

3 > Indice della diversità idromorfologica

Walter Gostner, Anton Schleiss

La varietà strutturale è uno dei requisiti fondamentali per la funzionalità degli ecosistemi acquatici. Questo promemoria presenta un nuovo indice con cui calcolare la diversità idromorfologica: l'indice della diversità idromorfologica (IDIM). Si tratta di un importante strumento per i progetti di riqualifica dei corsi d'acqua perché consente una valutazione quantitativa degli obiettivi di miglioramento della diversità strutturale.

Importanza della diversità strutturale

La funzionalità degli ecosistemi acquatici è determinata da fattori biotici e abiotici che si influenzano reciprocamente. Tra i fattori abiotici più importanti vanno annoverate la qualità dell'acqua, la dinamica di deflusso e la struttura del corso d'acqua. I corsi d'acqua a morfologia naturale si differenziano da quelli a morfologia artificiale per le caratteristiche di deflusso (fig. 1). Nelle tratte fluviali seminaturali si alternano zone a elevata velocità di corrente, zone a bassa velocità ma con una profondità elevata, zone a profondità e velocità dell'acqua ridotte, banchi di ghiaia colonizzati da vegetazione e diversi stadi di successione (scheda 2 Biodiversità nei corsi d'acqua), legno morto e diversi substrati. Un'ampia fascia

riparia separa il corso d'acqua dall'ambiente circostante. Le tratte fluviali canalizzate presentano invece caratteristiche monotone: il deflusso è uniforme longitudinalmente e trasversalmente.

L'omogeneizzazione della morfologia del corso d'acqua comporta una riduzione della ricchezza delle specie e della biomassa di organismi acquatici e delle zone ripariali. La diversità morfologica favorisce invece lo sviluppo, la conservazione di habitat e l'aumento della biodiversità (Jungwirth *et al.* 2003). Molti interventi di rivitalizzazione hanno pertanto lo scopo di ripristinare la diversità strutturale incrementando quella degli habitat. Molti organismi acquatici, anfibi e terrestri presenti nei o in prossimità dei corsi d'acqua, necessitano



La ricchezza strutturale comporta una maggiore varietà della velocità e della profondità di deflusso: rapida della Singine (FR/BE).

Foto: Walter Gostner

di una grande varietà di habitat per riprodursi e svilupparsi (scheda 2 Biodiversità nei corsi d'acqua). I pesci, ad esempio, durante il loro ciclo vitale hanno bisogno di habitat molto diversificati: zone con un substrato dell'alveo idoneo per deporre le uova, zone a scorrimento rapido con un'elevata offerta alimentare e zone profonde a scorrimento lento per riposarsi. Le popolazioni ittiche locali possono essere conservate soltanto in presenza di un numero sufficiente di habitat.

Indice della diversità idromorfologica

La sistemazione dei corsi d'acqua non deve limitarsi esclusivamente alla progettazione e alla realizzazione di misure di protezione contro le piene. Deve ugualmente prevedere delle misure volte a migliorare il funzionamento degli ecosistemi acquatici. Una valutazione del possibile miglioramento della diversità strutturale nell'ambito dei progetti di sistemazione dei corsi d'acqua è stata sinora possibile soltanto ricorrendo a stime qualitative effettuate sulla base di valutazioni di esperti. Grazie all'indice della diversità idromorfologica (IDIM), descritto nel presente documento, è possibile effettuare anche una valutazione quantitativa (riquadro 1). L'IDIM può essere calcolato facilmente grazie a modellazioni numeriche e ad analisi statistiche di variabili idrauliche che descrivono la diversità morfologica. Calcolando tale indice per più varianti di un progetto è possibile confrontare i relativi valori IDIM, definire oggettivamente la variante con il miglior impatto ecologico e stimare di quanto si avvicina allo stato di riferimento auspicato.

L'IDIM colma la lacuna fra la valutazione dello stato iniziale di un corso d'acqua prima dell'inizio di un progetto (UFAFP 1998) e il controllo dei risultati dopo l'attuazione del progetto (Woolsey *et al.* 2005). Consente inoltre di eseguire una valutazione a priori dei progetti, ottimizzandoli. L'IDIM è stato sviluppato per corsi d'acqua alpini con un buon trasporto solido e che nel loro stato di riferimento presentano un tracciato sinuoso, meandriforme o a canali intrecciati. Poiché questo tipo di corso d'acqua era frequente nelle Alpi l'IDIM può trovare oggi un'ampia applicazione.

Derivazione e sviluppo dell'IDIM

La derivazione dell'IDIM si basa sui seguenti presupposti (Gostner e Schleiss 2011):

- la varietà morfologica di un tratto fluviale può essere definita dai valori idraulici della velocità e della profondità di deflusso e dai loro parametri statistici;
- i parametri statistici delle variabili idrauliche possono essere combinati, in un indice di misura, l'IDIM, sulla base di una definizione matematica. L'indice è in grado di caratterizzare la diversità morfologica dell'ambiente acquatico e semiacquatico di un tratto fluviale.

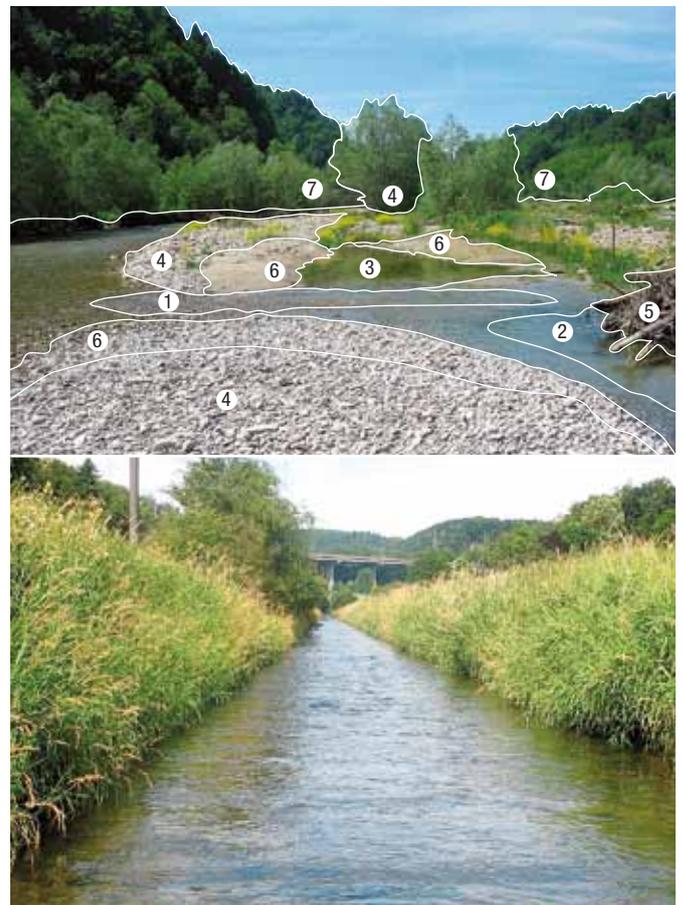


Fig. 1 In alto: tratto seminaturale della Singine (FR) caratterizzato da zone a elevata velocità di corrente (1), elevata profondità dell'acqua (2), zone di acqua bassa (3), banchi di ghiaia (4), legno morto (5), diversi substrati (6) e un'ampia fascia riparia (7). In basso: tratto arginato e canalizzato del Bünz (AG), con una ridotta diversità di habitat. Foto: Walter Gostner

Per ricavare l'IDIM sono state effettuate ricerche approfondite in alcuni corsi d'acqua della Svizzera (Bünz, AG; Venoge, VD; Singine, FR/BE). Per ogni tratto in analisi sono state definite diverse sezioni trasversali (tab. 1) nelle quali sono state misurate, a distanza di 1–2 metri, profondità e velocità dell'acqua. La figura 2 mostra i risultati, relativi alle cinque tratte fluviali, della Singine (FR/BE).

La figura 2 mostra la velocità di corrente (m/s) e il livello dell'acqua (m). Nelle tratte canalizzate la dispersione delle variabili è ridotta: la velocità di corrente è elevata e le zone lentiche sono relativamente assenti. Come ci si attendeva, nei tratti fluviali naturali la variabilità dei fattori che caratterizzano gli habitat è superiore a quella dei tratti canalizzati.

Per descrivere la diversità idromorfologica è possibile impiegare la deviazione standard σ . La sua ponderazione è strettamente legata al valore medio μ ed è espressa con il coefficiente di variazione $c_v = \sigma/\mu$. La diversità $V(i)$ di una singola

grandezza idraulica può essere calcolata con la seguente formula (Schleiss 2005):

$$V(i) = (1 + c_{v,i})^2 = \left(1 + \frac{\sigma_i}{\mu_i}\right)^2$$

L'IDIM di un tratto è calcolato con la moltiplicazione dell'indice parziale di diversità della velocità di deflusso v e della profondità di deflusso t :

$$IDIM_{\text{tratto}} = \prod_i V(i) = V(v) \cdot V(t) = \left(1 + \frac{\sigma_v}{\mu_v}\right)^2 \cdot \left(1 + \frac{\sigma_t}{\mu_t}\right)^2$$

La definizione dell'IDIM descrive la diversità spaziale delle caratteristiche morfologiche-strutturali di un corso d'acqua (cfr. tab. 2). La modellazione delle tratte fluviali della Singine, analizzate con il software *BASEMENT* (scheda 7 Modellazione numerica dei corsi d'acqua), mostra, per differenti valori di deflusso, che le tratte fluviali caratterizzate da un'elevata diversità morfologica presentano anche una miglior variabilità nel tempo. Nelle tratte naturali l'IDIM è praticamente costante anche se il deflusso cambia secondo le stagioni, a eccezione dei deflussi che non vengono raggiunti o sorpassati durante circa cinque giorni all'anno. Nelle tratte arginate, invece, l'IDIM diminuisce con l'aumentare del deflusso. Nelle tratte fluviali naturali la diversità strutturale è generalmente superiore rispetto a quelle canalizzate, di conseguenza le condizioni vitali per gli organismi sono più stabili.

Applicazioni dell'IDIM

L'IDIM è uno strumento che permette di ottimizzare la diversità morfologica nei progetti di riqualifica dei corsi d'acqua. La figura 3 mostra una possibile applicazione dell'IDIM a partire da un esempio, semplificato considerevolmente, di possibili varianti di un progetto di rivitalizzazione. La situazione iniziale è caratterizzata da un tratto canalizzato, dal profilo trapezoidale, con protezione fissa delle due rive. Si presuppone che questo tratto nel suo stato di riferimento fosse un corso alpino a canale intrecciato caratterizzato da un buon apporto solido. Uno degli obiettivi dell'intervento di sistemazione è quello di riportare il corso d'acqua allo stato morfologico di riferimento.

Le misure ipotizzabili sono le seguenti: interventi minori con il posizionamento di massi ciclopici di disturbo (fig. 3: variante 1); la rimozione di uno dei due argini, per consentire la formazione di banchi di ghiaia alternati, mantenendo la protezione della sponda opposta, al margine della fascia tampone (fig. 3: variante 2); la rimozione di entrambi gli argini per permettere un allargamento dell'alveo e consentire di ristabilire una dinamica fluviale completa senza limitazioni laterali (fig. 3: variante 3).

Riquadro 1. L'indice della diversità idromorfologica (IDIM)

Qual è l'innovazione dell'IDIM?

L'IDIM utilizza grandezze idrauliche che caratterizzano gli habitat acquatici. Al contrario dei metodi di valutazione che ricorrono in parte a stime soggettive o all'osservazione sul campo (p. es. la valutazione ecomorfologica), l'IDIM si basa su criteri oggettivi.

Quali sono i vantaggi dell'IDIM?

L'impiego di modelli di deflusso numerici bidimensionali per la valutazione dei progetti idraulici in caso di piena è oggi ormai uno standard. Con poche operazioni supplementari questi modelli possono essere impiegati anche per modellare le portate medie e, applicando le grandezze idrauliche che ne derivano, per calcolare l'IDIM.

Quali lacune colma l'IDIM?

L'IDIM consente di confrontare le varianti di un progetto per il miglioramento della diversità strutturale. L'IDIM non è uno strumento per valutare lo strato iniziale o i risultati, ma serve per valutare le diverse varianti dei progetti di sistemazione dei corsi d'acqua.

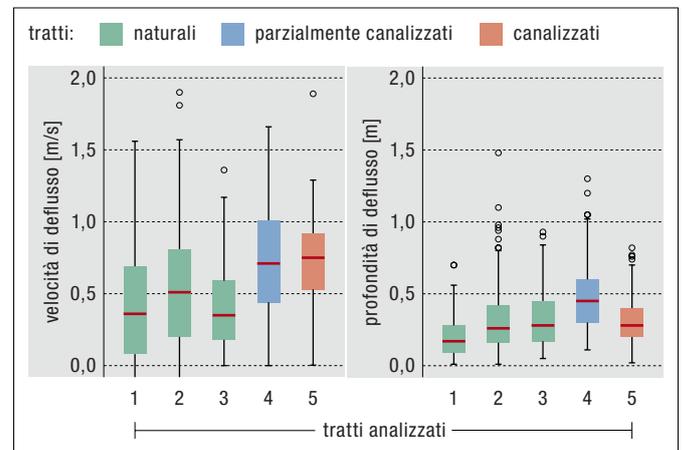


Fig. 2 Boxplot di velocità di deflusso (sinistra) e profondità di deflusso (destra) per i tratti analizzati della Singine (FR). Indicano la mediana (linea rossa orizzontale). Il 50 per cento dei dati si trova all'interno del limite inferiore e superiore. Le linee verticali tratteggiate corrispondono a circa 2 deviazioni standard. Al di fuori di questo settore si trovano i cosiddetti «outlier», contrassegnati come punti singoli. Illustrazione secondo Walter Gostner

L'IDIM viene calcolato nel modo seguente:

- > si procede a una modellazione numerica bidimensionale della portata media prevista per lo stato immediatamente successivo all'attuazione del progetto. Se il corso d'acqua si trova in un equilibrio dinamico, la composizione degli habitat resta costante, anche se, quando il deflusso permette di modificare la struttura dell'alveo, i detti habitat possono essere spostati. I dati necessari per la modellazione sono quelli relativi al modello altitudinale per le singole varianti (compresi i coefficienti di scabrezza), e alla portata media, che deve essere calcolata o ricavata da una curva di durata delle portate relativa al tratto fluviale interessato. Il modello altitudinale è generalmente già disponibile poiché viene impiegato per calcolare il regime di piena;
- > scegliamo in seguito, a partire dai risultati della modellazione, le velocità di corrente e le profondità dell'acqua per le singole celle della griglia del modello altitudinale;
- > calcoliamo infine i valori medi e delle deviazioni standard per le grandezze idrauliche (profondità e velocità) e per l'IDIM conformemente alla formula riportata precedentemente.

Calcolando l'IDIM per lo stato iniziale, è possibile valutare il potenziale di miglioramento della diversità morfologica per le varianti proposte. Rispetto alla diversità strutturale presente allo stato iniziale, la variante 1 (fig. 3) mostra un leggero miglioramento, nella variante 2 l'IDIM è decisamente superiore, ma a causa della protezione delle rive non ci si deve attendere uno sviluppo di habitat naturali completo. La variante 3 consente di ottenere un valore IDIM elevato e rappresenta quindi il risultato ottimale per una rivitalizzazione: grazie a questa variante è possibile ottenere un'elevata diversità di habitat e, di conseguenza, promuovere la biodiversità, a condizione che

> Tabella 2

Calcolo dell'IDIM per i singoli tratti analizzati della Singine (FR/BE).

Tratto		(1) a canale intrecciato, naturale	(2) sinuoso, naturale	3) a canale intrecciato, naturale, leggermente arginato	4) canalizzato, parzialmente arginato	(5) canalizzato
Velocità di deflusso	μ [m/s]	0,445	0,564	0,388	0,717	0,713
	σ [m/s]	0,412	0,450	0,266	0,416	0,294
	c_v	0,93	0,80	0,69	0,58	0,41
	V(v)	3,71	3,23	2,84	2,50	1,99
Profondità di deflusso	μ [m]	0,196	0,319	0,314	0,461	0,306
	σ [m]	0,131	0,222	0,184	0,219	0,149
	c_v	0,67	0,70	0,59	0,48	0,49
	V(t)	2,78	2,88	2,52	2,18	2,21
IDIM		10,31	9,30	7,15	5,43	4,41

> Tabella 1

Dati salienti delle ricerche sul campo relative alla Singine (FR/BE).

Tratto		(1) a canale intrecciato	(2) sinuoso	(3) a canale intrecciato	(4) parzialmente arginato	(5) canalizzato
Lunghezza	[m]	1850	770	620	685	940
Sezioni trasversali		19	17	19	14	14
Distanza sezioni trasversali	[m]	100	48	10,4	53	72
Punti		310	202	249	135	216
Deflusso Q	[m ³ /s]	2,30	2,93	3,19	5,65	5,81
Portata specifica q	[l/s, km ²]	19,5	19,5	18,2	17,6	16,3

la dinamica sia ristabilita grazie a un riequilibrio del trasporto solido. Possiamo constatare che l'IDIM consente di valutare l'impatto di diverse varianti sull'idromorfologia di un corso d'acqua.

Limitazioni nell'applicazione

L'utilizzo dell'IDIM richiede di rispettare alcuni principi affinché l'attuazione di un progetto garantisca dei risultati a lungo termine.

Per ogni rivitalizzazione conviene elaborare precedentemente delle idee direttrici che permettano di definire chiaramente gli obiettivi. È inoltre necessario determinare le caratteristiche morfologico-strutturali del corso d'acqua che impediscano la realizzazione di queste idee direttrici. Se la riduzione della biodiversità è dovuta ad altri fattori (p. es.

apporto di nutrienti o di sedimenti dall'agricoltura, inquinamento chimico o frammentazione del corso d'acqua), le misure volte a migliorare la diversità strutturale possono non essere sufficienti per ottenere l'auspicato successo del progetto. La connettività longitudinale, laterale e verticale è quindi indispensabile per permettere al miglioramento morfologico di garantire un incremento della biodiversità (scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua).

Nella fase di progettazione è inoltre necessario analizzare e valutare la dinamica del corso d'acqua (scheda 1 Rivitalizzazioni: promozione della dinamica). I corsi d'acqua la cui morfologia è diversificata da molto tempo sono caratterizzati da un equilibrio dinamico: i deflussi che rimodellano l'alveo formano periodicamente nuovi habitat, senza provocare abbassamenti o sovralluvionamenti irreversibili. Per poter valutare la stabilità temporale dei parametri dell'IDIM è necessario analizzare il trasporto solido e la dinamica dei deflussi su tutto il bacino imbrifero. Un apporto insufficiente di materiale solido da monte, accompagnato da picchi di piena frequenti, può ad esempio limitare nel tempo il miglioramento o il ripristino della diversità strutturale. Il ramo fluviale principale può infatti erodere nuovamente il materiale depositato in seguito all'intervento di sistemazione e, a lungo termine, riportare il corso d'acqua a una situazione morfologica povera di strutture. Nei progetti di gestione dei corsi d'acqua è importante non solo migliorare la diversità morfologica, ma anche garantire un equilibrio nel trasporto solido: è questa l'unica solu-

zione che permette di garantire il ripristino della funzionalità ecologica a lungo termine.

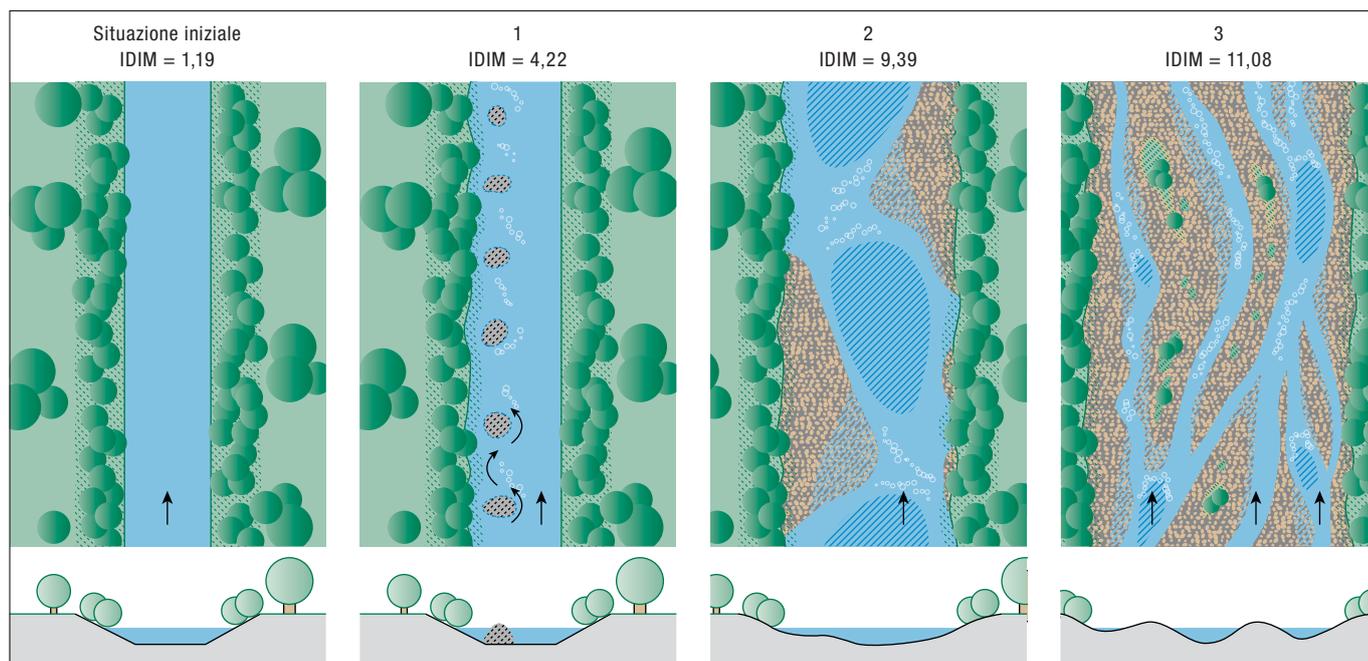


Fig. 3 *Rappresentazione di possibili varianti di rivitalizzazione con l'indicazione dell'IDIM ottenuto per ogni variante. Da sinistra a destra: situazione iniziale; variante 1 (posizionamento di masse di disturbo); variante 2 (avvio di banchi di ghiaia alternati); variante 3 (sviluppo di una dinamica propria completa). Illustrazione secondo Walter Gostner*

Bibliografia

Gostner, W., Schleiss, A., 2011: Der hydromorphologische Index der Diversität – «eine Messlatte für das ökologische Potenzial von Hochwasserschutzprojekten». *Wasser Energie Luft*: 4/2011, 327 – 336.

Jungwirth, M., Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S., Schmutz, S., 2003: *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*. *Facultas Universitätsverlag*, Vienna.

Schleiss, A., 2005: Flussbauliche Hochwasserschutzmassnahmen und Verbesserung der Gewässerökologie – Vorschlag eines hydraulisch-morphologischen Vielfältigkeitsindex. *Wasser Energie Luft*: 7/8 2005, 195 – 199.

UFAP, 1998: *Ökomorphologie Stufe F. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz*. UFAP, Berna.

UFAEG, 2001: *Protezione contro le piene dei corsi d'acqua*. UFAEG, Berna.

Woolsey, S., Weber, C., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Roulier, C., Schweizer, S., Tieg, S., Tockner, K., Peter, A., 2005. *Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen*. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW ETHZ, 112 p.

Nota editoriale

Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su www.rivermanagement.ch

Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti: Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, www.eawag.ch

Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, www.wsl.ch

Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, www.lch.epfl.ch

Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, www.vaw.ethz.ch

Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen
Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)

Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

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

Indicazione bibliografica

Gostner, W., Schleiss, A., 2011: *Indice della diversità idromorfologica*. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 3.

Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

Per scaricare il PDF

www.bafu.admin.ch/uw-1211-i

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM