiali aumentano la flessibilità nella produzione di elettricità. Gli impianti di accumulazione dotati di grandi laghi artificiali intercettano quasi completamente i sedimenti creando un deficit a valle. Un bacino di accumulazione agisce come un'opera di ritenuta dei sedimenti e con il tempo tende a interrarsi (cfr. scheda 6). Come contromisura, per recuperare la sua capacità di invaso si effettuano operazioni di spurgo, che però in caso di diluizione insufficiente determinano un'elevata concentrazione di sedimenti fini che finiscono per depositarsi a valle nei settori a corrente lenta (fig. 4).

Modifica della copertura del suolo

Modifiche della copertura del suolo, per esempio dovute all'utilizzazione agricola, agli incendi boschivi o alla selvicoltura possono aumentare l'erosione. In questo modo i

Fig. 4

L'Aare nella Haslital (BE) con un carico molto elevato di sedimenti fini in seguito a un'operazione di spurgo del lago artificiale Räterichsbodensee.



Foto: Markus Zeh

sedimenti fini vengono trascinati via e cambia la dinamica dei sedimenti. Soprattutto alle basse quote, il paesaggio agricolo aperto contribuisce in larga misura all'immissione di sedimenti fini nei ruscelli e nei fiumi.

Effetti morfologici

Un'elevata e prolungata immissione di sedimenti fini nei fiumi con fondo ghiaioso e una pendenza compresa fra 0,1% e 1%, accresce la mobilità della ghiaia e pertanto il trasporto solido. Se tale immissione perdura, il sistema interstiziale del fondo ghiaioso con il tempo si riempie causando in caso estremo la colmatazione del fondo dell'alveo. In questo modo diminuisce la scabrezza e si forma un fondo liscio e statico che innalza la velocità dell'acqua in prossimità del fondo dell'alveo. Le piene medie e grandi possono così propagarsi a velocità più elevata e creare delle onde di sedimento.

Una quantità elevata di sedimenti fini introdotti e depositati a seguito di attività antropiche riduce la profondità dell'acqua e favorisce lo sviluppo di una morfologia a dune del fondo dell'alveo. L'aumento della macrosca-brezza del fondo dell'alveo e l'impatto sulla corrente che ne conseguono agiscono a loro volta sulla morfologia fluviale.

Lo spurgo dei laghi artificiali con elevate concentrazioni di sedimenti fini può determinare a valle un elevato interrimento e deposito di sedimenti fini. Gli interrimenti si verificano soprattutto nei settori in cui la velocità dell'acqua è bassa e che sono riparati dalla corrente, per esempio dietro i grandi blocchi in prossimità della sponda.

Un deficit di sedimenti fini può d'altro canto favorire l'erosione e l'instabilità delle sponde.

Effetti ecologici

Una carenza di sedimenti fini può avere numerose conseguenze ecologiche se si considera la grande influenza che hanno sul bilancio dei nutrienti nelle golene e in altri ambienti lungo e nei corsi d'acqua come pure il loro contributo allo sviluppo delle golene a legno duro e di altri habitat (cfr. cap. Importanza ecologica dei sedimenti fini).

D'altro canto un'elevata concentrazione di materiale in sospensione riduce la penetrazione della luce solare nel corso d'acqua («torbidità»); l'attività di fotosintesi si riduce anch'essa o viene limitata ai settori poco profondi delle sponde. Ciò può comportare cambiamenti nell'intera rete trofica, come è stato dimostrato dai nuovi studi condotti con isotopi stabili: quando aumenta la torbidità, cresce la dipendenza delle larve di insetti dall'apporto di nutrienti terrestri. Elevate concentrazioni di materiale in sospensione possono anche raschiare le alghe («effetto di sabbatura»), rendere più difficile la ricerca della preda per i pesci che cacciano a vista o provocare uno spostamento degli habitat dei pesci.

Quantità eccessive di sedimenti fini depositati sullo strato superficiale o nel sottostrato poroso del fondo ghiaioso di un fiume possono intasare il sistema interstiziale (colmatazione) e così ridurre o addirittura bloccare i processi di scambio tra l'acqua fluviale e l'acqua sotterranea. La variabilità termica di un tratto fluviale viene pertanto ridotta, le fluttuazioni termiche nel corso della giornata diventano più ampie perché viene meno l'effetto tampone oppure la temperatura media estiva dell'acqua si innalza. Per le specie legate agli ambienti acquatici freddi, gli aumenti di temperatura rappresentano una fonte di stress che ne altera il comportamento e ne ostacola lo sviluppo.

Gli effetti negativi più studiati sono quelli della colmatazione sulle specie ittiche che si riproducono su fondi ghiaiosi, come le trote, i temoli o i salmoni. In un fondo d'alveo colmatato le uova deposte negli spazi interstiziali ricevono troppo poco ossigeno e l'eliminazione dei prodotti del metabolismo è più complicata. Ciò può portare alla morte delle uova. La colmatazione ha un effetto negativo anche sulle larve degli insetti, che vengono infatti private di importanti microhabitat all'interno del sistema interstiziale del fondo ghiaioso. Tuttavia, le diverse specie non sono interessate nella stessa misura: le specie sensibili si indeboliscono mentre quelle più tolleranti si avvantaggiano di questa situazione. Inoltre i sedimenti fini possono ricoprire le alghe e causare una diminuzione della loro attività fotosintetica o addirittura la loro morte.

Durante il processo di colmatazione il sistema interstiziale ghiaioso si arricchisce di materiale organico. Questa eutrofizzazione del fondo dell'alveo si intensifica quando cresce l'introduzione di materiale organico a seguito di una maggiore erosione del suolo. L'aumento del carico di nutrienti nel sistema interstiziale ghiaioso accelera la decomposizione, che tuttavia è ostacolata dal cattivo trasporto di ossigeno attraverso i pori interstiziali ostruiti da sedimenti fini.

Tramite i sedimenti fini vengono anche trasportate e depositate nelle golene sostanze nocive come i metalli pesanti (Hostache et al. 2014).

Misure per influenzare la dinamica dei sedimenti fini

La dinamica dei sedimenti fini nei corsi d'acqua può essere influenzata adottando diverse misure. Il capitolo che segue ne illustra alcune.

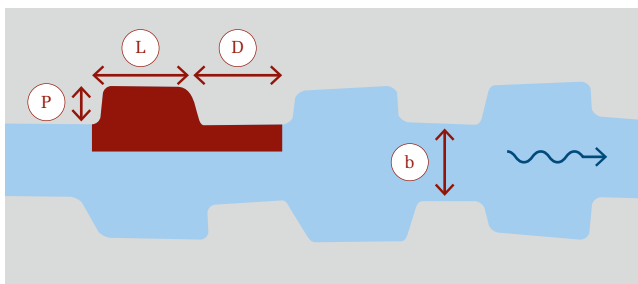
Spurgo dei bacini artificiali combinato con le piene

Le operazioni di spurgo dei bacini artificiali consistono nell'asportazione per erosione di grandi quantità di sedimenti fini e nel loro rilascio a valle per via idraulica (fig. 4). Con gli spurghi i sedimenti fini transitano negli ambienti golenali, dove si depositano favorendo lo sviluppo di boschi a legno tenero e duro. Quando si attua lo spurgo è importante che la concentrazione dei materiali in so-

Fig. 5

Definizione della geometria delle insenature studiata in laboratorio.

L = lunghezza dell'insenatura, P = profondità dell'insenatura e D = distanza dell'insenatura. b indica la larghezza del canale.



Fonte: LCH-EPFL

sensione resti inferiore ai valori considerati critici per la sopravvivenza delle biocenosi acquatiche locali. Non devono essere rilasciati sedimenti inquinati. Pertanto le operazioni di spurgo richiedono un'attenta pianificazione ed esecuzione. Il momento ideale in cui dovrebbero aver luogo è durante le piene naturali, mentre nei tratti con deflussi residuali si possono eventualmente provocare piene artificiali tramite l'apertura degli scarichi (cfr. scheda 6). Per prevenire la colmatazione del fondo dell'alveo, lo spurgo deve essere concluso durante la riduzione della portata di piena naturale e quindi seguito da un lavaggio con acqua pulita. In combinazione con i riporti di sedimenti a valle dello sbarramento, le operazioni di spurgo possono migliorare la morfologia di un corso d'acqua, in quanto riattivano il trasporto solido (Battisacco et al. 2016; Juez et al. 2016).

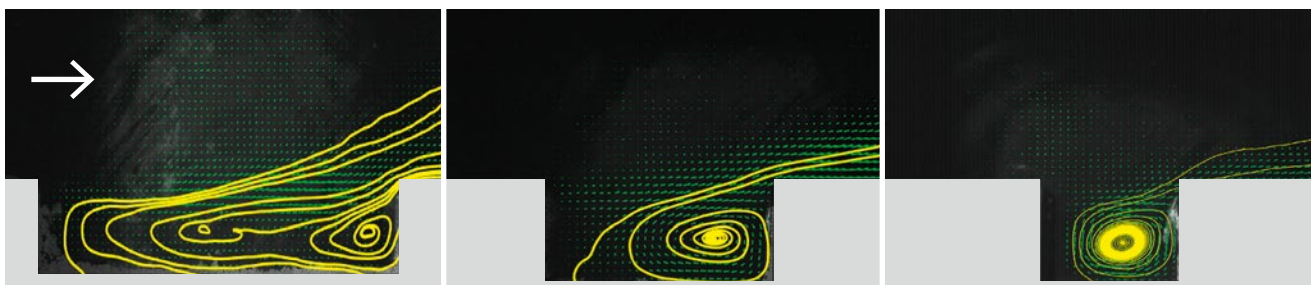
Allargamenti locali e insenature

Gli allargamenti locali o la scabrezza delle sponde, ottenuta per esempio con la creazione di insenature, possono valorizzare ecologicamente un corso d'acqua poiché aumentano la variabilità delle correnti e degli ambienti (fig. 1). Gli allargamenti locali devono estendersi per lunghi tratti fluviali con una lunghezza pari a un multiplo della larghezza del fiume. Le insenature, al contrario, per tratti brevi con una lunghezza che corrisponde all'incirca da una a tre volte la larghezza del fiume. Entrambe le strategie portano localmente a un abbassamento della velocità dell'acqua favorendo così la deposizione di sedimenti fini nei tratti fluviali allargati o nelle insenature. In Svizzera, allo stato attuale, mancano esperienze pratiche relative alla disposizione sistematica delle insenature (fatta eccezione per i campi di pennelli), mentre sono già stati attuati numerosi allargamenti locali. Nelle situazioni in cui manca lo spazio per gli allargamenti locali, una soluzione alternativa sono le insenature, che servono tra l'altro anche come rifugio per i pesci nei tratti con deflussi discontinui (Ribi et al. 2015).

La creazione artificiale di più insenature (fig. 5) determina una macroscabrezza delle sponde che favorisce la deposizione dei sedimenti fini. La geometria delle insenature influenza la velocità di deposizione dei sedimenti fini e la velocità con cui sono trascinati via durante le piene. Nel progetto di ricerca «Dinamica dei sedimenti e degli habitat», le diverse geometrie delle insenature sono state studiate mediante esperimenti di laboratorio. Sono stati inoltre utilizzati tre diversi deflussi in modo da rappresen-

Fig. 6

Comportamento del flusso nelle insenature (visione dall'alto). Da sinistra a destra: rapporto di forma (RF) = 0,2; 0,4 e 0,8. Il valore del rapporto di espansione (RE) è stato mantenuto costante a 0,8. Le frecce verdi corrispondono alla grandezza dei vettori di velocità e le linee gialle alle linee di flusso.



Fonte: LCH-EPFL

Tab. 2

Geometrie di insenature laterali e deflussi studiati negli esperimenti di laboratorio.

Parametro	Unità	Settore analizzato
Rapporto di forma $RF = P/L$	[-]	0,2–0,8
Rapporto di espansione $RE = P/D$	[-]	0,4–1,2
Profondità relativa di deflusso $= h/b$	[-]	0,06–0,12
Concentrazione di sedimenti fini	[g/l]	0,5–1,5

Fonte: LCH-EPFL

tare il più ampio spettro di fiumi possibile. Il prossimo capitolo illustra i risultati degli esperimenti di laboratorio.

Esperimenti di laboratorio con le insenature

Scopo

Con gli esperimenti condotti su un canale di laboratorio è stato studiato l'impatto delle insenature sul trasporto e il deposito di sedimenti fini. In particolare è stato analizzato come la geometria delle insenature influenzi la quantità di sedimenti fini che si deposita. È stato possibile determinare in che modo le sponde molto scabre possono modificare il trasporto dei sedimenti fini. Se l'obiettivo è l'intercettazione dei sedimenti fini, si sceglie la geometria delle insenature che più favorisce la deposizione dei sedimenti. La funzione di ritenzione dei sedimenti è tuttavia limitata nel tempo se per azione delle piene maggiori le insenature vengono liberate dai depositi che si sono formati.

Geometrie e deflussi analizzati

Per gli esperimenti di laboratorio la geometria delle insenature è stata definita mediante tre grandezze (fig. 5): lunghezza dell'insenatura (L), profondità dell'insenatura (P) e distanza dell'insenatura (D). Queste tre grandezze consentono di calcolare il rapporto di forma ($RF = P/L$) nonché il rapporto di espansione ($RE = P/D$). I rapporti di forma ed espansione analizzati negli esperimenti di laboratorio sono riportati nella tabella 2.

Oltre alle diverse geometrie, negli esperimenti di laboratorio sono stati impiegati tre diversi deflussi (basso, me-

dio, elevato). La profondità relativa di deflusso è stata definita mediante il rapporto tra la profondità h di deflusso e la larghezza b dell'alveo ($h/b = 0,06; 0,09; 0,12$). Negli esperimenti è stata scelta una concentrazione dei sedimenti tale da non provocare alcuna deposizione nel canale senza insenature.

A seconda della portata e della geometria dell'alveo, nelle insenature si ottiene un aumento o una diminuzione della corrente rotazionale su ampia scala. Le celle di turbolenza su ampia scala, come i vortici, mantengono in sospensione i sedimenti fini in misura più o meno intensa.

Risultati

Dagli esperimenti di laboratorio sono state tratte le seguenti conclusioni (fig. 6):

- i rapporti di espansione elevati ($RE > 0,8$) determinano, in linea di massima e indipendentemente dal deflusso, una maggiore ritenzione di sedimenti fini;
- i rapporti di forma elevati ($RF > 0,6$) determinano in presenza di deflussi di magra una maggiore ritenzione di sedimenti fini. Viceversa, se i deflussi sono elevati (per es. $h/b > 0,07$) si verificano un aumento della turbolenza e una riduzione della ritenzione di sedimenti. Ciò vuol dire che i sedimenti depositati durante il deflusso di magra vengono di nuovo mobilizzati durante la piena;
- un rapporto di espansione elevato ($RE > 0,8$) combinato con un rapporto di forma elevato ($RF > 0,6$) determina un marcato deposito di sedimenti fini nelle insenature;
- i rapporti di forma bassi ($RF < 0,3$) determinano la formazione di depositi agli angoli delle insenature. La restante parte del canale rimane libera oppure vi si deposita soltanto sabbia grossolana e ghiaia;
- i rapporti di forma elevati ($RF > 0,6$) favoriscono il deposito di sedimenti nella parte centrale delle insenature. Gli altri settori sono privi di sedimenti fini.

Conclusioni

Per l'applicazione pratica, dai risultati si possono ricavare tre informazioni operative:

- nei corsi d'acqua con una profondità relativa di deflusso bassa ($h/b < 0,07$), le insenature con valori bassi o medi dei rapporti di forma e di espansione possono agevo-

- lare il deposito di sedimenti fini. La cosa importante è favorire nelle insenature la presenza di zone sia con velocità di deflusso elevate che basse. Ciò determina la deposizione di granuli di diverse dimensioni e questo a sua volta comporta l'aumento della varietà di habitat;
- nei fiumi con profondità relativa di deflusso elevata ($h/b > 0,10$), le insenature con valori elevati dei rapporti di forma e di espansione ($RF > 0,6$ e $RE > 0,8$) creano un sufficiente grado di turbolenza che consente di prevenire un rapido interrimento delle insenature o favorisce l'asportazione dei depositi durante i deflussi di piena;
 - in linea generale, un elevato rapporto di espansione ($RE > 0,6$) produce un rapido interrimento delle insenature in presenza di profondità relative di deflusso medie, i cui depositi possono però essere di nuovo mobilizzati durante i deflussi di piena ($h/b > 0,10$).

Bibliografia

L'elenco bibliografico dettagliato relativo a questa scheda si trova nella pagina web del programma www.rivermanagement.ch > prodotti e pubblicazioni

Nota editoriale

Editore: Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Istituti di ricerca coinvolti: Eawag: Istituto per la ricerca sulle acque dei Politecnici federali; Laboratoires de Constructions Hydrauliques (LCH), EPFL Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zurigo; Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL)

Direzione del progetto: Anna Belser, coordinamento progetto, UFAM; Christoph Scheidegger, WSL; Christine Weber, Eawag; David Vetsch, VAW-ETH Zurigo; Mário J. Franca, LCH-EPFL

Assistenza specialistica: UFAM: Hugo Aschwanden, Rémy Estoppey, Andreas Knutti, Stephan Lussi, Manuel Nitsche, Olivier Overney, Carlo Scapozza, Diego Tonolla, Hans Peter Willi
Cantoni: Josef Hartmann (GR), Norbert Kräuchi (AG), Christian Marti (ZH), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Ritler (LU), Thomas Stucki (AG); Istituti di ricerca: Bernhard Wehrli (Eawag), Anton Schleiss (LCH-EPFL), Robert Boes (VAW-ETHZ), Christoph Hegg (WSL); Altri: Raimund Hipp (CDPNP), Roger Pfammatter (ASEA), Luca Vetterli (Pro Natura)

Redazione: Manuela Di Giulio, Natur Umwelt Wissen GmbH

Indicazione bibliografica: Juez, C. Franca, M.J., Fink, S., Scheidegger, Ch., Siviglia, A., Stähly, S., Trautwein, C., Weber, Ch., Schleiss, A., 2017: Importanza della dinamica dei sedimenti e fattori che la influenzano. In: Dinamica dei sedimenti e degli habitat. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna. Scheda 3.

Traduzione: Servizio linguistico italiano, UFAM

Progetto grafico e illustrazioni: M. Schneeberger, anamorph.ch

Per scaricare il PDF:

www.bafu.admin.ch/uw-1708-i

© UFAM 2017

01.17 1500 86039243