



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

## SUM

# Sistema di rilevamento e classificazione delle unità morfologiche dei corsi d'acqua

Versione aggiornata 2016



MANUALI E LINEE GUIDA





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**SUM**

# **Sistema di rilevamento e classificazione delle unità morfologiche dei corsi d'acqua**

---

**Versione aggiornata 2016**



---

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo manuale.

**ISPRA** - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale  
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma  
[www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)

ISPRA, Manuali e Linee Guida 132/2016  
ISBN: 978-88-448-0757-3

Riproduzione autorizzata citando la fonte

**Elaborazione grafica**

ISPRA

*Grafica di copertina:* Franco Iozzoli

*Foto di copertina:* Francesco Comiti, Massimo Rinaldi

**Coordinamento editoriale:**

Daria Mazzella

**ISPRA** – Settore Editoria

*gennaio 2016*

---

## **Autori**

Massimo Rinaldi <sup>(1)</sup>, Barbara Belletti <sup>(1)</sup>, Francesco Comiti <sup>(2)</sup>, Laura Nardi <sup>(1)</sup>, Luca Mao <sup>(3)</sup>, Martina Bussetini <sup>(4)</sup>

## **Con il contributo di**

Paolo Vezza <sup>(5)</sup>  
Angela Mary Gurnell <sup>(6)</sup>

## **Ringraziamenti**

Si ringraziano Johan Kling (*Swedish Agency for Marine and Water Management*) e Walter Bertoldi (*Università di Trento*), per i loro utili suggerimenti. Si ringrazia inoltre Gabriele Consoli per aver condotto la fase di test del metodo lungo il Fiume Cecina. Infine si ringrazia Barbara Lastoria (*ISPRA, Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine*) per la collaborazione nella revisione e formattazione del testo.

<sup>(1)</sup> Università di Firenze – Dipartimento di Scienze della Terra

<sup>(2)</sup> Libera Università di Bolzano – Facoltà di Scienze e Tecnologie

<sup>(3)</sup> Pontificia Universidad Católica de Chile – Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente

<sup>(4)</sup> ISPRA – Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine

<sup>(5)</sup> Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell’Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

<sup>(6)</sup> Queen Mary – University of London

Citare questo documento come segue: *Rinaldi M., Belletti B., Comiti F., Nardi L., Mao L., Bussetini M. (2016): Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d’acqua (SUM). Versione aggiornata 2016.* ISPRA – Manuali e Linee Guida 132/2016. Roma, gennaio 2016.

---

## INDICE

PREMESSA .....	1
INTRODUZIONE .....	2
<b>PARTE I – IL SISTEMA DI RILEVAMENTO E CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE DEI CORSI D’ACQUA (SUM) .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INQUADRAMENTO DELL’ARGOMENTO E CONCETTI DI BASE.....</b>	<b>4</b>
1.1 Approcci esistenti per il rilevamento e la caratterizzazione degli habitat fisici .....	4
1.2 L’approccio gerarchico multiscala .....	5
1.3 Le unità morfologiche.....	8
1.4 Relazione tra unità morfologiche e tipologie fluviali alla scala di tratto.....	9
<b>2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RILEVAMENTO E CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE (SUM) .....</b>	<b>15</b>
2.1 Caratteristiche generali del metodo .....	15
2.2 Le unità morfologiche nel quadro metodologico multiscala .....	15
2.3 Ambiti spaziali.....	16
2.4 Metodi e livelli di caratterizzazione delle unità.....	17
2.4.1 Metodi .....	17
2.4.2 Tipi di dati e informazioni rilevabili .....	17
2.4.3 Livelli di caratterizzazione e di analisi .....	17
2.4.4 Rilevamento e compilazione delle schede .....	19
2.4.5 Supporto del SUM ai fini del calcolo di indici di habitat .....	20
<b>3. ANALISI DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE E INDICI SUM.....</b>	<b>22</b>
3.1 Indici SUM.....	23
3.1.1 Indice SUM di ricchezza di unità morfologiche (ISUM-R) .....	23
3.1.2 Indice SUM di densità di unità morfologiche (ISUM-D).....	23
3.1.3 Sub-indici.....	24
3.2 Interazioni tra SUM ed Indice di Qualità Morfologica (IQM).....	24
<b>4. FASE DI TEST .....</b>	<b>26</b>
<b>5. APPLICAZIONI DEL SUM .....</b>	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFIA – PARTE I.....</b>	<b>35</b>
<b>PARTE II – GUIDA ALL’APPLICAZIONE DEL SISTEMA DI RILEVAMENTO E CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE DEI CORSI D’ACQUA (SUM) .....</b>	<b>40</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>41</b>
<b>6. GUIDA ALLA COMPILAZIONE DELLE SCHEDE .....</b>	<b>42</b>
6.1.1 Scheda 1: Piano di rilevamento .....	42
6.1.2 Scheda 2: Informazioni generali e schema morfologico.....	44
6.1.3 Scheda 3: Livello Generale.....	45
6.1.4 Schede da 4 a 6: Livello Base .....	46
6.1.5 Schede da 7 a 15: Livello Dettaglio (macro-unità ed unità).....	48
6.1.6 Scheda 16: Livello Dettaglio (sub-unità).....	49
<b>7. GUIDA ILLUSTRATA ALLA CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE.....</b>	<b>52</b>
7.1.1 Unità di Alveo .....	52
7.1.2 Unità di Pianura Alluvionale .....	102

---

7.1.3 <i>Elementi artificiali</i> .....	118
7.1.4 <i>Sub-unità</i> .....	123
<b>BIBLIOGRAFIA – PARTE II</b> .....	<b>126</b>
<b>APPENDICE 1: SCHEDE DI RILEVAMENTO E CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE</b> .....	<b>A1 - 1</b>
<b>APPENDICE 2: LISTA DELLE UNITÀ E MACRO-UNITÀ</b> .....	<b>A2 - 1</b>
<b>APPENDICE 3: SCHEDA DI RILEVAMENTO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI MESOHABITAT PER IL CALCOLO DI INDICI DI HABITAT</b> .....	<b>A3 - 1</b>
<b>APPENDICE 4: APPLICAZIONI DEL SUM PER I MODELLI DI HABITAT E IL CALCOLO DI INDICI DI HABITAT</b> .....	<b>A4 - 1</b>
<b>APPENDICE 5: GLOSSARIO</b> .....	<b>A5 - 1</b>

---

## Indice Figure

Figura 1.1 - Estratto dell'approccio gerarchico dalla scala del bacino fino alla scala delle unità morfologiche (in basso sono riportate come esempio alcune unità morfologiche). .....	6
Figura 1.2 - Schema della successione di unità morfologiche lungo un corso d'acqua, da monte a valle, al variare delle condizioni al contorno.....	8
Figura 1.3 - Morfologie di alvei alluvionali a scala di tratto (modificato da <i>Montgomery &amp; Buffington, 1997</i> ). ..	10
Figura 1.4 - Classificazione estesa delle tipologie morfologiche dei corsi d'acqua ( <i>Extended River Typology</i> ; modificato da <i>Rinaldi et al., 2016a</i> ). Alvei artificiali. (0) A fondo artificiale. Alvei confinati a canale singolo. (1) In roccia; (2) colluviale a sedimenti grossolani - misti; (3) colluviale a sedimenti misti; (4) <i>cascade</i> ; (5) a gradinata; (6) letto piano; (7) <i>riffle-pool</i> . Alvei alluvionali semiconfinati o non confinati a canale singolo, confinati/semi-/non confinati transizionali o a canali multipli. (8) A canali intrecciati ghiaioso; (9) a canali intrecciati con isole; (10) <i>anabranching</i> ghiaioso (equiv. ai tipi 3, 5 o 6 secondo <i>Nanson &amp; Knighton (1996)</i> ); (11) <i>wandering</i> ; (12) sinuoso a barre alternate ghiaioso; (13) rettilineo-sinuoso ghiaioso; (14) meandriforme ghiaioso; (15) a canali intrecciati sabbioso; (16) sinuoso a barre alternate sabbioso; (17) rettilineo-sinuoso sabbioso; (18) meandriforme sabbioso; (19) <i>anabranching</i> sabbioso (equiv. ai tipi 2 o 4 secondo <i>Nanson &amp; Knighton (1996)</i> ); (20) rettilineo-sinuoso limoso; (21) meandriforme limoso; (22) anastomizzato (equiv. al tipo 1 secondo <i>Nanson &amp; Knighton (1996)</i> ).....	11
Figura 2.1 - Livelli di caratterizzazione e relative unità spaziali.....	19
Figura 2.2 - Dettaglio della Scheda per il rilievo dei mesohabitat ai fini del calcolo di indici di habitat.....	21
Figura 3.1 - Schema di interazione tra il <i>SUM</i> , i modelli e indici di habitat e la struttura generale del sistema <i>IDRAIM</i> . Modificato da <i>Rinaldi et al. (2016b)</i> .....	22
Figura 4.1 - Fiume Cecina, tratto 3.7 presso Casino di Terra (PI), e localizzazione dei due sottotratti (1: sottotratto di monte; 2: sottotratto di valle). .....	26
Figura 4.2 - Livello Generale. (A) Tratto 3.7; (B) mappa delle macro-unità .....	28
Figura 4.3 - Mappa delle macro-unità per il sottotratto 1 (monte). .....	29
Figura 4.4 - Mappa delle macro-unità per il sottotratto 2 (valle). .....	29
Figura 4.5 - Confronto delle abbondanze relative (%) di ciascuna macro-unità ottenute dalla classificazione del tratto e dei due sottotratti. ....	30
Figura 4.6 - Confronto delle dimensioni medie (m <sup>2</sup> ) delle macro-unità di alveo per i due sottotratti (1 a monte; 2 a valle). .....	30
Figura 4.7 - Sottotratto 1 (monte): mappa delle unità. ....	31
Figura 4.8 - Sottotratto 2 (valle): mappa delle unità. ....	32
Figura 4.9 - Unità di alveo e di pianura nel sottotratto 1: A e D: Terrazzo recente, B: <i>Bench</i> , C: Piana inondabile. Si osservi come la vegetazione in D e C appaia uniforme e quindi non significativa come supporto del rilevamento delle unità da remoto. ....	33
Figura 4.10 - Abbondanza relativa (%) delle unità di alveo e della macro-unità "C/S alveo di magra" per i due sottotratti (1 monte; 2 valle): EA, barra laterale (s.s); EAh, barra alta laterale; EC, barra centrale; ED, canale emerso; EK, sponda non vegetata; VI, isola; VJ, accumulo di materiale legnoso grossolano; VA, vegetazione acquatica; VB, <i>bench</i> .....	33
Figura 6.1 - Dettaglio della prima parte della Scheda 1: Piano di rilevamento. ....	42
Figura 6.2 - Dettaglio della seconda parte della Scheda 1: Piano di rilevamento delle macro-unità ed unità. ....	43
Figura 6.3 - Dettaglio della seconda parte della Scheda 1: Piano di rilevamento delle sub-unità e dati per il calcolo di indici di habitat.....	43
Figura 6.4 - Dettaglio della prima parte della Scheda 2: Informazioni generali. ....	45
Figura 6.5 - Dettaglio della seconda parte della Scheda 3: Livello Generale; rilevamento delle macro-unità.....	46
Figura 6.6 - Dettaglio della Scheda 4: Livello Base; rilevamento delle unità (e alcune macro-unità) di Alveo. ....	47
Figura 6.7 - Dettaglio della Scheda 5: Livello Base; parte relativa al calcolo degli indici <i>SUM</i> . ....	47
Figura 6.8 - Dettaglio della Scheda 9: Livello Dettaglio; rilevamento delle unità di alveo emerse. ....	49

Figura 6.9 - Dettaglio della Scheda 13: Livello Dettaglio; rilevamento delle unità di alveo (sponde).....	49
Figura 6.10 - Dettaglio della Scheda 16: Livello Dettaglio per le sub-unità.....	50
Figura 7.1 - Principali unità di canale in alvei alluvionali a pendenza elevata (modificato da <i>Halwas &amp; Church, 2002</i> ).....	56
Figura 7.2 - Esempio di macro-unità “unità emerse” (E).....	69
Figura 7.3 - Esempio di macro-unità “vegetazione in alveo” (V).....	83
Figura 7.4 - Esempio di macro-unità “zona ripariale” (F).....	102
Figura 7.5 - Esempio di macro-unità “zone dominate da attività antropiche” (H).....	116

## Indice Figure Appendice 4

Figura A4.1 - Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (unità sommerse e unità emerse) per il caso del Fiume Taro a Piane di Carniglia (Parma) per 3 differenti condizioni di deflusso ( $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ , $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	A4 - 1
Figura A4.2 - Valutazione in termini di idoneità d’habitat delle unità di canale per il caso del Fiume Taro a Piane di Carniglia (Parma) per 3 differenti condizioni di deflusso ( $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ , $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Nell’esempio riportato l’habitat viene valutato per il barbo ( <i>Barbus sp.</i> , stadio vitale adulto) e classificato secondo 3 categorie: idoneo, non idoneo e ottimale. ....	A4 - 2
Figura A4.3 - Relazione habitat-portata determinata con la metodologia MesoHABSIM per il caso del F. Taro a Piane di Carniglia (Parma). L’habitat disponibile è quantificato per differenti specie e stadi vitali della comunità ittica locale e viene espresso in $\text{m}^2$ in funzione della portata defluente. ....	A4 - 3
Figura A4.4 - Esempio di calcolo della curva di durata continua sotto-soglia (curva CDS o UCUT). Il calcolo viene eseguito per l’intero intervallo di durate sotto soglia (in Figura: tra 2 – evento E – e 21 giorni – evento A). ....	A4 - 4
Figura A4.5 - Esempio di calcolo dell’alterazione media della durata degli eventi di stress (eventi di habitat disponibile sotto-soglia) per la specie barbo ( <i>Barbus sp.</i> ) per il F. Taro a Piane di Carniglia (Parma). Le curve di durata dell’habitat disponibile sotto-soglia (CDS) vengono calcolate per le condizioni non alterate (linea di colore nero) e alterate (linea di colore grigio). ....	A4 - 5
Figura A4.6 - Rappresentazione della funzione di valore per il calcolo dell’indice ITH (indice di disponibilità temporale dell’habitat) basato sull’indicatore AGS (alterazione dei giorni di stress).....	A4 - 5
Figura A4.7 - Serie storica di portate medie giornaliere per l’anno 2007 in assenza (grafico di sinistra) e a valle (grafico di destra) della derivazione in esame per il F. Taro a piane di Carniglia. ....	A4 - 6
Figura A4.8 - Serie storica di habitat disponibile (espresso in $\text{m}^2$ ) per l’anno 2007 in assenza (grafico di sinistra) e a valle (grafico di destra) della derivazione in esame, con indicata la soglia di riferimento ( $6918 \text{ m}^2$ , linea continua rossa) definita per la specie barbo sp. – adulto e corrispondente ad una portata $Q_{355} = 0.83 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nella figura non vengono riportati i valori di habitat disponibile relativi a portate maggiori di $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ in quanto al di fuori dell’intervallo di portate considerato.....	A4 - 7

## Indice Tabelle

Tabella 1.1 - Unità spaziali che costituiscono l’approccio gerarchico multiscala: descrizione, scale spaziali e temporali e criteri di delimitazione (modificato da <i>Gurnell et al., 2014, 2016</i> ).....	7
Tabella 1.2 - Principali caratteristiche delle 22 tipologie fluviali con indicazione del range di unità morfologiche osservabili in ciascuna tipologia (modificato da <i>Gurnell et al., 2014</i> ). ....	12
Tabella 2.1 - Livelli di caratterizzazione e relative caratteristiche rilevate a ogni livello. ....	18
Tabella 2.2 - Indicazioni dettagliate sul metodo di rilevamento per ogni livello di caratterizzazione, scala spaziale e ambito: RS = telerilevamento ( <i>remote sensing</i> ); FS = rilievo sul terreno ( <i>field survey</i> ).....	19
Tabella 4.1 - Risultati degli indici <i>SUM</i> e relativi sub-indici calcolati per il Fiume Cecina presso Casino di Terra. ....	27
Tabella 6.1 - Elenco delle caratteristiche rilevate per il livello di dettaglio maggiore (Dettaglio) per ogni unità spaziale e ambito. ....	51

---

## **Indice Tabelle Appendice 4**

Tabella A4.1 - Classi di integrità dell'habitat secondo l'indice IH. ....	A4 - 6
Tabella A4.2 - Valori di ISH, AGS e ITH calcolati per il caso del F. Taro a Piane di Carniglia. ....	A4 - 7



---

## PREMESSA

Il presente Manuale descrive il “Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d’acqua”, denominato **SUM** che rientra nel più ampio sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d’acqua **IDRAIM** ([RINALDI et al., 2016b](#)), costituendone parte integrante. Come noto, **IDRAIM** rappresenta un sistema complessivo di analisi, valutazione post-monitoraggio e di definizione delle misure di mitigazione degli impatti ai fini della pianificazione integrata prevista dalle Direttive 2000/60/CE e 2007/60/CE. Il **SUM** rappresenta una componente aggiuntiva di **IDRAIM** da utilizzare a supporto della classificazione e caratterizzazione delle condizioni morfologiche del corso d’acqua.

Il Manuale si compone di due parti: la [Parte I](#), di descrizione del metodo e la [Parte II](#) che rappresenta una Guida pratica all’applicazione dello stesso.

Il gruppo di lavoro comprende:

- Massimo RINALDI, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze (Responsabile della ricerca);
- Barbara BELLETTI, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze;
- Francesco COMITI, Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera Università di Bolzano;
- Laura NARDI, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze;
- Luca MAO, Pontificia Universidad Católica de Chile, Cile;
- Martina BUSSETTINI, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma (Responsabile ISPRA della ricerca).

---

## INTRODUZIONE

La valutazione delle condizioni idromorfologiche di un corso d'acqua è richiesta dalla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) per la classificazione e il monitoraggio dei corpi idrici. È noto come l'Indice di Qualità Morfologica (*IQM*), uno degli strumenti operativi sviluppati nell'ambito del sistema *IDRAIM*, sia il metodo adottato in Italia per la classificazione e il monitoraggio idromorfologico dei corpi idrici attraverso il Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 260/2010. Tale metodo valuta le alterazioni morfologiche alla scala di tratto, ossia per una porzione di corso d'acqua nell'ambito della quale le variabili guida (portate liquide e solide) e le condizioni al contorno sono sufficientemente uniformi da determinare una certa omogeneità in termini di processi morfologici e relative forme. Seguendo l'approccio gerarchico multiscala adottato in *IDRAIM*, a un livello spaziale inferiore si definiscono le unità morfologiche, le quali vanno a determinare l'assemblaggio tipico di forme che caratterizzano una certa morfologia fluviale. Seppure la scala di tratto rimanga quella più appropriata per la valutazione delle caratteristiche morfologiche e delle condizioni del corso d'acqua, è utile anche un'accurata caratterizzazione delle unità morfologiche presenti all'interno del tratto fluviale, la quale non è oggetto specifico della valutazione attraverso l'*IQM*. La scala delle unità morfologiche e quelle gerarchicamente inferiori (unità idrauliche e sedimentarie) sono quelle che determinano la presenza e diversità degli habitat fisici intesi in senso lato (ovvero non riferiti alla presenza di determinati organismi, specie, popolazione o individuo). Pertanto questa scala è utile per stabilire relazioni tra elementi fisici e biologici.

Esistono già numerosi metodi che rientrano nella categoria del cosiddetto rilevamento o valutazione degli habitat fisici (*physical habitat survey* o *assessment*). È stato recentemente messo in evidenza (si veda ad es., [Rinaldi et al. 2013a](#); [Belletti et al., 2015](#)) come i metodi esistenti non siano opportunamente integrati all'interno di un quadro metodologico che tenga conto degli avanzamenti della ricerca nel campo della geomorfologia fluviale.

Lo sviluppo di una nuova procedura di rilevamento e classificazione delle unità morfologiche parte quindi da queste premesse. Pertanto, l'obiettivo di questa ricerca è stato in primo luogo quello di sviluppare una nuova metodologia, specifica per il rilevamento e la mappatura delle unità morfologiche presenti in un corso d'acqua, in linea con l'attuale stato dell'arte nel campo della geomorfologia fluviale. Il rilevamento e la classificazione delle unità morfologiche, pur rappresentando un passaggio fondamentale per la caratterizzazione di un corso d'acqua, certamente non esauriscono l'analisi geomorfologica dello stesso. Tale informazione va infatti inserita in un appropriato contesto spazio-temporale, integrando l'analisi delle unità morfologiche con la valutazione delle condizioni morfologiche complessive del corso d'acqua ([Brierley et al., 2013](#)). Tra le varie applicazioni, il rilevamento delle unità morfologiche e l'utilizzo di specifici indici sintetici (indici *SUM*) potranno affiancarsi alla valutazione condotta attraverso l'*IQM*, favorendo quindi un'integrazione tra le conoscenze relative alle condizioni idromorfologiche alla scala di tratto, le caratteristiche morfologiche alla scala delle unità e le condizioni biologiche. Inoltre, la metodologia di classificazione delle unità potrà costituire la base per analisi più di dettaglio sulla variazione spazio-temporale della disponibilità di habitat ([Veza et al., 2015a; b](#)).

---

**PARTE I – IL SISTEMA DI RILEVAMENTO E  
CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE DEI  
CORSI D’ACQUA (SUM)**

---

# 1. INQUADRAMENTO DELL'ARGOMENTO E CONCETTI DI BASE

## 1.1 Approcci esistenti per il rilevamento e la caratterizzazione degli habitat fisici

Esistono numerosi metodi che rientrano nella categoria del cosiddetto rilevamento o valutazione degli habitat fisici (*physical habitat survey* o *assessment*). In Europa, tali metodi fanno capo al *River Habitat Survey* (RHS – [Raven et al., 1997](#)), adattato alle diverse condizioni esistenti in vari paesi europei, e spesso utilizzato ai fini della Direttiva Quadro Acque. È stato recentemente messo in evidenza ([Rinaldi et al., 2013a](#); [Belletti et al., 2015](#)) come tale categoria di metodi sia affetta da una serie di importanti limitazioni, tra cui l'uso di una terminologia spesso inadeguata e limitata rispetto a quella correntemente in uso per descrivere le unità morfologiche nel campo della geomorfologia fluviale. Ciò implica che tali metodi tendono a trascurare la molteplicità e diversificazione di unità, quindi di habitat fisici, che esistono in natura, anche in rapporto alle diverse condizioni che caratterizzano la morfologia a scala di tratto (ad es., confinamento, pendenza, tessitura dei sedimenti, ecc.). Allo stesso tempo, essi tendono a definire condizioni di qualità elevata (e/o di riferimento) sulla base molto spesso della semplice presenza e abbondanza di habitat, non contestualizzandola rispetto alla tipologia fluviale in cui tali habitat vengono osservati e quindi non riconoscendo adeguatamente che esistono tipologie di corsi d'acqua la cui variabilità morfologica è per sua natura bassa ([Fryirs, 2003](#)). In sintesi, i metodi esistenti non sono opportunamente integrati all'interno di un quadro metodologico che tenga conto degli avanzamenti della ricerca nel campo della geomorfologia fluviale, ossia della disciplina che meglio delle altre è in grado di descrivere e interpretare le unità morfologiche, idrauliche e sedimentarie che costituiscono gli habitat fisici.

Oltre ai metodi precedentemente discussi, si richiamano di seguito altre procedure, sviluppate a partire dagli anni '90, finalizzate alla esclusiva mappatura, caratterizzazione e/o classificazione degli habitat fisici (ad es., [Thomson et al., 2001](#), [Hill et al., 2013](#); [Zavadil & Stewardson, 2013](#)), prescindendo da una loro valutazione complessiva di qualità attraverso uno o più indici sintetici. Uno dei primi esempi è il lavoro di [Hawkins et al. \(1993\)](#), in base al quale la mappatura degli habitat acquatici avviene su tre livelli di dettaglio crescente in termini di caratterizzazione delle proprietà morfologiche e idrauliche delle unità fisiche. Altri esempi si possono trovare in [Jowett \(1993\)](#), [Wadeson \(1995\)](#), [Maddock & Bird \(1996\)](#), [Padmore et al. \(1996\)](#), e più recentemente in [Thomson et al. \(2001\)](#), [Clifford et al. \(2006\)](#), [Harvey & Clifford \(2009\)](#) e [Zavadil et al. \(2012\)](#). La maggior parte di questi lavori si focalizza essenzialmente sulla porzione acquatica, in conseguenza dell'interesse storico rivolto agli organismi acquatici negli studi in ambito fluviale, sia da parte della comunità scientifica che degli organi di gestione del territorio. Molti di questi approcci si basano quindi sullo studio dei tipi di flusso (*flow types*, ad es., *free fall*, *broken standing waves*, ecc.; [Padmore, 1998](#); [Newson & Newson, 2000](#); [Zavadil & Stewardson, 2013](#)), questi ultimi utilizzati a supporto del riconoscimento e censimento degli habitat anche nei metodi più generali di rilevamento degli habitat fisici ([Raven et al., 1997](#)).

I *tipi di flusso* rappresentano unità spaziali di superficie osservabili in un determinato momento per determinate condizioni di portata. Esse derivano dall'interazione delle condizioni locali idrauliche e di substrato, che produce una serie di pattern distinti visibili in corrispondenza del pelo libero ([Hill et al., 2013](#)). Tali *pattern* sono considerati entità idrauliche ben distinte (ad es., [Wadeson & Rowntree, 1998](#); [Hill et al., 2013](#); [Zavadil & Stewardson, 2013](#)), e sono quindi ritenuti validi per la rappresentazione del *template* di habitat fisici a livello dei microhabitat, dove questi ultimi costituiscono la base della distribuzione del biota fluviale (ad es., [Newson & Newson, 2000](#)). Tuttavia, occorre rimarcare che la scala alla quale si osservano i tipi di flusso non corrisponde esattamente a quella delle unità idrauliche e morfologiche (si veda in seguito), per le quali è invece necessario effettuare delle considerazioni anche in termini di substrato e morfologia dell'alveo ([Zavadil & Stewardson, 2013](#)). Nonostante il loro ampio utilizzo come surrogato delle unità morfologiche, la variabilità dei tipi di flusso nel tempo è elevata, poiché essi dipendono dalle condizioni di portata ([Zavadil & Stewardson, 2013](#)), e non è noto ancora se esista una chiara relazione tra di essi e il biota ([Hill et al., 2013](#)). La stessa relazione tra componente fisica (idromorfologica) e componente biologica, seppure ampiamente riconosciuta a livello teorico e concettuale ([Maddock et al., 2013](#)), rimane in pratica scarsamente nota, soprattutto a causa della mancanza di strumenti efficienti e obiettivi per il rilevamento delle caratteristiche di habitat e del loro stato, a scale spazialmente e

---

temporalmente significative sia dal punto di vista dei processi fisici che dal punto di vista delle comunità ([Friberg et al., 2011](#)).

Un avanzamento metodologico è stato fatto grazie allo sviluppo di strumenti di caratterizzazione degli habitat fisici basato sulla loro modellazione. I modelli di habitat rientrano nella disciplina dell'ecoidraulica e sono applicati a partire dalla quantificazione di parametri idraulici quali la velocità di deflusso, la profondità dell'acqua e il substrato ([Maddock et al., 2013](#)). Attraverso questi modelli la variazione dei parametri idraulici nello spazio viene quantificata nel tempo al variare della portata. Tra i modelli di habitat esistenti si ricordano ([Conallin et al., 2010](#); [Dunbar et al., 2012](#); [Rinaldi et al., 2013a](#)): i modelli di idoneità di habitat a micro-scala, basati sulla definizione di curve di preferenza specie-specifiche per singole variabili idrauliche (ad es., PHABSIM, [Bovee et al., 1998](#)), o modelli basati sulla logica *fuzzy*, che adottano un approccio più flessibile di regole *if-then* (ad es., CASIMIR, [Jorde et al., 2000](#)); e i modelli di idoneità d'habitat a meso-scala, come il MesoHABSIM, che applica regressioni logistiche o tecniche statistiche ad apprendimento automatico invece di curve di preferenza per descrivere l'utilizzo di habitat da parte della comunità ittica (ad es., [Parasiewicz, 2001, 2007](#); [Veza et al., 2014, 2015a](#)); oppure il modello concettuale MEM (Mesohabitat Evaluation Model; ad es., [Hauer et al., 2007](#)) che include processi biologici, come il *drift*. Per una panoramica su possibili modelli statistici per la modellazione dell'idoneità di habitat si veda: [Ahmadi-Nedushan et al. \(2006\)](#) e [Conallin et al. \(2010\)](#).

A partire dai modelli di habitat diversi sono gli indici, di habitat e idromorfologici, che possono venire calcolati. Il loro scopo è principalmente quello di valutare la variabilità spazio-temporale degli habitat. Questo risulta particolarmente utile in fase di progettazione di interventi (riabilitazione, opere) o per la valutazione del successo o dell'impatto degli stessi interventi su un corso d'acqua. Si ricorda l'indice idromorfologico HDMI ([Gostner et al., 2013](#)) il quale, a partire dalla misura o modellazione di parametri idraulici ritenuti rappresentativi della diversità idromorfologica di un corso d'acqua (profondità dell'acqua e velocità del deflusso), si prefigge come strumento di valutazione degli habitat fisici in fase di progettazione di interventi idromorfologici. Un altro esempio è quello dei due indici di habitat sviluppati da [Veza et al. \(2015a\)](#), aventi lo scopo di descrivere e valutare l'integrità degli habitat in presenza di pressioni antropiche sia in ambito idrologico (*hydropeaking*, prelievi, derivazioni) che morfologico (ad es., svassi, disalvei o interventi di sistemazione idraulica). I due indici prendono in conto sia le alterazioni spaziali che temporali della struttura degli habitat. Infatti vengono calcolati a partire da mappe di idoneità dell'habitat (costruite sulla base di modelli di distribuzione di specie) combinate a modelli di simulazione dell'habitat con la portata defluente e curve di durata dell'habitat disponibile (vedasi [Appendice 4, Parte II](#)). In particolare, l'ISH (Indice di disponibilità Spaziale di Habitat) valuta la quantità di habitat persa per una determinata specie o comunità a seguito di un impatto; l'ITH (Indice di disponibilità Temporale di Habitat) stima la durata continua di limitata disponibilità di habitat che genera condizioni di stress per la fauna.

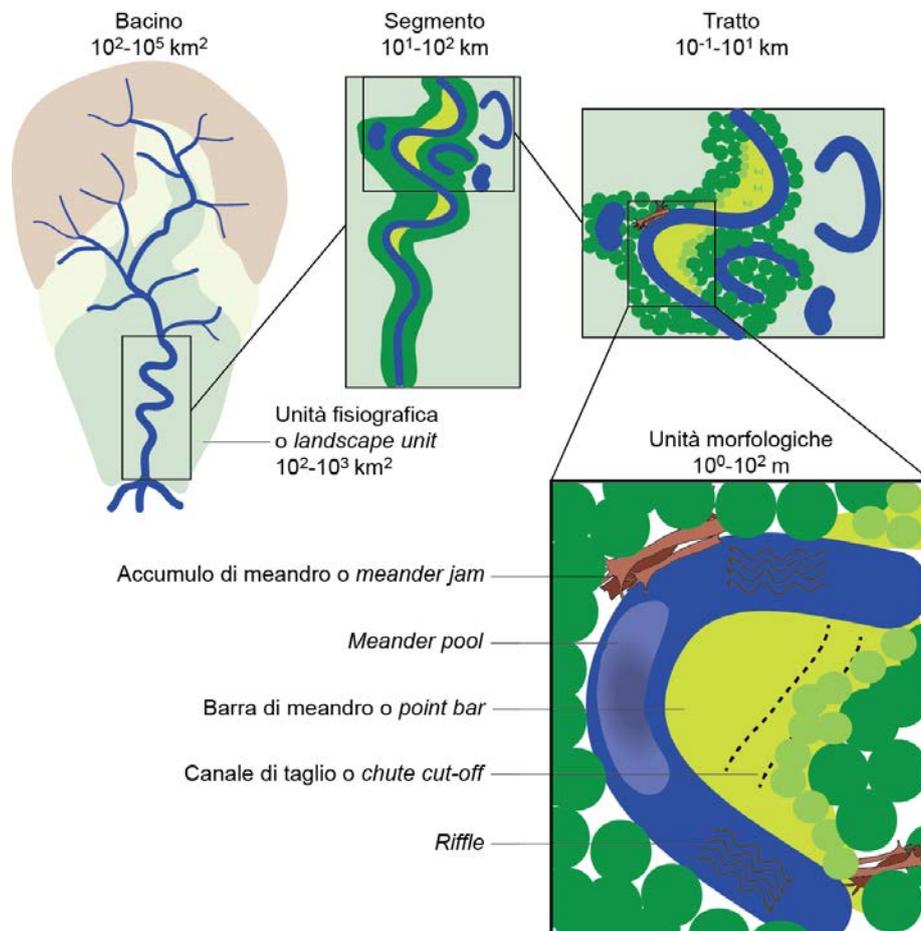
Seppure questi strumenti rappresentino un passo in avanti nello studio degli habitat fisici fluviali in relazione alla componente biotica, si deve comunque sottolineare che anche i modelli e gli indici di habitat disponibili sono stati sviluppati per l'alveo bagnato, e pochi esempi in letteratura sono presenti per prendere in considerazione anche la componente terrestre sia fisica che biotica del sistema fluviale ([Merritt et al., 2010](#), [Egger et al., 2012](#), [Garofano-Gomez et al., 2014](#)).

Sulla base dei limiti precedentemente evidenziati delle metodologie finora utilizzate, è emersa la necessità di disporre di metodi che siano in grado di raccogliere ed interpretare le informazioni necessarie in scale spaziali appropriate, e di interpretarle nel contesto dei processi geomorfologici che determinano la variabilità spazio-temporale delle forme fluviali che sono alla base della creazione e del mantenimento degli habitat fisici.

## 1.2 L'approccio gerarchico multiscala

I corsi d'acqua sono costituiti da numerose componenti, sia abiotiche che biotiche, che interagiscono in un complesso sistema di interazioni a diverse scale spaziali e temporali. Al fine di semplificare l'analisi dei sistemi fluviali (o "idrosistemi fluviali"; [Amoros & Petts, 1993](#)) e di migliorare la comprensione del loro funzionamento, essi possono venire considerati come un insieme di sotto-sistemi gerarchicamente organizzati in modo che i livelli (spaziali e temporali) inferiori siano contenuti in quelli immediatamente superiori ([Amoros & Petts, 1993](#)) ([Figura 1.1](#)). Ciascun livello gerarchico è controllato da fattori e processi specifici, e i livelli superiori controllano via via i processi,

i fattori e le condizioni dei livelli gerarchicamente inferiori (ad esempio i processi a scala di tratto possono essere influenzati dai fattori agenti alla scala del bacino; [Brierley et al., 2013](#)).



**Figura 1.1** - Estratto dell'approccio gerarchico dalla scala del bacino fino alla scala delle unità morfologiche (in basso sono riportate come esempio alcune unità morfologiche).

Numerosi sono gli approcci gerarchici multiscala che sono stati proposti ai fini dello studio e della gestione dei sistemi fluviali, anche se con diversi obiettivi, ad es., si veda [Frissell et al. \(1986\)](#), [Amoros & Petts \(1993\)](#), [Montgomery & Buffington \(1998\)](#), [Habersack \(2000\)](#), [Kondolf et al. \(2003\)](#), [González del Tánago & García de Jalón \(2004\)](#), [Brierley & Fryirs \(2005\)](#), [Newson & Large \(2006\)](#), [Thorp et al. \(2006\)](#), [Beechie et al. \(2010\)](#), [Wang et al. \(2012\)](#), [Rinaldi et al. \(2013b\)](#). In particolare, tale approccio multiscala è stato adottato nell'ambito di IDRAIM ([Rinaldi et al., 2016b](#)), al quale si rimanda per i dettagli, nonché a livello europeo nell'ambito del progetto REFORM ([Gurnell et al., 2014; 2015; 2016](#)) ([Tabella 1.1](#)).

All'interno del quadro metodologico gerarchico multiscala, le unità morfologiche rappresentano i tasselli del mosaico (*building blocks* – [Fryirs & Brierley, 2013](#)), in termini di morfologia, osservabile alla scala di tratto. Le unità morfologiche sono l'espressione delle interazioni che esistono tra processi erosivi e deposizionali, i quali dipendono da fattori che agiscono alla scala del tratto (ad es., pendenza, substrato, configurazione della valle) e superiori (ovvero del bacino e dell'ecoregione). Il tratto rappresenta la scala spaziale di livello direttamente superiore a quella delle unità morfologiche ([Fryirs & Brierley, 2013](#); [Brierley et al., 2013](#)). Infatti, si può osservare come i tratti di una stessa tipologia morfologica, cioè governati da processi simili, in genere presentino un insieme simile di unità morfologiche. Una singola unità morfologica può poi includere una o più unità idrauliche, ovvero porzioni spazialmente distinte, caratterizzate da condizioni di flusso di superficie e da substrato relativamente omogenee, ognuna delle quali può a sua volta includere una serie di singoli elementi fluviali (*river elements*, [Gurnell et al., 2014](#)) o piccoli raggruppamenti di sedimento, piante, legname, ecc.

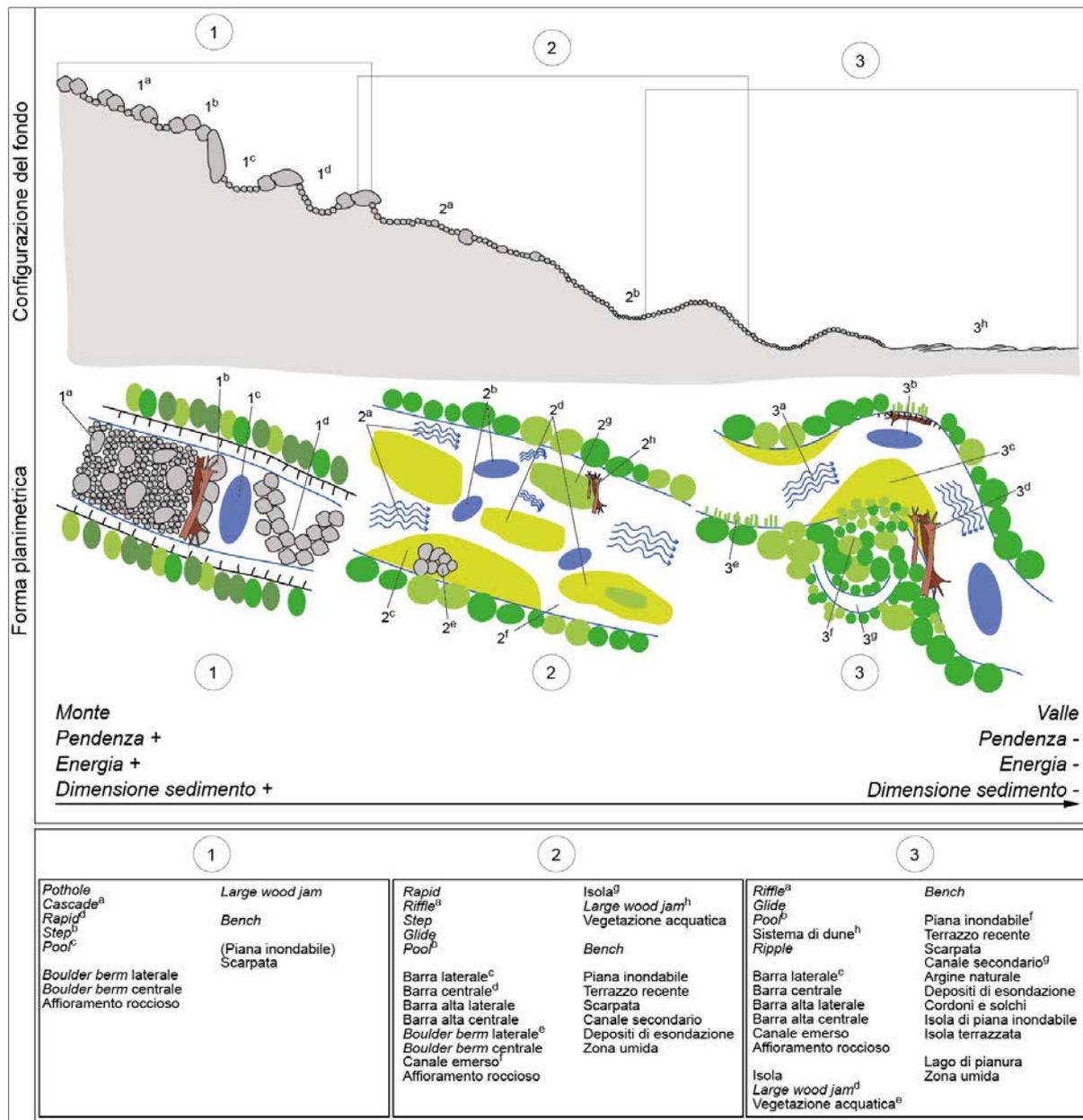
**Tabella 1.1** - Unità spaziali che costituiscono l'approccio gerarchico multiscala: descrizione, scale spaziali e temporali e criteri di delimitazione (modificato da [Gurnell et al., 2014, 2016](#)).

UNITÀ SPAZIALI (termini alternativi equivalenti)	SCALE SPAZIALI E TEMPORALI INDICATIVE	DESCRIZIONE	CRITERI DI DELIMITAZIONE
<b>Regione</b> (Ecoregione, Regione biogeografica)	$> 10^4$ km <sup>2</sup> $> 10^4$ anni	Aree molto estese che contengono l'insieme caratteristico delle comunità e specie naturali che risentono dell'influenza di condizioni climatiche, rilievo, processi tettonici, ecc.	Differenze nelle principali variabili climatiche e distribuzione dei principali tipi vegetazionali.
<b>Bacino</b>	$10^2 - 10^5$ km <sup>2</sup> $10^3 - 10^4$ anni	Area di territorio drenata da un corso d'acqua.	Linea di spartiacque.
<b>Unità fisiografica</b> (Unità di paesaggio)	$10^2 - 10^3$ km <sup>2</sup> $10^2 - 10^3$ anni	Porzione di un bacino con simili caratteristiche topografiche, morfologiche, geologiche.	Differenze topografiche (quote, rilievo) e geologiche.
<b>Segmento</b> (Settore)	$10^1 - 10^2$ km $10^1 - 10^2$ anni	Porzione (macro-tratto) di un corso d'acqua con condizioni relativamente omogenee in termini di unità fisiografica, configurazione della valle e condizioni di energia.	Variazioni di unità fisiografica Affluenti maggiori (variazioni importanti di area di drenaggio e portata) Maggiori discontinuità nel confinamento della valle
<b>Tratto</b>	$10^{-1} - 10^1$ km ( $\geq 20$ volte la larghezza alveo) $10^1 - 10^2$ anni	Porzione del corso d'acqua caratterizzata da variabili guida e condizioni al contorno sufficientemente uniformi e tali da determinare un'interazione tra forme e processi relativamente omogenea. (un segmento può contenere da uno a diversi tratti).	Morfologia dell'alveo (in particolare forma planimetrica) e confinamento Altre discontinuità quali variazioni di portata (affluenti), pendenza, dimensione dei sedimenti, caratteristiche della pianura, alterazioni artificiali della continuità longitudinale, tratti artificiali o fortemente urbanizzati
<b>Unità morfologica</b> (Mesohabitat, sottotratto)	$10^0 - 10^2$ m (0.1-20 volte la larghezza alveo) $10^0 - 10^1$ anni	Forma fluviale creata da erosione o deposizione di sedimenti, spesso in associazione con vegetazione.	Unità morfologiche in alveo e nella pianura identificabili in base a caratteristiche morfologiche, sedimentarie e/o vegetazionali distinte
<b>Unità idraulica</b> (Mesohabitat)	$10^{-1} - 10^1$ m (5-20 D <sub>50</sub> ) $10^{-1} - 10^1$ anni	Porzioni ( <i>patches</i> ) di un'unità morfologica spazialmente distinte con condizioni di flusso e substrato omogenee. Un'unità morfologica può contenere da una a diverse unità idrauliche.	Porzioni caratterizzate da condizioni omogenee di profondità e velocità del flusso, per un dato livello idrometrico, e da un range ristretto di dimensioni granulometriche.
<b>Unità sedimentaria o vegetazionale</b> (Elemento fluviale, Microhabitat)	$10^{-2} - 10^1$ m ( $10^0 - 10^1$ D <sub>50</sub> ) $10^{-2} - 10^0$ anni	Elementi dell'ambiente fluviale comprendenti singoli individui o gruppi di particelle di sedimento, piante, legname.	Elementi isolati significativi che creano microhabitat specifici.

D<sub>50</sub>: diametro mediano dei sedimenti del letto.

### 1.3 Le unità morfologiche

Si definisce unità morfologica (*geomorphic unit*) un'area sommersa o emersa (ad es., barre, *riffle*, piana inondabile) creata da processi di deposizione e/o erosione e situata all'interno dell'alveo (*bankfull*) o al suo esterno (nella pianura alluvionale). Le unità morfologiche possono essere superfici deposizionali o erosive, oppure possono essere associate alla presenza di vegetazione (inclusi gli accumuli legnosi).



**Figura 1.2** - Schema della successione di unità morfologiche lungo un corso d'acqua, da monte a valle, al variare delle condizioni al contorno.

Procedendo da monte verso valle lungo un corso d'acqua, si può osservare una teorica successione di unità morfologiche in funzione della variabilità delle condizioni al contorno, quali la pendenza della valle e dell'alveo, la portata, il tipo (ovvero la dimensione) e la quantità di sedimento. La [Figura 1.2](#) riporta schematicamente la tipica distribuzione spaziale (da monte verso valle) di unità morfologiche. Nei tratti montani confinati, a energia e pendenza elevate, prevalgono unità di tipo erosivo, scolpite all'interno del substrato roccioso (ad es., *plunge pool*, *rock step*) e/o unità costituite da sedimento di grosse dimensioni quali massi e blocchi (ad es., *cascade*, rapide). Procedendo verso valle, nei tratti parzialmente confinati a energia e pendenza medie, si osservano unità deposizionali

---

quali le barre centrali e le isole; cominciano a comparire la pianura alluvionale e le unità ad essa associate (ad es., piana inondabile, zone umide). Nei tratti non confinati, a energia da medio-bassa a bassa, basse pendenze e sedimento fine, la pianura alluvionale acquisisce dimensioni sempre più rilevanti. In tali tratti in genere dominano configurazioni del fondo a *riffle*, *glide* e *pool*, unità deposizionali situate lateralmente all'alveo (o *bank-attached*), quali barre di meandro e barre laterali. Le unità di pianura alluvionale (ad es., canali secondari, meandri abbandonati, argini naturali) e vegetazione associata occupano una porzione significativa del corridoio fluviale.

La transizione tra unità morfologiche non si verifica allo stesso modo lungo tutti i corsi d'acqua. Numerosi sono, infatti, i fattori locali che entrano in gioco nel determinare la composizione in unità morfologiche di un determinato tratto: condizioni locali di pendenza, dimensione e apporto di sedimento (ad es., presenza di un affluente), così come la presenza di elementi di discontinuità (ad es., un grosso masso, un albero caduto o deposto in alveo, l'affioramento locale di substrato roccioso, ecc.) ([Brierley and Fryirs, 2005](#)).

La scala spaziale delle unità morfologiche e delle unità a scale inferiori (unità idrauliche e sedimentarie) sono le più appropriate ai fini della valutazione degli habitat fisici intesi in senso lato e a supporto dell'analisi degli aspetti strutturali (fisici) degli habitat veri e propri, dove questi ultimi sono definiti come insieme delle risorse e condizioni presenti in un'area che generano la presenza in termini di utilizzo, sopravvivenza e riproduzione di un determinato organismo ([Hall et al., 1997](#)). Infatti, le diverse componenti fisiche fluviali all'interno di un tratto (unità morfologiche, idrauliche ed elementi fluviali) costituiscono degli habitat distinti per la flora e la fauna fluviale acquatica e terrestre, provvedendo alle diverse fasi del ciclo vitale dei diversi organismi fluviali (ad es., rifugi in condizioni di disturbo, zone di deposizione per i pesci, ecc.). Le unità morfologiche e le unità idrauliche in esse incluse, corrispondono generalmente per dimensioni ed estensione alla scala del *mesohabitat* (circa  $10^1 - 10^3$  m; [Bain & Knight, 1996](#); [Kemp et al., 1999](#); [Hauer et al., 2011](#); [Parasiewicz et al., 2013](#); [Zavadil & Stewardson, 2013](#)). Le unità spaziali ancora più piccole (unità sedimentarie e/o vegetazionali o elementi fluviali), come per esempio delle piccole zone di sedimento fine (ad es., sabbia) in mezzo a clasti di grandi dimensioni (ad es., massi), corrispondono invece alla scala del *microhabitat* (in media 10 cm).

I mesohabitat fluviali presentano elevata variabilità spaziale e temporale in risposta alle interazioni tra la morfologia dell'alveo, le condizioni idrologiche e le caratteristiche del substrato. Allo stesso tempo, alla scala del microhabitat, la dinamica del flusso è fortemente influenzata dalle condizioni idrauliche (ovvero forma della sezione), dalla dimensione dei clasti, dalla scabrezza e dalla pendenza del letto ([Thomson et al., 2001](#)). Queste diverse unità spaziali rispondono quindi a fattori di controllo spaziali e temporali specifici e sono differenzialmente legate alle componenti morfologiche e biologiche di un corso d'acqua. Inoltre la variabilità tra parametri ambientali per uno stesso meso o microhabitat può essere molto importante quando si confrontano corsi d'acqua diversi ([Hauer et al., 2011](#)).

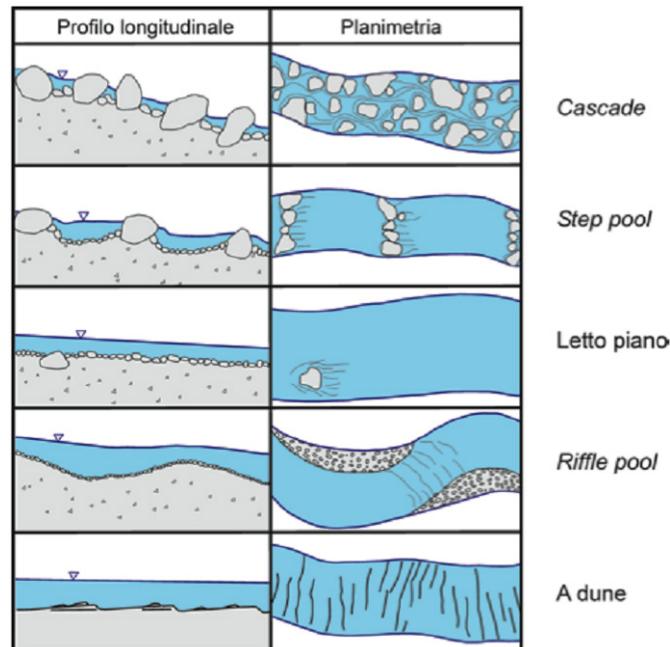
## 1.4 Relazione tra unità morfologiche e tipologie fluviali alla scala di tratto

Come descritto nel [paragrafo 1.1](#), le unità morfologiche costituiscono un livello spaziale nel sistema gerarchico multiscala, pertanto l'analisi delle unità morfologiche rappresenta una caratterizzazione di dettaglio di un determinato tratto fluviale al livello gerarchico inferiore.

Un tratto di corso d'acqua viene definito e classificato sulla base di vari aspetti, in primo luogo la morfologia dell'alveo (*channel pattern*, ad es., sinuoso, meandriforme, a canali intrecciati) nel contesto delle sue condizioni di confinamento (tratti confinati, non confinati), ed in secondo luogo il tipo di sedimento che ne costituisce l'alveo. La definizione della morfologia implica in genere una caratterizzazione di massima delle unità morfologiche presenti, ovvero la presenza/assenza di unità caratterizzanti una determinata morfologia fluviale. Ogni tipologia morfologica entro certi limiti presenta un range caratteristico di unità morfologiche, il cui assemblaggio è il risultato dei processi che hanno determinato quella determinata morfologia, in funzione delle variabili guida e delle condizioni al contorno (che dipendono a loro volta da fattori che agiscono a scale gerarchicamente superiori). È importante comunque riconoscere il fatto che i corsi d'acqua e le loro pianure non devono essere ricondotti a delle tipologie fisse o statiche, ma che possono variare continuamente nel tempo e nello spazio in risposta a modifiche dei fattori di controllo. Allo stesso modo, le unità riscontrabili in una determinata morfologia non sono da considerarsi come statiche, anche se risulta

evidente come alcune unità, e il loro assemblaggio, siano caratteristiche di determinate tipologie piuttosto che di altre.

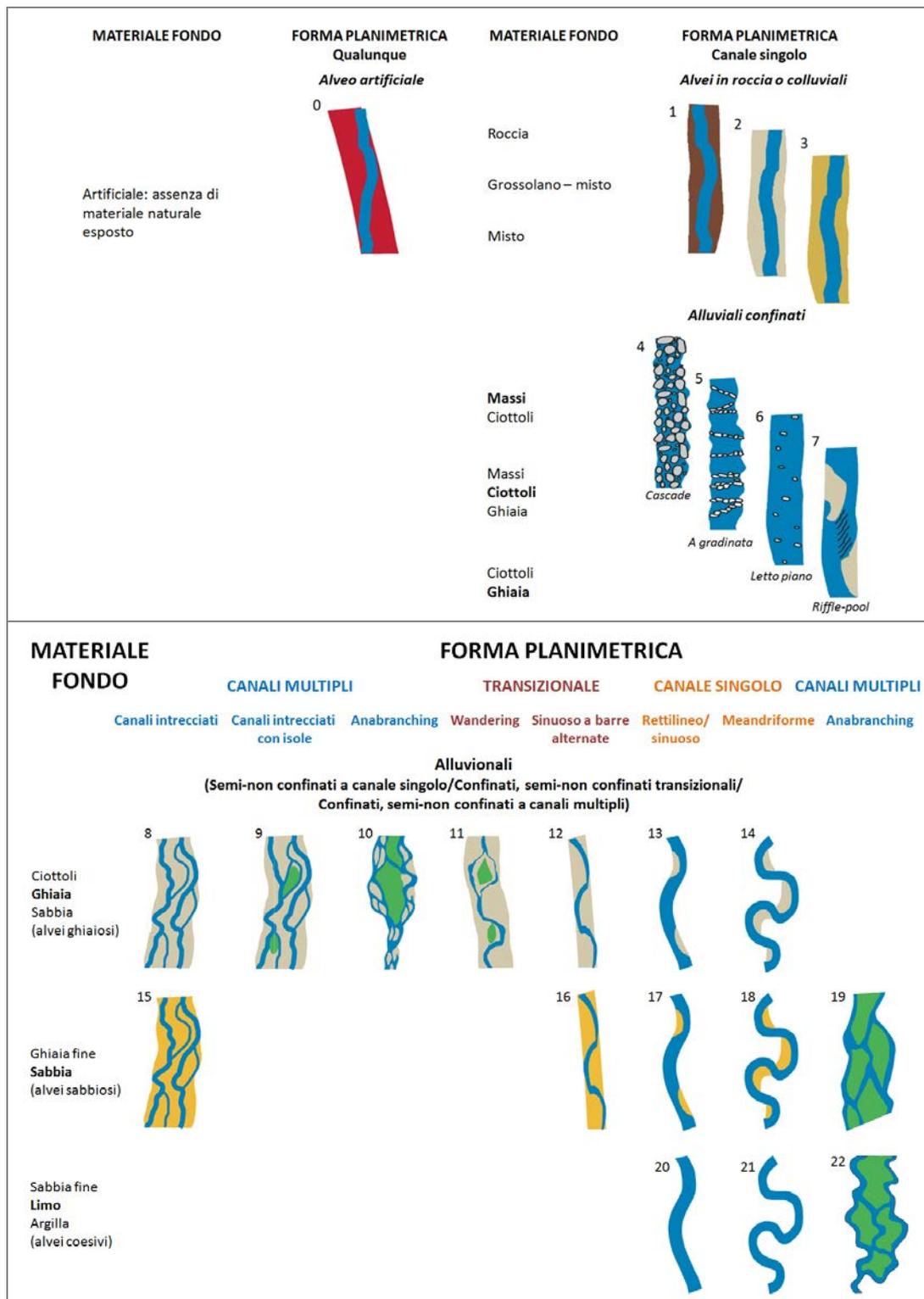
Per quanto riguarda i corsi d'acqua alluvionali (a fondo mobile) confinati e a canale singolo, una classificazione ampiamente utilizzata delle morfologie alla scala di tratto e delle rispettive unità morfologiche caratteristiche (configurazioni di fondo) è quella di [Montgomery & Buffington \(1997\)](#) ([Figura 1.3](#)).



**Figura 1.3** - Morfologie di alvei alluvionali a scala di tratto (modificato da [Montgomery & Buffington, 1997](#)).

La [Figura 1.4](#) riporta invece una classificazione estesa delle tipologie fluviali (*Extended River Typology*) sviluppata recentemente ([Gurnell et al., 2014](#); [Rinaldi et al., 2016a](#)). La distinzione tra tipologie è basata su vari elementi caratteristici del tratto, tra cui le dimensioni granulometriche prevalenti dei sedimenti dell'alveo e la caratteristica associazione di unità morfologiche. Tali aspetti sono a loro volta legati alle condizioni di energia e al tipo di trasporto solido (al fondo, misto, in sospensione). La classificazione estesa (o di secondo livello) viene adottata durante il livello di caratterizzazione della morfologia del tratto, mentre il primo livello di segmentazione dei tratti si basa sulla classificazione nelle principali tipologie (*Basic River Typology*; [Rinaldi et al., 2016a](#)) definite esclusivamente in base alla configurazione planimetrica dell'alveo (rettilineo, sinuoso, meandriforme, ecc.) (si veda la fase di suddivisione in tratti del sistema *IDRAIM* per maggiori dettagli).

Lo schema si basa su classificazioni esistenti (ad es., [Schumm, 1985](#); [Church, 1992](#)), con l'inserimento di alcune delle sottotipologie degli alvei anabranching ([Nanson & Knighton, 1996](#)) in accordo con [Fuller et al. \(2013\)](#). In [Tabella 1.2](#) si riporta una lista indicativa della tipica associazione di unità morfologiche che caratterizza ognuna delle 22 tipologie fluviali.



**Figura 1.4** - Classificazione estesa delle tipologie morfologiche dei corsi d'acqua (*Extended River Typology*; modificato da [Rinaldi et al., 2016a](#)). Alvei artificiali. (0) A fondo artificiale. Alvei confinati a canale singolo. (1) In roccia; (2) colluviale a sedimenti grossolani - misti; (3) colluviale a sedimenti misti; (4) *cascade*; (5) a gradinata; (6) letto piano; (7) *riffle-pool*. Alvei alluvionali semiconfinati o non confinati a canale singolo, confinati/semi-/non confinati transizionali o a canali multipli. (8) A canali intrecciati ghiaioso; (9) a canali intrecciati con isole; (10) *anabranching* ghiaioso (equiv. ai tipi 3, 5 o 6 secondo [Nanson & Knighton \(1996\)](#)); (11) *wandering*; (12) sinuoso a barre alternate ghiaioso; (13) rettilineo-sinuoso ghiaioso; (14) meandriforme ghiaioso; (15) a canali intrecciati sabbioso; (16) sinuoso a barre alternate sabbioso; (17) rettilineo-sinuoso sabbioso; (18) meandriforme sabbioso; (19) *anabranching* sabbioso (equiv. ai tipi 2 o 4 secondo [Nanson & Knighton \(1996\)](#)); (20) rettilineo-sinuoso limoso; (21) meandriforme limoso; (22) anastomizzato (equiv. al tipo 1 secondo [Nanson & Knighton \(1996\)](#)).

**Tabella 1.2** - Principali caratteristiche delle 22 tipologie fluviali con indicazione del range di unità morfologiche osservabili in ciascuna tipologia (modificato da [Gurnell et al., 2014](#)).

TIPOLOGIA DI ALVEO	CONFINAMENTO	GRANULOMETRIA SEDIMENTO	FORMA PLANIMETRICA	PENDENZA DELL'ALVEO (m.m <sup>-1</sup> )	RANGE DI UNITÀ MORFOLOGICHE TIPICHE O POSSIBILI
<i>ARTIFICIALE</i>					
0 (0)	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	Artificiale	Qualunque	Qualunque	Possono essere presenti alcune barre superficiali
<i>ALVEO IN ROCCIA E COLLUVIALE</i>					
1	Confinato	<u>Roccia</u>	Rettilineo-Sinuoso	Generalmente elevata	<i>Step</i> (gradino) in roccia <i>Cascade</i> (rapida a gradino) <i>Rapid</i> (rapida a scivolo)
2	Confinato	<u>Misto grossolano</u>	Rettilineo-Sinuoso	Elevata	<i>Cascade</i> (rapida a gradino) Canali secondari
3	Confinato	<u>Misto</u>	Rettilineo-Sinuoso	Meno elevata di 1 e 2	Poco definite
<i>ALVEO ALLUVIONALE</i>					
4	Confinato	<u>Massi</u>	Rettilineo-Sinuoso	>> 0.04	<i>Cascade</i> (rapida a gradino) Piccole <i>pool</i> (pozze; non occupano tutta la larghezza dell'alveo, spesso lunghe meno di una volta la larghezza dell'alveo)
5	Confinato	<u>Massi - Ciottoli</u>	Rettilineo-Sinuoso	> 0.04	<i>Step-pool</i> (alternanza di gradini e pozze)
6	Confinato	Massi - <u>Ciottoli</u> - Ghiaia	Rettilineo-Sinuoso	> 0.02	Letto piano con unità di fondo poco definite Barre imposte <i>Pool</i> imposte indotte da ostruzione da parte di massi o materiale legnoso di grosse dimensioni Occasionalmente anche: <i>Rapid</i> (rapida a scivolo) Canali secondari
7	Confinato	Ciottoli - <u>Ghiaia</u>	Rettilineo-Sinuoso	> 0.01	<i>Pool</i> (pozza) <i>Riffle</i> (raschio) Barre laterali
8	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	<u>Ghiaia</u> - Sabbia	Canali intrecciati	<0.04	Barre centrali <i>Riffle-pool</i> (alternanza di raschi e pozze; osservabili in particolare in alvei a canali intrecciati di grosse dimensioni)
9	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	<u>Ghiaia</u> - Sabbia	Canali intrecciati con isole ( <i>island-braided</i> )	<0.04	Isole Barre centrali <i>Riffle-pool</i> (alternanza di raschi e pozze; osservabili in particolare in alvei di grosse dimensioni)
10	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	<u>Ghiaia</u> - Sabbia	<i>Anabranching</i> (alta energia)	<0.01	Isole <i>Riffle-pool</i> (alternanza di raschi e pozze; osservabili in particolare in alvei di grosse dimensioni)

**Tabella 1.2 (continua)** - Principali caratteristiche delle 22 tipologie fluviali con indicazione del range di unità morfologiche osservabili in ciascuna tipologia (modificato da [Gurnell et al., 2014](#)).

TIPOLOGIA DI ALVEO	CONFINAMENTO	GRANULOMETRIA SEDIMENTO	FORMA PLANIMETRICA	PENDENZA DELL'ALVEO (m.m <sup>-1</sup> )	RANGE DI UNITÀ MORFOLOGICHE TIPICHE O POSSIBILI
<i>ALVEO ALLUVIONALE</i>					
11	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	<u>Ghiaia</u> - Sabbia	Transizionale di tipo <i>Wandering</i>	<0.04	Isole Barre centrali Barre laterali <i>Riffle</i> (raschi) <i>Pools</i> (pozze)
12	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	<u>Ghiaia</u> - Sabbia	Transizionale di tipo sinuoso a barre alternate	<0.04	Barre laterali alternate ampie e continue <i>Riffle</i> (raschi) <i>Pool</i> (pozze)
13	Parzialmente confinato / Non confinato	<u>Ghiaia</u> - Sabbia	Rettilineo- Sinuoso	< 0.02	<i>Pool</i> (pozze) <i>Riffle</i> (raschi) Ampie barre di meandro alternate
14	Parzialmente confinato / Non confinato	<u>Ghiaia</u> - Sabbia	Meandriforme	< 0.02	<i>Pool</i> (pozze) <i>Riffle</i> (raschi) Barre di meandro Canali di taglio (sulle barre di meandro) Canali abbandonati (sulla piana inondabile) Barre di meandro (con <i>scroll bars</i> ) <i>Bench</i> di meandro
15	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	Ghiaia fine - <u>Sabbia</u>	Canali intrecciati	<0.02	Barre Sistemi di dune
16	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	Ghiaia fine - <u>Sabbia</u>	Transizionale di tipo sinuoso a barre alternate	<0.02	Barre laterali alternate ampie e continue <i>Pool</i> (pozze) Sistemi di dune
17	Parzialmente confinato / Non confinato	Ghiaia fine - <u>Sabbia</u>	Rettilineo- Sinuoso	<0.02	<i>Riffle</i> (raschi) <i>Pool</i> (pozze) Barre di meandro (con <i>scroll bars</i> ) Sistemi di dune Occasionalmente anche: <i>Bench</i> Argini naturali Zone umide
18	Parzialmente confinato / Non confinato	Ghiaia fine - <u>Sabbia</u>	Meandriforme	<0.02	<i>Pool</i> (pozze) Barre di meandro (con <i>scroll bars</i> ) Sistemi di dune Argini naturali Cordoni e solchi Zone umide Canali abbandonati

**Tabella 1.2 (continua)** - Principali caratteristiche delle 22 tipologie fluviali con indicazione del range di unità morfologiche osservabili in ciascuna tipologia (modificato da [Gurnell et al., 2014](#)).

TIPOLOGIA DI ALVEO	CONFINAMENTO	GRANULOMETRIA SEDIMENTO	FORMA PLANIMETRICA	PENDENZA DELL'ALVEO (m.m <sup>-1</sup> )	RANGE DI UNITÀ MORFOLOGICHE TIPICHE O POSSIBILI
<i>ALVEO ALLUVIONALE</i>					
19	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	Ghiaia fine - <u>Sabbia</u>	<i>Anabanching</i>	<0.005	Isole Sistemi di dune Argini naturali Barre e <i>bench</i> indotte da vegetazione Canali abbandonati
20	Parzialmente confinato / Non confinato	Ghiaia fine- <u>Limo</u> - Argilla	Rettilineo- Sinuoso	<0.005	Argini naturali Zone umide
21	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	Ghiaia fine- <u>Limo</u> - Argilla	Meandriforme	<0.005	Argini naturali Zone umide <i>Bench</i> di meandro e contromeandro di origine organica
22	Confinato / Parzialmente confinato / Non confinato	Ghiaia fine- <u>Limo</u> - Argilla	<i>Anabanching</i> di bassa energia o anastomizzato	<0.005	Isole Argini naturali, Canali secondari e/o abbandonati Depositi di rotta <i>Pool</i> Barre e <i>bench</i> indotte da vegetazione Zone umide (Paludi)

---

## 2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RILEVAMENTO E CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE (SUM)

Questo capitolo fornisce un inquadramento generale del *SUM* e delle sue principali caratteristiche, presentandone il quadro metodologico spaziale, gli ambiti di applicazione e i livelli gerarchici di caratterizzazione.

### 2.1 Caratteristiche generali del metodo

Le caratteristiche principali e innovative del *SUM* possono essere così sintetizzate:

1. Il sistema è stato sviluppato al fine di stabilire una procedura generale e standardizzata per il rilevamento e la classificazione delle unità morfologiche. Esso non è stato invece sviluppato allo scopo di fornire una valutazione quantitativa o qualitativa delle condizioni dello stato morfologico del tratto rispetto a una ipotetica condizione di riferimento.
2. Il sistema rappresenta uno strumento flessibile, nell'ambito del quale le informazioni e i dati raccolti potranno venire impiegati per scopi diversi. L'operatore può, sulla base dei propri obiettivi di studio, strutturare la scala spaziale di analisi e il relativo livello di caratterizzazione, anche in funzione delle risorse disponibili.
3. Il sistema si inserisce nell'ambito di un più ampio quadro metodologico spaziale multiscala ([Brierley & Fryirs, 2005](#); [Rinaldi et al., 2016](#); [Gurnell et al., 2014, 2015](#)) ed è coerente con l'approccio gerarchico che lo caratterizza.
4. La caratterizzazione e classificazione delle unità morfologiche possono essere utilizzate all'interno di un più ampio quadro complessivo spazio-temporale di analisi delle condizioni morfologiche di un corso d'acqua ([Brierley et al., 2013](#)). Le informazioni raccolte a livelli di dettaglio crescente possono fornire un supporto alla comprensione della composizione in unità morfologiche di un determinato tratto, nonché una base per l'analisi del comportamento e dell'evoluzione del tratto stesso. In particolare, le informazioni raccolte ad un primo livello di dettaglio permettono il calcolo di indici sintetici sulle unità morfologiche, utilizzabili (i) per la caratterizzazione del tratto a supporto dell'Indice di Qualità Morfologica (*IQM*), e (ii) per il monitoraggio delle unità nel tempo (si veda [capitolo 3](#)).
5. Le informazioni dettagliate raccolte alla scala dei meso e microhabitat permettono inoltre di stabilire un collegamento diretto con il biota e indirettamente di fornire un legame tra la componente morfologica alla scala di tratto e la componente biologica alle scale gerarchicamente inferiori. Inoltre, la conoscenza di tale legame risulta ulteriormente approfondita dalla quantificazione di parametri fisici come l'area bagnata, i tipi di substrato, la profondità e la velocità della corrente, necessari alla stima delle variazioni spazio-temporali degli habitat, permettendone la modellazione e il calcolo di indici di habitat ([Veza et al., 2015a, b](#)).

### 2.2 Le unità morfologiche nel quadro metodologico multiscala

Le unità morfologiche sono organizzate in diversi livelli, a loro volta inseriti all'interno di un quadro metodologico gerarchico multiscala. Tali livelli differiscono in termini di scala spaziale (dimensione) e di grado di dettaglio della caratterizzazione: ovvero, scale spaziali più ampie sono associate a livelli di analisi più generali, mentre scale spaziali più piccole implicano livelli di analisi di maggiore dettaglio (si veda in seguito). I tre livelli di caratterizzazione delle unità morfologiche sono i seguenti:

(1) **Macro-unità.** È costituita dall'insieme di unità dello stesso tipo (o in pochi casi da macro-unità più piccole), le quali sono combinate insieme a un primo livello di caratterizzazione e possono essere descritte più in dettaglio a un livello successivo. Per esempio, l'"alveo di magra" costituisce una macro-unità a un primo livello di caratterizzazione (da remoto), mentre le "unità di canale" o unità "sommerse" (ad es., rapide, *pools*, ecc.) sono identificate in una seconda fase di analisi, principalmente sul terreno. Le macro-unità sono definite da caratteristiche tessiturali comuni, le quali possono essere facilmente individuate da foto aerea (ad es., porzioni acquatiche, sedimenti, vegetazione, ecc.).

---

La scala delle macro-unità può essere identificata con il tratto (definito secondo la metodologia *IDRAIM*) o una porzione rappresentativa dello stesso (sottotratto), poiché l'insieme delle unità determina la morfologia dell'alveo alla scala del tratto. La dimensione minima di una macro-unità coincide con la dimensione della relativa unità (ad es., una barra, un'isola).

L'identificazione dei sotto-tipi di macro-unità si basa sui processi e meccanismi genetici (formativi) che sono generalmente valutati sul terreno a un livello maggiore di dettaglio (ad es., le varie tipologie di canali secondari sono considerate come sotto-tipi della macro-unità "canale secondario").

(2) **Unità**. Rappresenta l'unità spaziale di base e corrisponde a elementi con caratteristiche morfologiche distinte e di dimensioni significative (ad es., *riffle*, barra, isola, ecc.). La dimensione delle unità è variabile, in funzione dell'ambito spaziale e del tipo di unità. Nella maggior parte delle unità di alveo (ad es., unità di canale), la dimensione minima è rapportata alla larghezza dell'alveo di magra, mentre ciò non avviene nelle unità di pianura, le cui dimensioni minime sono indipendenti da quelle dell'alveo. Quest'ultima regola si applica anche per le unità costituite da vegetazione in alveo, per le quali si definisce una dimensione minima, indipendente dalle dimensioni dell'alveo, per poter classificare l'elemento spaziale come unità.

L'identificazione dei sotto-tipi di unità si basa sui processi e meccanismi genetici che sono generalmente valutati sul terreno (ad es., barre di meandro, *pools* imposte).

(3) **Sub-unità**. Corrispondono a porzioni di un'unità relativamente omogenee in termini di vegetazione, sedimento e/o condizioni idrauliche. La loro dimensione è inferiore rispetto alla dimensione minima definita per le unità e può corrispondere sia a elementi individuali ed isolati che ad un insieme di essi (ad es., depositi di legni di piccole dimensioni o singoli tronchi, affioramenti locali di roccia, grossi massi isolati, zone marginali con profondità ridotte, ecc.).

Le unità e le sub-unità, in generale corrispondono alla scala del "*mesohabitat*" e tale risoluzione spaziale può essere usata per l'analisi della variazione spazio-temporale dell'habitat fluviale ([Vezza et al., 2015b](#)). Tuttavia, secondo la loro dimensione e tipologia, le sub-unità possono anche corrispondere alla scala del "*microhabitat*" ovvero quando rappresentano elementi fluviali come piccole aree di sedimento omogeneo (si veda [Tabella 1.2](#)).

I vari tipi di unità morfologiche (macro-unità, unità e sub-unità) sono importanti nel determinare le caratteristiche e la morfologia di un corso d'acqua alla scala del tratto, il quale rappresenta la scala spaziale gerarchicamente superiore.

La porzione del corso d'acqua dove eseguire il rilevamento delle unità morfologiche è definita **sottotratto** (o "sito") e deve corrispondere a un'area sufficientemente rappresentativa dell'insieme delle unità che determinano la morfologia dell'alveo a scala di tratto. La dimensione minima del sottotratto deve quindi includere un insieme completo di unità caratteristiche della morfologia del tratto. Come regola generale, la lunghezza della porzione da analizzare deve essere, per corsi d'acqua a canale singolo, almeno di 10 – 20 volte la larghezza dell'alveo. Nel caso di corsi d'acqua di grandi dimensioni, ad esempio alvei a canali intrecciati, tale lunghezza può essere ridotta a un minimo di 2 volte la larghezza dell'alveo. La dimensione massima del sottotratto si identifica con l'intero tratto.

## 2.3 Ambiti spaziali

Il dominio spaziale di applicazione del *SUM* è, potenzialmente, l'intera pianura alluvionale, ovvero tutta la porzione del fondovalle delimitata dai versanti o dai terrazzi antichi, che è direttamente interessata o può potenzialmente venire influenzata dai processi fluviali. Il *SUM* non è quindi applicato per caratterizzare i versanti o i terrazzi antichi. L'ambito spaziale di maggiore interesse per il rilevamento è di norma rappresentato da quella porzione del corridoio fluviale più direttamente (o più frequentemente) in connessione con i processi fluviali, ovvero la porzione di corridoio relativamente naturale, generalmente occupata da vegetazione spontanea. Ciò non esclude che, in funzione degli obiettivi dello studio, il rilevamento possa essere eventualmente esteso alle porzioni di pianura alluvionale dominate dalla presenza di attività antropiche (ad es., zone agricole, aree urbane).

All'interno del dominio di applicazione complessivo del *SUM*, si distinguono due ambiti spaziali:

(1) l'alveo; (2) la pianura alluvionale. Di conseguenza, le unità morfologiche possono essere classificate, in prima istanza, nei seguenti gruppi:

---

(1) **Unità di alveo**: questo gruppo comprende tutte le unità morfologiche presenti all'interno dell'alveo, ed include quindi le unità "sommese" (unità di canale, vegetazione acquatica), le unità "emerse" (barre, isole, materiale legnoso di grandi dimensioni) e tutti quegli elementi spaziali localizzati ai margini dell'alveo in prossimità della pianura alluvionale (ad es., le sponde).

(2) **Unità di pianura alluvionale**: comprendono tutte le unità che occupano la restante pianura alluvionale esterna all'alveo (ad es., la piana inondabile moderna, i terrazzi recenti, le zone umide, i meandri abbandonati, ecc.). Le dimensioni di queste unità (e relative sub-unità) sono in genere significativamente superiori rispetto a quelle delle unità di alveo. Questo perché, in alvei non confinati, le unità di pianura alluvionale possono essere incluse in un ambito spaziale molto ampio (l'intera pianura) rispetto all'alveo fluviale.

## 2.4 Metodi e livelli di caratterizzazione delle unità

### 2.4.1 Metodi

I metodi impiegati per il rilevamento e la classificazione delle unità morfologiche includono: (1) **telerilevamento**; (2) **rilievo sul terreno**. I due metodi andrebbero di preferenza impiegati in sinergia, ma in alcuni casi si può scegliere di adoperare solo uno di essi, sulla base del livello di analisi selezionato, della dimensione del corso d'acqua e della qualità e risoluzione delle immagini disponibili.

Per il telerilevamento, le foto aeree devono essere di sufficiente risoluzione (minore o pari a 50 cm). Le immagini satellitari possono essere usate per un riconoscimento preliminare delle caratteristiche morfologiche e della gamma di unità presenti, ma la delineazione di macro-unità da remoto deve preferibilmente essere effettuata sulla base di foto aeree. L'eventuale disponibilità di dati LiDAR può essere sfruttata per identificare le unità di pianura (ad es., livelli diversi nei terrazzi recenti), e in alcuni casi anche unità d'alveo emerse (ad es., barre). Si noti che il crescente sviluppo tecnologico nel campo del telerilevamento (aeromobile a pilotaggio remoto, fotogrammetria *structure from motion*, LiDAR batimetrico, immagini iperspettrali; [Carbonneau & Piégay, 2012](#)) lascia presupporre un crescente impiego di tale metodologia per caratterizzare le unità morfologiche da remoto. Tuttavia il controllo sul terreno rimane raccomandato o spesso indispensabile in alcune condizioni (valli fortemente incise, tratti in forra, densa copertura vegetale, ridotte dimensioni dell'alveo) e per i livelli di maggiore dettaglio.

Per il rilievo sul terreno è possibile avvalersi di strumentazione topografica (ad es., GPS), soprattutto quando sia necessario effettuare misure delle unità nel caso di alvei di piccola dimensione o in mancanza di immagini telerilevate di adeguata risoluzione. Le tecniche e gli strumenti di *mobile mapping* (ad es., ArcPad, QGIS Mobile) possono essere impiegati per la mappatura e caratterizzazione delle unità sul terreno.

### 2.4.2 Tipi di dati e informazioni rilevabili

Le informazioni di base che possono essere ottenute attraverso il *SUM* sono, per livelli di dettaglio crescente, le seguenti:

- (1) Lista delle unità morfologiche esistenti nel sottotratto d'indagine (ossia presenza/assenza di ogni unità);
  - (2) Frequenza (numero) di ogni unità;
  - (3) Dimensione (lunghezza e/o area) di ogni unità.
- A un livello di maggior dettaglio, le informazioni che possono essere ottenute sono:
- (4) Caratterizzazione dettagliata delle unità in termini di sotto-tipi (presenza/assenza);
  - (5) Definizione, per ogni unità o sotto-tipo, del tipo di sedimento dominante, della connessione tra unità (condizioni idrauliche) e/o delle caratteristiche della vegetazione presente;
  - (6) Identificazione dei principali processi formativi;
  - (7) Ulteriori misure relative alle dimensioni (ad es., larghezza unità, altezza, ecc.);
  - (8) Altre caratteristiche fisiche (ad es., D50, temperatura dell'acqua, ecc.).

### 2.4.3 Livelli di caratterizzazione e di analisi

Il rilevamento delle unità morfologiche può essere realizzato a diverse scale di analisi aventi livelli di dettaglio crescente e così definite ([Tabella 2.1](#); [Figura 2.1](#)):

(1) **Livello Generale.** Consiste nel rilevamento e caratterizzazione generale delle macro-unità. Il livello Generale si applica, esclusivamente per mezzo di telerilevamento e analisi GIS, a corsi d'acqua aventi adeguate dimensione e disponibilità di dati (buona risoluzione delle immagini) ([Tabella 2.2](#)). Nel caso di alvei non confinati o parzialmente confinati di piccole dimensioni, quest'analisi può essere limitata alla sola pianura alluvionale (escluso l'alveo).

Le informazioni e i dati di base che possono venire raccolti, a livelli di dettaglio crescente, sono: (1) lista delle macro-unità esistenti nel tratto o nel sottotratto d'indagine (presenza/assenza); (2) estensione areale di ogni macro-unità e/o percentuale relativa rispetto all'area totale del tratto o sottotratto.

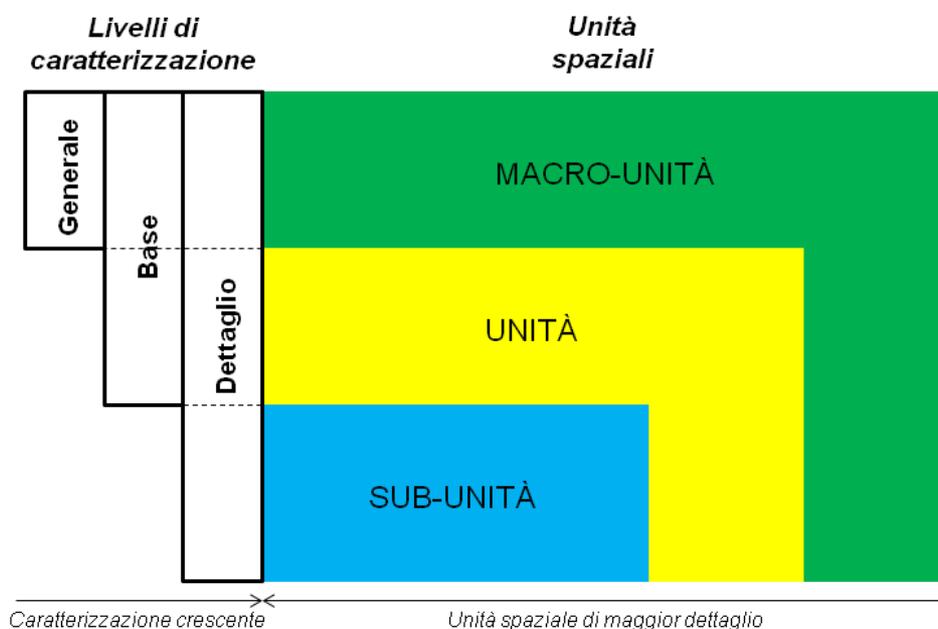
(2) **Livello Base.** Lo scopo principale di questo livello è la delineazione e una prima fase di caratterizzazione di tutte le unità morfologiche di alveo e di pianura alluvionale. In alcuni casi si possono anche identificare i tipi di macro-unità.

Il rilevamento delle unità a questo livello viene effettuato principalmente sul terreno, anche se il telerilevamento e l'analisi GIS possono venire usati in combinazione con esso. Nel caso di corsi d'acqua di grandi dimensioni e con disponibilità di immagini ad alta risoluzione, il livello Base può venire effettuato principalmente da remoto, anche se è comunque necessaria una verifica sul terreno ([Tabella 2.2](#)).

(3) **Livello Dettaglio.** Gli scopi di questo livello sono: (i) fornire, per le unità morfologiche (e alcune macro-unità), maggiori informazioni su processi formativi, caratteristiche morfologiche, condizioni idrauliche, tipo di sedimento e vegetazione; (ii) sulla base del punto precedente, definizione e caratterizzazione dei sotto-tipi di macro-unità e unità (dove applicabile); (iii) definizione e caratterizzazione delle sub-unità per ciascun ambito spaziale (alveo, pianura alluvionale) ([Tabella 2.2](#)).

**Tabella 2.1** - Livelli di caratterizzazione e relative caratteristiche rilevate a ogni livello.

	<b>GENERALE</b>	<b>BASE</b>	<b>DETTAGLIO (OPZIONALE)</b>
<b>UNITÀ SPAZIALI</b>	Macro-unità	Macro-unità (solo alcune)  Unità	Macro-unità (solo alcune)  Unità  Sub-unità
<b>METODO DI ANALISI</b>	Telerilevamento	Rilievo sul terreno Telerilevamento (dove possibile)	Rilievo sul terreno
<b>TIPO DI INFORMAZIONI RILEVATE</b>	Presenza/assenza (livello minimo)  Estensione areale (opzionale) (necessario per applicazione sub-indici <i>SUM</i> )  Frequenza (%) (opzionale)	Presenza/assenza (livello minimo)  Numero (livello minimo per applicazione indici <i>SUM</i> )  Estensione lineare o areale (%) (opzionale)	Presenza/assenza (Sotto-tipi / Sub-unità)  Numero  Processi formativi, caratteristiche morfologiche, condizioni idrauliche, tipo di vegetazione, sedimento  Misure specifiche
<b>APPLICAZIONE</b>	Richiesto per corsi d'acqua di grandi dimensioni (tutte le morfologie)  Richiesto per corsi d'acqua di grandi dimensioni non /parzialmente confinati (unità di pianura alluvionale)	Richiesto per corsi d'acqua a canale singolo e per corsi d'acqua di piccole dimensioni  Opzionale per corsi d'acqua a canali multipli e transizionali  (Sempre richiesto per applicazione indici <i>SUM</i> )	Sempre opzionale*  *La mappatura delle unità e sub-unità di canale è sempre richiesta per l'analisi della variazione spazio- temporale degli habitat disponibili (si veda <a href="#">paragrafo 2.4.5</a> )



**Figura 2.1** - Livelli di caratterizzazione e relative unità spaziali.

**Tabella 2.2** - Indicazioni dettagliate sul metodo di rilevamento per ogni livello di caratterizzazione, scala spaziale e ambito: RS = telerilevamento (*remote sensing*); FS = rilievo sul terreno (*field survey*).

		ALVEO		PIANURA ALLUVIONALE
		SOMMERSE	EMERSE	
GENERALE	Macro-unità	RS		RS
BASE	Macro-unità (tipi)	RS**/FS	/	
	Unità	RS*/FS	RS*/FS	RS*/FS
DETTAGLIO	Macro-unità	RS**+FS	/	
	Unità	FS	FS	FS
	Sub-unità	FS	FS	FS

(\*corsi d'acqua di grandi dimensioni ed immagini ad altissima risoluzione; \*\* corsi d'acqua di grandi dimensioni ed immagini ad alta/altissima risoluzione).

I tre livelli di analisi possono essere applicati sullo stesso sottotratto o, di preferenza, su diverse lunghezze, favorendo il trasferimento delle informazioni a scale diverse (*upsampling/downsampling*). Il livello Generale da remoto viene di preferenza applicato a porzioni del corso d'acqua più lunghe (corrispondenti in genere all'intero tratto). Il livello Base si applica in genere al sottotratto rappresentativo dell'insieme completo di unità esistenti nel tratto. Il livello Dettaglio può essere applicato anche solamente a una porzione del sottotratto d'indagine.

In [Tabella 2.1](#) e [Tabella 2.2](#), corsi d'acqua di grandi e piccole dimensioni indicano alvei con larghezza generalmente  $> 30$  m e  $\leq 30$  m rispettivamente.

#### **2.4.4 Rilevamento e compilazione delle schede**

Si riportano di seguito alcune informazioni di carattere generale relative al rilevamento ed alla compilazione delle schede di classificazione. Le **Schede** ed una dettagliata **Guida illustrata alla classificazione delle unità morfologiche** sono riportate nella [Parte II](#).

Come detto prima, il *SUM* si applica attraverso l'uso sinergico di telerilevamento, supportato da analisi GIS, e rilievo sul terreno. Si procede dapprima a una consultazione ed acquisizione del materiale esistente (immagini, rilievi precedenti, ecc.), per poi condurre una fase di osservazione ed analisi delle immagini telerilevate attraverso elaborazioni e misure su GIS (ad es., delimitazione delle macro-unità, misura delle dimensioni, ecc.).

---

La fase di **rilievo sul terreno** è fondamentale per la caratterizzazione delle unità. Riguardo al **periodo dell'anno** durante il quale effettuare il rilievo sul terreno, bisogna evitare periodi di piena o anche livelli idrometrici relativamente elevati (morbida), oltre che per motivi di sicurezza, in quanto tali situazioni renderebbero problematico il riconoscimento di molte unità (soprattutto quelle sommerse). I periodi più indicati sono quelli di magra, sia per il rilievo sul terreno come anche per l'identificazione delle macro-unità da remoto (livello Generale), ovviamente evitando situazioni di forte siccità (ad es., nel caso di alveo parzialmente o totalmente asciutto) che impedirebbero anch'esse il riconoscimento delle unità di canale (per gli alvei a regime idrologico intermittente o temporaneo, si veda sotto). Tuttavia non si esclude la possibilità di rilevare le unità, in base agli obiettivi di indagine, in condizioni idrologiche diverse da quelle di magra, come ad esempio nel caso si voglia procedere alla quantificazione delle variazioni spazio-temporali degli habitat (si veda [paragrafo 2.4.5](#)) oppure ai fini del monitoraggio del tratto e delle unità nel tempo, a seguito di interventi di riabilitazione o in risposta alla costruzione di opere (si veda [capitolo 3](#) e [capitolo 5](#)). Nel caso di alvei a regime idrologico intermittente o temporaneo, il rilievo sul terreno viene effettuato nei periodi che rappresentano le condizioni di regime idrologico dominante, e rispettando in ogni caso le stesse condizioni osservate durante l'analisi da remoto (ovvero a livello Generale).

Riguardo alle **competenze**, per l'applicazione del *SUM* è necessaria una buona conoscenza della geomorfologia fluviale, pertanto la figura professionale più indicata è quella del geologo, ma anche altre figure professionali in campo ambientale (ingegneri ambientali, agronomi e forestali, naturalisti) possono acquisire le conoscenze necessarie.

Riguardo al **tempo di applicazione** del *SUM*, non è semplice fornirne una stima precisa poiché esso dipende da vari fattori, principalmente: (i) la competenza, il livello di *training* e l'esperienza dell'operatore; (ii) la disponibilità del materiale necessario (immagini telerilevate, ecc.). Il tempo richiesto per ogni singolo tratto (o sottotratto) dipende anche dal numero di tratti analizzati lungo lo stesso segmento. Ad esempio, l'applicazione a più tratti generalmente ottimizzerà il lavoro di telerilevamento – GIS e ridurrà il tempo unitario per tratto. Il rilievo sul terreno in linea di massima può richiedere un giorno per rilevare uno o più sottotratti che caratterizzano un tratto. Tale tempo può essere notevolmente ridotto nel caso di corsi d'acqua con morfologia semplice e relativamente uniforme, mentre potrebbe essere superiore nel caso di alvei di grandi dimensioni e morfologie molto articolate e variabili (ad es., a canali intrecciati).

#### ***2.4.5 Supporto del SUM ai fini del calcolo di indici di habitat***

Come anticipato nei paragrafi precedenti, il *SUM* costituisce una base per la delimitazione e caratterizzazione delle unità morfologiche ai fini dell'analisi delle variazioni spaziali e temporali degli habitat, allo scopo di calcolare gli indici di habitat in relazione alle comunità acquatiche.

Questo paragrafo sintetizza le informazioni aggiuntive da rilevare sul terreno a livello Dettaglio, una volta individuate le unità (o sub-unità) di interesse. Per una descrizione più dettagliata del rilievo sul terreno e della metodologia di analisi dell'habitat a meso-scala (MesoHABSIM), si rimanda a [Veza et al. \(2015b\)](#).

Si sottolinea che, al fine della quantificazione dell'habitat, è necessario considerare differenti **condizioni di portata** caratteristiche del regime idrologico del corso d'acqua in esame. Infatti l'habitat disponibile per un determinato organismo cambia al variare della portata defluente. È quindi necessario ripetere il rilievo di una stessa unità morfologica (o sub-unità) per diverse condizioni di portata. Siccome l'habitat varia regolarmente con la portata, tre rilievi/portate sono considerati il minimo per descrivere le variazioni spazio-temporali di habitat ([Veza et al., 2015b](#)). Si sottolinea che all'aumentare del range di portate e condizioni idrologiche analizzate è consigliabile aumentare il numero di rilievi fino a un massimo di cinque. A tale proposito, i modelli di simulazione idraulica possono essere utilizzati a supporto della descrizione delle condizioni idrodinamiche quando la misura diretta sul campo risulta troppo onerosa o è compromessa da condizioni di deflusso che non permettono la raccolta dati sul terreno (portate elevate, superiori alla media o vicine alla piena ordinaria).

Infine si ricorda che per il rilievo sul terreno è opportuno l'utilizzo di **strumentazione topografica** che permetta rilievi speditivi. L'utilizzo delle tecniche di *mobile mapping* con l'impiego di posizionamento GPS, telemetro laser e computer palmare possono essere utili a tale scopo ([Veza et al., 2015b](#)). L'utilizzo di correntometri (a mulinello, elettromagnetico o ADV, *Acoustic Doppler*

*Velocimeter*) o profilatori di velocità ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) può essere utile per raccogliere informazioni dettagliate a scala di mesohabitat (si veda: [Veza et al., 2015b](#)).

Le **informazioni necessarie** che vanno rilevate, contestualmente a quelle per il SUM, al fine di calcolare la variazioni spazio-temporali degli habitat sono le seguenti:

- (1) La data, il corso d'acqua e la portata al momento del rilievo;
- (2) Il codice o nome della macro-unità di riferimento e il codice o nome dell'unità o sub-unità che si intende rilevare;
- (3) La pendenza del pelo libero (%);
- (4) La connettività longitudinale alla portata analizzata per il passaggio della fauna (ad es., pesci), attraverso giudizio esperto (presenza/assenza);
- (5) La presenza di zone di rifugio da stress fisici o da predatori (*cover*, 8 classi: presenza di grossi massi, ombreggiatura da parte di vegetazione arborea; *overhanging*, ovvero la presenza di vegetazione terrestre sporgente e a contatto con l'acqua; presenza di radici esposte, di vegetazione acquatica sommersa o emergente, presenza di sponda scalzata alla base o di accumuli di detriti legnosi) (presenza/assenza);
- (6) La distribuzione delle classi di substrato (12 classi: Gigalithal (substrato roccioso), Megalithal (>40 cm); Macrolithal (20-40 cm); Mesolithal (6-20 cm); Microlithal (2-6 cm); Akal (ghiaia); Psammal (sabbia); Pelal (limo, argilla), Detritus (materiale organico); Xylal (detriti di legno, radici); Sapropel (fango anossico di colore scuro); Phytal (piante sommerse) (% su almeno 15 osservazioni);
- (7) La distribuzione di frequenza della profondità dell'acqua (9 classi: intervalli di 15 cm fino a >120 cm) (% su almeno 15 osservazioni);
- (8) La distribuzione di frequenza della velocità di corrente (9 classi: intervalli di 15 cm/s fino a >120 cm/s) (% su almeno 15 osservazioni);
- (9) Il numero di *Froude* (valore medio per unità o sub-unità).

Per il rilievo sul terreno dei parametri sopraelencati è stata elaborata una scheda specifica ([Figura 2.2](#); si veda l'[Appendice 3, Parte II](#)). In [Appendice 4, Parte II](#) del presente manuale è inoltre riportato un esempio dettagliato dell'applicazione del SUM per i modelli di habitat e il calcolo di indici di habitat.

DATI PER CALCOLO INDICI DI HABITAT (Unità di canale)									
DATA:		CORSO D'ACQUA:						PORTATA:	
		SUBSTRATO (-)*		PROFONDITA' (cm)		VELOCITA' (cm/s)			
MACRO-UNITA'		1		1		1		MACRO-UNITA'	
UNITA'		2		2		2		UNITA'	
SUB-UNITA'		3		3		3		SUB-UNITA'	
PELO LIBERO (%)		4		4		4		PELO LIBERO (%)	
CONNETTIVITA' (P/A)		5		5		5		CONNETTIVITA' (P/A)	
COVER (P/A)		6		6		6		COVER (P/A)	
Massi		7		7		7		Massi	
Ombreggiatura		8		8		8		Ombreggiatura	
Overhanging		9		9		9		Overhanging	
Radici esposte		10		10		10		Radici esposte	
Veg. sommersa		11		11		11		Veg. sommersa	
Veg. emergente		12		12		12		Veg. emergente	
Sponda scalzata		13		13		13		Sponda scalzata	
Detriti legnosi		14		14		14		Detriti legnosi	
NUM. DI FROUDE		15		15		15		NUM. DI FROUDE	

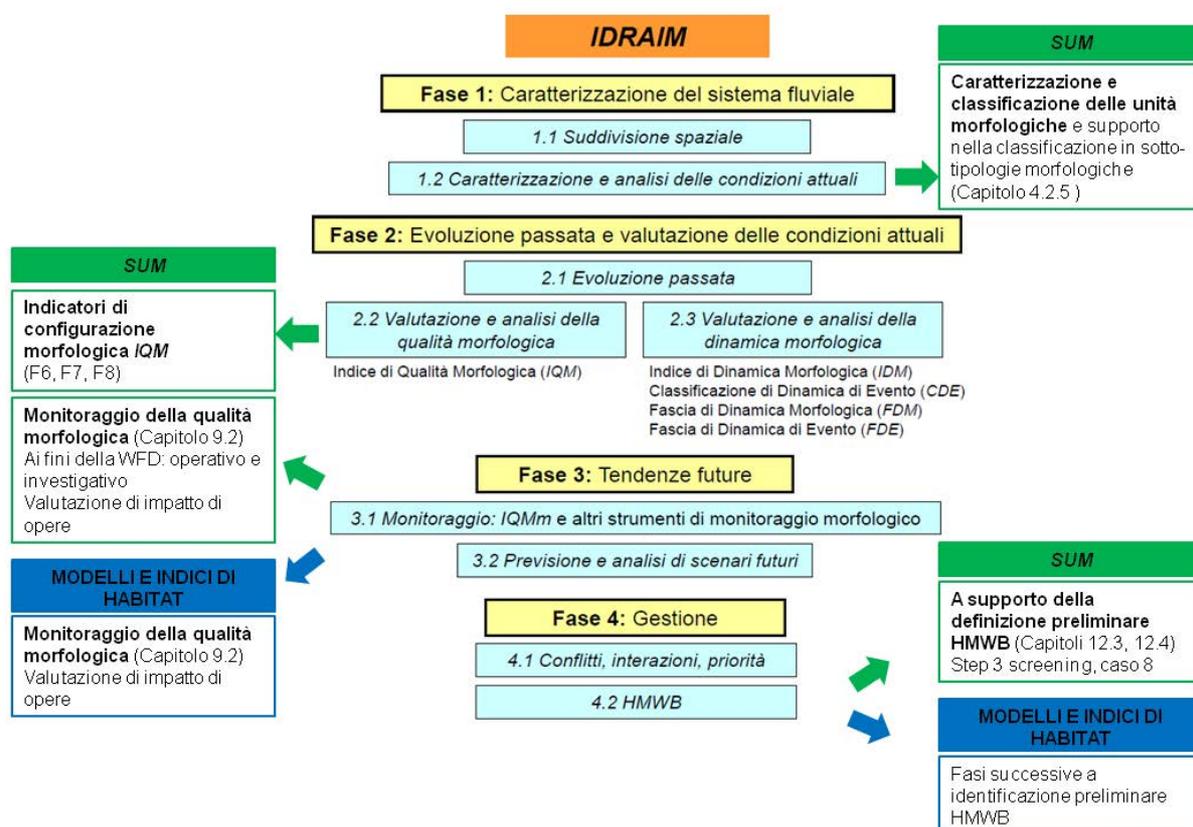
**Figura 2.2** - Dettaglio della Scheda per il rilievo dei mesohabitat ai fini del calcolo di indici di habitat.

### 3. ANALISI DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE E INDICI SUM

Nell'ambito del *SUM*, a partire dalla mappatura delle unità morfologiche (**livello Base**), è possibile utilizzare due indici, i quali hanno come scopo di sintetizzare le informazioni raccolte e di integrare la valutazione alla scala di tratto effettuata per mezzo dell'*IQM*. Inoltre il *SUM* ed i relativi indici possono supportare in vari modi diverse fasi del sistema *IDRAIM*, così come segue (*Figura 3.1*):

- (i) Caratterizzazione e classificazione delle unità morfologiche a supporto della classificazione del tratto in sotto-tipologie morfologiche (Fase 1 di caratterizzazione del sistema fluviale).
- (ii) Supporto alla valutazione e analisi della qualità morfologica integrando l'*IQM*, ed in particolare per una valutazione più di dettaglio degli indicatori di configurazione morfologica (Fase 2 di valutazione delle condizioni attuali).
- (iii) Strumento di monitoraggio della qualità morfologica anche ai fini della Direttiva Quadro Acque (monitoraggio operativo e investigativo) e nella valutazione di impatto di opere (Fase 3 riguardante le tendenze future).
- (iv) Supporto nella fase di *screening* per la definizione preliminare dei corsi d'acqua fortemente modificati (*HMWB*) (Fase 4 di gestione).

Il *SUM* può inoltre rappresentare la base per la caratterizzazione dei mesohabitat ai fini della modellazione e del calcolo della variazione spazio-temporale degli stessi (indici di habitat; *Veza et al., 2015a, b*; si veda: *paragrafo 2.4.5; Appendice 4, Parte II*). La modellazione e gli indici di habitat costituiscono un altro strumento importante che può integrare il sistema *IDRAIM* di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua (*Figura 3.1*).



**Figura 3.1** - Schema di interazione tra il *SUM*, i modelli e indici di habitat e la struttura generale del sistema *IDRAIM*. Modificato da *Rinaldi et al. (2016b)*.

Infine il *SUM* e gli indici possono fornire una prima base per l'analisi dell'eterogeneità di habitat fisici a supporto della componente biotica fluviale soprattutto per organismi come i pesci o gli odonati (libellule) i quali, date le loro dimensioni e le modalità di utilizzo dell'habitat, sono estremamente sensibili alla diversità spaziale alla scala delle unità morfologiche.

---

### 3.1 Indici SUM

Sono stati definiti due indici *SUM* che permettono di sintetizzare i dati raccolti attraverso il rilevamento e la classificazione delle unità morfologiche in un dato tratto (sottotratto). Le finalità di tali indici sono molteplici:

- (i) si tratta di **indici descrittivi** delle unità morfologiche presenti all'interno di un tratto, ovvero a supporto della classificazione e caratterizzazione della tipologia morfologica dell'alveo;
- (ii) sono **indici di direzione**, ovvero a supporto della classificazione in termini di qualità di un tratto, in questo senso utili soprattutto nel monitoraggio del tratto stesso nel tempo. Infatti, ponendo l'attenzione a una scala spaziale gerarchicamente inferiore rispetto a quella del tratto, tali indici possono essere in grado di registrare le modifiche morfologiche, per esempio a seguito di interventi di riqualificazione fluviale o di opere. Si sottolinea quindi che i valori degli indici non devono essere interpretati in maniera assoluta, ma relativamente al tratto in esame e nel contesto del suo quadro di evoluzione morfologica.

Un primo indice riguarda la **ricchezza** di unità all'interno di un tratto, il secondo la **densità** di unità. Mentre il primo ha finalità più qualitative in termini di diversità di unità, il secondo indice dà una stima quantitativa delle unità nello spazio (tratto). Al fine del calcolo degli indici è necessario aver rilevato, a livello Base, la presenza/assenza dei tipi di unità e macro-unità e il loro numero.

#### 3.1.1 Indice SUM di ricchezza di unità morfologiche (ISUM-R)

L'indice di **ricchezza di unità morfologiche** all'interno di un tratto determina quanti tipi di unità (ad es., barra, isola, *riffle*) sono presenti rispetto al numero massimo di unità possibili.

L'indice esprime quindi la diversità del tratto in termini di unità morfologiche rispetto a una diversità massima teorica potenziale. Questo indice viene applicato all'intero tratto o sottotratto senza distinzione in ambiti spaziali (alveo o pianura alluvionale). A livello Base possono essere individuate al massimo 33 tipi di unità più 2 tipi di macro-unità (quindi 35 tipi in totale; si veda [Appendice 2, Parte II](#) del presente manuale).

Per il calcolo della ricchezza è quindi necessario il rilevamento della **presenza/assenza dei tipi di unità e macro-unità a livello Base**. A partire dalla presenza/assenza, la somma dei tipi di unità e macro-unità presenti viene rapportata al numero massimo possibile di tipi di unità come segue:

$$ISUM-R = \Sigma NT_{UM} / n$$

dove  $NT_{UM}$  è il numero totale di tipi di unità e macro-unità presenti nel tratto (sottotratto) di indagine (ad es., nel caso di presenza di *riffle*, *pool* e barre laterali nel tratto,  $NT_{UM} = 3$ ), mentre  $n$  corrisponde al numero totale di tipi di unità e macro-unità possibili (livello Base), ed è pari a 35.

Si noti che valori elevati di ricchezza non indicano necessariamente un'elevata qualità morfologica a livello di tratto, in quanto esistono tipologie di corsi d'acqua la cui variabilità morfologica è per sua natura bassa ([Fryirs, 2003](#)). Ad esempio, nel caso di un corso d'acqua confinato, le unità possibili sono nettamente inferiori rispetto al caso di un corso d'acqua non confinato (sono infatti assenti quasi tutte le unità di pianura): un valore basso dell'indice in un tratto confinato non implica quindi una bassa qualità morfologica, ma semplicemente deriva dal fatto che la ricchezza di unità è per sua natura bassa.

#### 3.1.2 Indice SUM di densità di unità morfologiche (ISUM-D)

L'indice di **densità di unità morfologiche** si ottiene calcolando il numero totale di unità presenti, indipendentemente dal tipo, per unità di lunghezza. L'indice caratterizza quindi la densità del mosaico di unità morfologiche all'interno del tratto.

Per il calcolo della densità è quindi necessario il rilevamento del **numero di unità e macro-unità per ciascun tipo a livello Base**. La somma delle unità e sub-unità è rapportata alla lunghezza del tratto o sottotratto in chilometri, come segue:

$$ISUM-D = \Sigma N_{UM} / L$$

dove  $N_{UM}$  è il numero totale di unità morfologiche osservate nel tratto (sottotratto) di indagine (ad es., nel caso di 7 *riffle*, 6 *pool* e 3 barre,  $N_{UM} = 16$ ), mentre  $L$  è la lunghezza del tratto (sottotratto) di indagine (in km).

### 3.1.3 Sub-indici

È possibile utilizzare una serie di sub-indici, i quali permettono di esprimere gli indici di ricchezza e di densità per i due principali ambiti spaziali, ossia alveo e pianura alluvionale. Si definiscono i seguenti sub-indici:

$$ISUM-R_A = \Sigma NT_{UMA} / n$$

$$ISUM-R_P = \Sigma NT_{UMP} / n$$

$$ISUM-D_A = \Sigma N_{UMA} / L$$

$$ISUM-D_P = \Sigma N_{UMP} / L$$

dove  $ISUM-R_A$  è il sub-indice di ricchezza di unità di alveo,  $NT_{UMA}$  è il numero di tipi di unità di alveo,  $ISUM-R_P$  è il sub-indice di ricchezza di unità di pianura,  $NT_{UMP}$  è il numero di tipi di unità di pianura,  $ISUM-D_A$  è il sub-indice di densità di unità di alveo,  $N_{UMA}$  è il numero di unità di alveo,  $ISUM-D_P$  è il sub-indice di ricchezza di unità di pianura,  $N_{UMP}$  è il numero di unità di pianura.

Infine è possibile, in base agli obiettivi di indagine, utilizzare un'altra serie di sub-indici per esprimere l'indice di densità distinguendo le diverse macro-unità, ovvero: alveo di magra, unità emerse, vegetazione in alveo, zona ripariale, zone acquatiche di pianura alluvionale (per la definizione dettagliata delle macro-unità si rimanda alla [Parte II](#) del presente manuale). A tal fine è necessario calcolare le **aree di ciascuna macro-unità a livello Generale**. Si definiscono i seguenti sub-indici:

$$ISUM-D_C = \Sigma N_{UMC} / A_C$$

$$ISUM-D_E = \Sigma N_{UME} / A_E$$

$$ISUM-D_V = \Sigma N_{UMV} / A_V$$

$$ISUM-D_F = \Sigma N_{UMF} / A_F$$

$$ISUM-D_W = \Sigma N_{UMW} / A_W$$

dove:  $ISUM-D_C$  è il sub-indice di densità della macro-unità "alveo di magra",  $N_{UMC}$  è il numero di unità della macro-unità "alveo di magra",  $A_C$  è l'area della macro-unità "alveo di magra" (in km<sup>2</sup>),  $ISUM-D_E$  è il sub-indice di densità della macro-unità "unità emerse",  $N_{UME}$  è il numero di unità della macro-unità "unità emerse",  $A_E$  è l'area della macro-unità "unità emerse" (in km<sup>2</sup>),  $ISUM-D_V$  è il sub-indice di densità della macro-unità "vegetazione in alveo",  $N_{UMV}$  è il numero di unità della macro-unità "vegetazione in alveo",  $A_V$  è l'area della macro-unità "vegetazione in alveo" (in km<sup>2</sup>),  $ISUM-D_F$  è il sub-indice di densità della macro-unità "zona ripariale",  $N_{UMF}$  è il numero di unità della macro-unità "zona ripariale",  $A_F$  è l'area della macro-unità "zona ripariale" (in km<sup>2</sup>),  $ISUM-D_W$  è il sub-indice di densità della macro-unità "zone acquatiche di pianura alluvionale",  $N_{UMW}$  è il numero di unità della macro-unità "zone acquatiche di pianura alluvionale",  $A_W$  è l'area della macro-unità "zone acquatiche di pianura alluvionale" (in km<sup>2</sup>).

## 3.2 Interazioni tra *SUM* ed Indice di Qualità Morfologica (*IQM*)

La valutazione delle condizioni morfologiche complessive di un tratto fluviale attraverso l'*IQM* e la classificazione delle unità morfologiche attraverso il *SUM* hanno finalità diverse. I risultati di questi due metodi non sono pertanto direttamente correlabili tra loro, in quanto essi forniscono informazioni differenti sulle condizioni del corso d'acqua. Tuttavia il loro uso sinergico può permettere di avere una caratterizzazione e valutazione complessiva delle condizioni del corso d'acqua.

Il rilevamento e la classificazione delle unità morfologiche sono utili per i legami con il biota e le condizioni ecologiche, dato che le unità costituiscono gli habitat fisici per flora e fauna. Il limite principale nell'utilizzo di tale strumento di caratterizzazione come metodo di valutazione dello stato del corso d'acqua è che, da un semplice rilevamento dei tipi di unità in un determinato sito ed in dato momento, non è possibile accertare se vi siano o meno alterazioni negli habitat fisici. A tal fine, è necessario infatti analizzare come variano le unità morfologiche nel tempo.

La diversità di unità (ovvero ricchezza e densità, valutate attraverso gli indici *SUM*) non è necessariamente associata a buone condizioni morfologiche. Un'elevata diversità di unità può essere anche associata alla presenza di condizioni artificiali (ad es., in presenza di briglie o di pennelli). Al contrario, una bassa diversità di unità può essere il risultato di una struttura morfologica "naturale" relativamente semplice per una determinata tipologia di corso d'acqua (ad es., un torrente montano in roccia che per sua natura si presenta relativamente uniforme e con poche unità morfologiche). Per

---

questo motivo, il rilevamento delle unità morfologiche a scala di tratto o sottotratto deve essere necessariamente combinato con una valutazione a scala di tratto che prenda in considerazione la funzionalità dei processi e le condizioni di artificialità, attraverso i relativi indicatori *IQM*, per comprendere il contesto fisico in cui si trovano le unità e la loro rilevanza.

Di seguito si riportano alcune considerazioni ed esempi per meglio illustrare l'uso integrato di *SUM* ed *IQM*.

(1) *Lo stato morfologico del tratto risulta elevato (IQM elevato)*. Ciò significa che i processi geomorfologici sono scarsamente alterati (o del tutto inalterati), pertanto le unità morfologiche a scala di tratto rappresentano la tipica associazione che si potrebbe aspettare per quella determinata tipologia fluviale. Il sottotratto rappresentativo per rilevare le unità morfologiche può essere convenientemente selezionato con l'unica condizione che abbia una lunghezza sufficiente (ossia almeno 10 – 20 volte la larghezza dell'alveo) per includere il *range* completo di unità morfologiche tipiche per quella tipologia fluviale.

(2) *Lo stato morfologico del tratto risulta in condizioni intermedie (IQM intermedio)*. Ciò implica che i processi geomorfologici sono parzialmente alterati e che le unità morfologiche non necessariamente rappresentano il tipico pattern che potrebbe essere presente per la tipologia fluviale in esame in condizioni inalterate. Il sottotratto rappresentativo per rilevare le unità morfologiche dovrebbe riguardare una porzione relativamente indisturbata del tratto. Tuttavia è utile caratterizzare anche la porzione più alterata del tratto, in modo da valutare come le alterazioni presenti condizionano la presenza e distribuzione delle unità morfologiche. La valutazione morfologica può facilitare l'interpretazione delle cause di alterazione. L'associazione di unità morfologiche presenti nella porzione di tratto relativamente indisturbata può fornire informazioni sul tipo di unità che ci potrebbero essere nella porzione alterata, costituendo una sorta di "condizione di riferimento" locale per alcuni indicatori di funzionalità (in particolare: forme e processi tipici della configurazione morfologica – indicatore F7, variabilità della sezione – indicatore F9). Tuttavia, è importante anche considerare altri possibili fattori e cause fuori dal tratto (più comunemente a monte) che potrebbero limitare lo sviluppo di un completo range di unità morfologiche (ad es., una diga a monte che potrebbe determinare un deficit di sedimenti).

(3) *Lo stato morfologico del tratto risulta scadente (IQM basso)*. Ciò significa che i processi geomorfologici sono intensamente alterati e le unità morfologiche non rappresentano la tipica associazione che potrebbe essere attesa per tale corso d'acqua nelle condizioni attuali. Un esempio può essere rappresentato da un tratto completamente fissato e canalizzato. In tal caso, risulta estremamente difficoltoso, se non arbitrario, stabilire il range di unità morfologiche che potrebbero formarsi nello stesso tratto in condizioni indisturbate.

## 4. FASE DI TEST

Durante il periodo compreso tra Maggio 2013 e Febbraio 2014 sono stati eseguiti alcuni test per collaudare le schede e le modalità di rilevamento (Fiume Paglia, Fiume Marecchia, Fiume Cecina). L'attività principale si è svolta lungo il **Fiume Cecina** (località Casino di Terra, Provincia di Pisa): di seguito si riportano alcuni esempi relativi a tale applicazione.

I test sono stati eseguiti lungo un tratto non confinato ([Figura 4.1](#)), scelto in quanto è stato oggetto anche della fase di test dell'*IQM* (tratto 3.7,  $IQM=0.78$ , classe buono, si veda [Rinaldi et al., 2011](#)). Inoltre la scelta è stata motivata anche dal fatto che erano disponibili foto aeree ad alta e altissima risoluzione (rispettivamente: riprese aeree di Luglio 2009, 25 cm di risoluzione; riprese aeree di Luglio 2011, 15 cm di risoluzione), essendo stati effettuati dei voli aerei a bassa quota nell'ambito di altre attività di ricerca.



**Figura 4.1** - Fiume Cecina, tratto 3.7 presso Casino di Terra (PI), e localizzazione dei due sottotratti (1: sottotratto di monte; 2: sottotratto di valle).

Il tratto è lungo complessivamente circa 6500 m, con un'area del bacino sotteso di circa 635 km<sup>2</sup>. Esso è caratterizzato da una pianura alluvionale significativamente più estesa rispetto ai tratti adiacenti parzialmente confinati e da una larghezza media dell'alveo di circa 70 m. La pendenza media dell'alveo è di 0.003. L'alveo è classificato come sinuoso a barre alternate con fondo ghiaioso e configurazione a *riffle-pool*. Come risulta dall'*IQM*, il tratto è in buone condizioni e presenta poche alterazioni morfologiche. I principali elementi di alterazione sono costituiti da un ponte e alcune soglie.

Ai fini dell'applicazione del *SUM*, sono stati selezionati due sottotratti in modo da poter eseguire il test a più livelli di dettaglio. I sottotratti (1: 1500 m; 2: 1100 m; [Figura 4.1](#)) sono sufficientemente rappresentativi dell'associazione tipica delle unità morfologiche presenti alla scala dell'intero tratto. In particolare si caratterizzano per la presenza di barre alternate quasi continue, barre di meandro, alternanza di unità di fondo *riffle-pool*, erosioni di sponda. Le foto aeree relative ai sottotratti, nonostante siano state realizzate a distanza di due anni rispetto a quelle relative al tratto, non mostrano una sostanziale differenza nella morfologia del canale, mentre è sensibilmente percepibile una differenza in termini di portate.

Per il tratto si è applicato il solo livello Generale, mentre per i sottotratti anche il livello Base. Avendo a disposizione immagini di risoluzione adeguata, la mappatura delle unità spaziali è avvenuta da remoto (fotointerpretazione); tuttavia per il livello Base è stata condotta una successiva verifica sul terreno. L'applicazione ha riguardato unicamente la zona direttamente interessata dai processi fluviali attuali (corridoio fluviale), mentre non sono state considerate le aree di pianura soggette ad agricoltura o urbanizzate.

### *Livello Generale*

Una volta definito l'ambito spaziale di analisi (corridoio fluviale), si è proceduto come segue:

- (1) Delineazione e classificazione delle macro-unità per l'intero tratto ([Figura 4.2](#)) e per i due sottotratti ([Figura 4.3](#) e [Figura 4.4](#) per i sottotratti 1 e 2 rispettivamente) a una scala di 1:1.500.

- (2) Calcolo dei dati spaziali quantitativi (aree) relativi alle macro-unità.
- (3) Esempio di applicazione dei risultati ottenuti: confronto delle aree alla scala di tratto e dei sottotratti ([Figura 4.5](#)); confronto delle dimensioni medie delle macro-unità tra i due sottotratti ([Figura 4.6](#)).

#### *Livello Base*

La classificazione delle unità per i due sottotratti è stata svolta alla scala di 1:500 (fotointerpretazione su GIS). Nonostante l'elevata risoluzione delle foto, non è stato possibile classificare le unità di canale, a causa delle condizioni idrologiche rappresentate sulle foto del 2011 (ovvero livelli idrometrici bassissimi). Si è comunque proceduto a un riconoscimento di massima delle unità attese (*riffle*, *pool* e *glide*) per la morfologia del tratto (sinuoso a barre alternate). Analogamente, per le unità di pianura alluvionale è stata fatta una classificazione di massima a causa della difficoltà nel riconoscere da foto aeree le differenze topografiche tra le varie superfici.

La delimitazione e classificazione definitiva delle unità è stata quindi completata in seguito al rilevamento sul terreno ([Figura 4.7](#) e [Figura 4.8](#)). Quest'ultimo ha ad esempio consentito di identificare le varie unità di pianura così come le unità di alveo situate ai margini dello stesso (*benches*), non distinguibili in base alla sola osservazione delle foto aeree ([Figura 4.9](#)). In seguito sono state calcolate le superfici di ciascun'unità e confrontate tra i due sottotratti, in termini di abbondanze relative ([Figura 4.10](#)).

Infine si è proceduto al calcolo degli indici *SUM* di ricchezza e densità di unità morfologiche e ai relativi sub-indici: i risultati sono sintetizzati in [Tabella 4.1](#).

**Tabella 4.1** - Risultati degli indici *SUM* e relativi sub-indici calcolati per il Fiume Cecina presso Casino di Terra.

	SOTTOTRATTO 1 (MONTE)	SOTTOTRATTO 2 (VALLE)
<i>ISUM-R</i>	0.43	0.37
<i>ISUM-R<sub>A</sub></i>	0.34	0.31
<i>ISUM-R<sub>P</sub></i>	0.09	0.06
<i>ISUM-D</i>	62	73.64
<i>ISUM-D<sub>A</sub></i>	57.33	67.27
<i>ISUM-D<sub>P</sub></i>	4.67	6.36
<i>ISUM-D<sub>C</sub></i>	29.88	16
<i>ISUM-D<sub>E</sub></i>	5.75	9.17
<i>ISUM-D<sub>V</sub></i>	12.56	19.21
<i>ISUM-D<sub>F</sub></i>	0.46	0.77
<i>ISUM-D<sub>W</sub></i>	/	/

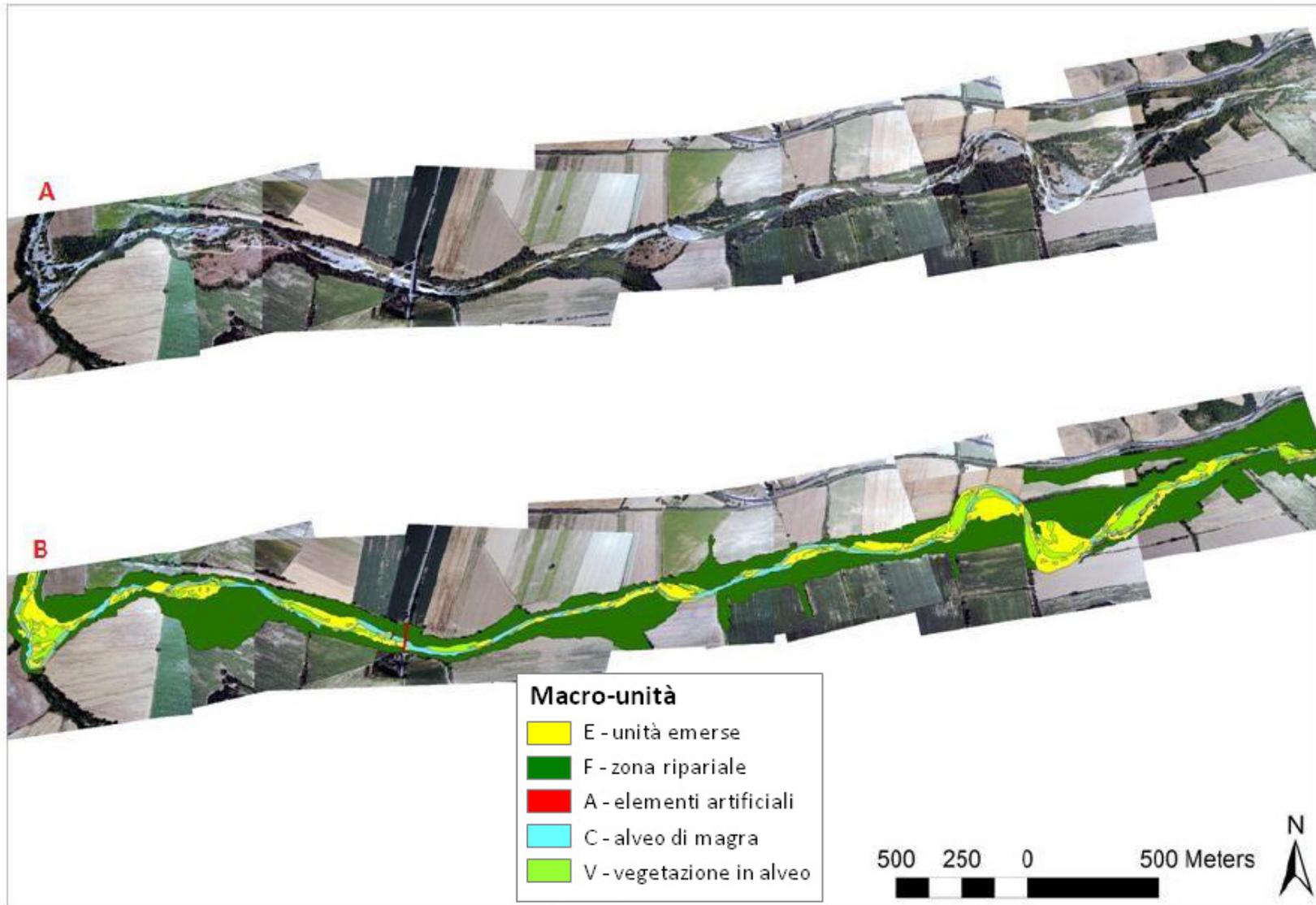
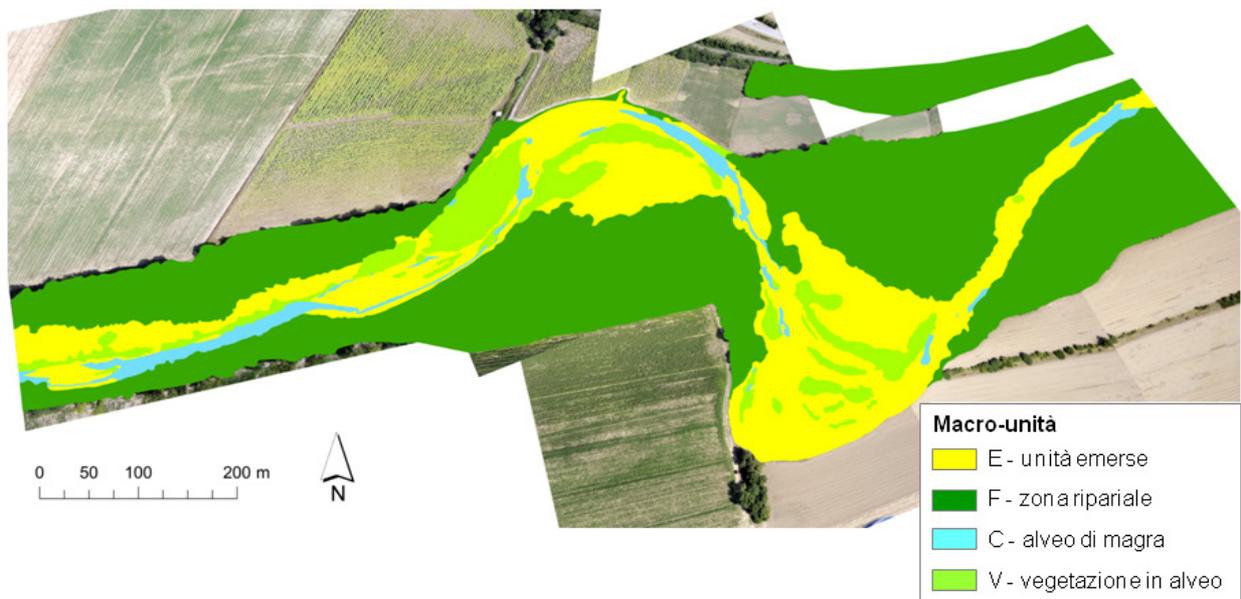
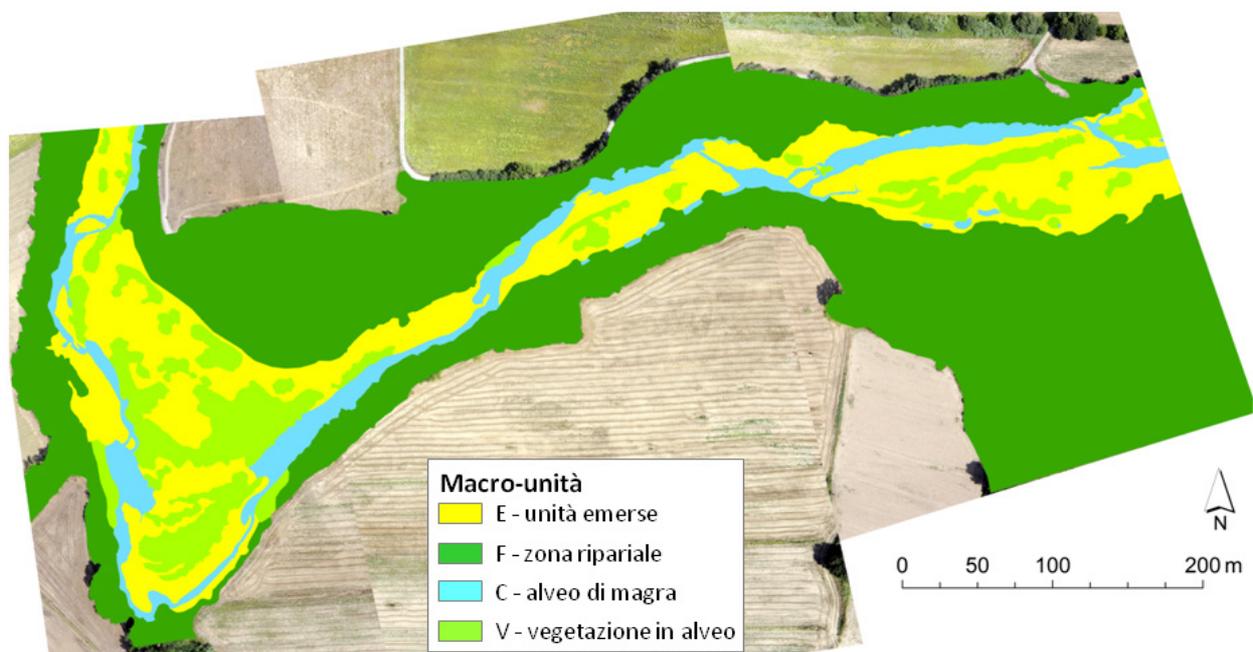


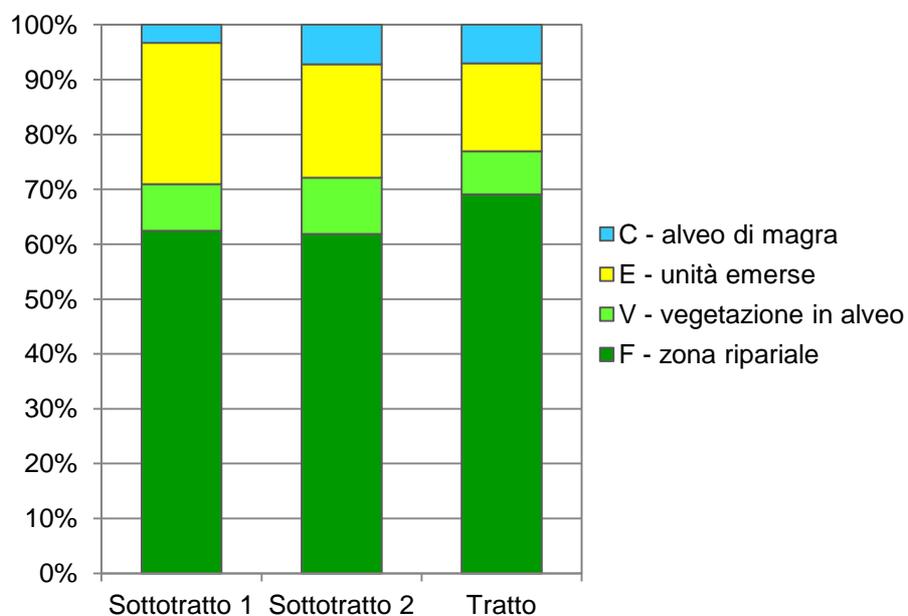
Figura 4.2 - Livello Generale. (A) Tratto 3.7; (B) mappa delle macro-unità.



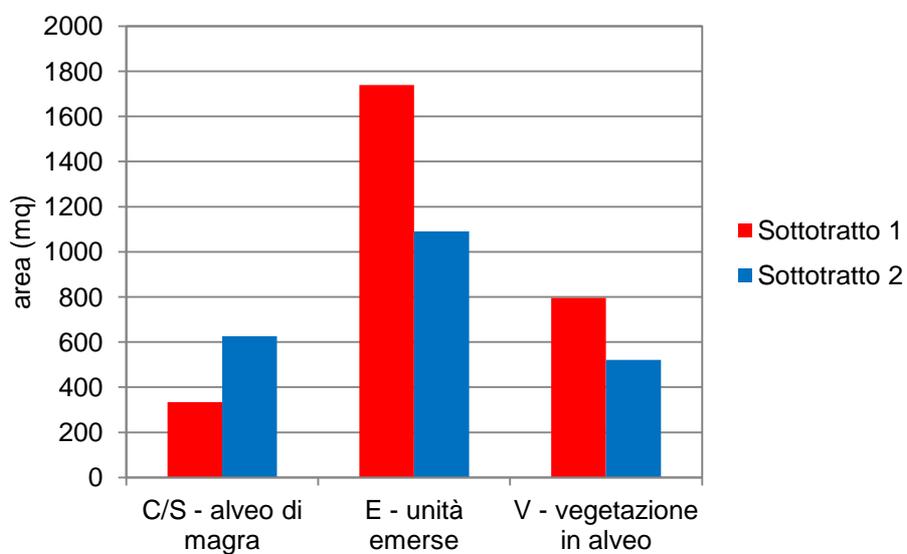
**Figura 4.3** - Mappa delle macro-unità per il sottotratto 1 (monte).



**Figura 4.4** - Mappa delle macro-unità per il sottotratto 2 (valle).



**Figura 4.5** - Confronto delle abbondanze relative (%) di ciascuna macro-unità ottenute dalla classificazione del tratto e dei due sottotratti.



**Figura 4.6** - Confronto delle dimensioni medie (m<sup>2</sup>) delle macro-unità di alveo per i due sottotratti (1 a monte; 2 a valle).

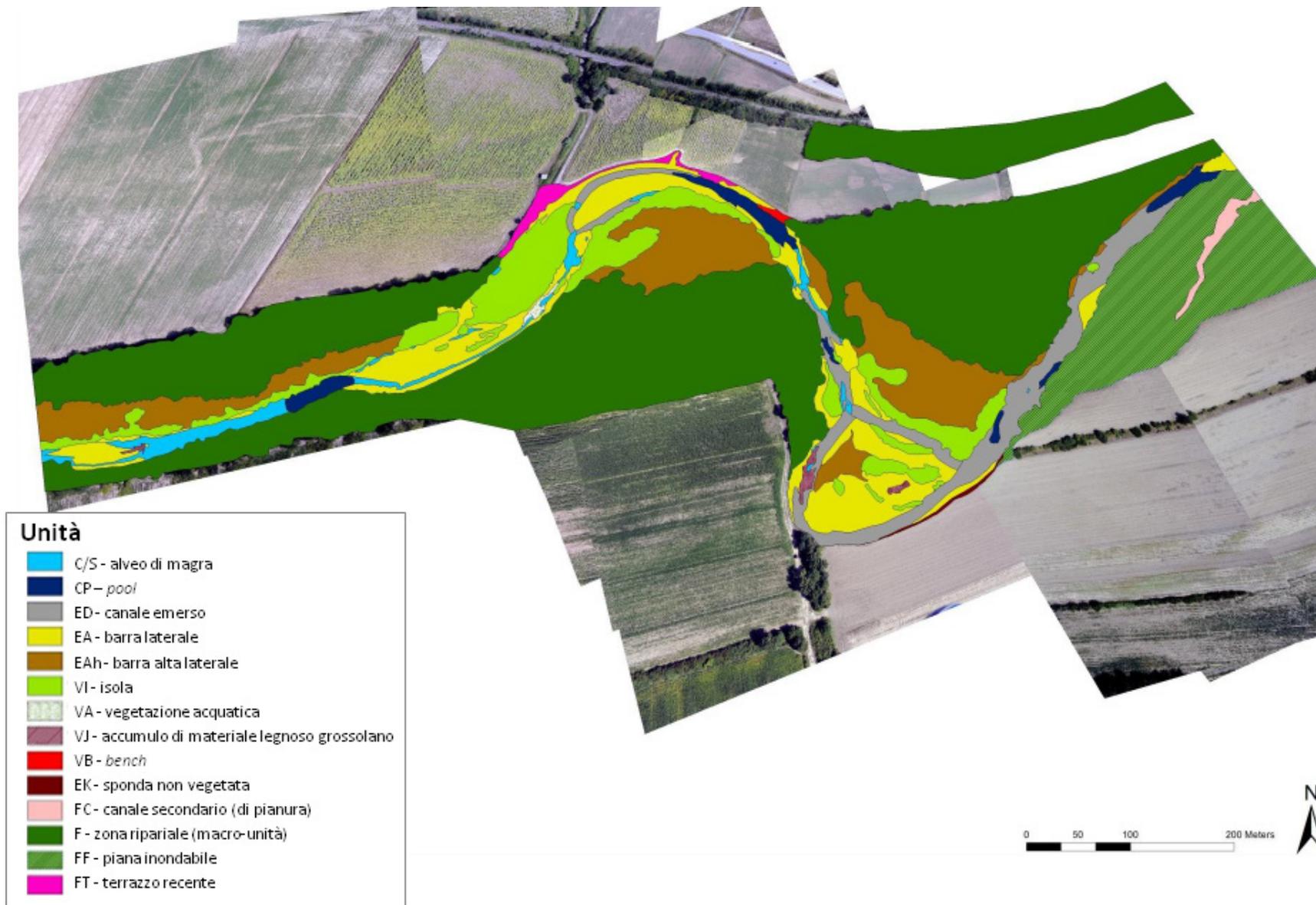


Figura 4.7 - Sottotratto 1 (monte): mappa delle unità.

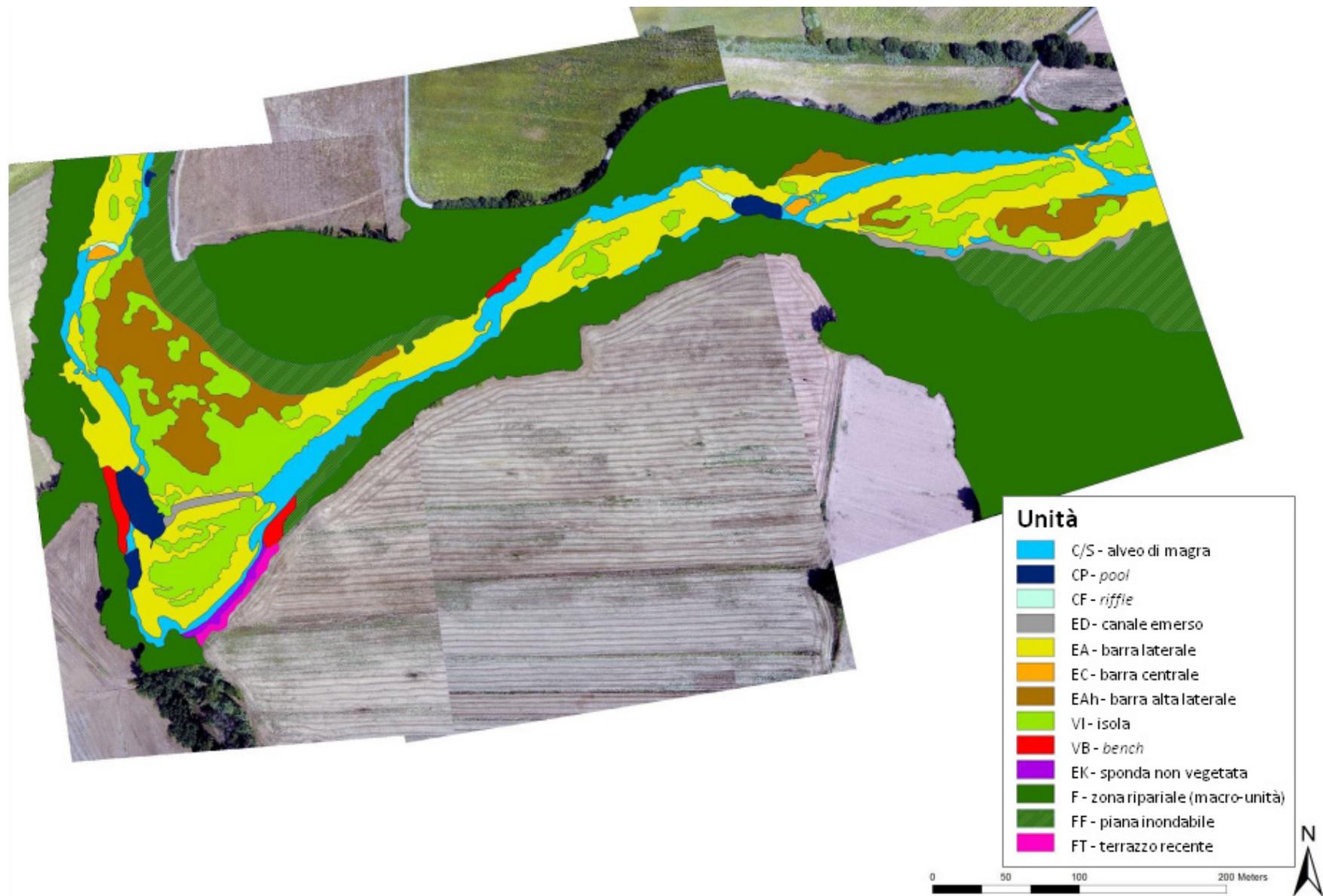
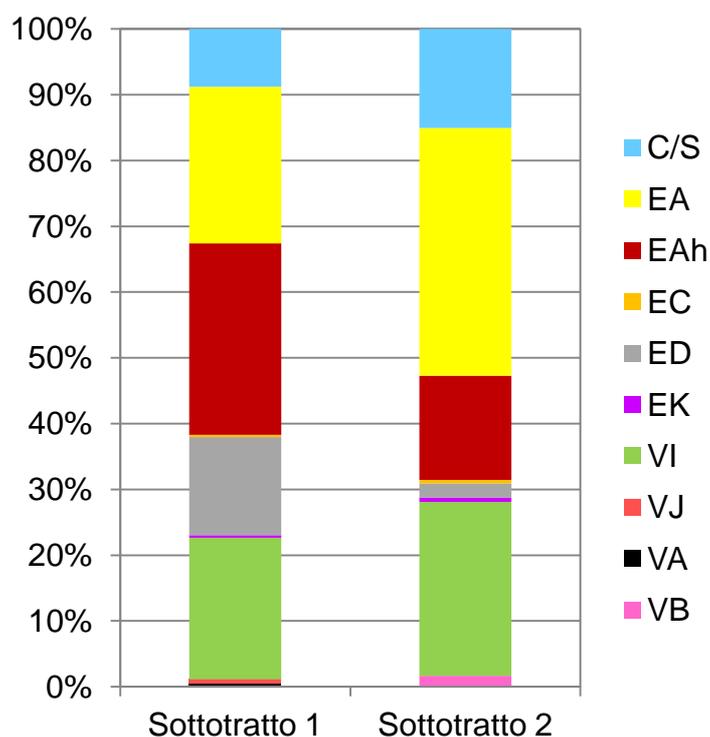


Figura 4.8 - Sottotratto 2 (valle): mappa delle unità.



**Figura 4.9** - Unità di alveo e di pianura nel sottotratto 1: A e D: Terrazzo recente, B: *Bench*, C: Piana inondabile. Si osservi come la vegetazione in D e C appaia uniforme e quindi non significativa come supporto del rilevamento delle unità da remoto.



**Figura 4.10** - Abbondanza relativa (%) delle unità di alveo e della macro-unità “C/S alveo di magra” per i due sottotratti (1 monte; 2 valle): EA, barra laterale (s.s); EAh, barra alta laterale; EC, barra centrale; ED, canale emerso; EK, sponda non vegetata; VI, isola; VJ, accumulo di materiale legnosso grossolano; VA, vegetazione acquatica; VB, bench

---

## 5. APPLICAZIONI DEL SUM

I dati e le informazioni varie ricavate dall'applicazione del *SUM* possono essere impiegati per molteplici applicazioni, compreso l'utilizzo di indici o parametri quantitativi che possano descrivere vari aspetti o caratteristiche del corso d'acqua. Tra le principali applicazioni si riportano le seguenti.

### 1. Analisi spaziali e temporali

- Rilevamento e caratterizzazione degli habitat a più scale (unità, sub-unità), inclusa la caratterizzazione alla scala di microhabitat (ad es., tipi di substrato, *flow types*, profondità), anche attraverso il calcolo di indici di diversità (ad es., numerosità totale, abbondanze, indice di Shannon, *Evenness*, dominanza, ecc.);
- Analisi del paesaggio a più scale (ad es., macro-unità, unità) (indici di diversità, ecotoni, forma delle unità, connettività, frammentazione del paesaggio, ecc.);
- Monitoraggio delle unità e degli habitat nel tempo (ad es., per valutare l'impatto di interventi) e/o dopo eventi di piena e/o al variare delle condizioni idrologiche (si veda [capitolo 3](#));
- Integrazione della classificazione e caratterizzazione delle morfologie alla scala di tratto (si veda [paragrafo 1.3](#) e [capitolo 3](#)) e monitoraggio della loro evoluzione nel tempo (si veda [capitolo 3](#)).
- Analisi ed interpretazione delle unità morfologiche in un contesto spazio-temporale più ampio, attraverso l'integrazione con la valutazione della qualità morfologica del tratto per mezzo dell'*IQM* e/o attraverso l'applicazione di altre metodologie di analisi (ad es., [Brierley et al., 2013](#)).

### 2. Analisi delle relazioni con biota/ecologia

- Base per rilevamento del biota e relazioni di quest'ultimo con gli habitat fisici in una scala spaziale appropriata dal punto di vista geomorfologico;
- Strumento per facilitare il *downscaling* e l'*upscaling* a partire dallo stato morfologico alla scala di tratto e dallo stato biologico alla scala del sito di campionamento, rispettivamente, favorendo quindi la comprensione delle relazioni esistenti tra le due componenti del sistema fluviale;
- Mappatura e caratterizzazione standardizzata delle unità intese come mesohabitat ai fini dell'impiego di modelli di simulazione degli habitat per la fauna (ad es., i pesci, MesoHABSIM, [Parasiewicz et al., 2013](#); si veda anche: [paragrafo 2.4.5](#); [Appendice 4, Parte II](#)).
- Calcolo di indici di disponibilità spazio-temporale di habitat ([Veza et al., 2015a, b](#); si veda anche: [paragrafo 2.4.5](#); [Appendice 4, Parte II](#)).

---

## BIBLIOGRAFIA – PARTE I

- AHMADI-NEDUSHAN B., ST-HILAIRE A., BÉRUBÉ M., ROBICHAUD É., THIÉMONGE N., BOBÉE B. (2006). A review of statistical methods for the evaluation of aquatic habitat suitability for instream flow assessment. *River Research and Applications* 22(5):503-523 (2006). DOI:10.1002/rra.918
- AMOROS C., G.E. PETTS (1993). Bases conceptuelles. Chapitre 1. In: Amoros C., G.E. Petts (eds.), *Hydrosystèmes fluviaux*, Masson, pp. 3-20.
- BAIN M.B., KNIGHT J.G. (1996). Classifying stream habitat using fish community analysis. In:
- BEECHIE T.J., SEAR D.A., OLDEN J.D., G.R. PESS G.R., BUFFINGTON J.M., MOIR H., RONI P., POLLOCK M.M. (2010). Process-based principles for restoring river ecosystems. *BioScience* 60(3):209-222.
- BELLETTI B., RINALDI M., GURNELL A.M., BUIJSE A.D., MOSSELMAN E. (2015). A review of assessment methods for river hydromorphological. *Environmental Earth Sciences*. 73:2079-2100. DOI 10.1007/s12665-014-3558-1.
- BOVEE K.D., LAMB B.L., BARTHOLOW J.M., STALNAKER C.B., TAYLOR J., HENRIKSEN J. (1998). *Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology*. Report USGS/BRD-(1998)-004. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology.
- BRIERLEY G.J., FRYIRS K.A. (2005). *Geomorphology and river management: applications of the river style framework*. Blackwell, Oxford, 398 pp.
- BRIERLEY G.J., FRYIRS K., CULLUM C., TADAKI M., HUANG H.Q., BLUE B. (2013). Reading the landscape: integrating the theory and practice of geomorphology to develop place-based understandings of river systems. *Progress in Physical Geography* 37(5):601–621.
- CARBONNEAU P., PIÉGAY H. (2012). *Fluvial Remote Sensing For Science and Management*. Wiley and Sons, Chichester, Regno Unito, 458 pp.
- CHURCH M. (1992). Channel Morphology and Typology. In: P.Callow and Petts, G.E. (Eds.), *The Rivers Handbook*, Oxford, Blackwell, 126 – 143.
- CHURCH M. (2006). Bed material transport and the morphology of alluvial river channels. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 34:325-354.
- CLIFFORD N.J., HARMAR O.P., HARVEY G., PETTS G. (2006). Physical habitat, eco-hydraulics and river design: a review and re-evaluation of some popular concepts and methods. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16(4):389–408.
- CONALLIN J., BOEGH E., JENSEN J.K. (2010). Instream physical habitat modelling types: an analysis as stream hydromorphological modelling tools for EU water resource managers. *International Journal of River Basin Management* 8:93-107.
- DUNBAR M.J., ALFREDSEN K., HARBY A. (2012). Hydraulic-habitat modelling for setting environmental river flow needs for salmonids. *Fisheries Management and Ecology* 19, 6.
- EGGER G., POLITTI E., GAROFANO-GOMEZ V., BLAUMAUER B., FERREIRA M.T., RIVAES R., BENJANKAR R., HABERSACK H. (2012). Embodying interactions of riparian vegetation and fluvial processes into a dynamic floodplain model: concepts and applications. In: Maddock I., Harby A., Kemp P., Wood P. (eds.), *Ecohydraulics: an integrated approach*. John Wiley & Sons Ltd.
- FRIBERG N., BONADA N., BRADLEY D.C., DUNBAR M.J., EDWARDS F.K., GREY J., HAYES R.B., HILDREW A.G., LAMOUREUX N., TRIMMER M., WOODWARD G. (2011). Biomonitoring of Human Impacts in Freshwater Ecosystems: The Good, the Bad and the Ugly. *Advances in Ecological Research* 44:1–68. DOI: 10.1016/B978-0-12-374794-5.00001-8.

- 
- FRISSELL C.A., LISS W.J., WARREN C.E., HURLEY M.D. (1986). A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10(2):199–214.
- FRYIRS K.A. (2003). Guiding principles for assessing geomorphic river condition: application of a framework in the Bega catchment, South Coast, New South Wales, Australia. *Catena* 53:17–52.
- FRYIRS K.A., BRIERLEY G.J. (2013). *Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 345 pp.
- FULLER I.C., REID H.E., BRIERLEY G.J. (2013). Methods in Geomorphology: Investigating River Channel Form. In: John F. Shroder (ed.), *Treatise on Geomorphology*, Volume 14, pp. 73-91. San Diego: Academic Press.
- GAROFANO-GOMEZ V., VEZZA P., MARTÍNEZ-CAPEL F., FRANCÉS F., EGGER G., FERREIRA T. (2014). Key drivers of riparian vegetation successional pathways in a Mediterranean river system. In 10th International Symposium on Ecohydraulics 2014, Trondheim, Norway.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M., GARCÍA DE JALÓN D. (2004). Hierarchical Classification of Rivers: A proposal for eco-geomorphic characterization of Spanish rivers within the European Water Frame Directive. In: García de Jalón D., Vizcaíno P. (eds.), *Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis and Restoration*, Vol I:205-211. IAHR Congress Proceedings, Madrid.
- GOSTNER W., ALP M., SCHLEISS A.J., ROBINSON C.T. (2013). The hydro-morphological index of diversity: a tool for describing habitat heterogeneity in river engineering projects. *Hydrobiologia* 712:43-60.
- GURNELL A.M., BELLETTI B., BIZZI S., BLAMAUER B., BRACA G., BUIJSE A.D., BUSSETTINI M., CAMENEN B., COMITI F., DEMARCHI L., GARCÍA DE JALÓN D., GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M., GRABOWSKI R., GUNN I., HABERSACK H., HENDRIKS D., HENSHAW A., LASTORIA B., LATAPIE A., MARCINKOWSKI P., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ V., MOSSELMAN E., MOUNTFORD J.O., NARDI L., OKRUSZKO T., O'HARE M.T., PALMA M., PERCOPO C., RINALDI M., SURIAN N., WEISSTEINER C., ZILIANI L. (2014). A multi-scale framework and indicators of hydromorphological processes and forms. Deliverable 2.1, a report in four parts of REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management), a Collaborative project (large-scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656.
- GURNELL, A.M., GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M., RINALDI, M., GRABOWSKI, R., BELLETTI, B., HENSHAW, A., O'HARE, M., BUIJSE, A.D. (2015). Development and application of a multiscale process-based framework for the hydromorphological assessment of European rivers. In: Lollino, G., Arattano, M., Rinaldi, M., Giustolisi, O., Marechal, J.C., Grant, G.E. (Eds.), *Engineering Geology for Society and Territory*, Volume 3. Springer International Publishing Switzerland, Zurich, pp. 339-342.
- GURNELL A.M., RINALDI M., BELLETTI B., BIZZI S., BLAMAUER B., BRACA G., BUIJSE A.D., BUSSETTINI M., CAMENEN B., COMITI F., DEMARCHI L., GARCÍA DE JALÓN D., GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M., GRABOWSKI R.C., GUNN I.D.M., HABERSACK H., HENDRIKS D., HENSHAW A., KLÖSCH M., LASTORIA B., LATAPIE A., MARCINKOWSKI P., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ V., MOSSELMAN E., MOUNTFORD J.O., NARDI L., OKRUSZKO T., O'HARE M.T., PALMA M., PERCOPO C., SURIAN N., WEISSTEINER C., ZILIANI L. (2016). A multi-scale hierarchical framework for developing understanding of river behaviour to support river management. *Aquatic Sciences* 78(1):1-16.
- HABERSACK H.M. (2000). The river-scaling concept (RSC): a basis for ecological assessments. *Hydrobiologia* 422/423:49-60.
- HALL LS, KRAUSMAN PR, MORISON ML. (1997). The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25(1):173–182.

- 
- HARVEY G.L., CLIFFORD N.J. (2009). Microscale hydrodynamics and coherent flow structures in rivers: implications for the characterization of physical habitat. *River Research and Applications* 25:160–180. DOI: 10.1002/rra.1109.
- HAUER C., UNFER G., SCHMUTZ S., HABERSACK H. (2007). The importance of morphodynamic processes at riffles used as spawning grounds during the incubation time of nase (*Chondrostoma nasus*). *Hydrobiologia* 579:15-27.
- HAUER C., UNFER G., TRITTHART B.M., FORMANNA A.E., HABERSACK H.M. (2011). Variability of mesohabitat characteristics in riffle-pool reaches: testing an integrative evaluation concept (FGC) for MEM-application. *River Research and Applications* 27:403–430. DOI: 10.1002/rra.1357.
- HAWKINS C.P., KERSHNER J.L., BISSON P.A., BRYANT M.D., DECKER L.M., GREGORY S.V., MCCULLOUGH D.A., OVERTON C.K., REEVES G.H., STEEDMAN R.J., YOUNG M.K. (1993). A hierarchical approach to classifying stream habitat features. *Fisheries* 18(6):3-12. DOI:10.1577/1548-8446(1993)018<0003:AHATCS>2.0.CO;2.
- HILL G., MADDOCK I. BICKERTON M. (2013). Testing the Relationship Between Surface Flow Types and Benthic Macroinvertebrates. In: Maddock I., Harby A., Kemp P., Wood P. (eds.), *Ecohydraulics : an integrated approach*. Chapter 12:213-228.
- JORDE K., SCHNEIDER M., ZÖLLNER F. (2000). Analysis of instream habitat quality – preference functions and fuzzy models. In: Hu W. (ed.), *Stochastic Hydraulics 2000*. Balkema, Rotterdam, 671–680.
- JOWETT I.G. (1993). A method for objectively identifying pool, run and riffle habitats. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 27: 241–248.
- KEMP J.L., HARPER D.M., CROSA G.A. (1999). Use of “functional habitats” to link ecology with morphology and hydrology in river rehabilitation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 9 (1), 159-178.
- KNIGHTON A.D., NANSON G.C. (1993). Anastomosis and the continuum of channel pattern. *Earth Surface Processes and Landforms* 18(7): 613-625.
- KONDOLF G.M., MONTGOMERY D., PIÉGAY H., SCHMITT L. (2003). Geomorphic classifications of rivers and streams. In: Kondolf G.M., Piégay H. (eds.), *Tools in fluvial geomorphology*, Wiley, Chichester, Chapter 7.
- MADDOCK I., BIRD D. (1996). The application of habitat mapping to identify representative PHABSIM sites on the River Tavy, Devon, UK. In: Lecerc M., Capra H., Valentin S., Boudreault A., Cote Y. (eds.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on Habitat Hydraulics. IRS-EAU; FQSA; IAHR/IRH, Quebec, Canada*, pp. 203–214.
- MADDOCK I., HARBY A., KEMP P., WOOD P.J. (2013). *Ecohydraulics: An Integrated Approach*, Wiley-Blackwell, 462 pp.
- MERRITT D.M., SCOTT M.L., POFF L.N., AUBLE G.T., LYTLE D.A. (2010). Theory, methods and tools for determining environmental flows for riparian vegetation: riparian vegetation-flow response guilds. *Freshwater Biology* 55(1):206-225. DOI:10.1111/j.1365-2427.2009.02206.x
- MONTGOMERY D.R., BUFFINGTON J.M. (1997). Channel reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin* 109:596-611.
- MONTGOMERY D.R., BUFFINGTON J.M. (1998). Channel processes, classification, and response. In: Naiman R.J., Bilby R.E. (eds.), *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*. Springer, New York, NY, pp. 13-42.
- NANSON G.C., KNIGHTON A.D. (1996). Anabranching rivers: their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms* 21, 217–239.

- 
- NEWSON M.D., LARGE A.R.G. (2006). "Natural" rivers, "hydromorphological quality" and river restoration: a challenging new agenda for applied fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms* 31:1606–1624.
- NEWSON M.D., NEWSON C.L. (2000). Geomorphology, ecology and river channel habitat; mesoscale approaches to basin-scale challenges. *Progress in Physical Geography* 24(2):195–217.
- PADMORE C.L. (1998). The role of physical biotopes in determining the conservation status and flow requirements of British rivers. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1:25–35.
- PADMORE C.L., NEWSON M.D., CHARLTON M.E. (1996). Instream habitat: Geomorphological guidance for habitat identification and characterisation. In: Rowntree K.M. (ed.), *The hydraulics of Physical Biotopes - Terminology, Inventory and Calibration*. Report of a workshop held at Citrusdal 4-7 February 1995. WCR Report KV84/96, Citrusdal, pp. 27-41.
- PARASIEWICZ P. (2001). MesoHABSIM: a concept for application of instream flow models in river restoration planning. *Fisheries Research* 26: 6–13.
- PARASIEWICZ P. (2007). The MesoHABSIM model revisited. *River Research and Applications* 23:893-903.
- PARASIEWICZ, P., ROGERS, J.N., VEZZA, P., GORTAZAR, J., SEAGER, T., PEGG, M., WIŚNIEWOLSKI, W., COMOGLIO, C. (2013). Applications of the MesoHABSIM Simulation Model. In: H.A. Maddock I., Kemp P. and Wood P. (Editor), *Ecohydraulics: an integrated approach*. John Wiley & Sons Ltd, 109-124.
- RAVEN P.J., FOX P.J.A., EVERARD M., HOLMES N.T.H., DAWSON F.H. (1997). River Habitat Survey: a new system for classifying rivers according to their habitat quality, in BOON P.J. and HOWELL D.L. (Eds.), *Freshwater Quality: Defining the indefinable?*, The Stationery Office, Edinburgh, 215 – 234.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M. (2011). Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua – Versione 1, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, 232 pp.
- RINALDI M., BELLETTI B., VAN DE BUND W., BERTOLDI W., GURNELL A., BUIJSE A.D., MOSSELMAN E. (2013a). Review on eco-hydromorphological methods. Deliverable 1.1, REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management), Project funded by the European Commission within the 7th Framework Programme (2007 – 2013), Topic ENV.2011.2.1.2-1 Hydromorphology and ecological objectives of WFD, Grant Agreement 282656, 202 pp.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M. (2013b). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology* 180-181:96-108. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.09.009.
- RINALDI, M., GURNELL, A.M., GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M., BUSSETTINI, M., HENDRICKS, D. (2016). Classification of river morphology and hydrology to support management and restoration. *Aquatic Sciences* 78(1):17:33.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M. (2016). IDRAIM IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. Versione aggiornata 2016. ISPRA – Manuali e Linee Guida 131/2016. Roma, gennaio 2016.
- ROSGEN D.L. (1994). A classification of natural rivers. *Catena* 22(3):169–199.
- SCHUMM S.A. (1985). Patterns of alluvial rivers. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science* 13:5-27.
- THOMSON J.R., TAYLOR M.P., FRYIRS K.A., BRIERLEY G.J. (2001). A geomorphological framework for river characterization and habitat assessment. *Aquatic Conservation, Marine and Freshwater Ecosystems* 11:373-389.
- THORP J.H., THOMS M.C., DELONG M.D. (2006). The riverine ecosystem synthesis: biocomplexity in river networks across space and time. *River Research and Applications* 22:123-147.

- 
- VEZZA P., PARASIEWICZ P., SPAIRANI M., COMOGLIO C. (2014). Habitat modelling in high gradient streams: the meso-scale approach and application. *Ecological Applications*. 24: 844-861.
- VEZZA P., GOLTARA A., SPAIRANI M., ZOLEZZI G., SIVIGLIA A, CAROLLI M., BRUNO M.C., BOZ B., STELLIN D., COMOGLIO C., PARASIEWICZ P. (2015a). Habitat indices for rivers: quantifying the impact of hydro-morphological alterations on the fish community. G. Lollino et al. (eds.), *Engineering Geology for Society and Territory – Volume 3*, Springer International Publishing Switzerland 2015, DOI: 10.1007/978-3-319-09054-2\_75.
- VEZZA P., PARASIEWICZ P. (2015b). Manuale tecnico - operativo per la valutazione dell'integrità dell'habitat fluviale. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. *In preparazione*.
- WADESON R.A. (1995). The development of the hydraulic biotope concept within a catchment based hierarchical geomorphological model. Ph.D thesis, Rhodes University, South Africa, 320 pp.
- WADESON R.A., ROWNTREE K.M. (1998). Application of the hydraulic biotope concept to the classification of instream habitats. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1:143–157.
- WANG L., BRENDEN T., CAO Y., SEELBACH P. (2012). Delineation and validation of river network spatial scales for water resources and fisheries management. *Environmental Management* 50:875–887.
- ZAVADIL E.A., STEWARDSON M.J., TURNER M.E., LADSON A.R. (2012). An evaluation of surface flow types as a rapid measure of channel morphology for the geomorphic component of river condition assessments. *Geomorphology* 139–140:303–312. DOI:10.1016/j.geomorph.2011.10.034.
- ZAVADIL E.A., STEWARDSON M.J. (2013). The Role of Geomorphology and Hydrology in Determining Spatial-Scale Units for Ecohydraulics: In: Maddock I., Harby A., Kemp P., Wood P. (eds.), *Ecohydraulics : an integrated approach*. Chapter 7:125-142.

---

**PARTE II – GUIDA ALL’APPLICAZIONE DEL SISTEMA DI  
RILEVAMENTO E CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ  
MORFOLOGICHE DEI CORSI D’ACQUA (SUM)**

---

## INTRODUZIONE

La seconda parte del Manuale del *SUM* rappresenta una Guida pratica all'applicazione del sistema di rilevamento e classificazione delle unità morfologiche. Viene dapprima fornita una Guida generale alla compilazione delle schede ([Capitolo 1](#)) e successivamente ([Capitolo 2](#)) si riporta un elenco esaustivo e una descrizione illustrata delle unità morfologiche identificabili in ambiente fluviale, organizzate secondo l'ambito spaziale di appartenenza. La descrizione delle unità morfologiche si riferisce in particolare alla loro forma e posizione all'interno dell'alveo. I processi formativi delle unità sono riportati per supportare la delineazione delle unità ma non rappresentano un criterio d'identificazione, giacché spesso non è possibile attribuire un solo processo a una singola unità. I processi genetici sono comunque presi in considerazione al livello Dettaglio, oltre ad entrare nel quadro complessivo di analisi delle unità morfologiche (si veda la [Parte I, Capitolo 3](#)).

## 6. GUIDA ALLA COMPILAZIONE DELLE SCHEDE

In questo capitolo si riporta una dettagliata descrizione di come effettuare la compilazione delle schede di rilevamento (si veda [Appendice I](#)). Queste sono suddivise in diverse pagine a seconda del livello di analisi:

- La prima scheda contiene il piano di rilevamento, il quale ha lo scopo di organizzare la raccolta dati, sulla base degli obiettivi di studio, e di sintetizzare i tipi di informazioni raccolte. Si definiscono quindi i tipi di informazioni che si è pianificato di rilevare, in termini di ambito spaziale, livello di analisi e scala spaziale.
- La seconda scheda riassume le informazioni di carattere generale sul corso d'acqua, sul tratto e sul sottotratto di indagine. Una parte della scheda è riservata alla mappatura delle unità da realizzare sul terreno.
- Le schede successive rappresentano la parte principale del rilevamento e contengono le informazioni relative al rilevamento e alla caratterizzazione delle unità morfologiche (livelli Generale, Base, Dettaglio).

### 6.1.1 Scheda 1: Piano di rilevamento

La compilazione della prima parte di questa scheda prevede le seguenti informazioni (spuntare le caselle pertinenti; [Figura 6.1](#)):

- Dimensioni del corso d'acqua (piccole dimensioni,  $\leq 30$  m; grandi dimensioni,  $> 30$  m) e classe di confinamento (confinato oppure parzialmente/non confinato);
- Il tipo di dati remoti disponibili: immagini satellitari, ad alta risoluzione (ovvero intorno a 20-50 cm) o ad altissima risoluzione (ovvero sotto i 15-20 cm), Lidar;
- Le informazioni riassuntive sul tipo di rilevamento (ovvero quali schede verranno compilate).

Scheda 1: PIANO DI RILEVAMENTO		
<b>Dimensioni corso d'acqua</b>	<b>Risoluzione immagini</b>	<b>Livello di caratterizzazione</b>
Piccole dimensioni <input type="checkbox"/>	Immagini satellitari <input type="checkbox"/>	Informazioni generali <input type="checkbox"/>
Grandi dimensioni <input type="checkbox"/>	Foto alta risoluzione <input type="checkbox"/>	Livello "Generale" <input type="checkbox"/>
	Foto altissima risoluzione <input type="checkbox"/>	Livello "Base" <input type="checkbox"/>
<b>Confinamento</b>	Lidar <input type="checkbox"/>	Livello "Dettaglio" <input type="checkbox"/>
Confinato <input type="checkbox"/>		Sub-unità livello "Dettaglio" <input type="checkbox"/>
Parzialmente/non-confinato <input type="checkbox"/>		Dati per indici di habitat <input type="checkbox"/>

**Figura 6.1** - Dettaglio della prima parte della Scheda 1: Piano di rilevamento.

La seconda parte della scheda ha lo scopo di **riassumere in dettaglio il rilevamento delle macro-unità e unità** per tutti i livelli di analisi (Generale, Base, Dettaglio) e ambiti spaziali (Alveo, Pianura Alluvionale) ([Figura 6.2](#)). Essa quindi riassume le informazioni raccolte nelle schede da 3 a 15. L'operatore deve spuntare la casella pertinente sulla base degli obiettivi di indagine:

- Livello Generale: presenza/assenza (P/A), area (Area) e/o percentuale (%) delle macro-unità;
- Livello Base: presenza/assenza (P/A), numero (Num), lunghezza o area (L/A) dei tipi di unità e macro-unità;
- Caratteristiche delle macro-unità ed unità a livello Dettaglio: sotto-tipi (S-T), tipo di sedimento dominante (Sed), condizioni idrauliche (Idr), caratteristiche della vegetazione presente (Veg), morfologia (Mor) e composizione (Com) delle sponde, tipo di processi formativi (Pro), altre misure specifiche (Mis), altro tipo di informazioni (Alt).

Per il livello Base, viene inizialmente indicato il metodo di rilevamento utilizzato (telerilevamento, nel caso di disponibilità di immagini ad altissima risoluzione, o rilievo sul terreno). I livelli Generale e Dettaglio vengono invece applicati attraverso telerilevamento e rilievo sul terreno, rispettivamente.

Infine per il livello Base è possibile indicare se si sono calcolati gli indici *SUM*.

MACRO-UNITA' e UNITA'																																																																																																													
<p><b>Livello GENERALE</b></p> <table style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Macro-unità</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th style="text-align: center;">P/A</th> <th style="text-align: center;">Area</th> <th style="text-align: center;">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 15%;">Alveo</td> <td></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Pianura alluvionale</td> <td>tutti</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Elementi artificiali</td> <td>A</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>			Macro-unità					P/A	Area	%	Alveo		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Pianura alluvionale	tutti	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Elementi artificiali	A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<p><b>Livello BASE</b></p> <table style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Macro-unità</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Unità</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th style="text-align: center;">P/A</th> <th style="text-align: center;">Num</th> <th style="text-align: center;">L/A</th> <th style="text-align: center;">P/A</th> <th style="text-align: center;">Num</th> <th style="text-align: center;">L/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Alveo</td> <td>C</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Pianura alluvionale</td> <td>F/H</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>W/H</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>H</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Elementi artificiali</td> <td>A</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Telerilevamento</td> <td><input type="text"/></td> <td colspan="2">Terreno</td> <td><input type="text"/></td> <td colspan="2">Indici</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>			Macro-unità			Unità					P/A	Num	L/A	P/A	Num	L/A	Alveo	C	<input type="text"/>	S	<input type="text"/>	E	<input type="text"/>	V	<input type="text"/>	Pianura alluvionale	F/H	<input type="text"/>	W/H	<input type="text"/>	H	<input type="text"/>	Elementi artificiali	A	<input type="text"/>	Telerilevamento		<input type="text"/>	Terreno		<input type="text"/>	Indici		<input type="text"/>																																							
		Macro-unità																																																																																																											
		P/A	Area	%																																																																																																									
Alveo		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																																									
Pianura alluvionale	tutti	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																																									
Elementi artificiali	A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																																									
		Macro-unità			Unità																																																																																																								
		P/A	Num	L/A	P/A	Num	L/A																																																																																																						
Alveo	C	<input type="text"/>																																																																																																											
	S	<input type="text"/>																																																																																																											
	E	<input type="text"/>																																																																																																											
	V	<input type="text"/>																																																																																																											
Pianura alluvionale	F/H	<input type="text"/>																																																																																																											
	W/H	<input type="text"/>																																																																																																											
	H	<input type="text"/>																																																																																																											
Elementi artificiali	A	<input type="text"/>																																																																																																											
Telerilevamento		<input type="text"/>	Terreno		<input type="text"/>	Indici		<input type="text"/>																																																																																																					

**Livello DETTAGLIO**

		Macro-unità						Unità								
		S-T	Sed	Idr	Veg	Mis	Alt	S-T	Sed	Idr	Veg	Mor	Com	Pro	Mis	Alt
Alveo	C	<input type="text"/>														
	S	<input type="text"/>														
Pianura alluvionale	F/H	<input type="text"/>														
	W	<input type="text"/>														
	H	<input type="text"/>														

**Figura 6.2** - Dettaglio della seconda parte della Scheda 1: Piano di rilevamento delle macro-unità ed unità.

La parte finale della scheda ha lo scopo di **riassumere in dettaglio il rilevamento delle sub-unità** per tutti gli ambiti spaziali, e ciò deve essere effettuato, se previsto dagli obiettivi di indagine, al livello Dettaglio ([Figura 6.3](#)).

Nella parte finale della scheda è infine possibile riassumere le informazioni raccolte, quando previsto, ai fini del calcolo degli indici di habitat ([Figura 6.3](#)).

SUB-UNITA'		DATI PER CALCOLO INDICI DI HABITAT						
<b>Livello DETTAGLIO</b>		Data	Corso d'acqua				Portata	
Alveo	C	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	S	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	E	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	V	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Pianura alluvionale	F/H	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	W	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	H	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
		M-U	Pelo libero				Substrato	
		Unità	Connettività				Profondità	
		S-U	Cover				Velocità	
								Num. di Froude

**Figura 6.3** - Dettaglio della seconda parte della Scheda 1: Piano di rilevamento delle sub-unità e dati per il calcolo di indici di habitat.

Al termine dell'applicazione completa delle schede, l'operatore può ritornare su questa pagina e verificare che il rilevamento sia stato fatto coerentemente al piano iniziale. È possibile quindi indicare le unità o caratteristiche che non è stato possibile rilevare (riportando NR, ossia "Non Rilevato", nella casella corrispondente).

---

### 6.1.2 Scheda 2: Informazioni generali e schema morfologico

La prima parte di questa seconda scheda ha lo scopo di raccogliere tutte le informazioni disponibili sul corso d'acqua studiato. Essa viene compilata prevalentemente durante la fase di studio a tavolino che precede il rilevamento sul terreno, integrata eventualmente da alcune misure o osservazioni sul terreno. Il sottotratto viene selezionato durante questa prima fase come rappresentativo dell'insieme delle unità morfologiche presenti nel tratto (si veda [Parte I](#)). Molte di queste informazioni derivano dalla fase di segmentazione in tratti ([Rinaldi et al., 2016b](#)), la quale di norma precede l'applicazione del SUM. Esse riguardano ([Figura 6.4](#)):

(i) Informazioni generali:

- Nome dell'operatore;
- Data del rilevamento sul terreno;
- Nome del corso d'acqua;
- Nome di una località di riferimento;
- Altitudine media del tratto in esame (m slm);
- Lunghezza del tratto in esame (m);
- Lunghezza del sottotratto (m);
- Coordinate x e y dell'estremità di monte del sottotratto;

(ii) Caratteristiche morfologiche generali (scala di tratto):

- Larghezza media della pianura alluvionale (m);
- Larghezza media del corridoio fluviale (m);
- Larghezza media dell'alveo (m);
- Grado di confinamento, ovvero la % di sponde a contatto con i versanti;
- Pendenza media del tratto (%);
- Uso del suolo circostante dominante, distinguendo le seguenti tre classi: NA, naturale; AG, zone agricole; UR, zone urbane e/o industriali;
- Larghezza media dell'alveo di magra (m): essa può essere misurata da remoto se si dispone di immagini a risoluzione adeguata.
- Profondità media dell'alveo di magra (m o classi: < 20 cm; tra 20 cm e 1 m; più di 1 m) (misurata sul terreno);
- Guadabile/non guadabile;
- Configurazione del fondo: alveo colluviale, in roccia, alluvionale, semi-alluvionale, artificiale;
- Tipologia dell'alveo: rettilineo, sinuoso (incluso sinuoso a barre alternate), meandriforme, *wandering*, canali intrecciati, *anabranching*;
- Regime idrologico: permanente, intermittente, temporaneo, altro;
- Altre informazioni eventualmente disponibili: è possibile infine riportare la portata al momento del rilievo sul terreno e/o da remoto, così come alcune informazioni (quando note) relative agli eventi di piena verificatisi recentemente (ultimi anni), i quali possono avere condizionato la presenza ed estensione delle unità morfologiche. In particolare, si può riportare quando è avvenuta l'ultima piena di forte intensità (ovvero con tempo di ritorno significativamente maggiore rispetto alle portate formative) e, quando nota, riportarne l'entità o il tempo di ritorno. È anche possibile segnalare il numero di eventi, tra due rilevamenti o durante l'ultimo anno idrologico, in cui la portata ha superato la portata formativa (cioè quella associata a un tempo di ritorno di 1.5 anni).

## Scheda 2: INFORMAZIONI GENERALI E SCHEMA MORFOLOGICO

### Informazioni generali

Operatore _____	Località _____	Lunghezza sottotratto (m) _____
Data _____	Altitudine tratto (m slm) _____	Estremità monte (x) _____
Corso d'acqua _____	Lunghezza tratto (m) _____	Estremità monte (y) _____

### Caratteristiche morfologiche generali

Larghezza pianura <input style="width: 40px;" type="text"/>	Grado confinamento <input style="width: 40px;" type="text"/>	Larghezza alveo di magra <input style="width: 40px;" type="text"/>
Larghezza corridoio fluviale <input style="width: 40px;" type="text"/>	Pendenza <input style="width: 40px;" type="text"/>	Profondità alveo di magra <input style="width: 40px;" type="text"/>
Larghezza alveo <input style="width: 40px;" type="text"/>	Uso suolo <input style="width: 40px;" type="text"/>	Guadabile/non guadabile <input style="width: 40px;" type="text"/>

#### **Configurazione del fondo**

Colluviale <input style="width: 40px;" type="text"/>
In roccia <input style="width: 40px;" type="text"/>
Alluvionale <input style="width: 40px;" type="text"/>
Semi-alluvionale <input style="width: 40px;" type="text"/>
Artificiale <input style="width: 40px;" type="text"/>

#### **Tipologia dell'alveo**

Canale singolo <input style="width: 40px;" type="text"/>
Rettilineo <input style="width: 40px;" type="text"/>
Sinuoso <input style="width: 40px;" type="text"/>
Meandriforme <input style="width: 40px;" type="text"/>
Transizionale <input style="width: 40px;" type="text"/>
Wandering <input style="width: 40px;" type="text"/>
Canali multipli <input style="width: 40px;" type="text"/>
Canali intrecciati <input style="width: 40px;" type="text"/>
Anabanching <input style="width: 40px;" type="text"/>

#### **Regime idrologico**

Permanente <input style="width: 40px;" type="text"/>
Intermittente <input style="width: 40px;" type="text"/>
Temporaneo <input style="width: 40px;" type="text"/>
Altro <input style="width: 40px;" type="text"/>

### Altre informazioni eventualmente disponibili

Q rilievo sul terreno <input style="width: 40px;" type="text"/>	Portate massime: Q <input style="width: 40px;" type="text"/>	N. eventi Q>1.5 <input style="width: 40px;" type="text"/>
Q rilievo da remoto <input style="width: 40px;" type="text"/>	Portate massime: anno <input style="width: 40px;" type="text"/>	

**Figura 6.4** - Dettaglio della prima parte della Scheda 2: Informazioni generali.

Nella seconda parte della Scheda 2 viene realizzato (sul terreno) uno schema morfologico planimetrico delle unità presenti nel sottotratto selezionato. Si rimanda alla sezione [“Schede da 4 a 6: Livello Base”](#) per la descrizione dettagliata del rilevamento delle unità.

### **6.1.3 Scheda 3: Livello Generale**

La prima parte della Scheda 3 riguarda le seguenti **informazioni sui dati remoti** usati per il telerilevamento:

- Data delle foto analizzate;
- Fonte/proprietà delle foto;
- Scala e/o risoluzione (m) delle foto;
- Scala alla quale sono mappate le macro-unità (ed eventualmente le unità);
- Scala di applicazione (tratto o sottotratto).

Nello spazio sottostante può essere inserita la foto del tratto o sottotratto, da poter utilizzare per il rilievo sul terreno.

La seconda parte della Scheda 3 riguarda il rilevamento delle macro-unità ([Figura 6.5](#)), ossia:

- (i) Macro-unità di Alveo: alveo (o canale) di magra o unità “sommese” (C/S), unità “emerse” (E), vegetazione in alveo (V);
- (ii) Macro-unità di Pianura Alluvionale: zona ripariale (F), zone acquatiche di pianura alluvionale (W), zone dominate da attività antropiche (H; incluso l’uso del suolo);
- (iii) Elementi artificiali (A).

A questo livello possono essere rilevate le seguenti informazioni:

- Presenza/assenza (P/A) delle macro-unità (livello minimo);
- Area di ciascuna macro-unità (m<sup>2</sup>);
- Percentuale di ciascuna macro-unità relativamente all’ambito spaziale di appartenenza (Alveo, Pianura Alluvionale) (%).

Macro-unità				
Ambito spaziale	Macro-unità	P/A	Area (mq)	%
Alveo	Alveo di magra o unità sommerse (C/S)			
	Unità emerse (E)			
	Vegetazione in alveo (V)			
Pianura Alluvionale	Zona ripariale (F)			
	Zone acquatiche di pianura alluvionale (W)			
	Zone dominate da attività antropiche (H)			
Tutti	Elementi artificiali (A)			

**Figura 6.5** - Dettaglio della seconda parte della Scheda 3: Livello Generale; rilevamento delle macro-unità.

Il rilevamento delle macro-unità è sempre richiesto per corsi d'acqua di grandi dimensioni (tutti gli ambiti) e per corsi d'acqua di piccole dimensioni parzialmente confinati o non confinati (solo per la Pianura Alluvionale). In questi casi la scala del rilevamento (tratto o sottotratto) può essere definita sulla base delle seguenti regole:

- Se si intende effettuare il solo rilevamento delle macro-unità per il livello Generale, esso viene applicato all'intero tratto;
- Se si pianifica anche il rilevamento delle unità (livello Base), la scelta della scala di rilevamento per le macro-unità è opzionale (tratto o sottotratto).

Nel caso di corsi d'acqua confinati di piccole dimensioni, il rilevamento delle macro-unità è sempre facoltativo, così come la scelta della scala di rilevamento (tratto o sottotratto). Infine, il rilevamento delle porzioni antropiche (H, incluso l'uso del suolo) e degli elementi artificiali (A) è sempre opzionale.

Si ricorda che il rilevamento e il calcolo dell'estensione areale delle macro-unità a livello Generale sono necessari per l'applicazione dei sub-indici *SUM* (si veda [Parte I, paragrafo 3.1](#)).

#### **6.1.4 Schede da 4 a 6: Livello Base**

Il rilevamento delle unità (e di alcune macro-unità) a livello Base viene di norma effettuato **sul terreno**. In alcuni casi, sulla base della disponibilità di dati telerilevati di risoluzione adeguata (immagini ad alta o altissima risoluzione), questo livello di analisi può essere effettuato da remoto. In tutti i casi è opportuno effettuare sempre una verifica sul terreno.

La prima colonna della scheda corrisponde al codice di identificazione della macro-unità di riferimento. Le informazioni raccolte, per questo livello, sono le seguenti ([Figura 6.6](#)):

- Presenza/assenza di tipi di macro-unità (solo per i canali di magra) e di unità (P/A);
- Numero (N o codice): si consiglia di indicare il codice identificativo dell'unità seguito dal numero progressivo, al fine di poter associare ciascuna unità allo schema morfologico riportato sulla Scheda 2 o alla cartografia ottenuta da remoto (ad es.,: nel caso di tre rapide = CR1, CR2, CR3);
- Lunghezza della macro-unità o unità (misura sul terreno) o area (misura su immagine da remoto).
- Numero o riferimento fotografico di immagini scattate sul terreno, per ciascuna unità (opzionale).

Scheda 4: LIVELLO BASE													
Unità di Alveo													
Tipo di macro-unità	P/A	N (o codice)	L/A										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Canale principale (C)													
		Riferimento foto											
Canale secondario (in alveo) (S)													
		Riferimento foto											
Macro-unità	Tipo di unità	P/A	N (o codice)	L/A									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	Pothole (CH)												
			Riferimento foto										
	Cascade (CC)												
			Riferimento foto										
	Rapid (CR)												
			Riferimento foto										

Figura 6.6 - Dettaglio della Scheda 4: Livello Base; rilevamento delle unità (e alcune macro-unità) di Alveo.

Per motivi di spazio, nelle schede del livello Base (così come per il livello Dettaglio) si possono inserire informazioni al massimo per un certo numero di unità di uno stesso tipo: nel caso di un numero maggiore, occorre utilizzare una nuova scheda.

In fondo alla scheda 5 è possibile riportare i totali dei tipi di unità e del numero di unità per il calcolo degli indici *SUM* (indice di ricchezza relativa *ISUM-R* e indice di densità *ISUM-D*) e relativi sub-indici (Figura 6.7).

<b>Indici SUM</b>			
$\Sigma NT_{UM}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-R</b>	<input type="text"/> $\Sigma NT_{UM} / n$
$\Sigma N_{UM}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-D</b>	<input type="text"/> $\Sigma N_{UM} / L$
			$NT_{UM}$ = numero totale di tipi di unità e macro-unità (P/A); $n = 35$
			$N_{UM}$ = numero totale di unità morfologiche (N o codice); L = lunghezza tratto (km)
<b>Sub-indici SUM</b>			
$\Sigma NT_{UMA}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-R<sub>A</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma NT_{UMA} / n$
$\Sigma NT_{UMP}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-R<sub>P</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma NT_{UMP} / n$
$\Sigma N_{UMA}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-D<sub>A</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma N_{UMA} / L$
$\Sigma N_{UMP}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-D<sub>P</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma N_{UMP} / L$
$\Sigma N_{UMC}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-D<sub>C</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma N_{UMC} / A_C$
$\Sigma N_{UME}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-D<sub>E</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma N_{UME} / A_E$
$\Sigma N_{UMV}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-D<sub>V</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma N_{UMV} / A_V$
$\Sigma N_{UMF}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-D<sub>F</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma N_{UMF} / A_F$
$\Sigma N_{UMW}$	<input type="text"/>	<b>ISUM-D<sub>W</sub></b>	<input type="text"/> $\Sigma N_{UMW} / A_W$
			$A_{(C,E,V,F,W)}$ = area della rispettiva macro-unità (Km <sup>2</sup> )

Figura 6.7 - Dettaglio della Scheda 5: Livello Base; parte relativa al calcolo degli indici *SUM*.

Di seguito si riportano alcune raccomandazioni su come svolgere il rilievo sul terreno del livello Base:

- (i) Procedere da monte a valle e possibilmente per ambiti spaziali (soprattutto per corsi d'acqua di grandi dimensioni);
- (ii) Sulla base dell'obiettivo di indagine, si consiglia:
  - un operatore, se si pianifica il rilevamento della sola presenza/assenza e numero delle unità;
  - almeno due operatori, se si pianifica il rilevamento anche delle dimensioni (lunghezza e/o area) delle unità.

Si ricorda che il rilevamento delle unità a livello Base è sempre richiesto per corsi d'acqua a canale singolo e per corsi d'acqua di piccole dimensioni, mentre è opzionale per corsi d'acqua a canali multipli e transizionali. È invece sempre richiesto ai fini dell'applicazione degli indici *SUM* e relativi sub-indici (presenza/assenza e numero delle unità) (si veda [Parte I, paragrafo 3.1](#)).

---

### 6.1.5 Schede da 7 a 15: Livello Dettaglio (macro-unità ed unità)

La **caratterizzazione di dettaglio** delle unità e di alcune macro-unità è effettuata necessariamente **sul terreno**. Alcune caratteristiche possono tuttavia essere rilevate da remoto, nel caso in cui si disponga di immagini ad altissima risoluzione.

A questo livello, il *SUM* è finalizzato ad effettuare osservazioni sulle caratteristiche morfologiche, idrauliche e sedimentarie dominanti nonché sui meccanismi formativi delle varie unità. In particolare, vengono fatte le seguenti osservazioni (*Figura 6.8*):

- Presenza/assenza di un “sotto-tipo”, il quale riflette l’interpretazione di:
  - i. Meccanismi formativi dell’unità stessa;
  - ii. Stadio di evoluzione di una determinata forma (ad esempio “incipiente” o “matura”);
- Tipo di sedimento dominante ed eventuale alterazione del substrato: Roccia (Roc), Massi (Mas), Ciottoli (Cio), Ghiaia (Ghi), Sabbia (Sab), Limo (Lim), Argilla (Arg), *Clogging* (Clo), Corazzamento (Cor), Artificiale (Art).
- Condizioni idrauliche dominanti, che informano sulla connettività idraulica tra le unità, rispetto all’alveo di magra, in termini di:
  - i. Tre classi di velocità, per le unità di canale: Alta (Alt), Media (Med), Bassa (Bas);
  - ii. Tre classi di frequenza di sommersione rispetto alla portata ad alveo pieno, per le unità di alveo emerse (escluse le sponde): Sotto il livello ad alveo pieno (<AP), Livello ad alveo pieno (AP), Sopra il livello ad alveo pieno (>AP);
  - iii. Due classi di profondità, per le unità di vegetazione acquatica: <1 m, > 1 m;
  - iv. Due classi in termini di posizione topografica per le unità di pianura alluvionale: Piana inondabile (Pia), Terrazzo recente (Ter);
  - v. Per le sponde, la frequenza di relativa sommersione è determinata indirettamente sulla base della superficie che la sponda mette in connessione con l’alveo, distinguendo tra:
    - Sponda di Piana inondabile (Pia), ovvero che connette le unità di alveo con la piana inondabile;
    - Sponda di Terrazzo recente (Ter), ovvero che connette le unità di alveo con un terrazzo recente.
- Presenza e caratterizzazione della vegetazione in termini di:
  - i. Struttura spaziale: Assente (Ass), Sparsa (Spa), a Gruppi (Gru), Densa (Den);
  - ii. Struttura verticale: Alberi (Alb), Arbusti (Arb), Erba (Erb); per le unità sommerse: presenza di Alghe o vegetazione flottante (Alg), di piante acquatiche ancorate al fondo a foglie Flottanti (Flo), Sommerse (Som), Emergenti (Eme);
  - iii. Specie dominante o tipo di vegetazione (Specie);
  - iv. Presenza di materiale legnoso non di grandi dimensioni (Leg);
  - v. Presenza di Radici (per le sponde e le *benches*) (Rad).
- In termini di processi:
  - i. Processi formativi per le isole: isole di piana inondabile (*dissection islands*, *sensu* Gurnel et al. 2001) (Dis), isole d’alveo (*mid-channel islands*, *sensu* Gurnel et al. 2001) (Mid);
  - ii. Processo attivo (o dominante) per le unità di alveo di tipo *bench*: Incisione (Inc), Restringimento (Res);
  - iii. Stato di stabilità/instabilità delle sponde: in Arretramento (Arr), Stabile (Sta), in Avanzamento (Ava).
- Alcune caratteristiche dimensionali significative:
  - i. Larghezza media (m) relativa alla maggior parte delle unità (Lar);
  - ii. Dimensione media (m) (Dim) e Numero (Num) (tre classi: <5, >5, >10), per gli elementi componenti le unità di materiale legnoso grossolano (VJ);
  - iii. Altezza media (m) (Alt), per le unità di vegetazione acquatica (VA) e per le unità di alveo di tipo *bench*;
  - iv. Lunghezza (m) (Lun), Altezza (m) (Alt) e Pendenza (%) (Pen) medie per le sponde.
- Numero o riferimento fotografico di immagini scattate sul terreno.
- Ulteriori informazioni ritenute rilevanti, come per esempio la determinazione del diametro mediano dei sedimenti ( $D_{50}$ ), il tipo di flusso (*flow type*) dominante al momento del rilievo sul terreno, la presenza di muschio o peryphyton sul substrato minerale, la temperatura dell’acqua.

Scheda 9: LIVELLO DETTAGLIO - Alveo																					
(b) Unità emerse																					
Unità	Sotto-tipo	Codice	Caratteristiche del sedimento										Condizioni idrauliche			Caratteristiche della vegetazione					
			Roc	Mas	Cio	Ghi	Sab	Lim	Arg	Clo	Cor	Art	<AP	AP	>AP	Ass	Spa	Gru	Den	Alb	Arb
EA																					
	Laterale (s.s.) (side bar)																				
	Di meandro																				
	Concava																				
	Di confluenza																				

Figura 6.8 - Dettaglio della Scheda 9: Livello Dettaglio; rilevamento delle unità di alveo emerse.

Per le sponde si possono eventualmente raccogliere altri tipi di informazione, quali (Figura 6.9):

- Morfologia (in termini di geometria): Sub-verticale (Ver), Verticale scalzata alla base (Sca), Planare (Pla), Con deposito alla base (Dep), Profilo convesso (Cov), Profilo concavo (Coc), Complessa (Com).
- Tipo di materiale: Non coesivo (NoC), Coesivo (Coe), Composito (Com), Multi-strato (Str).

La caratterizzazione di una sponda è di norma mediata per tutto il profilo e la lunghezza della sponda stessa: nel caso in cui è di interesse effettuare una caratterizzazione molto dettagliata, la sponda può essere suddivisa in porzioni di lunghezza inferiore.

Unità	Codice	Morfologia della sponda							Materiale/composizione				Stato della sponda			Misure			Foto	Altro	
		Ver	Sca	Pla	Dep	Cov	Coc	Com	NoC	Coe	Com	Str	Arr	Sta	Ava	Lun	Alt	Pen			
EK																					

Figura 6.9 - Dettaglio della Scheda 13: Livello Dettaglio; rilevamento delle unità di alveo (sponde).

In alcuni casi, anche alcuni tipi di macro-unità possono eventualmente venire caratterizzati ulteriormente a livello Dettaglio, attraverso analisi da remoto e/o per mezzo di rilievi sul terreno, come:

- Definizione di sotto-tipi di macro-unità di canale secondario in alveo, sulla base della loro dimensione e connessione al canale principale (da remoto e validazione sul terreno).
- Caratterizzazione dei tipi e sotto-tipi di macro-unità sulla base di:
  - Tipo di sedimento dominante (come per le unità);
  - Tre classi di condizioni idrauliche, in termini di frequenza di connessione al canale principale: sotto il livello ad alveo pieno (<AP), livello ad alveo pieno (AP), sopra il livello ad alveo pieno (>AP);
  - Caratteristiche della vegetazione, se presente (come per le unità);
  - Altre informazioni aggiuntive, ad esempio, temperatura dell'acqua o conduttività, utili per determinare la connessione con la falda.

Si ricorda che la caratterizzazione delle unità a livello Dettaglio è sempre opzionale per tutti i tipi di corsi d'acqua. Tuttavia, la mappatura delle unità (e sub-unità) è sempre richiesta per l'analisi della variazione spazio-temporale degli habitat disponibili (si veda [Parte I, paragrafo 2.4.5](#)).

### 6.1.6 Scheda 16: Livello Dettaglio (sub-unità)

Il livello Dettaglio può permettere, se necessario, la **classificazione e caratterizzazione delle sub-unità**. Una volta identificate (si veda in seguito per una lista di esempi di sub-unità), la caratterizzazione delle sub-unità può includere (Figura 6.10):

- Indicazione della macro-unità e dell'unità di riferimento (codice identificativo e numero progressivo), ovvero sulle quali la sub-unità si trova.
- Nome della sub-unità.
- Numero di sub-unità: esso può essere totale, ovvero la somma di tutte le sub-unità di uno stesso tipo, o progressivo, nel caso in cui l'obiettivo sia quello di identificare e caratterizzare ciascuna sub-unità per ogni tipo.
- Tipo di substrato (come per le unità).
- Caratterizzazione della vegetazione presente, in termini di (a seconda dell'ambito spaziale):
  - i. Struttura spaziale;
  - ii. Presenza di altri tipi di strutture verticali secondarie (alberi, arbusti, erbe);
  - iii. Presenza di altri tipi di vegetazione acquatica secondari (alghe, flottanti, sommersa, emersa);
  - iv. Specie o tipo di vegetazione dominante;
  - v. Presenza di materiale legnoso;
  - vi. Presenza di radici (solo per le sponde).
- Alcune caratteristiche dimensionali significative, come la lunghezza (m), la larghezza (m), l'altezza (m), l'area (m<sup>2</sup>).
- Altre informazioni aggiuntive ritenute rilevanti per la caratterizzazione delle sub-unità.

Scheda 16: LIVELLO DETTAGLIO - SUB-UNITA'																						
Macro-unità	Unità	Tipo/nome sub-unità	Num	Caratteristiche del sedimento										Caratteristiche della vegetazione								
				Roc	Mas	Cio	Ghi	Sab	Lim	Arg	Clo	Cor	Art	Ass	Spa	Den	Alb	Arb	Erb	Alg	Flo	Som

**Figura 6.10** - Dettaglio della Scheda 16: Livello Dettaglio per le sub-unità.

Si ricorda che la caratterizzazione delle sub-unità a livello Dettaglio è sempre opzionale per tutti i tipi di corsi d'acqua. Tuttavia, la mappatura delle sub-unità (e unità) è sempre richiesta per l'analisi della variazione spazio-temporale degli habitat disponibili (si veda [Parte I, paragrafo 2.4.5](#)).

**Tabella 6.1** - Elenco delle caratteristiche rilevate per il livello di dettaglio maggiore (Dettaglio) per ogni unità spaziale e ambito.

	ALVEO		PIANURA ALLUVIONALE
	<i>Sommerse</i>	<i>Emerse e Vegetazione</i>	<i>(Uso del suolo escluso)</i>
<b>MACRO-UNITÀ</b>	Sotto-tipo		
	Caratteristiche del sedimento		
	Condizioni idrauliche		
	Caratteristiche della vegetazione		
	Misure		
	Foto		
	Altro (ad es., temperatura)		
<b>UNITÀ</b>	Sotto-tipo	Sotto-tipo	Sotto-tipo
	Caratteristiche del sedimento	Caratteristiche del sedimento	Caratteristiche del sedimento
	Condizioni idrauliche	Condizioni idrauliche	Condizioni idrauliche
	Caratteristiche della vegetazione	Caratteristiche della vegetazione	Caratteristiche della vegetazione
		Processi genetici/Stato (isole, sponde, <i>bench</i> )	
		Morfologia sponda (geometria)	
		Materiale sponda (composizione)	
	Misure	Misure	Misure
	Foto	Foto	Foto
	Altro (ad es., D50)	Altro (ad es., D50)	Altro
<b>SUB-UNITÀ</b>	Macro-unità (codice)	Macro-unità (codice)	Macro-unità (codice)
	Unità (codice)	Unità (codice)	Unità (codice)
	Tipo/Nome	Tipo/Nome	Tipo/Nome
	Numero	Numero	Numero
	Caratteristiche del sedimento	Caratteristiche del sedimento	Caratteristiche del sedimento
	Caratteristiche della vegetazione	Caratteristiche della vegetazione	Caratteristiche della vegetazione
	Misure	Misure	Misure
	Foto	Foto	Foto
	Altro	Altro	Altro

---

## 7. GUIDA ILLUSTRATA ALLA CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE

Nel seguito vengono elencate e descritte le unità morfologiche (e relative macro-unità e sotto-tipi, oltre che a qualche esempio di sub-unità) identificabili in ambiente fluviale, organizzate secondo l'ambito spaziale di appartenenza. Si noti che per diverse unità viene utilizzato il nome originale in lingua inglese, considerata l'assenza di un corrispettivo termine in italiano ritenuto adeguato. In [Appendice 2](#) è riportata una lista esaustiva di tutte le unità descritte.

### 7.1.1 Unità di Alveo

L'alveo è inteso come l'insieme dei canali, delle barre, delle isole e altra vegetazione eventualmente presente (viene talora indicato anche con i termini "alveo pieno" o di "piene rive" o *bankfull channel* in letteratura anglosassone) ([Surian et al., 2009a](#)). Le Unità di Alveo si identificano con tutte le unità morfologiche comprese all'interno dell'alveo così definito. Esse si raggruppano quindi in tre macro-unità: (1) alveo di magra o unità "sommerse"; (2) unità "emerse"; (3) vegetazione in alveo.

#### **MACRO-UNITÀ: ALVEO DI MAGRA O UNITÀ "SOMMERSE"**

Questa macro-unità comprende tutte le unità morfologiche che fanno parte dell'alveo di magra (canale o canali).

In teoria tutte le superfici interne all'alveo possono venire sommerse con diverse frequenze di inondazione, in funzione dell'evento idrologico. Per ragioni pratiche, per il livello di analisi di minor dettaglio (Generale), si considerano come macro-unità di alveo di magra tutte le porzioni all'interno dell'alveo che sono sommerse al momento dell'osservazione (che non dovrebbe essere comunque mai realizzata in condizioni idrometriche di morbida o piena). Si includono in questa categoria anche le barre sommerse che sono considerate parte dell'alveo di magra senza venire ulteriormente classificate o caratterizzate. I canali intermittenti o temporanei che non sono sommersi al momento dell'osservazione, devono essere considerati come unità "emerse" (si veda la definizione di *canale emerso*).

Nei corsi d'acqua perenni, l'alveo di magra è in genere supportato dalla falda acquifera anche durante i periodi di magra più accentuata. Tuttavia in condizioni idrologiche (lunghi periodi con assenza di precipitazioni) o idrogeologiche particolari (per esempio la zona pedemontana alpina), anche i corsi d'acqua a regime idrologico perenne possono essere asciutti in determinati periodi dell'anno (ad es., fine estate).

Al livello di caratterizzazione Base, si possono eventualmente distinguere due tipi di alveo di magra: (1) canale di magra o canale principale; (2) canale/i secondario/i in alveo. A livello Dettaglio, si possono ulteriormente distinguere vari sotto-tipi di canale secondario in alveo (si veda in seguito).

*Codice identificativo* della macro-unità: C o S (secondo il tipo, si veda in seguito).

### Tipi di macro-unità di alveo di magra

#### Canale di magra o canale principale (*base-flow* o *low-water flow* o *main channel*)

Codice identificativo: C

Riferimenti: [Rinaldi \(2008\)](#)

#### Definizione

Nei corsi d'acqua a canale singolo perenni, esso corrisponde al solo canale esistente interessato da flusso d'acqua e viene indicato con il termine di *canale di magra*. Nel caso di assenza o scarsa presenza di barre, può occupare la maggior parte dell'alveo.

Nei corsi d'acqua a morfologia a canali multipli, esso si identifica con il *canale principale*, ovvero il canale nel quale scorre la maggior parte dell'acqua. Nel caso in cui un canale principale non fosse distinguibile, si possono indicare più canali di magra.

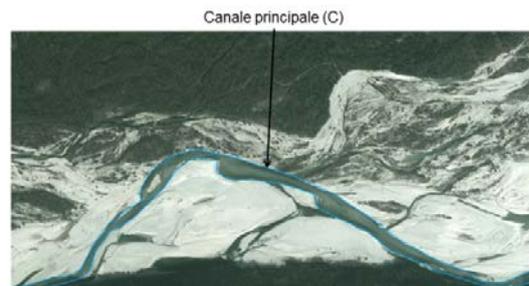
Termini equivalenti: alveo di magra, canale o ramo principale (nei corsi d'acqua a canali multipli)

Caratteristiche distintive: nei corsi d'acqua transizionali e a canali multipli, il canale principale (C) può essere facilmente individuato da telerilevamento (se si dispone di immagini a risoluzione adeguata), dato che è in genere più largo e più profondo rispetto agli altri canali.

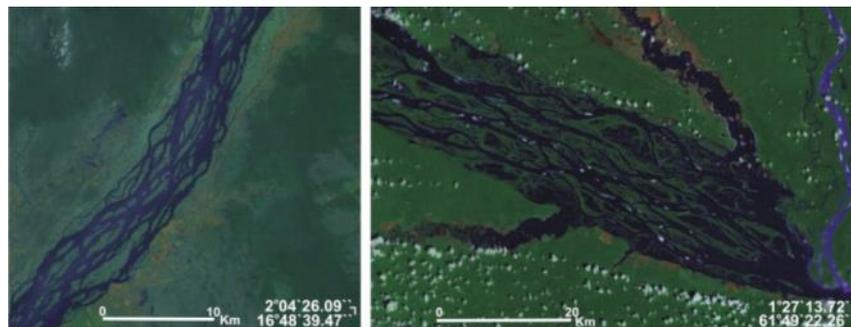
(a)



(b)



(c)



Tipo di macro-unità “canale di magra” o “canale principale” in (a) corsi d'acqua a canale singolo, (b) corsi d'acqua a canali multipli e (c) corsi d'acqua *anabranching* (anastomizzati) (si riconoscono diversi canali di magra).

## Canale secondario (in alveo) (*secondary channel*)

Codice identificativo: S

Riferimenti: [Arscott et al. \(2000, 2002\)](#); [Tockner & Malard \(2003\)](#); [Van der Nat et al. \(2003\)](#); [Ashmore \(2013\)](#); [Belletti et al. \(2013\)](#)

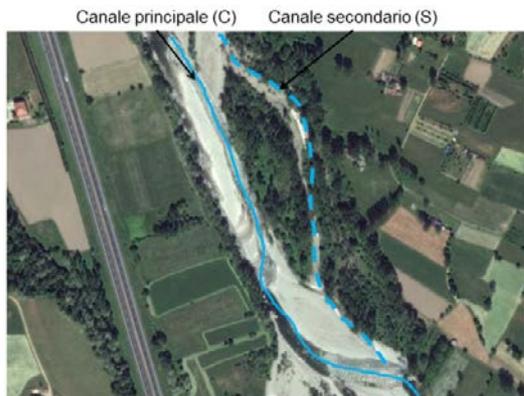
### Definizione

I canali di magra in alveo sono definiti “secondari” quando la loro dimensione (e flusso corrispondente) è significativamente inferiore rispetto al canale principale. Essi possono trovarsi in corsi d’acqua a canale singolo, transizionali, o a canali multipli.

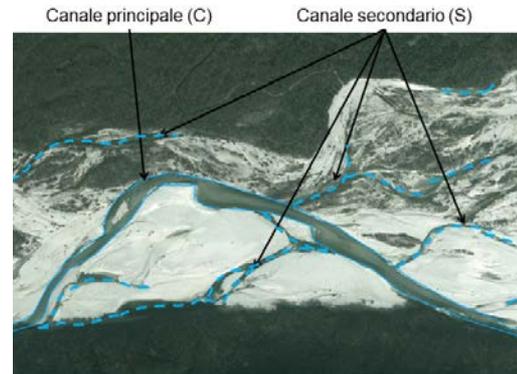
Termini equivalenti: canale o ramo secondario, *side channel*

Caratteristiche distintive: rispetto al canale principale, i canali secondari sono meno larghi e meno profondi, poiché sono interessati da una portata inferiore.

(a)



(b)

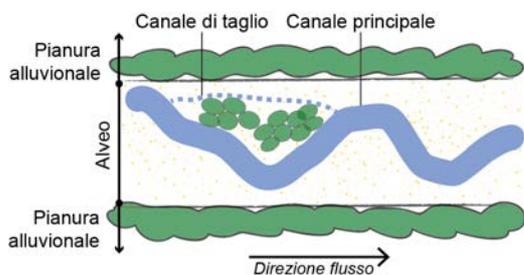


Tipo di macro-unità “canale secondario in alveo” in (a) corso d’acqua a canale singolo e (b) corso d’acqua a canali multipli.

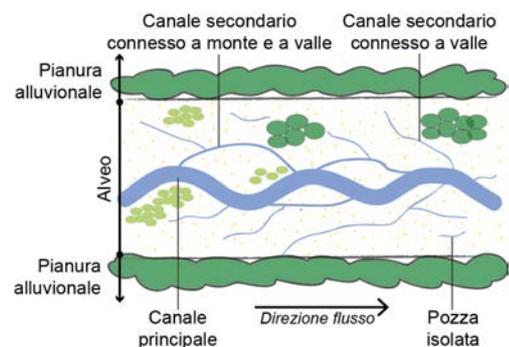
### Sotto-tipi di macro-unità

Riferimenti: [Arscott et al. \(2000, 2002\)](#); [Tockner & Malard \(2003\)](#); [Van der Nat et al. \(2003\)](#); [Bertoldi et al. \(2009\)](#); [Ashmore \(2013\)](#); [Belletti et al. \(2013\)](#); [Welber et al. \(2012\)](#).

(a)



(b)



Sotto-tipi di macro-unità “canale secondario in alveo” (S) in (a) corsi d’acqua a canale singolo e (b) corsi d’acqua transizionali e a canali multipli (modificato [Belletti et al. \(2013\)](#) e [Belletti \(2012\)](#)).

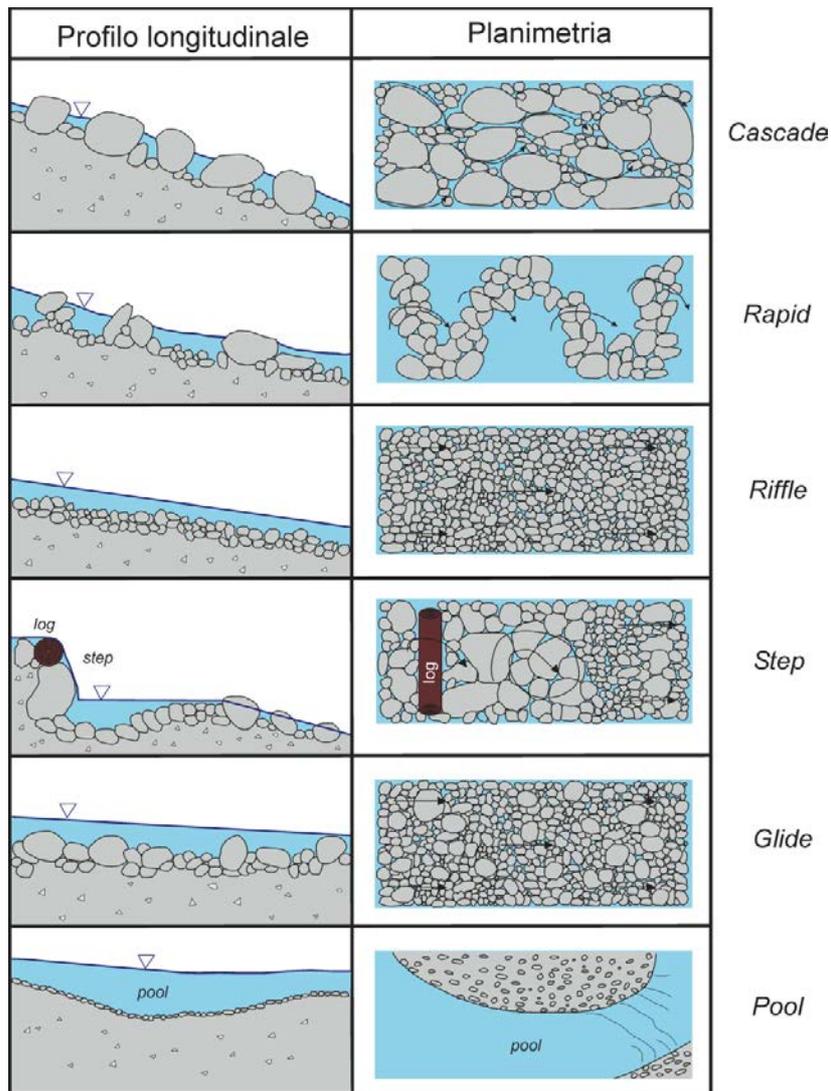
<p><b>Canale di taglio (<i>chute cut-off channel</i>)</b></p>
<p><i>Definizione</i></p> <p>Nel caso di corsi d'acqua a canale singolo o transizionali, il canale di taglio è un canale secondario situato sul lato interno di una barra laterale o di meandro e generato da <i>chute cut-off</i>, ovvero un taglio della barra stessa da parte del flusso d'acqua.</p> <p><i>Termini equivalenti:</i> canale o ramo laterale</p>
<p><b>Canale secondario connesso a monte e a valle (<i>two-way connected channel</i>)</b></p>
<p><i>Definizione</i></p> <p>Nei corsi d'acqua a canali multipli o transizionali, si possono riconoscere canali secondari connessi sia a monte che a valle con il canale principale. Essi sono generalmente più stretti e meno profondi rispetto al canale principale. Alcuni autori riconoscono vari ordini di questo tipo di canali secondari, a seconda che siano in connessione con il canale principale o con altri canali secondari (primario, secondario, terziario).</p> <p><i>Termini equivalenti:</i> <i>upstream-to-downstream channel, surface-connected channel, side braid/channel</i></p>
<p><b>Canale secondario connesso a monte o a valle (<i>one-way connected channel</i>)</b></p>
<p><i>Definizione</i></p> <p>Nei corsi d'acqua a canali multipli o transizionali, si possono riconoscere canali secondari connessi con il canale principale unicamente a valle o, in alcuni casi, unicamente a monte (<i>mixed channels</i>: <a href="#">Tockner &amp; Malard, 2003</a>; <a href="#">Belletti et al., 2013</a>). I canali connessi a valle sono alimentati dalla falda acquifera, mentre per quelli connessi a monte il flusso superficiale si infiltra nella falda. Questi ultimi sono più frequenti in sistemi alpini e glaciali dominati da regimi idrologici estremamente variabili (ovvero dipendenti dallo scioglimento della neve e dei ghiacciai) e con fondo caratterizzato da sedimento grossolano. Alcuni autori riconoscono vari ordini di questo tipo di canali secondari, a seconda che siano in connessione con il canale principale o con altri canali secondari (primario, secondario, terziario) (ad es., <a href="#">Arscott et al., 2000</a>).</p> <p><i>Termini equivalenti:</i> <i>upstream-connected channel, groundwater-fed channel, backwater, mixed channel</i></p>
<p><b>Pozza isolata (<i>pond</i>)</b></p>
<p><i>Definizione</i></p> <p>Una pozza isolata è un'unità morfologica che si trova più comunemente in corsi d'acqua a canali multipli; essa consiste in una porzione di canale secondario in alveo completamente disconnessa dal resto della rete di canali di magra.</p> <p><i>Termini equivalenti:</i> <i>pond, pound, isolated pool, isolated standing water</i></p>

### Unità di canale

All'interno di ogni canale si possono distinguere una serie di unità morfologiche riferibili alla **configurazione del fondo**, che vengono di seguito indicate come “unità di canale”.

In corsi d'acqua a canale singolo, la scala spaziale (longitudinale) di queste unità è dello stesso ordine di grandezza della larghezza dell'alveo, mentre in corsi d'acqua di più grandi dimensioni a morfologia transizionale (*wandering*) o a canali intrecciati, essa è dell'ordine di grandezza della larghezza del canale di magra.

Le principali unità di canale degli alvei alluvionali sono raffigurate in [Figura 7.1](#), le quali possono essere di natura erosiva (ad es., *pool*), deposizionali (ad es., *step*) o miste (ad es., *cascade*). Gli alvei in roccia sono caratterizzati inoltre da altre unità erosive specifiche (ad es., marmitte). In ecoidraulica generalmente ci si riferisce alle “unità di canale” con il termine “unità idromorfologiche” (HMU, *hydromorphological units*; [Veza et al., 2014b](#)).



**Figura 7.1** - Principali unità di canale in alvei alluvionali a pendenza elevata (modificato da [Halwas & Church, 2002](#)).

## **Pothole (“marmitta”)**

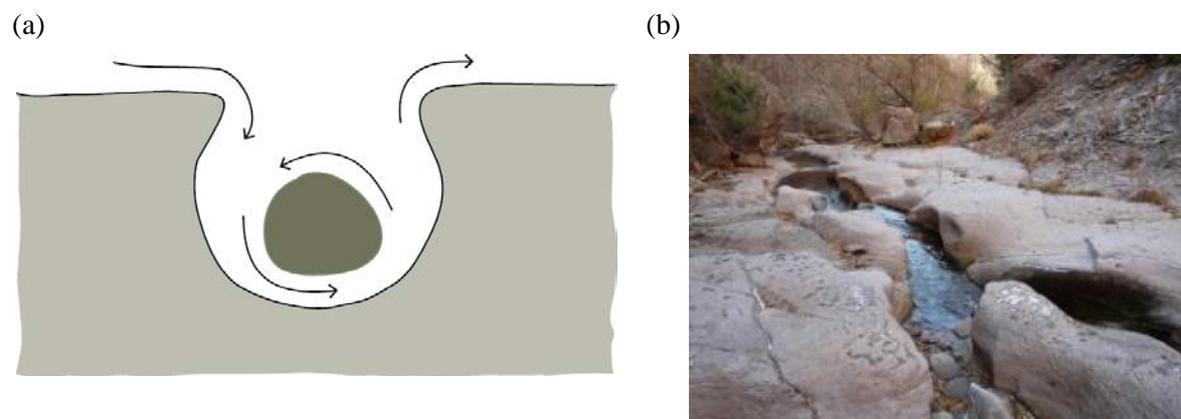
Codice identificativo: CH

Riferimenti: [Brierley & Fryirs \(2005\)](#); [Fryirs & Brierley \(2013\)](#)

### *Definizione*

Unità d’erosione tipica di alvei in roccia. Si tratta di unità spesso alquanto incise, di forma circolare, scavate nella roccia in zone, dove vi è una concentrazione di flusso a elevata energia. Le *pothole* sono scolpite nella roccia attraverso processi di cavitazione e abrasione indotti dal materiale trasportato, il quale si ritrova intrappolato nella cavità stessa. Sono unità comunemente associate a livelli litologici meno resistenti o alla presenza di discontinuità strutturali.

*Caratteristiche distintive:* a differenza delle *pool (plunge pool)*, le *pothole* non sono localizzate a valle di un’unità a “gradino”.



Unità di canale: *pothole* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

## Cascade (“rapida a gradino”)

Codice identificativo: CC

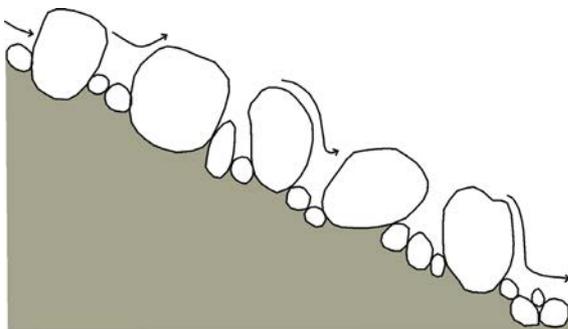
Riferimenti: [Halwas & Church \(2002\)](#); [Montgomery & Buffington \(1997\)](#); [Buffington & Montgomery \(2013\)](#); “rapida a gradino”: [Lenzi et al. \(2000\)](#)

### Definizione

Unità alluvionali o semi-alluvionali costituite principalmente da massi e/o ciottoli di grandi dimensioni. I sedimenti non sono organizzati in linee (*ribs*) laterali né longitudinali e sono trasportati solo da piene intense e poco frequenti. Le piccole zone di pozza situate tra i massi sono poco profonde e con flusso molto turbolento, e presentano dimensioni inferiori rispetto alla larghezza dell'alveo (sono definite *pocket pool*, e non sono definibili come unità vere e proprie ma piuttosto come sub-unità). Per tutti i livelli idrometrici si ha una diffusa presenza di risalti idraulici che dominano la dissipazione dell'energia della corrente (*spill resistance*), derivante dalla turbolenza di scia indotta dagli elementi più grandi. Queste unità sono tipiche di alvei confinati a forte pendenza ( $S > 7\%$ ).

*Caratteristiche distintive:* rispetto alle unità *step*, anch'esse determinanti getti e successivi risalti idraulici almeno fino a livelli di piena ordinaria, l'organizzazione dei clasti nelle *cascade* è più caotica e con spiccata asimmetria lungo la sezione trasversale. Rispetto alle unità *rapid*, le *cascade* sono caratterizzate da risalti idraulici (e quindi elevata turbolenza e aerazione del flusso) anche per portate ad alveo pieno. I clasti sono inoltre meno organizzati spazialmente nelle *cascade* rispetto alle *rapid*.

(a)



(b)



Unità di canale: *cascade* (a, b). In (a) schema modificato da [Halwas & Church \(2002\)](#).

## Rapid (“rapida a scivolo”)

Codice identificativo: CR

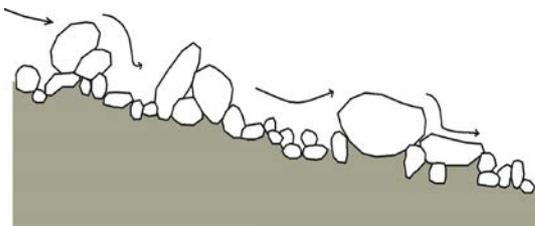
Riferimenti: [Grant et al. \(1990\)](#); [Halwas & Church \(2002\)](#); “rapida a scivolo”: [Lenzi et al. \(2000\)](#)

### Definizione

Unità di alvei alluvionali caratterizzate da massi e ciottoli di grandi dimensioni parzialmente organizzati in linee irregolari orientate perpendicolarmente od obliquamente all’alveo, lunghe circa quanto la larghezza dell’alveo (*transverse rib*, si vedano le sub-unità). Gli elementi di dimensione maggiore sono visibili solamente in condizioni di portata medio-bassa, e risultano sommersi in condizioni di portata a piene rive. Le aree apparentemente simili a pozze visibili in condizioni di magra sono poco profonde e scarsamente sviluppate, pertanto non sono classificabili come unità morfologiche distinte.

*Caratteristiche distintive:* rispetto alle unità *cascade* e alle unità *step*, nelle rapide i clasti di maggiori dimensioni sono sommersi in condizioni di portata a piene rive e pertanto vi è presenza di risalti idraulici ben formati (e quindi di *spill resistance*) solo per portate medio-basse. Rispetto alle unità *riffle*, le rapide sono caratterizzate da sedimento più grossolano, che in alcuni casi forma delle linee trasversali o oblique (*transverse rib*). Inoltre, il flusso è più turbolento e caratterizzato da occasionali risalti idraulici e onde stazionarie frangenti (*broken standing waves*), soprattutto in condizioni di basse portate, che producono un flusso localmente molto aerato.

(a)



(b)



Unità di canale: *rapid* (a, b). In (a) schema modificato da [Halwas & Church \(2002\)](#).

## Riffle (“raschio”)

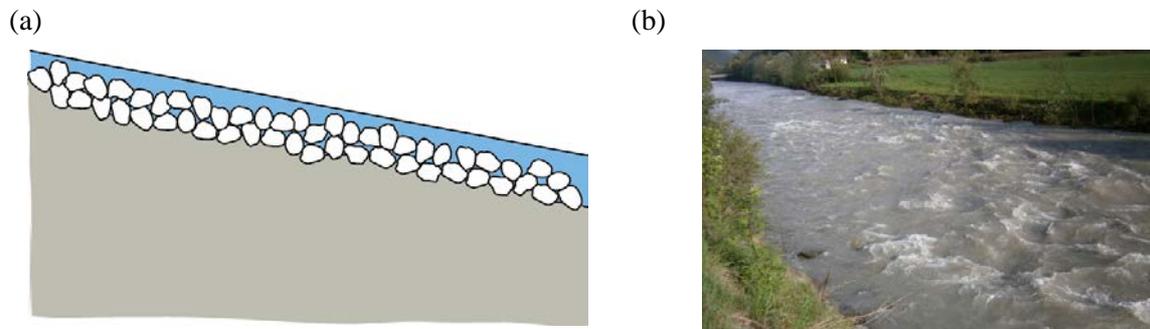
Codice identificativo: CF

Riferimenti: [Grant et al. \(1990\)](#); [Church \(1992\)](#); [Wood-Smith & Buffington \(1996\)](#); [Knighton \(1998\)](#)

### Definizione

Unità caratterizzate da flusso meno profondo e più veloce rispetto a unità contigue, composte da sedimento relativamente uniforme (ghiaia e piccoli ciottoli) che raramente emergono dall’acqua. Le differenze di profondità e velocità tra i *riffle* e le unità adiacenti (tipicamente *pool* e *glide*) diminuiscono con l’aumentare delle portate. I *riffle* si formano nei punti di inflessione tra le sponde in corsi d’acqua alluvionali di tipo sinuoso, dove l’alveo è dominato da una sequenza di barre alternate.

*Caratteristiche distintive:* rispetto alle *rapid*, le unità *riffle* sono caratterizzate da flusso meno turbolento e aerato e presentano onde stazionarie prevalentemente non frangenti (*unbroken standing waves*). Rispetto alle *glide*, i *riffle* sono caratterizzati da pendenze locali maggiori, che inducono un’accelerazione del flusso lungo l’unità producendo quindi un flusso di superficie increspato, spesso con onde stazionarie prevalentemente non frangenti (le onde diventano frangenti in *riffle* a pendenza e/o granulometria maggiore).



Unità di canale: *riffle* (a, b). In (a) schema modificato da [Halwas & Church \(2002\)](#) e da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

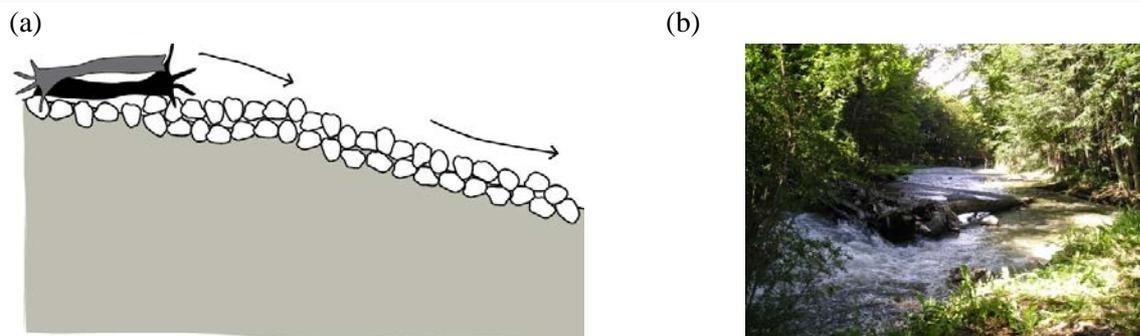
### Sotto-tipi

Riferimenti: [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

## Riffle imposto (*constriction o forced riffle*)

### Definizione

Si tratta di unità associate a un innalzamento locale della quota del fondo, derivanti da affioramenti rocciosi locali, accumuli di sedimento grossolano o di materiale legnoso. Si formano in genere in corrispondenza delle sezioni più ampie in corsi d’acqua confinati a fondo roccioso ([Brierley & Fryirs, 2005](#)).



Unità di canale: *riffle imposto* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

## Step (“gradino”)

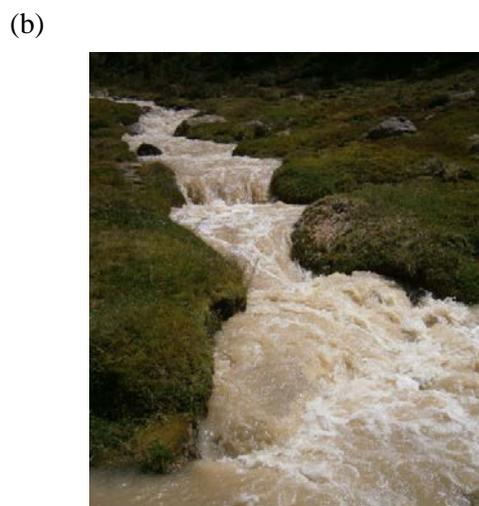
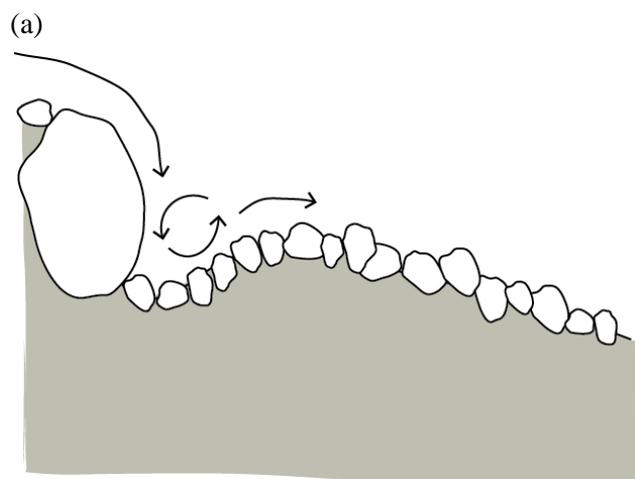
Codice identificativo: CT

Riferimenti: [Chin \(2003\)](#); [Halwas & Church \(2002\)](#); [Church \(1992\)](#); [Comiti & Mao \(2012\)](#)

### Definizione

Sono unità sono tipiche dei corsi d’acqua ad elevata pendenza alluvionali, semi-alluvionali ed in roccia. Si tratta di salti (gradini) verticali o fortemente inclinati che occupano l’intera larghezza dell’alveo, formati da diversi tipi di materiale (roccia, sedimento, legno, o loro combinazione). Tali gradini sono approssimativamente più alti rispetto alla profondità del flusso in condizioni di piene rive valutata in corrispondenza del gradino stesso, ovvero non vengono sommersi almeno fino ad eventi di piena ordinaria ([Comiti & Mao, 2012](#)). Gli *step* determinano accelerazione e convergenza del flusso, che comportano limitate fluttuazioni turbolente ed un pelo libero piuttosto regolare ([Wilcox et al., 2011](#)). Come già menzionato, gli *step* possono essere formati, oltre che da sedimento trasportato dalla corrente, da materiale legnoso (*log step*) od essere scavati nella roccia (*rock step*) (si vedano i sotto-tipi).

*Caratteristiche distintive:* rispetto ai salti presenti anche nelle *cascade*, gli *step* occupano uniformemente l’intera sezione dell’alveo. Rispetto alle *rapid*, il salto caratteristico delle unità *step* non viene sommerso in condizioni di portate a piene rive. Quando gli *step* sono alternati ad unità *pool* (morfologia a scala di tratto a gradinata o a *step-pool*), il flusso risulta caratterizzato da una tipica alternanza di getti liberi e risalti idraulici (il cosiddetto *tumbling flow*), dalle condizioni di magra fino ad eventi di piena ordinaria, con una resistenza al flusso dominata dalla *spill resistance* ([Comiti & Mao, 2012](#)).



Unità di canale: *step* (a, b). In (a) schema modificato da [Halwas & Church \(2002\)](#) e da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

## Sotto-tipi

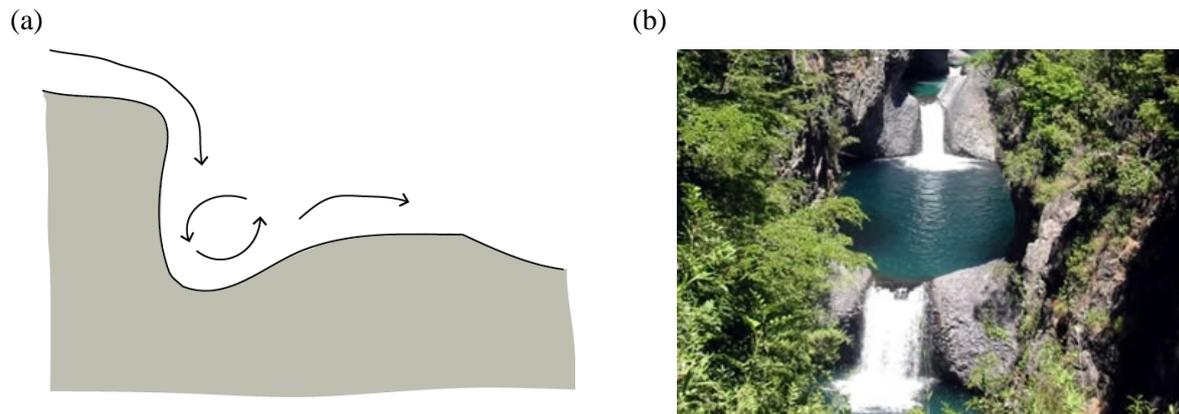
Riferimenti: [Knighton \(1998\)](#); [Brierley & Fryirs \(2005\)](#); [Zimmermann et al. \(2010\)](#); [Waters & Curran \(2012\)](#); [Comiti & Mao \(2012\)](#); [Wohl \(2010\)](#)

### Rock step

#### Definizione

Sono gradini formati dall'attività erosiva del corso d'acqua in corrispondenza di eterogeneità di resistenza del substrato roccioso o di discontinuità strutturali.

Termini equivalenti: *bedrock step*



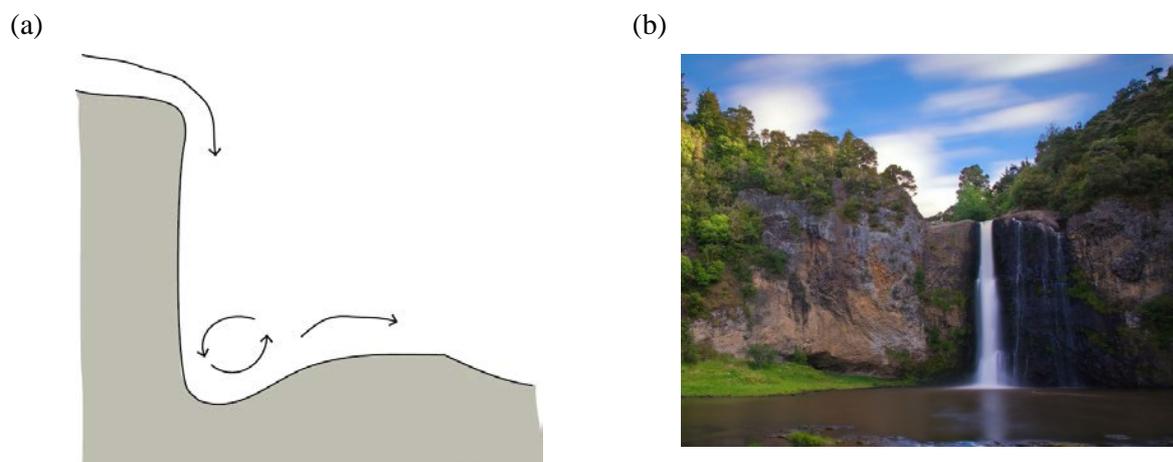
Unità di canale: *rock step* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

### Waterfall (cascata)

#### Definizione

Sono gradini sub-verticali di notevole altezza formati dall'attività erosiva del corso d'acqua in corrispondenza di eterogeneità di resistenza del substrato roccioso o di discontinuità strutturali. Vengono distinti da un *rockstep* per l'altezza elevata, indicativamente  $> 3$  m, e per il presentarsi come salti singoli o comunque non formanti una sequenza relativamente regolare in termini di interdistanza. Quando una di queste condizioni non sussiste un gradino in roccia è più correttamente definibile come *rockstep*.

Termini equivalenti: *knickpoint*

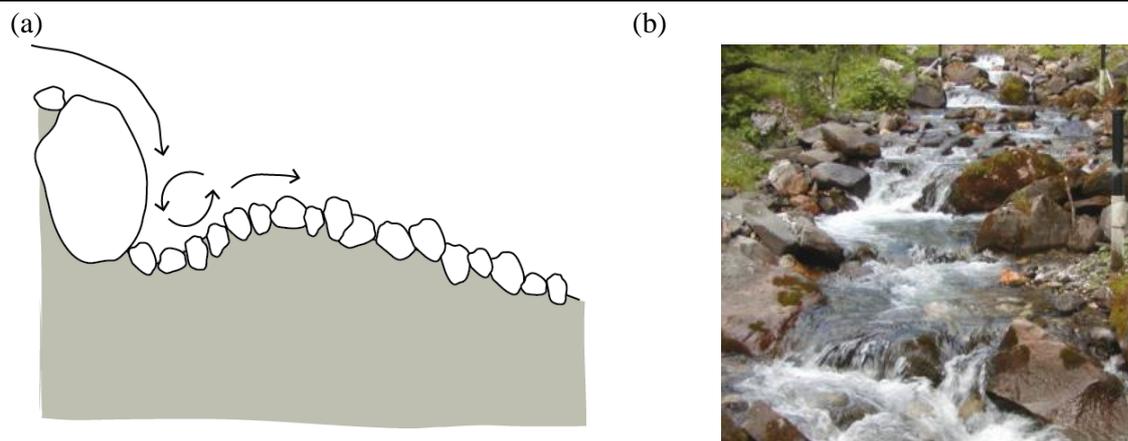


Unità di canale: *waterfall* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#). In (b) foto da [www.gocime.com](http://www.gocime.com).

## ***Boulder step***

### *Definizione*

Sono unità composte da sedimento di grandi dimensioni (principalmente massi e ciottoli), anche non interamente di origine alluvionale (ad es., massi giunti dal versante) e solitamente molto stabili. La loro stabilità dipende primariamente dalla dimensione del materiale che lo compone, dalla larghezza dell'alveo (maggiore è la larghezza minore è la stabilità, a parità di dimensione dei clasti) e dalla distanza verso valle da altri *step* o punti inerodibili dell'alveo (una maggiore distanza implica una minor stabilità). Generalmente, queste unità sono stabili fino a portate di piena anche molto superiori a quella di piene rive, ma quando uno di essi collassa durante un evento di piena eccezionale, l'instabilità può trasmettersi facilmente ad altri *step*.

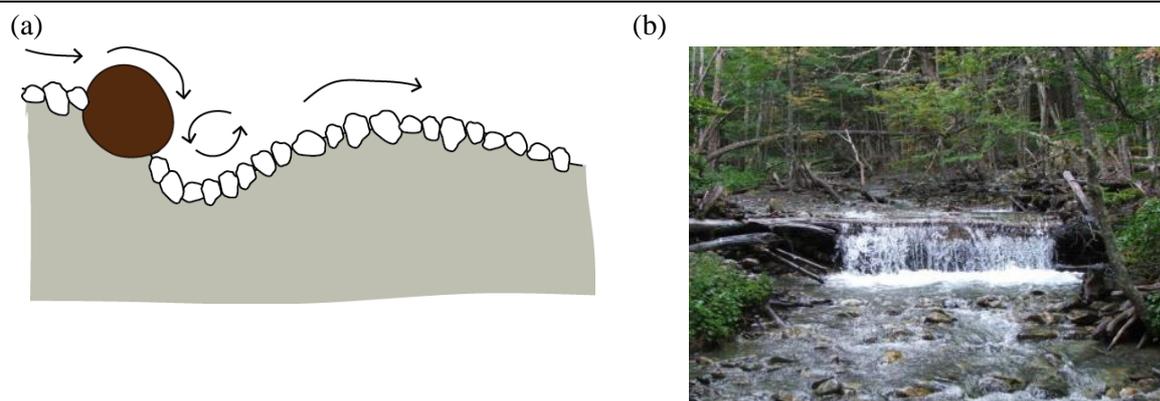


Unità di canale: *boulder step* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

## ***Log step***

### *Definizione*

Questi *steps* sono totalmente o solo in parte composti da elementi di materiale legnoso di grandi dimensioni provenienti dalla sponda e che occupano l'intera sezione. Sono unità molto comuni in bacini idrografici ospitanti foreste mature, quindi con alberi di grandi dimensioni. Gli elementi legnosi possono essere orientati perpendicolarmente o obliquamente al flusso d'acqua.



Unità di canale: *log step* (a, b). In (a) schema modificato da [Halwas & Church \(2002\)](#) e da [Abbe & Montgomery \(2003\)](#).

## Glide (“scivolo”)

Codice identificativo: CG

Riferimenti: [Bisson et al. \(1982\)](#); [Church \(1992\)](#); [Grant et al. \(1990\)](#); [Sullivan \(1986\)](#); [Halwas & Church \(2002\)](#)

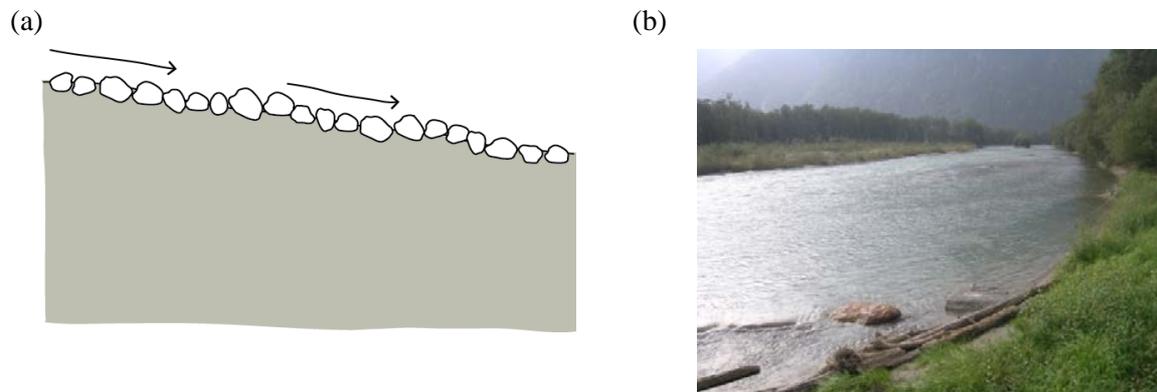
### Definizione

Si tratta di unità caratterizzate da un profilo longitudinale del fondo e del pelo libero piuttosto regolare. Il pelo libero può presentarsi leggermente increspato ma si presenta quasi parallelo al fondo dell'alveo (condizioni molto prossime a quelle di un flusso a moto uniforme) e visivamente poco turbolento ed aerato.

In alvei ghiaiosi relativamente pendenti, queste unità presentano sedimenti non uniforme, spesso corazzato, e negli alvei a maggiore pendenza possono anche essere presenti sedimenti molto grossolani (ciottoli e massi) che emergono però solo localmente dalla superficie dell'acqua. Comunque le *glide* sono anche comuni in corsi d'acqua ghiaiosi di bassa pendenza così come in corsi d'acqua a fondo sabbioso, dove sono tipicamente localizzate a valle di *pool* o a monte di *riffle*.

*Caratteristiche distintive:* rispetto ai *riffle* e alle *rapid*, le *glide* sono caratterizzate da pendenza locale minore e da un flusso più uniforme (assenza di onde stazionarie), eccetto che in prossimità di eventuali massi emersi. Rispetto alle *pool*, queste unità sono caratterizzate da fondo all'incirca parallelo alla superficie dell'acqua.

*Termini equivalenti:* *run* (generalmente usato per indicare una *glide* di lunghezza limitata al passaggio tra una *pool* ed uno *step* o un *riffle* e/o in tratti con minor pendenza)



Unità di canale: *glide* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

*Sotto-tipi*

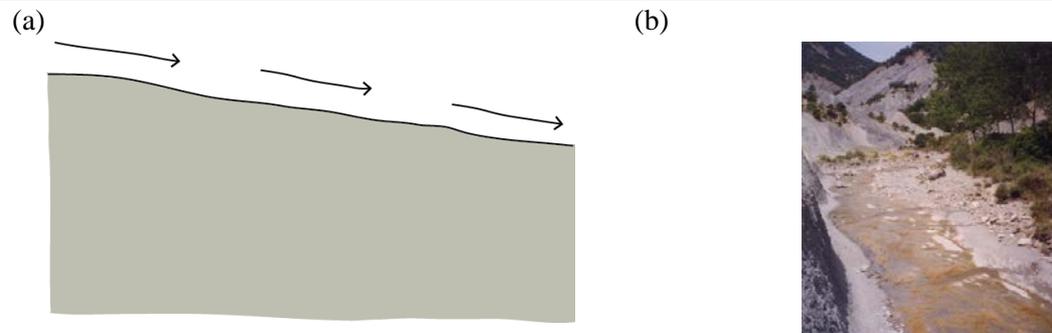
Riferimenti: [Wohl \(1998\)](#)

### **Rock glide**

#### *Definizione*

Unità presenti in corsi d'acqua a fondo roccioso, caratterizzate da condizioni idrodinamiche equivalenti alle *glides* di alvei alluvionali (flusso uniforme o increspato circa parallelo al fondo).

Termini equivalenti: *bedrock glide*



Unità di canale: *bedrock glide* (a, b). In (a) schema modificato da [Wohl \(1998\)](#).

### **Pool (“pozza”)**

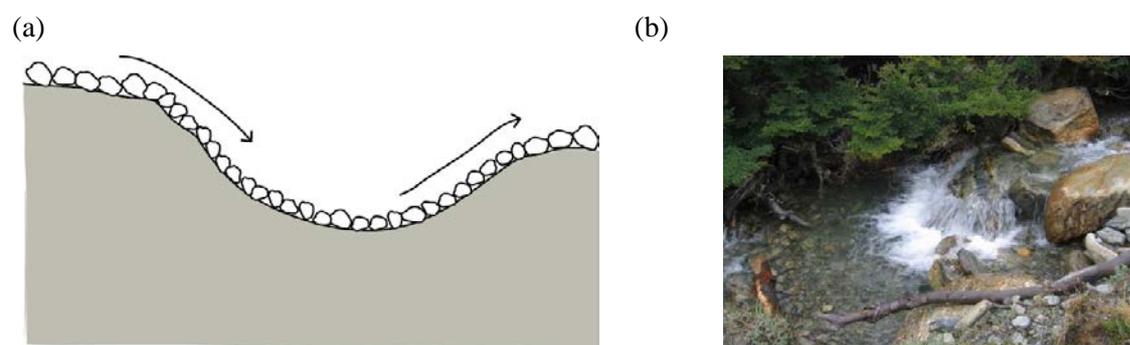
Codice identificativo: CP

Riferimenti: [Church \(1992\)](#); [Grant et al. \(1990\)](#); [Wood-Smith & Buffington \(1996\)](#); [Halwas & Church \(2002\)](#)

#### *Definizione*

Sono unità prevalentemente di origine erosiva che si presentano come depressioni topografiche del fondo dell'alveo con pendenza inversa nella porzione più a valle, ed occupano l'intera sezione trasversale. Sono caratterizzate da tiranti relativamente elevati e velocità ridotte, ma anche da caratteristiche idrodinamiche (fluttuazioni turbolente) complesse. Il sedimento spesso appare più fine rispetto alle unità adiacenti, nel caso in cui vi sia stata sedimentazione, altrimenti può essere anche molto grossolano. Le *pool* si alternano spesso a *step* o a *riffle*, rispettivamente in corsi d'acqua ad elevata pendenza in massi e ciottoli ed in alvei ghiaiosi, ma possono trovarsi anche in corsi d'acqua a fondo sabbioso associate ai meandri. Numerosi sono infatti i processi alla base della loro formazione, dando quindi origine a diversi sotto-tipi.

*Caratteristiche distintive:* Tutti i tipi di *pools* sono caratterizzati da una depressione topografica avente pendenza inversa nella porzione più a valle, che le rende abbastanza differenti da tutte le altre unità caratterizzate da bassa velocità (ad es., *glides* di bassa pendenza).



Unità di canale: *pool* (a, b). In (a) schema modificato da [Knighton \(1998\)](#).

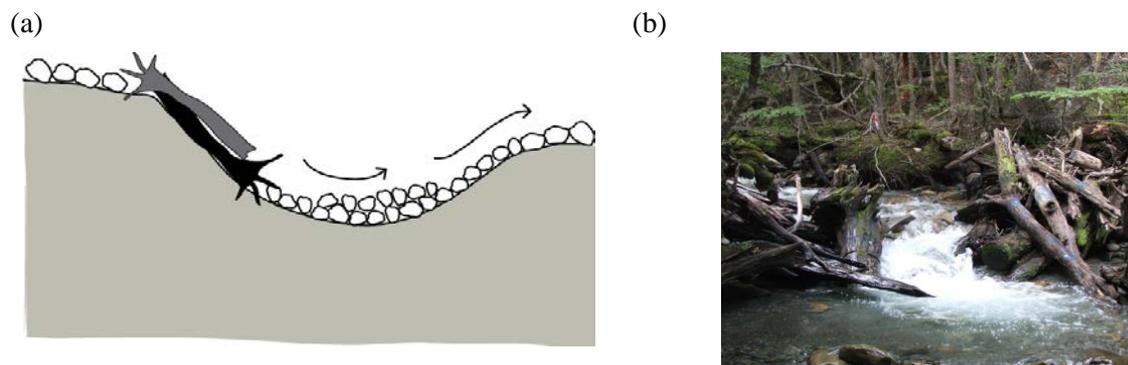
Sotto-tipi

Riferimenti: [Bisson et al. \(1982\)](#); [Montgomery et al. \(1995\)](#); [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

**Pool imposta (constriction o forced pool)**

*Definizione*

Si tratta di *pool* associate all'affioramento occasionale di substrato roccioso, alla presenza di materiale legnoso grossolano, a *riffle* imposti e all'accumulo di materiale grossolano di varia origine, tra cui il materiale ereditato di tipo fluvio-glaciale (ad es., materiale proveniente da depositi morenici in corsi d'acqua nord-europei imposti su valli glaciali). Spesso derivano da processi di erosione dovuti alla contrazione locale della sezione di deflusso o alla formazione di vortici ad asse verticale.

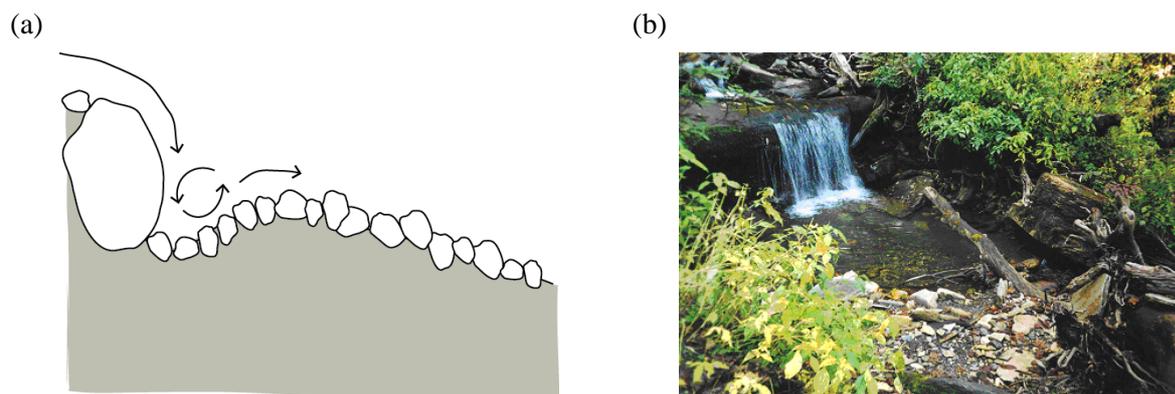


Unità di canale: *pool imposta* (a, b). In (a) schema modificato da [Montgomery et al. \(1995\)](#).

**Scour pool**

*Definizione*

Si tratta di una *pool* originata dall'erosione locale del sedimento alluvionale a valle di un'unità a gradino di tipo *step*, e derivano quindi dall'azione del vortice (ad asse orizzontale) associato al risalto idraulico.



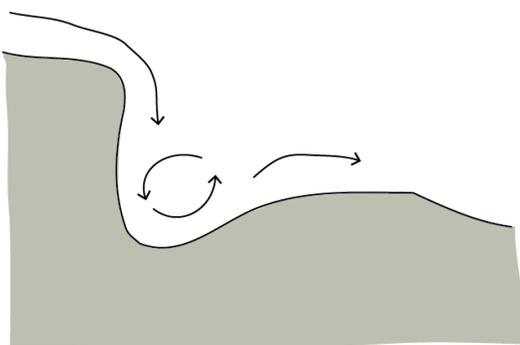
Unità di canale: *scour pool* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#) e da [Halwas & Church \(2002\)](#).

## ***Plunge pool***

### *Definizione*

Sono unità di *pool* in genere piuttosto profonde e circolari, formate in alvei in roccia da processi di corrosione e cavitazione a valle di unità a gradino di tipo *rock step* o *waterfall* grazie all'azione di caduta del getto d'acqua.

(a)



(b)



Unità di canale: *plunge pool* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

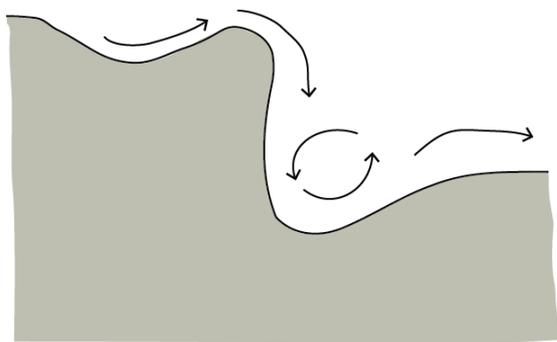
## ***Dammed pool***

### *Definizione*

Questa unità si può formare immediatamente a monte di un'unità a gradino di tipo *rock step*, *boulder step* o *log step*, o a monte di un accumulo di materiale legnoso grossolano e perdura finché la sedimentazione derivante dal trasporto solido non la colma raccordando il profilo longitudinale.

*Termini equivalenti: backwater pool*

(a)



(b)

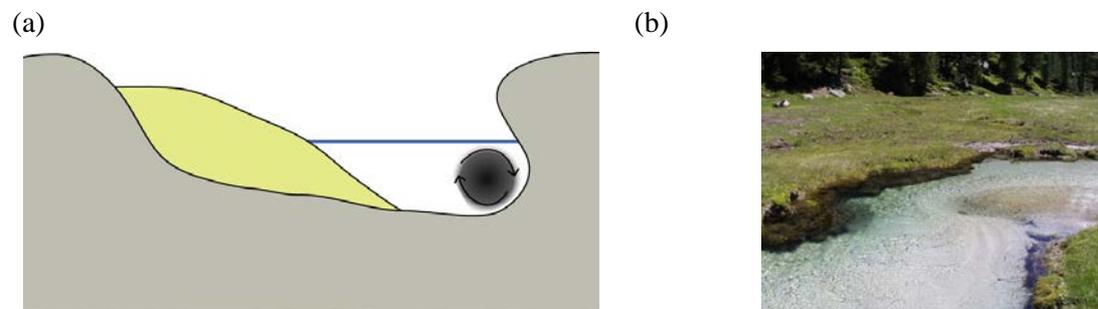


Unità di canale: *dammed pool* (a, b). In (a) schema modificato da [Bisson et al. \(1982\)](#), da [Halwas & Church \(2002\)](#) e da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

## Meander pool

### Definizione

Unità di *pool* profonda che si forma a causa dell'erosione derivante dalle correnti secondarie presenti in corrispondenza della sponda concava di un meandro.



Unità di canale: *meander pool* (a, b). In (a) schema modificato da [Knighton \(1998\)](#).

## Sistema di dune

Codice identificativo: CD

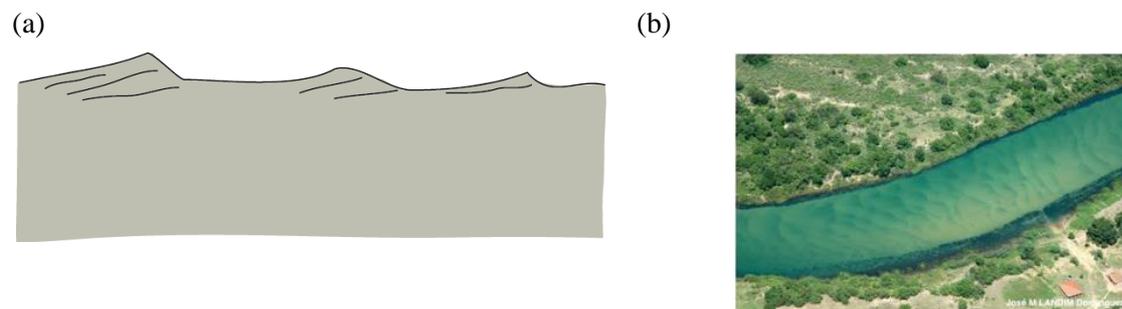
Riferimenti: [Simons & Richardson \(1966\)](#); [Knighton \(1998\)](#)

### Definizione

La duna è una forma di fondo tipica di corsi d'acqua a bassa pendenza alluvionali a fondo sabbioso. Il pelo libero è influenzato dalla presenza delle dune, con la presenza di "rigonfiamenti" non in fase con le dune stesse.

Una singola duna o qualche duna occasionale non possono essere classificate come unità morfologica bensì come sub-unità (per la stessa ragione per la quale un singolo masso o un albero non sono classificati come unità). Un insieme di dune è classificato come unità ("sistema di dune") quando esse si estendono per una lunghezza almeno pari all'incirca alla larghezza del corso d'acqua. In genere, un sistema a dune può includere anche la presenza di *ripple* sovrainposte alle dune (morfologia *dune-ripple*, [Montgomery & Buffington, 1997](#)).

Il sistema di dune è difficilmente rilevabile, soprattutto nel caso di corsi d'acqua relativamente profondi per i quali non è possibile osservare il fondo, eccetto che nei casi in cui sia disponibile un rilievo batimetrico di dettaglio. In molti casi si può tuttavia presumere la presenza di un fondo a dune in base alla conoscenza del materiale costituente il fondo (prevalentemente sabbioso) e all'andamento ondulato del pelo libero, che manifesta inoltre fluttuazioni turbolente organizzate in strutture coerenti e periodiche.



Unità di canale: sistema di dune (a, b). In (a) schema modificato da [Montgomery & Buffington \(1997\)](#).

---

**MACRO-UNITÀ: UNITÀ EMERSE**

Nei corsi d'acqua alluvionali e semi-alluvionali, le unità d'alveo emerse corrispondono soprattutto alle barre di sedimento (ovvero unità deposizionali), ma possono includere anche unità d'erosione, come per esempio i canali asciutti al momento dell'osservazione che non vengono classificati come canali di magra, oppure affioramenti rocciosi. Sono escluse le unità vegetate, che sono trattate a parte.

Al livello Generale, le unità deposizionali e i canali d'erosione emersi sono inclusi in una stessa macro-unità. Al livello Base, si distinguono le unità morfologiche e relativi sotto-tipi riportati di seguito.

*Codice identificativo: E*



**Figura 7.2** - Esempio di macro-unità “unità emerse” (E).

**Barra laterale (s.l., lato sensu) (bank-attached bar, lateral bar)**

Codice identificativo: EA

Riferimenti: [Kellerhals et al. \(1976\)](#); [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

*Definizione*

Le barre sono forme deposizionali di alveo composte dallo stesso tipo di sedimento presente nel canale di magra. Esse sono emerse (ovvero sopra il livello idrico di magra) durante i periodi di magra, ma vengono parzialmente o totalmente sommerse in caso di portate intermedie o a piene rive. La vegetazione è generalmente assente, ma in alcuni casi è possibile una copertura parziale e discontinua di vegetazione erbacea, arbustiva o di alberi isolati.

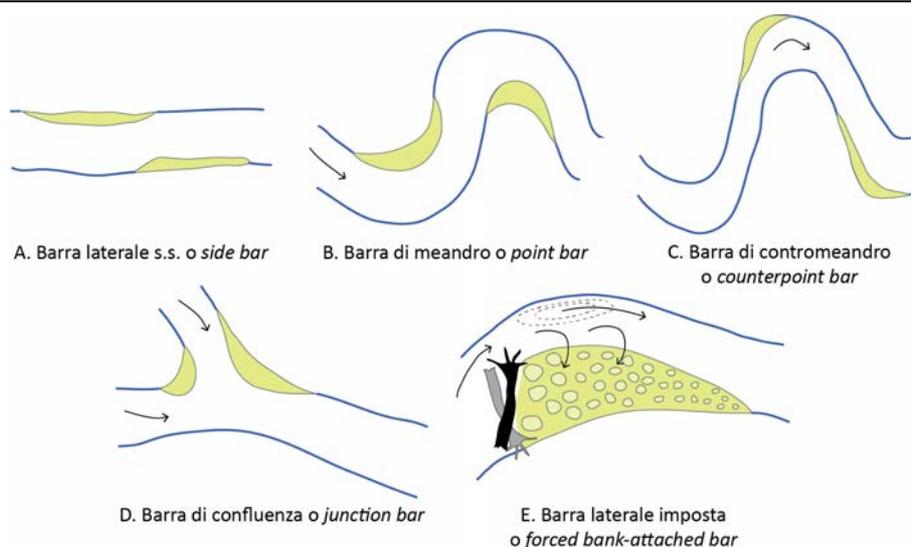
Le barre laterali si trovano lungo i margini dell'alveo direttamente in connessione con le sponde o con altre unità situate a margini dell'alveo (es., *bench*), oppure sono separate dalle sponde dalla presenza di canali emersi (ad es., un canale di taglio emerso al momento dell'osservazione).

*Termini equivalenti:* si rimanda ai sotto-tipi

Barra laterale



## Sotto-tipi



Sotto-tipi di barre laterali (da [Church & Jones, 1982](#) e [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)).

### **Barra laterale s.s. (*stricto sensu*) (*side bar*)**

Riferimenti: [Kellerhals et al. \(1976\)](#); [Church & Jones \(1982\)](#); [Hooke \(1995\)](#)

#### *Definizione*

Barre laterali generalmente allungate e situate su un lato dell'alveo, spesso presenti in maniera alternata su entrambi i lati. In genere sono direttamente in contatto con le sponde; in alcuni casi possono essere separate dalle sponde da un canale di taglio. Sono unità tipiche di corsi d'acqua a canale singolo, sia sabbiosi che ghiaiosi, con morfologia di tipo rettilineo sino a sinuoso a barre alternate (o pseudo-meandriiforme). In corsi d'acqua sinuoso – meandriiformi, possono anche essere presenti nelle prime fasi di sviluppo di un meandro.

*Termini equivalenti*: barre alternate ([Thorne, 1998](#)), *bank-attached bar* ([Hooke, 1995](#))

### **Barra di meandro (*point bar*)**

Riferimenti: [Kellerhals et al. \(1976\)](#), [Church & Jones \(1982\)](#), [Hooke \(1995\)](#), [Thorne \(1998\)](#)

#### *Definizione*

Barre a forma arcuata che si sviluppano lungo il lato convesso del meandro. Sono in genere superfici a diretto contatto con le sponde; in alcuni casi possono essere separate dalle sponde da un canale di taglio. Le barre di meandro sono tipiche di corsi d'acqua meandriiformi, ma possono trovarsi occasionalmente anche lungo alvei sinuosi.

*Termini equivalenti*: barra puntuale

### **Barra concava (*concave o counterpoint bar*)**

Riferimenti: [Hooke \(1995\)](#); [Thorne & Lewin \(1979\)](#); [Page & Nanson \(1982\)](#); [Lewin \(1983\)](#); [Hickin \(1984\)](#)

#### *Definizione*

Barre laterali che si sviluppano nelle zone di separazione del flusso in corrispondenza del lato concavo di curve strette. I sedimenti sono spesso più fini rispetto alla barra di meandro eventualmente presente sul lato opposto, a causa delle condizioni idrodinamiche locali.

---

**Barra di confluenza (*junction bar*)**

Riferimenti: [Kellerhals et al. \(1976\)](#); [Thorne \(1998\)](#)

*Definizione*

Barre laterali che si formano immediatamente a valle della confluenza con un affluente. Sono superfici simili a quelle osservabili nei delta, caratterizzate da un profilo frontale inclinato (*avalanche face*) e generalmente costituite da granulometria mista (ghiaia, sabbia e fango) e avente una struttura sedimentaria interna complessa e variabile.

Termini equivalenti: *tributary confluence bar* [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

**Barra laterale imposta (*forced bank-attached bar*)**

Riferimenti: [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

*Definizione*

Barre laterali la cui formazione è stata indotta da ostacoli al deflusso (ad es., affioramenti rocciosi, massi, depositi di materiale legnoso grossolano, vegetazione).

**Barra centrale (*mid-channel bar*)**

Codice identificativo: EC

Riferimenti: [Hooke \(1995\)](#); [Thorne \(1998\)](#)

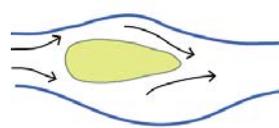
*Definizione*

Si tratta di un'unità deposizionale di macro-scala localizzata dentro l'alveo e chiaramente separata, dalle sponde o da altre unità, a causa della presenza di un canale di magra su entrambi i lati della barra stessa. La separazione spaziale dalla pianura alluvionale, dovuta alla presenza di canali sommersi su entrambi i lati, comporta una differenziazione rispetto alle barre laterali anche in termini ecologici (ovvero disconnessione tra habitat simili). Tuttavia, in condizioni di magra o nel caso di corsi d'acqua a carattere intermittente o effimero, una barra centrale può anche essere circondata da canali emersi non identificabili con canali di taglio (si vedano le definizioni di canale emerso e di canale di taglio).

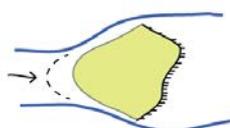
Termini equivalenti: si rimanda ai sotto-tipi



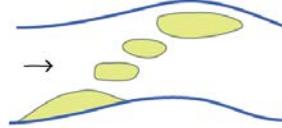
## Sotto-tipi



A. Barra longitudinale  
o longitudinal bar



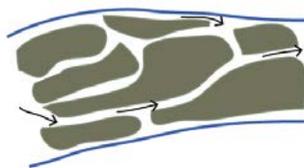
B. Barra trasversale  
o transverse bar



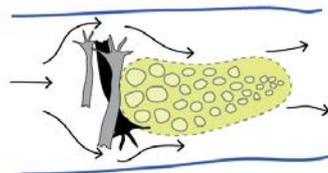
C. Barra diagonale  
o diagonal bar



D. Barra mediana  
o medial bar



E. Barra in roccia  
o bedrock core bar



F. Barra centrale imposta  
o forced mid-channel bar

Sotto-tipi di barre centrali (da [Church & Jones, 1982](#); [Kellerhals et al. \(1976\)](#); [Brierley & Fryirs, 2005](#)).

### **Barra longitudinale (*longitudinal bar*)**

Riferimenti: [Kellerhals et al. \(1976\)](#); [Church & Jones \(1982\)](#)

#### *Definizione*

Barra centrale di forma allungata e variabile (a losanga, a diamante, a forma di goccia o lobata). La presenza di barre longitudinali multiple è tipica di corsi d'acqua a canali intrecciati; tuttavia si possono riscontrare barre longitudinali anche in alvei a morfologia *wandering* o a canale singolo, dove sia localmente presente una biforcazione del flusso idrico.

### **Barra trasversale (*transverse bar*)**

Riferimenti: [Church & Jones \(1982\)](#); [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

#### *Definizione*

Barra centrale orientata perpendicolarmente al flusso. Tali barre si trovano in genere in corrispondenza di un brusco allargamento dell'alveo. Il fronte di queste barre è lobato o sinuoso, con profilo frontale inclinato (*avalanche face*). La rampa situata a monte può essere concava, dando origine ad una forma arcuata.

Termini equivalenti: barra linguoide o *linguoid bar* ([Church & Jones, 1982](#))

### **Barra diagonale (*diagonal bar*)**

Riferimenti: [Kellerhals et al. \(1976\)](#); [Thorne \(1998\)](#)

#### *Definizione*

Barra centrale obliqua rispetto all'alveo (eventuali barre laterali incluse in una sequenza di barre diagonali sono classificate come *side bar*).

Termini equivalenti: *diamond bar* ([Brierley & Fryirs, 2005](#))

---

**Barra in roccia (*bedrock core bar*)**

Riferimenti: [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

*Definizione*

Si tratta di affioramenti rocciosi allungati emergenti dall'alveo di magra, sui quali si è depositato sedimento a seguito di eventi di piena, con eventuale colonizzazione da parte di vegetazione.

**Barra centrale imposta (*forced mid-channel bar*)**

Riferimenti: [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

*Definizione*

Barra centrale la cui formazione è stata indotta da ostacoli al deflusso (ad es., affioramenti rocciosi, massi, depositi di materiale legnoso grossolano, vegetazione).

**Barra alta laterale (*bank-attached high bar*)**

Codice identificativo: EAh

Riferimenti: [Hupp & Rinaldi \(2007\)](#); [Surian et al. \(2009b\)](#)

*Definizione*

Le barre alte non sono generalmente descritte e distinte dagli altri tipi di barre nelle classificazioni più comuni. Tuttavia esse rappresentano forme deposizionali con alcune caratteristiche morfologico-sedimentologiche specifiche che ne fanno degli habitat fisici distinti, pertanto in questa classificazione sono considerate come unità morfologiche a sé stanti. In particolare, le principali caratteristiche che le distinguono rispetto ai tipi di barre descritti in precedenza sono le seguenti: (1) quota topografica superiore (da cui il nome); (2) maggiore eterogeneità di sedimento (generalmente ghiaia, ciottoli e sabbia), dove il sedimento grossolano è associato a proporzioni importanti di materiale fine; (3) presenza di copertura vegetale erbacea e/o arbustiva sparsa (le zone più alte e con substrato più fine possono essere interessate da vegetazione arborea sparsa).

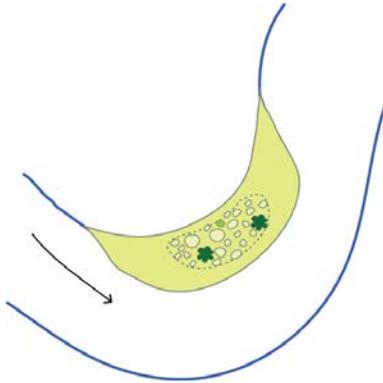
In molti casi le barre alte costituiscono delle superfici di transizione rispetto alla piana inondabile o alle isole. In ragione di queste peculiari caratteristiche, la distinzione delle barre alte rispetto agli altri tipi di barre situate a quote topografiche inferiori è ritenuta rilevante anche da un punto di vista ecologico.

Dal punto di vista dei processi formativi, mentre le barre sono comunemente depositate e rimodellate durante gli eventi di piena formativa (o anche inferiore), le barre alte sono generalmente depositate durante eventi di piena più intensi (in generale con periodi di ritorno >10 anni, spesso anche dell'ordine di 30÷50 anni) e sono generate da elevato trasporto al fondo che coinvolge quantità importanti di materiale grossolano ([Whiting et al., 1988](#)). Eventi di piena di forte intensità possono trasportare e depositare grosse quantità di materiale anche più grossolano rispetto a quello normalmente presente nel canale e sulle barre a quote inferiori, che può essere parzialmente rimaneggiato e/o ricoperto da depositi più fini durante le piene successive. Infatti, tali superfici sono in genere sommerse durante gli eventi di piena formativa, con conseguente deposizione di sedimento fine, ma sono necessarie portate più elevate per causare la totale rimobilitazione del sedimento grossolano e il loro totale rimodellamento ([Surian et al., 2009b](#)). Le barre alte sono quindi in genere osservabili lungo corsi d'acqua a fondo ciottoloso o ghiaioso e a energia relativamente alta (ad es., alvei parzialmente confinati a canale singolo, transizionali di tipo *wandering* o a canali intrecciati).

Le barre alte laterali sono situate lungo un lato dell'alveo e ulteriormente connesse alle sponde o ad altre unità situate ai margini dell'alveo (es., *bench*), oppure sono separate dalle sponde da un canale emerso al momento dell'osservazione (ovvero unità emersa erosiva, ad es., un canale di taglio asciutto).

*Caratteristiche distintive:* Le barre alte laterali si distinguono dalle altre *barre laterali* per: (1) maggiore eterogeneità di sedimento; (2) presenza di copertura vegetale (erbacea e arbustiva); (3) quota topografica superiore. Le barre alte laterali si distinguono dalla *piana inondabile* per la dominanza di sedimento grossolano, per la copertura vegetale meno densa e per la loro inclusione nell'alveo di piena. Le barre alte laterali si distinguono dalle *barre in massi* (si veda la definizione sotto) in quanto queste ultime sono caratterizzate da sedimento di dimensioni ancora maggiori (prevalenza di massi e ciottoli) e da un profilo topografico più accentuato.

(a)



(b)



Barra alta laterale (a, b). In (b) foto da [Surian et al. \(2009b\)](#).

### Barra alta centrale (*mid-channel high bar*)

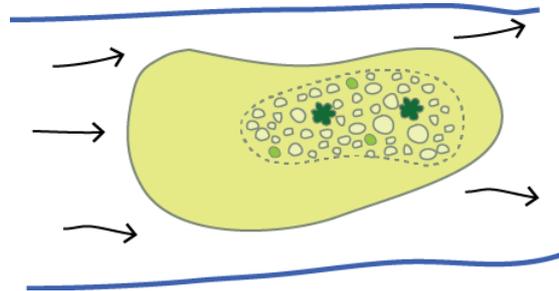
Codice identificativo: ECh

Riferimenti: [Hupp & Rinaldi \(2007\)](#); [Surian et al. \(2009b\)](#)

#### Definizione

Le barre alte centrali presentano le stesse caratteristiche delle barre alte laterali, fatta eccezione per il fatto che esse sono separate dalle sponde o da altre unità situate ai margini dell'alveo (es., *bench*) a causa della presenza di canali di magra (ovvero sommersi) su entrambi i lati.

*Caratteristiche distintive:* Le barre alte centrali si distinguono dalle *barre alte laterali* a causa della loro relativa posizione all'interno dell'alveo. Le differenze con altre unità quali le altre *barre centrali*, le *barre in massi centrali* o le *isole* sono le stesse che per le barre alte laterali.



Barra alta centrale.

### Boulder berm laterale

Codice identificativo: EB

Riferimenti: [Stewart & La Marche \(1967\)](#); [Carling \(1987, 1989\)](#)

#### Definizione

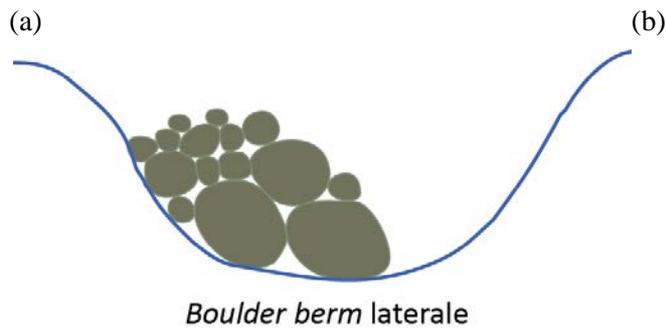
La *boulder berm* (o *boulder bar*) è una superficie deposizionale di forma allungata e talora a gradini, piuttosto comune lungo corsi d'acqua ad alta energia parzialmente confinati. Tali unità sono costituite da sedimento grossolano (in prevalenza di massi, in subordine ciottoli o ghiaia) incluso in una matrice non spessa di materiale più fine; possono presentare una caratteristica sezione convessa.

I meccanismi che portano alla loro deposizione sono associabili a piene, soprattutto istantanee (*flash floods*), di forte intensità o catastrofiche, che presentano caratteristiche di piene di detriti (*debris floods*), in prossimità di condizioni di picco e in corrispondenza zone di espansione o separazione del flusso ([Carling, 1987, 1989](#)).

Analogamente alle altre superfici deposizionali in alveo (barre e barre alte), è utile distinguere tra *boulder berm* laterali o centrali a seconda della loro posizione, seppure le loro caratteristiche sedimentologiche e formative rimangono circa le stesse. Le *boulder berm laterali* sono dunque poste sui lati dell'alveo, in diretta connessione con le unità situate ai margini dell'alveo (es. *bench*).

*Termini equivalenti:* (*bank-attached*) *boulder bar*, *cobble berm*, *boulder bench* ([Brierley & Fryirs 2005](#))

*Caratteristiche distintive:* Queste superfici si differenziano dalle *barre alte* o da altri tipi di barre laterali per la presenza di materiale più grossolano e per la quota topografica maggiore. Le *boulder berm laterali* si distinguono da quelle *centrali* solo per la loro posizione all'interno dell'alveo.



*Boulder berm laterale*. In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

### ***Boulder berm centrale***

*Codice identificativo:* EM

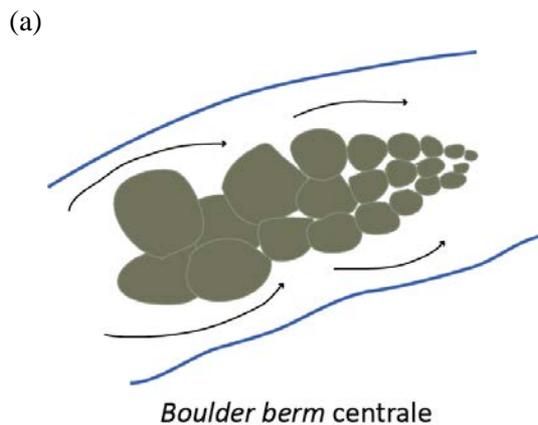
*Riferimenti:* [Stewart & La Marche \(1967\)](#); [Carling \(1987, 1989\)](#)

#### *Definizione*

*Boulder berm* (con stesse caratteristiche di quelle laterali), con forma linguoide, situate in posizione centrale all'interno dell'alveo, depositate in condizioni di alta velocità del flusso e caratterizzate da raggruppamenti di massi senza matrice, a granulometria via via più fine verso valle.

*Termini equivalenti:* (*mid-channel*) *boulder bar*, *boulder mound* ([Brierley & Fryirs, 2005](#))

*Caratteristiche distintive:* Esse si distinguono dalle barre alte o da altri tipi di barre centrali per la presenza di materiale più grossolano e per la quota topografica maggiore. Si distinguono dalle *boulder berm laterali* per la posizione all'interno dell'alveo.



*Boulder berm centrale* (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

### Canale emerso (*dry channel*)

*Codice identificativo:* ED

#### *Definizione*

Un canale emerso è una porzione di un canale di magra emerso, ovvero una superficie erosiva in cui il flusso d'acqua è assente al momento dell'osservazione, ma che viene periodicamente interessato da flusso; risulta evidente che esso rappresenta una via preferenziale per il passaggio dell'acqua, in condizioni idrologiche diverse da quelle osservate. Questo vale anche per i corsi d'acqua a regime idrologico temporaneo o intermittente (ovvero un canale di magra asciutto è classificato come "canale emerso").

*Termini equivalenti:* canale asciutto, *emergent channel*, *dry cut-off*

*Caratteristiche distintive:* si differenzia dal canale di magra a causa dell'assenza d'acqua al momento dell'osservazione (generalmente in condizioni idrologiche di magra).



Canale emerso.

### Affioramento roccioso (*bedrock outcrop*)

*Codice identificativo:* EO

#### *Definizione*

Si possono osservare affioramenti rocciosi all'interno dell'alveo non solo lungo corsi d'acqua confinati o semi-confinati, ma anche lungo alvei a fondo mobile, soprattutto a causa di incisione del fondo.



Affioramenti rocciosi.

---

**Sponda non vegetata (*unvegetated bank*)**

*Codice identificativo:* EK

*Riferimenti:* [Thorne \(1982\)](#), [Thorne \(1999\)](#)

*Definizione*

Una sponda è una superficie inclinata che mette generalmente in connessione l'alveo con la pianura alluvionale (e rispettive unità). Si includono quindi tra le unità di alveo unicamente le sponde che delimitano l'alveo (le altre superfici inclinate che non sono in connessione con l'alveo vengono definite come *scarpate* ed incluse tra le unità di pianura alluvionale). Inoltre si considerano solo le sponde formate da materiale alluvionale (i versanti o i terrazzi antichi a contatto con l'alveo non sono classificati come sponde).

Le sponde non vegetate si distinguono dalle sponde vegetate (si veda tra le unità di vegetazione in alveo) per l'assenza o scarsa presenza di vegetazione.

*Termini equivalenti:* riva non vegetata, *unvegetated streambank*, *unvegetated riverbank*

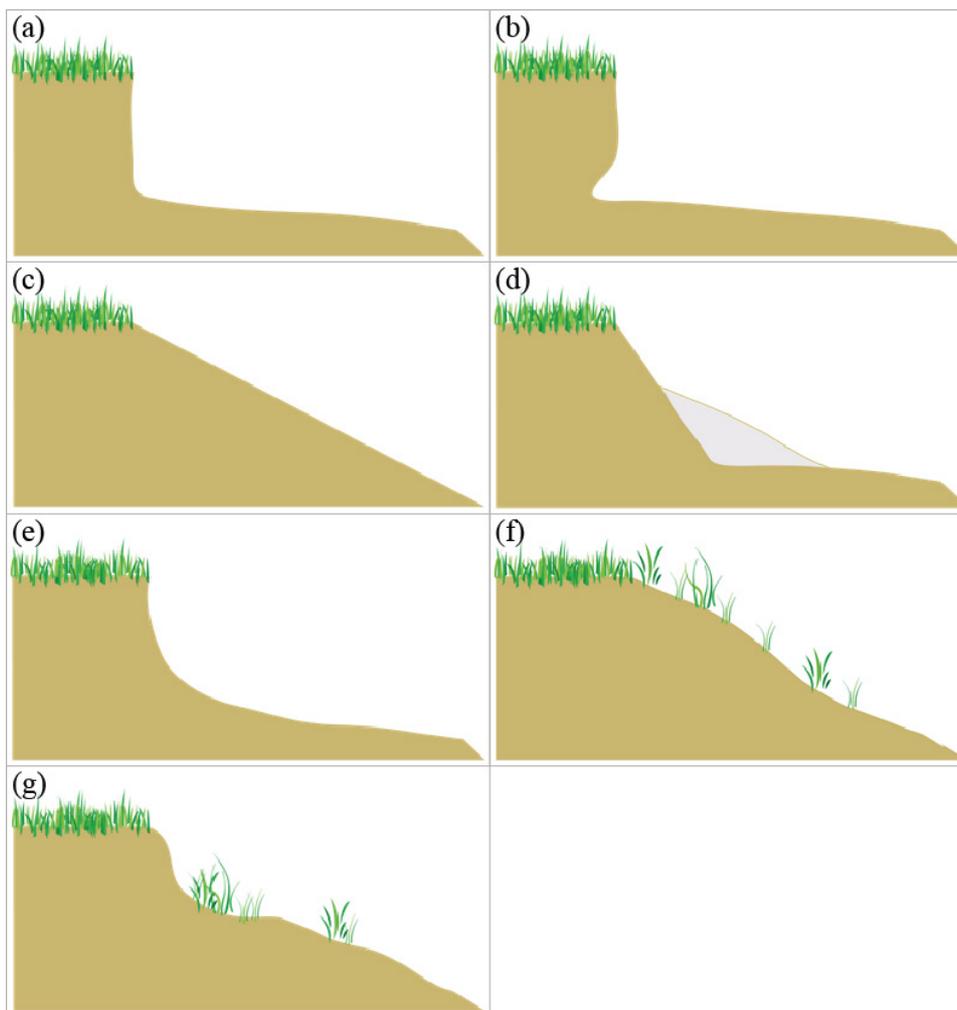
*Caratteristiche distintive:* superfici inclinate composte da sedimenti alluvionali. Rispetto alle sponde vegetate, la vegetazione è assente o trascurabile.



Sponda coesiva in erosione (sulla parte sinistra della foto) che connette l'alveo con un terrazzo recente.

Anche se non si distinguono sotto-tipi di unità sponde, al livello Dettaglio le sponde (sia non vegetate che vegetate) possono venire ulteriormente caratterizzate sulla base di: (1) morfologia; (2) materiale che le costituisce; (3) condizioni di stabilità/instabilità.

(1) Caratterizzazione della morfologia delle sponde



Morfologia delle sponde: (a) Verticale o subverticale; (b) Verticale scalzata alla base; (c) Planare; (d) Con deposito alla base; (e) Profilo convesso; (f) Profilo concavo; (g) Complessa.

**(a) Verticale o subverticale:** morfologia a forte inclinazione, con pendenze prossime a  $90^\circ$ . Spesso questa forma è il risultato della rottura di lastre o blocchi, che si verificano più frequentemente su sponde coesive.

**(b) Verticale scalzata alla base:** morfologia circa verticale ma con scalzamento al piede a opera dell'erosione da parte della corrente. Questa morfologia si osserva frequentemente su sponde composite.

**(c) Planare:** la superficie della sponda coincide all'incirca con un piano inclinato, con una variabilità nel rapporto pendenza-altezza che dipende dal grado di coesione e cementazione del sedimento. È il risultato di scivolamenti planari che si verificano lungo superfici poco profonde. Tale tipo di sponda si osserva frequentemente in presenza di materiale non coesivo.

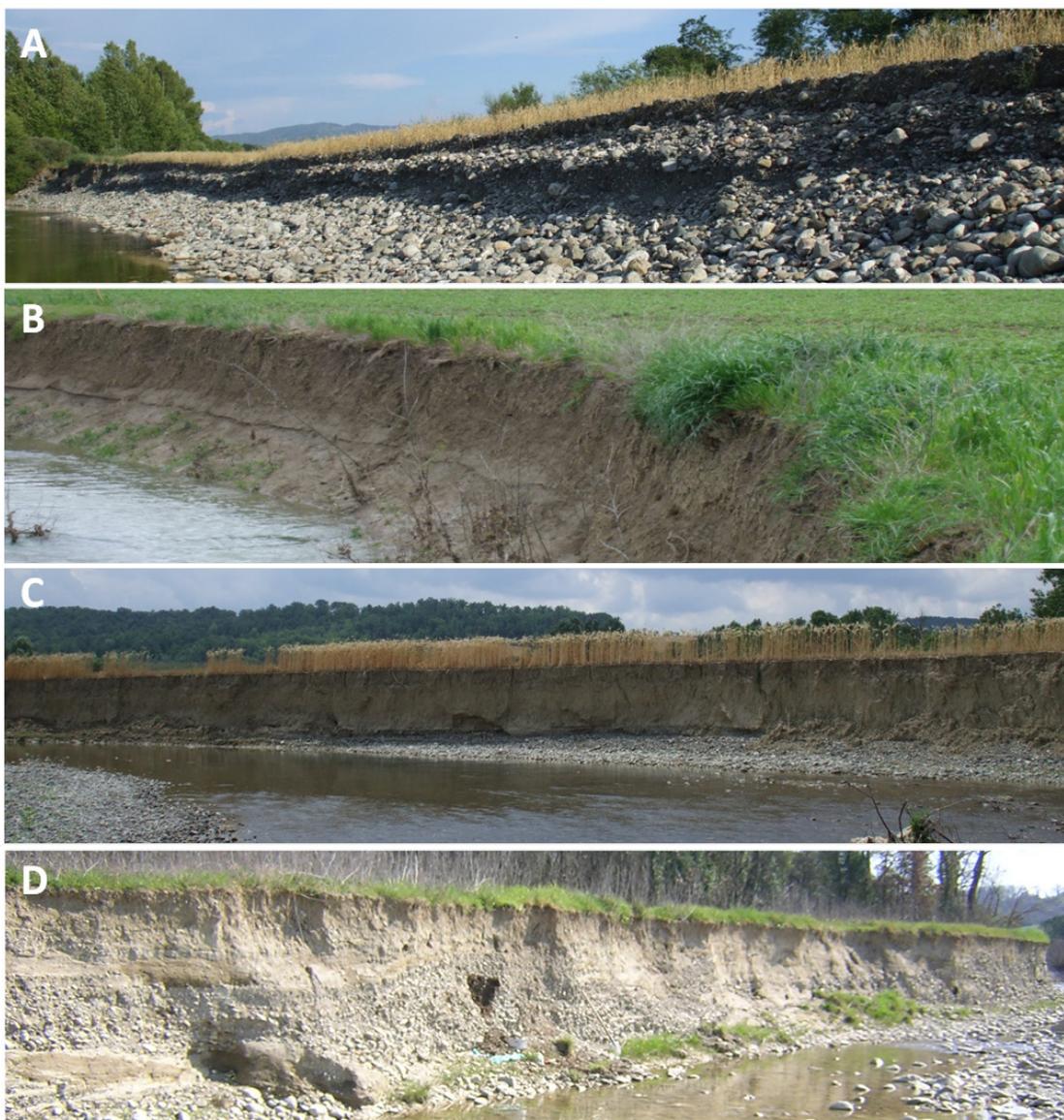
**(d) Con deposito alla base:** morfologia generalmente planare che esibisce un tipico accumulo cuneiforme di sedimento alla base, avente pendenze vicine all'angolo di riposo del sedimento stesso che lo compone, generato da movimenti di massa lungo la parte superiore della sponda. Il deposito non ha effetti diretti sulla stabilità della base della sponda, ma agisce comunque come una protezione, almeno fino a quando non viene rimosso dalla corrente.

**(e) Profilo convesso:** Questa morfologia presenta un profilo curvo convesso. Lungo queste sponde si possono verificare meccanismi gradualmente di movimenti di massa ([Brierley & Fryirs, 2005](#)).

**(f) Profilo concavo:** la sponda presenta un profilo curvo concavo, spesso il risultato di scivolamenti rotazionali. Tale profilo si osserva di frequente in sponde coesive.

**(g) Complessa:** si definisce complessa una sponda a morfologia irregolare, derivante dalla combinazione di due o più delle morfologie precedenti.

*(2) Caratterizzazione del materiale costituente le sponde*



Tipo di sponda in funzione del materiale che la costituisce: (A) Non coesiva; (B) coesiva; (C) composita; (D) multi-strato (Fiume Cecina).

**(A) Non coesiva:** la sponda è interamente composta da materiale granulare (ghiaia, ciottoli, sabbia grossolana) pressoché privo di coesione. La pendenza massima che possono raggiungere tali sponde è uguale all'angolo di riposo del sedimento stesso che la compone. Si possono osservare pendenze superiori nel caso di materiale compattato o parzialmente cementificato ([Nardi et al., 2012](#)), oppure in caso di coesione apparente che si sviluppa in presenza di una matrice di materiale fine.

**(B) Coesiva:** la sponda è interamente composta da materiale coesivo (generalmente limo sabbioso, limo, argilla). Grazie all'effetto delle pressioni interstiziali negative che si sviluppano nella zona insatura, tale sponda può mantenersi stabile anche per pendenze molto elevate (quasi verticali) e altezze rilevanti (dell'ordine di qualche metro).

**(C) Composita:** la sponda è composta da due differenti tipi di materiale: tipicamente si osserva uno strato di materiale granulare non coesivo (generalmente si tratta di precedenti depositi di barra o di canale), a cui si sovrappone uno strato di materiale coesivo (depositi di esondazione). Le sponde composite sono spesso sporgenti, a causa dell'erosione della porzione granulare ad opera della corrente fluviale, che causa la sporgenza dello strato sovrastante coesivo. Inoltre, al confine tra i due strati, è frequente osservare processi di erosione per filtrazione.

**(D) Multi-strato (o stratificata):** in questo caso la sponda è composta da più di due strati diversi di materiale. Come per le sponde composite, esse presentano spesso blocchi sospesi e sporgenti, così come è frequente l'erosione per filtrazione al contatto tra livelli diversi.

### (3) Stato della sponda: stabilità/instabilità

**Sponda in arretramento:** si definisce instabile, o in arretramento, una sponda sulla quale sono attivi uno o più processi erosivi (erosione e/o movimenti di massa). I processi di erosione consistono in un distacco particella per particella e possono includere principalmente erosione fluviale, dilavamento e sifonamento (ossia erosione per filtrazione). I movimenti di massa includono tutti quei meccanismi che provocano il movimento di masse di materiale sotto l'effetto della gravità (ad es., scivolamenti planari, rotazionali, ribaltamenti, ecc.) (Thorne, 1982). Facendo riferimento al concetto di "controllo del punto basale" (Thorne, 1982), una sponda può trovarsi nelle seguenti situazioni: (1) situazione di equilibrio, quando i processi di apporto e rimozione si bilanciano tra di loro (*unimpeded removal*), determinando un arretramento parallelo attraverso il quale la forma della sponda stabilisce una condizione di equilibrio dinamico; (2) l'erosione è tale da comportare una rimozione completa del detrito alla base della sponda ed in alcuni casi è in grado di produrre un abbassamento del fondo, determinando un ulteriore aumento di instabilità (*excess basal capacity*); (3) condizione di accumulo (*impeded removal*), ossia i movimenti di massa apportano materiale alla base della sponda con un tasso superiore rispetto al tasso di rimozione. Quest'ultima condizione prelude ad una situazione di stabilità o eventualmente in avanzamento.

**Sponda stabile:** nessun processo di erosione o deposito è attivo o comunque tale da determinarne una significativa modifica della geometria. In queste condizioni la sponda è spesso vegetata.

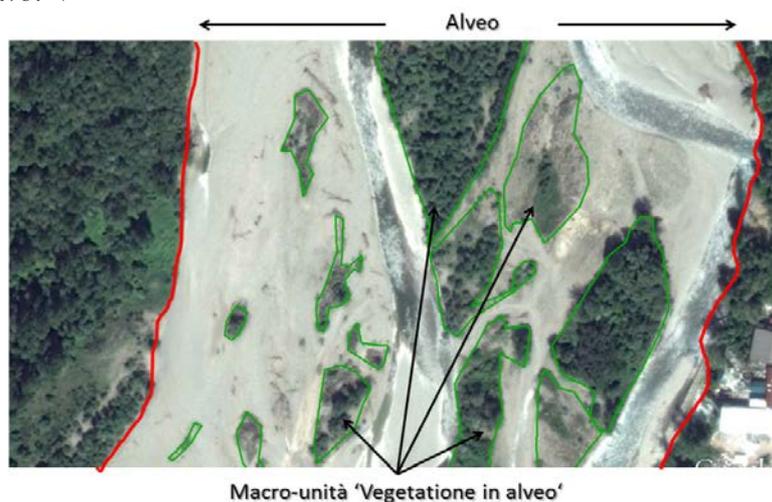
**Sponda in avanzamento:** si definisce in avanzamento una sponda lungo la quale i processi di deposizione prevalgono determinandone un progressivo spostamento verso la sponda opposta.

---

### **MACRO-UNITÀ: VEGETAZIONE IN ALVEO**

La macro-unità vegetazione in alveo include tutte quelle unità, di dimensione significativa (si veda in seguito), caratterizzate da: (i) copertura vegetale su superfici prevalentemente emerse (isole); (ii) depositi legnosi di grandi dimensioni; (iii) vegetazione acquatica ancorata al fondo spesso associata a unità sedimentarie sommerse; (iv) superfici vegetate situate nelle zone marginali dell'alveo (*bench*); (v) sponde vegetate. Mentre per il livello Generale tutta la vegetazione in alveo è inclusa nella stessa macro-unità, a livello Base si distinguono le unità descritte di seguito.

*Codice identificativo: V*



**Figura 7.3** - Esempio di macro-unità “vegetazione in alveo” (V).

## Isola (*island*)

Codice identificativo: VI

### Definizione

Le isole sono unità di alveo caratterizzate da una copertura vegetazionale pluriannuale (erbacea o legnosa) e da altre caratteristiche comuni con le unità di pianura inondabile (ovvero, uno strato di sedimento fine sulla sommità della ghiaia, in alvei a fondo ghiaioso, e la quota topografica leggermente superiore rispetto alla sommità delle barre), ma differiscono da queste in quanto sono completamente circondate da porzioni di alveo attivo, ovvero canale di magra e/o barre. In passato alcuni autori utilizzavano il termine isole vegetate, ma l'aggettivo "vegetate" non è necessario, in quanto le isole per definizione differiscono dalle barre per la presenza di vegetazione stabile. Si noti che in caso di copertura – non importa quanto densa sia – di piante erbacee annuali o biennali su una barra, quest'ultima non viene classificata come unità morfologica "isola", bensì come "barra".

La vegetazione (erbacea pluriannuale, arbusti ed alberi, sia giovani che adulti) non deve obbligatoriamente avere una copertura totale sull'unità isola, in quanto porzioni di sedimento senza vegetazione possono occupare una superficie limitata della stessa (<1/3). L'altezza della vegetazione non è importante, fintanto che è costituita da piante pluriannuali.

Una superficie vegetata all'interno dell'alveo può venire classificata come unità isola se soddisfa le seguenti condizioni: (1) è composta da un numero di piante pluriannuali  $n \geq 3$  individui; (2) ha una dimensione maggiore di circa  $5 \text{ m}^2$ .

Queste regole non devono essere applicate rigidamente, quanto piuttosto fornire un modo per definire in generale la scala spaziale di queste unità. Tuttavia, si noti che singoli alberi non possono venire classificati come isole (per la stessa ragione per la quale un singolo grande masso non rappresenta un'unità di canale, a meno che esso costituisca un'unità a gradino, *step*).

La caratterizzazione delle isole, in termini di tipi di vegetazione (ad es., erbacea vs. legnosa, legnosa pioniera vs. legnosa matura) è effettuata a livello di sotto-tipi di unità (livello Dettaglio).

Le isole si possono formare in seguito a vari processi, quali: (i) colonizzazione delle barre da parte della vegetazione, in presenza di condizioni favorevoli (ad es., sedimento fine, umidità relativa elevata); (ii) accumulo di materiale legnoso con conseguente deposizione di sedimento fine e successiva colonizzazione da parte della vegetazione; (iii) emissione di polloni a partire da alberi o singoli rami caduti in alveo e depositati sulle barre o in direttamente in alveo; (iv) accumulo di sedimento fine sul fondo dell'alveo da parte della vegetazione macrofitica sommersa in alvei a bassa energia, con conseguente aggradazione e ulteriore colonizzazione da parte della vegetazione. In questi casi si parla di isole d'alveo (*mid-channel island*, sensu [Gurnell et al., 2001](#)). Infine le isole possono anche formarsi per avulsione del canale di magra (o dei canali secondari in alveo) all'interno della piana inondabile; in questo caso si parla di isole di piana inondabile (*dissection island*, sensu [Gurnell et al., 2001](#)).

*Termini equivalenti*: isola vegetata o *vegetated island*

*Caratteristiche distintive*: Al fine di essere classificata come unità morfologica (e per distinguerla da una *barra centrale*, *barra alta centrale* o *barra in massi centrale* o parte di esse), la superficie vegetata deve: (1) essere composta da  $n \geq 3$  individui (piante pluriannuali); (2) avere una dimensione maggiore di circa  $5 \text{ m}^2$ ; (3) avere uno strato superficiale di sedimento fine sulla sommità della ghiaia in alvei a fondo ghiaioso; (4) avere una quota topografica leggermente, ma non sempre, superiore rispetto alla sommità delle barre e prossima a quella della pianura; (5) la copertura vegetale non deve essere necessariamente continua; è possibile che sia presente del sedimento senza vegetazione per una superficie limitata dell'unità (<1/3).

*Sotto-tipi (ciascuno con area >5 m<sup>2</sup>)*

**Isola erbacea (*grassy island*)**

*Definizione*

Superficie relativamente ampia dominata da una copertura di vegetazione erbacea o comunque composta da piante erbacee terrestri pluriannuali. Queste isole sono tipiche di corsi d'acqua a bassa pendenza e a fondo sabbioso.



**Isola legnosa giovane (*young woody island*)**

*Definizione*

Isola formata da vegetazione di tipo legnoso (arbusti e alberi) la cui altezza è < 10 m per la maggior parte degli individui. L'altezza della chioma viene considerata come un surrogato dell'età dell'isola, anche se la relazione altezza-età varia in funzione delle specie e delle condizioni ambientali. Per le specie vegetali tipiche dei fiumi europei questo tipo di isole dovrebbe in genere avere individui di età <10-15 anni.



---

**Isola legnosa stabile (*established island*)****Definizione**

Isola formata da vegetazione legnosa (arbusti o alberi) la cui altezza è, per la maggior parte degli individui, 10÷20 m. L'altezza della chioma viene considerata come un surrogato dell'età dell'isola, anche se la relazione altezza-età varia in funzione delle specie e delle condizioni ambientali. Per le specie vegetali tipiche dei fiumi europei questo tipo di isole dovrebbe in genere avere individui di età 10÷20 anni.

**Isola legnosa matura (*mature woody island*)****Definizione**

Isola formata da vegetazione legnosa (arbusti o alberi) la cui altezza è > 20 m per la maggior parte degli individui. L'altezza della chioma viene considerata come un surrogato dell'età dell'isola, anche se la relazione altezza-età varia in funzione delle specie e delle condizioni ambientali. Per le specie vegetali tipiche dei fiumi europei questo tipo di isole dovrebbe in genere avere individui di età maggiore di 20 anni. Nella maggior parte dei corsi d'acqua la vegetazione legnosa delle isole raramente raggiunge un'età superiore ai 50 anni poiché il tasso di *turnover* delle isole (crescita, sviluppo, erosione) è generalmente inferiore ai 50 anni.



### **Isola legnosa complessa (*complex woody island*)**

#### *Definizione*

Isola formata da vegetazione legnosa (arbusti o alberi), con o senza la presenza di porzioni erbacee, organizzati in un mosaico complesso di porzioni di età differente. Queste isole risultano, in genere, dalla coalescenza di varie combinazioni di isole mature, stabili o giovani, attraverso processi di erosione, deposizione e successiva ricolonizzazione e crescita della vegetazione.



### **Accumulo di materiale legnoso grossolano (*large wood jam*)**

*Codice identificativo:* VJ

*Riferimenti:* [Wallerstein et al. \(1997\)](#); [Gurnell et al. \(2002\)](#); [Abbe & Montgomery \(2003\)](#)

#### *Definizione*

Elementi di materiale legnoso grossolano (LW, *Large Wood*), ovvero aventi diametro >10 cm e lunghezza > 1 m depositati in alveo morti o ancora capaci di rigettare. Possono venire classificati

---

come unità morfologica se entrambe le seguenti condizioni vengono soddisfatte: (1) gli elementi di LW sono organizzati in accumuli (*jam*) (numero elementi  $\geq 3$ ); (2) gli accumuli di LW occupano una superficie (un'area che include gli elementi di materiale legnoso e gli spazi vuoti o riempiti da sedimento tra di essi) maggiore di circa 5 m<sup>2</sup>.

Come per le isole, queste regole devono venire impiegate come indicazioni generali. Da notare che un singolo elemento che dà origine ad un gradino (*step*) verrà considerato come unità di canale (*log step*) e non come unità di vegetazione. Un accumulo di LW che determina un'unità di *step*, verrà classificato sia come unità di vegetazione sia come unità di canale.

I sotto-tipi di unità di accumulo di LW sono caratterizzati a livello Dettaglio.

*Termini equivalenti*: sbarramenti di LW; si vedano i sotto-tipi

*Caratteristiche distintive*: Al fine di essere classificata come unità morfologica, l'accumulo di LW deve: (1) essere composto da  $\geq 3$  elementi (aventi diametro  $> 10$  cm e lunghezza  $> 1$  m); (2) avere un'area maggiore di 5 m<sup>2</sup>.

*Sotto-tipi (ciascuno con area >5 m<sup>2</sup>)*

*Riferimenti:* la terminologia impiegata per i sotto-tipi deriva essenzialmente da [Abbe & Montgomery \(2003\)](#). Altri riferimenti: [Wallerstein et al. \(1997\)](#); [Gurnell et al. \(2002, 2014, 2015\)](#)

### **Accumulo di meandro (*meander jam*)**

#### *Definizione*

Questi accumuli di LW si formano in corrispondenza della sponda esterna delle curve (non devono essere meandri in senso stretto). La causa dell'accumulo è la curvatura del flusso, che induce gli elementi di LW galleggiante a venire intrappolati contro la sponda. Queste unità sono tipiche di corsi d'acqua meandrici, ma possono formarsi anche in altre morfologie, dove siano presenti anse a piccolo raggio di curvatura (compresi alvei a fondo roccioso).

*Termini equivalenti:* *counterpoint jam* o accumulo di contromeandro



### **Accumulo di bench (*bench jam*)**

#### *Definizione*

Accumulo di materiale legnoso che si forma lungo la sponda, generalmente in corrispondenza d'irregolarità nel profilo della stessa. Si può creare una barriera fisica al flusso della corrente dietro alla quale si accumula altro materiale legnoso e sedimento fine, fino alla formazione di una *bench* (si veda la definizione di *bench* tra le unità di vegetazione). Foto da [Gurnell et al. \(2014\)](#).



### **Accumulo di apice di barra (*bar apex jam*)**

#### *Definizione*

Accumulo di LW determinato dalla presenza di barre mediane (ovvero barre centrali) che intercettano il materiale legnoso a causa di una diminuzione del tirante. Questi accumuli sono tipici di corsi d'acqua a canali intrecciati, ma si possono osservare ovunque siano presenti barre mediane e basse profondità. Si osserva che le isole pioniere (si veda tra le sub-unità) sono spesso associate ad accumuli di apice di barra. In questo caso gli accumuli devono essere attribuiti a questo sotto-tipo se ci sono evidenze che l'isola si sia formata a partire dell'accumulo stesso; altrimenti, nel caso in cui l'accumulo si è formato a causa dell'azione intrappolante dell'isola, esso viene classificato come *accumulo creato da vegetazione* (si veda tra i sotto-tipi).



### **Accumulo di sommità di barra (*bar top jam*)**

#### *Definizione*

Accumulo di LW che si forma sul corpo principale di qualsiasi tipo di barre, dove il materiale legnoso rimane arenato a seguito della riduzione del tirante durante la fase calante di una piena. Questi accumuli sono tipici di alvei a canali intrecciati e transizionali, ma possono anche venire osservati ovunque ci sia presenza di barre mediane e basse profondità. Le isole possono venire associate ad accumuli di sommità di barra. In questo caso gli accumuli devono essere attribuiti a questo sotto-tipo se ci sono evidenze che l'isola si sia formata a partire dell'accumulo stesso; altrimenti, nel caso in cui l'accumulo si è formato a causa dell'azione intrappolante dell'isola, esso viene classificato come *accumulo creato da vegetazione* (si veda tra i sotto-tipi).



## Sbarramento da accumulo legnoso (*dam jam*)

### Definizione

Accumulo di LW che occupa l'intera larghezza dell'alveo (di magra oppure dell'alveo di piene rive) e forma una sorta di struttura trasversale ("diga") porosa. Nel caso di alvei stretti e confinati, tali accumuli possono occupare l'intera valle (*valley jam* per [Abbe & Montgomery, 2003](#)). Un singolo *step* formato da un solo elemento di LW non può venire classificato sbarramento da accumulo. Negli anni, se l'accumulo è stabile, si verifica deposizione di sedimento a monte dello stesso. Spesso gli sbarramenti da accumulo legnoso sono formati da elementi legnosi di grandi dimensioni trasportati dalla corrente contro piante in piedi presenti in piana inondabile o isole che determinano condizioni di forte stabilità.

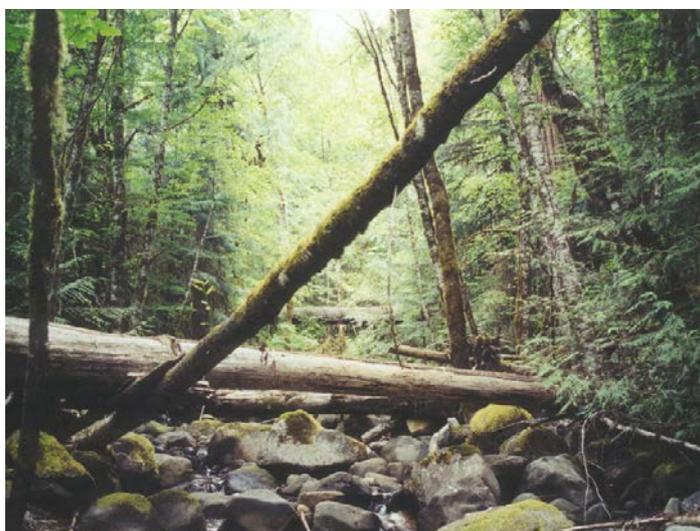
*Termini equivalenti:* diga di detrito o *debris dam*, *channel-spanning jam* (alvei non confinati), *valley jam* (alvei confinati)



## Accumulo da sponda (*bank input jam*)

### Definizione

Accumulo di materiale legnoso originato da uno o più alberi provenienti direttamente dalle sponde, per processi di erosione fluviale o movimenti di massa, che non sono stati successivamente mobilizzati dalla corrente rimanendo *in situ* ([Abbe & Montgomery, 2003](#)). Sono tipici, ma non esclusivi, di alvei montani confinati o parzialmente confinati.



### **Accumulo con deviazione del flusso (*flow deflection jam*)**

#### *Definizione*

Accumulo di LW adiacente a una sponda, depositato obliquamente rispetto al flusso e tipicamente innescato da un grande albero caduto dalla sponda. Rispetto all'accumulo da sponda, l'accumulo con deviazione del flusso si verifica in alvei di maggiori dimensioni, dove l'albero si dispone obliquamente occupando solo una parte della sezione trasversale e determinando l'intrappolamento di altri elementi legnosi trasportati.



### **Accumulo di frana (*landslide jam*)**

#### *Definizione*

Accumulo di LW generato da colate detritiche (*debris flow*) o da altri tipi di movimenti di massa, responsabili del trasporto massivo di materiale legnoso. Questi accumuli sono tipici di alvei montani confinati e possono essere di notevoli dimensioni e piuttosto caotici.

*Termini equivalenti:* questa categoria include accumuli di colate detritiche o *debris flow jams* (alvei confinati), *debris torrent jams* (in alvei confinati a forte pendenza)



---

**Accumulo creato da vegetazione (*vegetation-trapped jam*)****Definizione**

Accumulo di LW causato dall'azione intrappolante di vegetazione (arbusti/alberi) presente in alveo (isole, isole pioniere o piante legnose isolate). Questi accumuli vengono formati in condizioni di portate di piena e possono raggiungere dimensioni molto importanti. Se gli accumuli si estendono per tutta la larghezza dell'alveo, essi vengono classificati come "sbarramento da accumulo legnoso" (si veda sopra).

*Termini equivalenti: flood jams, wood ridge, wood pile*

**Vegetazione acquatica (*aquatic vegetation*)**

*Codice identificativo: VA*

**Definizione**

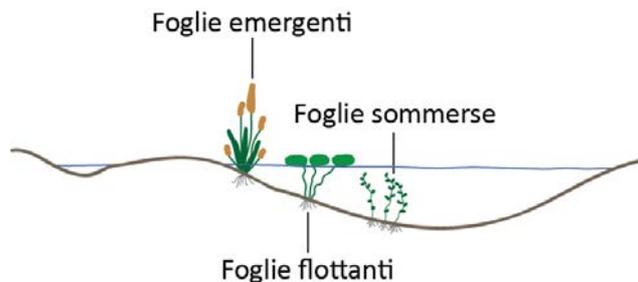
La vegetazione acquatica – quando costituita da piante erbacee pluriannuali ancorate al fondo e con radici sommerse (ad es., canneti, equiseti) – può costituire un'isola quando la sua superficie è maggiore di 5 m<sup>2</sup> e può indurre e supportare la ritenzione di sedimento e lo sviluppo di unità sedimentarie sul fondo dell'alveo (es., *shelves*), soprattutto in corsi d'acqua di bassa energia a fondo sabbioso o a granulometria più fine.

A livello Dettaglio si distinguono i seguenti sotto-tipi, sulla base della sommersione o meno delle foglie (si vedano i sotto-tipi): a foglie sommerse, a foglie flottanti, a foglie emergenti.

*Caratteristiche distintive:* Superficie > 5 m<sup>2</sup> e costituita da piante pluriannuali erbacee, ancorate al fondo e con radici sommerse.



Sotto-tipi (ciascuno con area  $>5\text{ m}^2$ )



### **A foglie flottanti**

#### *Definizione*

Vegetazione acquatica costituita da piante erbacee pluriannuali ancorate al fondo e con radici sommerse e foglie flottanti. Le foglie sono generalmente ampie, rigide o coriacee, e piuttosto flessibili.

### **A foglie sommerse**

#### *Definizione*

Vegetazione acquatica costituita da piante erbacee pluriannuali ancorate al fondo e con radici e foglie sommerse. Le foglie sono generalmente sottili, strette e molto flessibili.

### **A foglie emergenti**

#### *Definizione*

Vegetazione acquatica costituita da piante erbacee pluriannuali ancorate al fondo e con radici sommerse e foglie aeree. Le foglie sono generalmente simili a quelle tipiche delle piante terrestri che si trovano nelle vicinanze.

## **Bench (berm o shelf) (“berma”)**

Codice identificativo: VB

Riferimenti: [Hupp & Osterkamp \(1996\)](#); [Brierley & Fryirs \(2005\)](#); [Rinaldi \(2008\)](#); [Surian et al. \(2009b\)](#); [Gurnell et al. \(2012, 2014\)](#); [Gurnell \(2014\)](#)

### *Definizione*

Con il termine *bench*, o *berm* o *shelf* (in italiano “berma”), si indicano quelle superfici orizzontali o leggermente convesse, di larghezza relativamente ridotta e vegetate, depositate ai margini dell’alveo in una posizione intermedia tra le barre e la piana inondabile (se presenti).

Questi vari termini vengono spesso impiegati con significati leggermente diversi, e non esiste ad oggi in letteratura un pieno consenso. Ai fini del *SUM*, queste unità sono quindi incluse in uno stesso gruppo ed indicate genericamente con il termine *bench*, ma si può optare anche per il riconoscimento dei numerosi sotto-tipi a seconda dei casi, come di seguito descritto.

Una chiara distinzione tra i termini *bench*, *berm* e *shelf* è riportata da [Gurnell \(2014\)](#) e [Gurnell et al. \(2012; 2014\)](#) sulla base del grado di sviluppo della superficie e del grado di sommersione della vegetazione sulla stessa. Secondo tali autori, si tratta di superfici che si osservano solitamente lungo una o entrambe le sponde di corsi d’acqua a canale singolo sinuosi o meandriciformi di bassa energia, originate dalla deposizione di sedimento fine favorita dallo sviluppo di macrofite emergenti. Queste ultime svolgono una fondamentale azione di intrappolamento e di conseguente stabilizzazione e creazione della superficie fino alla colonizzazione da parte di specie riparie. A seconda del grado di sviluppo e di sommersione o emersione delle macrofite, si distinguono i seguenti casi (si vedano i sotto-tipi): (i) *shelf* sommersa, nel caso la superficie sia costantemente sotto il livello di magra; (ii) *shelf emergente* o *berm*, nel caso in cui la superficie si trovi all’incirca alla stessa quota del livello di magra; (iii) *bench* nel caso in cui la superficie emerga completamente rispetto al livello di magra. Le radici esposte di alberi possono contribuire alla costruzione di queste superfici a seguito dell’intercettazione di sedimento fine (*tree-induced bench*, [Gurnell et al., 2014](#)). Inoltre, il materiale legnoso può esercitare un importante controllo sulla creazione di *bench* lungo le sponde ([Camporeale et al., 2013](#); *bench jams* secondo [Abbe & Montgomery, 2003](#), classificate tra gli accumuli di materiale legnoso grossolano), le quali possono formare superfici sempre più elevate fino eventualmente a raccordarsi con la piana inondabile. In tutti questi casi, il legname, le radici o le piante acquatiche forniscono un substrato favorevole alla ritenzione e stabilizzazione di sedimento.

Tali termini sono anche utilizzati in altri casi per indicare superfici generate dal restringimento dell’alveo (*channel narrowing*; [Brierley & Fryirs, 2005](#); [Hupp & Rinaldi, 2007](#)). Nel caso di alvei incisi, le *bench* o *berm* possono derivare da barre relitte, che sono state abbandonate a causa di incisione e restringimento, e in questi casi costituire superfici intermedie tra barre e piana inondabile, o anche tra piana inondabile moderna e terrazzo ([Hupp & Rinaldi, 2007](#)). Secondo [Brierley & Fryirs \(2005\)](#), *bench* è indicativa di contrazione dell’alveo, mentre si preferisce il termine *ledge* quando la superficie è associata a espansione dell’alveo (si vedano i sotto-tipi).

Inoltre, [Brierley & Fryirs \(2005\)](#) definiscono due ulteriori sotto-tipi di *bench* sulla base della loro posizione all’interno dell’alveo (*point bench*; *concave bank bench*; si vedano i sotto-tipi).

[Hupp & Osterkamp \(1996\)](#) descrivono come *shelf* una superficie orizzontale o leggermente inclinata che normalmente si trova tra la rottura di pendenza della sponda e il limite inferiore della vegetazione legnosa permanente che delimita l’alveo. Per questi autori lo *shelf* si sviluppa di preferenza lungo tratti a pendenza piuttosto elevata, dove lo sviluppo esteso sia di una piana inondabile che di uno *shelf* lungo lo stesso tratto è rara, anche se esse non si escludono del tutto.

Infine, le *bench* sono anche attribuite a processi di instabilità delle sponde, quali il verificarsi di movimenti di massa e la formazione di una *slump bench* o *subsidence bench*, e/o all’azione erosiva e abrasiva del ghiaccio sulle sponde stesse o sul fondo (*ice abrasion bench* e *ice ploughing bench*, rispettivamente) di corsi d’acqua nord europei di bassa energia ([Kling, com. pers.](#); si vedano i sotto-tipi).

*Termini equivalenti:* si vedano i sotto-tipi

*Caratteristiche distintive:* rispetto alla piana inondabile queste superfici sono generalmente più strette e discontinue e si trovano ai margini dell'alveo, ai piedi delle sponde; in alcuni casi possono evolvere fino a formare una continuazione della piana inondabile, mano a mano che la vegetazione trattiene sedimenti.

*Sotto-tipi*

*Riferimenti:* [Hupp & Osterkamp \(1996\)](#); [Gurnell \(1997, 2014\)](#); [Brierley & Fryirs \(2005\)](#); [Gurnell et al. \(2012, 2014\)](#)

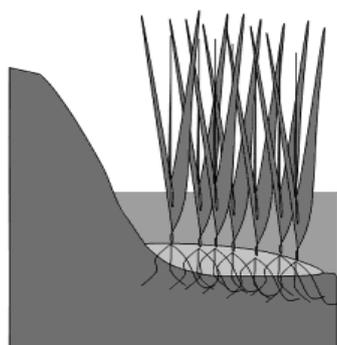
### **Shelf sommerso**

*Definizione*

Si tratta di una superficie sommersa in condizioni idrometriche di magra, situata all'interno dell'alveo in posizione intermedia tra il canale di magra e la pianura alluvionale, la cui formazione è indotta dalla presenza di vegetazione acquatica. Può inoltre formarsi a seguito dell'azione intrappolante da parte di radici di piante legnose sommerse (*tree-induced shelf*) che causano l'accumulo di sedimento fine. In quest'ultimo caso la *shelf* sommersa può formarsi anche in conseguenza di processi erosivi che determinano l'esposizione delle radici, ma è difficile identificare l'equilibrio esatto tra deposizione, ritenzione e erosione senza considerare il contesto geomorfologico nel quale si trova la superficie stessa.

Una *shelf* sommersa è indicativa di migrazione o restringimento dell'alveo (ovvero si osservano lungo una o entrambe le sponde) in fiumi a canale singolo, sinuosi o meandrici, di bassa energia.

(a)



(b)



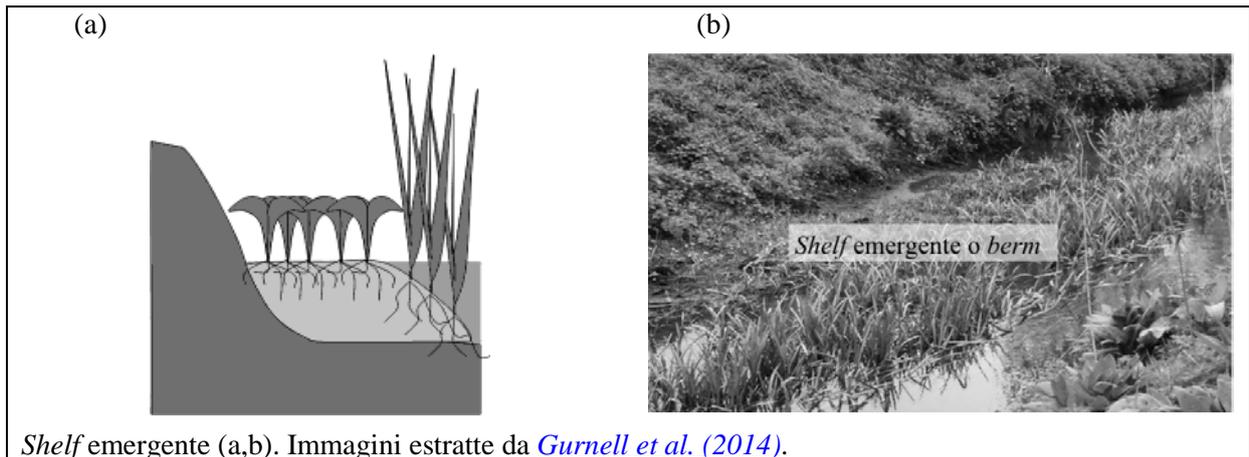
*Shelf sommersa (a,b).* Immagini estratte da [Gurnell et al. \(2014\)](#).

### **Shelf emergente o berm**

*Definizione*

Si tratta di una unità situata all'interno dell'alveo in posizione intermedia tra il canale di magra e la pianura alluvionale, alla stessa altezza topografica del canale di magra, la cui formazione è indotta dalla presenza di vegetazione. È abbastanza comune lungo una o entrambe le sponde in alvei a canale singolo, sinuosi o meandrici, di bassa energia, spesso colonizzata da vegetazione tipica di zone umide a seguito di sedimentazione a partire da una *shelf* sommersa.

Come per la *shelf* sommersa, una *berm* può inoltre formarsi a seguito dell'azione intrappolante da parte di radici di piante legnose sommerse (*tree-induced berm*) che causano l'accumulo di sedimento fine. In quest'ultimo caso la *shelf* emergente può formarsi anche in conseguenza di processi erosivi che determinano l'esposizione delle radici, ma è difficile identificare l'equilibrio esatto tra deposizione, ritenzione e erosione senza considerare il contesto geomorfologico nel quale si trova la superficie stessa.



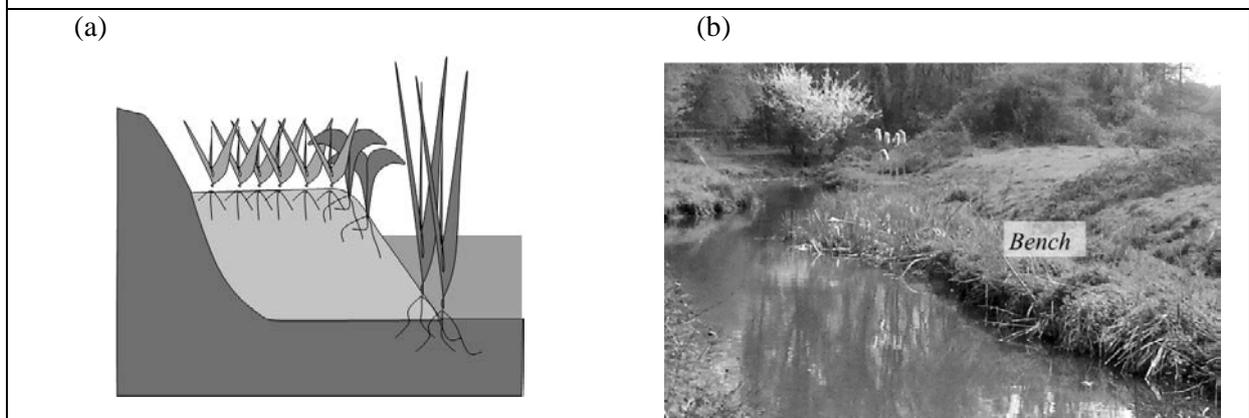
*Shelf emergente* (a,b). Immagini estratte da [Gurnell et al. \(2014\)](#).

***Bench (sensu stricto)***

*Definizione*

Si tratta di una superficie situata all'interno dell'alveo in posizione intermedia tra il canale di magra e la pianura inondabile, completamente emersa in condizioni di magra e colonizzata da specie riparie a seguito di sedimentazione di una *berm (shelf emergente)*. È abbastanza comune lungo una o entrambe le sponde in alvei a canale singolo, sinuosi o meandrici, di bassa energia.

Come per la *shelf* sommersa e la *berm (shelf emergente)*, una *bench (s.s.)* può inoltre formarsi a seguito dell'azione intrappolante da parte di radici di piante legnose sommerse (*tree-induced bench*) che causano l'accumulo di sedimento fine. In quest'ultimo caso la *bench* può formarsi anche in conseguenza di processi erosivi che determinano l'esposizione delle radici, ma è difficile identificare l'equilibrio esatto tra deposizione, ritenzione e erosione senza considerare il contesto geomorfologico nel quale si trova la superficie stessa.

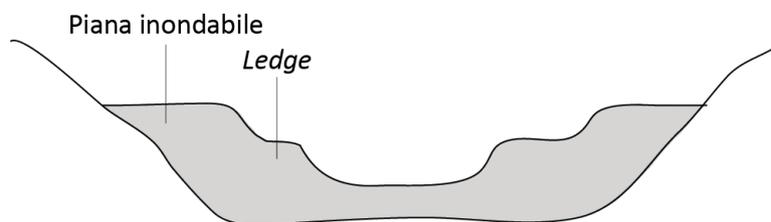


*Bench (sensu stricto)* (a,b). Immagini estratte da Immagini estratte da [Gurnell et al. \(2014\)](#).

## Ledge

### Definizione

Secondo [Brierley & Fryirs \(2005\)](#), questa superficie è indicativa di allargamento o incisione dell'alveo, mentre una *bench* (s.s.) si forma a seguito di restringimento dell'alveo in fiumi precedentemente allargati. A differenza delle *benches*, le *ledges* sono composte dalla stesso materiale della pianura alluvionale.

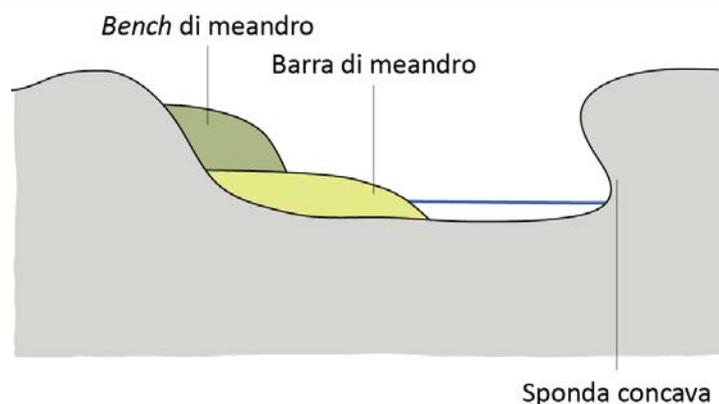


Ledge (schema modificato da [Brierley & Fryirs, 2005](#)).

## Bench di meandro (*point bench*)

### Definizione

*Bench* che si sviluppa in corrispondenza della sponda convessa di un alveo meandriforme, in posizione sopraelevata rispetto alla barra di meandro. Presenta morfologia arcuata e superficie piana. Il sedimento presenta accrescimento verticale e/o obliquo (intercalazione di sabbie e limo) a indicare migrazione laterale lenta oppure accrescimento laterale in corrispondenza di una sponda erosa. Tuttavia in alcuni casi una *bench* di meandro può semplicemente rappresentare l'evoluzione di una barra di meandro, dove la vegetazione ha interagito con il flusso intrappolando sedimento fine con conseguente aggradazione. Questa superficie viene in seguito rimodellata dai processi fluviali, creando il classico profilo di *bench* descritto sopra, ovvero costituendo un prolungamento della barra di meandro in corrispondenza della curva di meandro in migrazione.



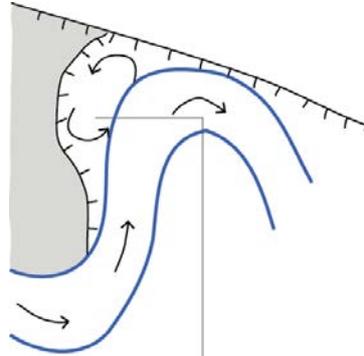
Bench di meandro (schema modificato da [Brierley & Fryirs, 2005](#)).

## Bench di sponda concava (*concave bank bench*)

### Definizione

Si forma in corrispondenza della sponda concava di curve strette lungo tratti confinati o in presenza di ostacoli al deflusso (ad es., accumuli legnosi), a seguito della formazione di correnti secondarie durante eventi di piena. In ogni caso nessuna di queste condizioni è necessaria alla formazione della superficie che è spesso caratterizzata da sedimento più fine e più ricco in materiale organico rispetto a una *bench* di meandro per uno stesso alveo. Spesso è caratterizzata dalla presenza di un cordone (*ridge*, si veda la definizione tra le sub-unità) situato in posizione centrale parallelamente al canale di magra. Spesso si trova inserita a contatto con la piana inondabile. È composta prevalentemente da materiale fine (intercalazioni di sabbia, limo, argilla) e materiale organico.

In corsi d'acqua meandriformi, queste superfici possono formarsi a partire da accumuli legnosi (o interi alberi) che si depositano all'interno della zona di bassa corrente a monte della curva di meandro in corrispondenza della sponda concava (*counterpoint* o *meander jam*, classificato tra gli accumuli di materiale legnoso grossolano). Il deposito associato è caratterizzato da sedimento fine e presenza significativa di materiale organico, tra cui piccole parti di legname.



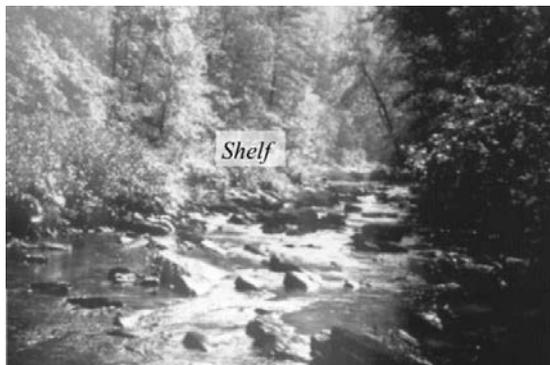
**Bench di sponda concava**

*Bench di sponda concava* (schema modificato da [Brierley & Fryirs, 2005](#)).

## ***Shelf***

### *Definizione*

Si tratta di una superficie orizzontale o leggermente inclinata che normalmente si trova tra la rottura di pendenza della sponda e il limite inferiore della vegetazione legnosa permanente che delimita l'alveo. Lo *shelf* si sviluppa di preferenza lungo tratti a pendenza piuttosto elevata, dove lo sviluppo esteso sia di una piana inondabile che di uno *shelf* lungo lo stesso tratto è rara, anche se esse non si escludono del tutto. Questa superficie è generalmente associata a vegetazione, ma si manifesta in maniera molto più discontinua e irregolare rispetto alle *shelf-berm-bench* osservate in corsi d'acqua di bassa energia il cui sviluppo dipende interamente dalla presenza di vegetazione.



Esempio di *shelf* come definita da [Hupp & Osterkamp \(1996\)](#) lungo un corso d'acqua a pendenza elevata (Torrente Passage, USA).

## ***Slump bench***

### *Definizione*

La formazione di una *slump bench* è attribuita a processi di sponda (movimenti di massa). Viene comunemente osservata lungo corsi d'acqua nord europei di bassa energia, soprattutto in alvei meandrici su suoli argillosi. In questi corsi d'acqua la morfologia meandrica è associata a scivolamenti e crolli lungo le sponde, e la migrazione dei meandri avviene a scatti. La maggior parte dei movimenti di massa si verifica lungo la sponda esterna e in alcuni casi anche tra due meandri. Una volta che la superficie viene colonizzata da vegetazione risulta difficile distinguerla da altri tipi di *bench* sopra descritti (ovvero, formati da processi di erosione o di deposizione).

*Termini equivalenti: subsidence bench, slide bench*



*Slump bench* in un corso d'acqua di bassa energia nel nord della Svezia (foto: J. Kling).

## ***Ice abrasion e ice ploughing bench***

### *Definizione*

Questa superficie si forma grazie all'effetto erosivo e abrasivo del ghiaccio lungo le sponde (*ice abrasion bench*) o sul fondo (*ice ploughing bench*) dell'alveo. Questo tipo di unità viene comunemente osservato lungo corsi d'acqua nord europei di bassa energia laddove vi sia una consistente formazione di ghiaccio durante l'inverno. In primavera, durante gli eventi di piena, grandi volumi di ghiaccio possono distaccarsi e migrare rapidamente verso valle, causando una significativa erosione dell'alveo.

*Termini equivalenti: ice scouring bench*



*Ice abrasion bench* in un corso d'acqua di bassa energia del nord della Svezia (foto: Åsa Widén).

---

## Sponda vegetata

*Codice identificativo:* VK

*Riferimenti:* [Thorne \(1982\)](#), [Thorne \(1999\)](#)

### *Definizione*

Una sponda vegetata ha le stesse caratteristiche di una sponda non vegetata ma è caratterizzata dalla presenza significativa di vegetazione, ossia ricoprente una superficie di almeno 5 m<sup>2</sup>.

Come per le sponde non vegetate, a livello Dettaglio le sponde vegetate possono venire caratterizzate ulteriormente sulla base: (1) della morfologia della sponda; (2) del materiale; (3) dello stato (stabilità/instabilità). Per l'ultimo aspetto, la presenza di una consistente copertura vegetale denota in genere condizioni di stabilità, in assenza di altre evidenze di movimenti di massa.

*Termini equivalenti:* riva vegetata, *vegetated streambank*, *vegetated riverbank*

*Caratteristiche distintive:* rispetto alle sponde non vegetate la presenza di vegetazione è significativa. Il criterio per distinguere una sponda vegetata da una non vegetata è lo stesso individuato per le isole e la vegetazione acquatica, ovvero essere occupata da vegetazione per una superficie di almeno 5 m<sup>2</sup>.



Sponde vegetate stabili (su entrambi i lati).

---

### 7.1.2 Unità di Pianura Alluvionale

In questa categoria sono incluse tutte le superfici morfologiche situate sulla pianura alluvionale e delimitate dai versanti o da terrazzi antichi.

#### **MACRO-UNITÀ: ZONA RIPARIALE**

Questa macro-unità include tutte le superfici presenti nella pianura alluvionale che sono direttamente interessate dai vari processi fluviali (ad es., mobilità laterale, inondazioni) e, di norma, caratterizzate da vegetazione spontanea o comunque che si trovano in **condizioni relativamente naturali** (ad esempio nel caso di corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione). Le zone agricole o urbanizzate sono quindi escluse. Le unità di pianura necessitano spesso di essere riconosciute sul terreno a causa delle loro ridotte differenze di quota (ad es., piana inondabile e terrazzi recenti).

*Codice identificativo:* F



**Figura 7.4** - Esempio di macro-unità “zona ripariale” (F).

**Piana inondabile (s.s. o attiva o moderna) (*modern floodplain*)**

Codice identificativo: FF

Riferimenti: [Hupp & Osterkamp \(1996\)](#); [Simon & Castro \(2003\)](#)

*Definizione*

La piana inondabile (s.s. o attiva o moderna) è una superficie alluvionale piana, contigua all'alveo, generata da accrescimento laterale e verticale durante le attuali condizioni di regime. Un corso d'acqua che si trova in condizioni di equilibrio dinamico costruisce una piana inondabile che viene generalmente inondata da portate appena superiori quella formativa (ovvero con tempi di ritorno dell'ordine di 1÷3 anni).

Nella maggior parte dei casi in cui l'alveo abbia subito variazioni di quota del fondo in tempi storici, queste superfici occupano una piccola parte dell'intera pianura alluvionale. Può coincidere con l'intera pianura alluvionale nel caso di corsi d'acqua caratterizzati da una stabilità altimetrica in tempi storici, e quando tale superficie si presenta a uno stesso livello topografico. Nel caso esistano più superfici alluvionali a diversi livelli topografici, quella situata a quote inferiori è classificata come piana inondabile, mentre quelle a quote superiori sono classificate come terrazzi recenti.

La piana inondabile è riconoscibile sul terreno in base alle seguenti evidenze: (1) continuità morfologico - topografica con le superfici di deposizione (barre laterali) in alveo; (2) copertura di materiale di esondazione più fine rispetto al sedimento che caratterizza il canale e le barre; (3) copertura totale o quasi di vegetazione, con presenza significativa di vegetazione arborea (dove la vegetazione non sia stata rimossa o modificata dall'intervento dell'uomo); (4) evidenze di frequenti inondazioni (soprattutto materiale legnoso che marca il livello raggiunto da recenti piene). La vegetazione (erbacea pluriennale, arbusti ed alberi, sia giovani che adulti) non deve obbligatoriamente avere una copertura totale sull'unità isola, in quanto porzioni di sedimento senza vegetazione possono occupare una superficie limitata della stessa. Si ricorda che non sempre tali evidenze sono tutte presenti contemporaneamente. Per esempio, si possono avere casi di terreni coltivati a ridosso dell'alveo privi di vegetazione riparia che possono costituire una piana inondabile qualora l'alveo non sia inciso; viceversa si possono avere superfici vegetate corrispondenti a terrazzi.

*Termini equivalenti:* piana inondabile attiva o moderna, *active floodplain*, *genetic floodplain*

*Caratteristiche distintive:* rispetto alle *barre*, *barre alte* o *barre in massi laterali*, la piana inondabile è caratterizzata da una copertura di sedimento più fine e da copertura totale o quasi di vegetazione (si tratta delle analoghe caratteristiche che permettono di distinguere un'isola da una barra centrale); rispetto alla *bench*, una piana inondabile è generalmente più ampia e continua (a meno che non si trovi in una condizione di formazione incipiente); rispetto ai terrazzi recenti essa si trova a quote topografiche minori e viene inondata da piene aventi tempo di ritorno più basso (in genere 1÷3 anni).

(a)



(b)



(a) Piana inondabile vegetata (ben visibile sul lato sinistro della foto; sul lato destro si scorge la piana inondabile in continuità con la barra laterale in primo piano, ma comunque più elevata rispetto a quest'ultima). (b) Piana inondabile (entrambi i lati: caratterizzata da copertura vegetale erbacea ma assenza di vegetazione arborea a causa dell'attività agricola).

## Terrazzo recente (*recent terrace*)

Codice identificativo: FT

Riferimenti: [Hupp & Osterkamp \(1996\)](#); [Simon & Castro \(2003\)](#)

### Definizione

Il terrazzo recente (o moderno) è una superficie pianeggiante che rappresenta una precedente piana inondabile diventata terrazzo a causa di una recente incisione dell'alveo (in genere durante gli ultimi 100 – 200 anni). Si tratta di una superficie che viene inondata con tempi di ritorno superiori a 3 anni, ossia maggiori rispetto a quelli che tipicamente interessano una piana inondabile moderna ([Hupp & Osterkamp, 1996](#)).

Spesso si possono trovare più superfici, situate a diversi livelli topografici, che possono essere classificate come terrazzi; in questo caso si assegna un ordine ai vari livelli (in numeri romani, crescente dal più basso al più alto).

Termini equivalenti: terrazzo moderno, *low terrace*

Caratteristiche distintive: rispetto alla piana inondabile, un terrazzo recente si trova a quote topografiche superiori e viene inondato da piene aventi tempi di ritorno maggiore (>3 anni).

(a)



(b)



(a) Terrazzo recente (superficie alberata a sinistra delimitata dalla sponda) dovuto a incisione dell'alveo. (b) Terrazzo recente coltivato delimitato da una sponda circa verticale e coesiva.

## Scarpata (*scarp*)

*Codice identificativo:* FS

### *Definizione*

Questo termine viene impiegato per indicare vari tipi di superfici inclinate incluse nella pianura alluvionale che non sono direttamente in contatto con l'alveo (in tal caso sarebbero classificate come sponde e incluse tra le unità di alveo). La superficie che separa un terrazzo recente da una piana inondabile è quindi classificata come scarpata. Un altro esempio è costituito dalle scarpate di meandro (*meander scars*), ovvero superfici inclinate lasciate nella piana inondabile dalla progressione del meandro.

*Caratteristiche distintive:* rispetto alle sponde, le scarpate sono situate nella pianura alluvionale e non a contatto con l'alveo.



Scarpata (Fiume Cecina, Foto: G. Consoli).

## Argine naturale (*levée*)

Codice identificativo: FL

### Definizione

Un argine naturale è una superficie deposizionale rialzata e allungata situata al di sopra della piana inondabile e adiacente all'alveo, usualmente costituita da sedimento alluvionale più grossolano (in genere più fine del materiale costituente il fondo dell'alveo e le sponde) depositato da piene superiori a quelle a piene rive. Queste superfici si trovano più frequentemente in corrispondenza delle sponde concave. Si può osservare una cresta, alla sommità dell'argine, qualche metro più elevata rispetto alla piana inondabile oppure, laddove la maggior parte del sedimento trasportato è fine, può essere assente o impercettibile.

*Caratteristiche distintive:* si identifica rispetto alla piana inondabile per essere leggermente in rilievo rispetto a quest'ultima e per la tipica contro-pendenza allontanandosi dall'alveo.

Strato più spesso di sedimento  
più grossolano depositato ai  
margini dell'alveo



Strato più sottile di sedimento più  
fine depositato sulla pianura  
alluvionale

Argine naturale.

---

**Depositi di esondazione (*overbank deposits*)**

*Codice identificativo:* FD

*Riferimenti:* [Brierley & Fryirs \(2005\)](#); [Fryirs & Brierley \(2013\)](#)

*Definizione*

Con questo termine si indicano una serie di forme deposizionali costituite da sedimenti depositatisi nelle adiacenze dell'alveo in occasione di piene che generano un'esondazione sulla pianura.

*Termini equivalenti:* si vedano i sotto-tipi



Depositi di esondazione (Fiume Cecina, Foto: G. Consoli).

*Sotto-tipi*

Riferimenti: [Brierley & Fryirs \(2005\)](#); [Fryirs & Brierley \(2013\)](#)

### **Deposito di rotta (*crevasse splay*)**

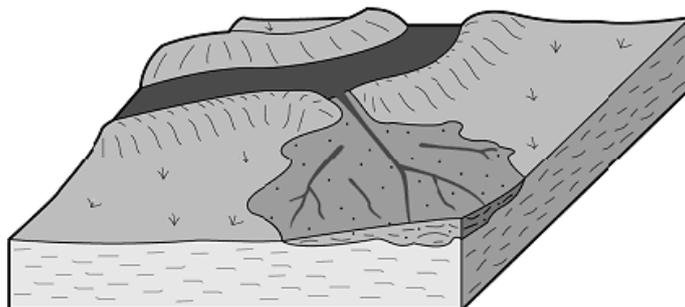
#### *Definizione*

Si tratta di una superficie lobata o a forma di piccolo delta o conoide composta da materiale relativamente grossolano (ghiaia, sabbia) via via più fine allontanandosi dall'alveo. Si forma a partire da un punto di esondazione, generalmente una breccia formatasi lungo gli argini naturali. Esso può essere inciso da numerosi piccoli canali distributori ramificati che scaricano le acque di piena nella piana inondabile.

Rispetto agli altri depositi originatesi da eventi di esondazione, i depositi di rotta si osservano soprattutto in presenza di argini naturali.

Si preferisce il termine *floodout* nel caso in cui il deposito si forma non in corrispondenza di rotture negli argini naturali, ma in un punto nel quale, durante un evento di piena, il letto dell'alveo raggiunge la quota della piana inondabile.

*Termini equivalenti:* ventaglio di rotta, *crevasse channel-fill*, *floodout*



Deposito di rotta (Fonte: [http://www.geodz.com/deu/d/crevasse\\_splay](http://www.geodz.com/deu/d/crevasse_splay)).

### **Cuneo sabbioso (*sand wedge*)**

#### *Definizione*

Deposito sabbioso con sezione trasversale a forma di cuneo, localizzato ai margini dell'alveo in assenza di argini naturali. Si forma generalmente in sistemi ad energia da moderata ad alta.

### **Deposito tabulare sabbioso (*sand sheet*)**

#### *Definizione*

Deposito piatto, tabulare ed ampio lateralmente, che si forma in assenza di argini naturali. Il deposito è generalmente uniforme in termini di spessore, tessitura e struttura interna. È spesso associato a deposizione rapida di sedimento del letto fluviale sulla piana inondabile, durante eventi di piena estremi. Si differenzia dagli altri depositi per la forma, l'estensione e l'uniformità nello spessore.

## Cordoni e solchi (*ridges and swales*)

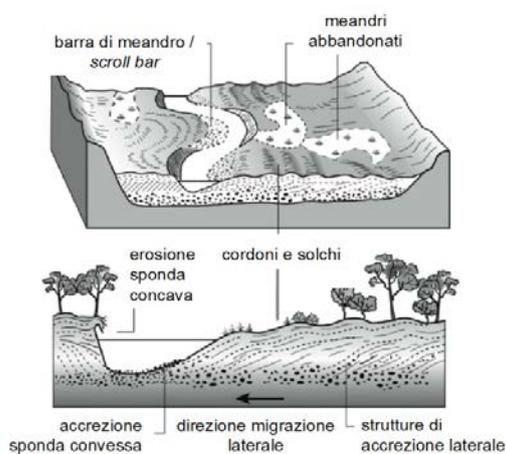
Codice identificativo: FR

### Definizione

Si tratta di superfici arcuate formate da un'alternanza di creste (cordoni o *ridges*), ossia depositi allungati sopraelevati, e depressioni (solchi o *swales*) che sono state incorporate nella piana inondabile. Essi marciano le fasi di accrescimento di una barra di meandro alla sua sommità (o *scroll bars*, si veda la definizione tra le sub-unità) sulla sponda convessa in contemporanea all'avanzamento del meandro stesso.

*Caratteristiche distintive:* Rispetto ai depositi di esondazione, si caratterizzano per la tipica superficie ondulata.

(a)



(b)



Cordoni e solchi (a, b). In (a) schema modificato da [Brierley & Fryirs \(2005\)](#).

### Isola di piana inondabile (*floodplain island*)

*Codice identificativo:* FI

#### *Definizione*

In alvei a morfologia *anabranching*, si classificano isole di piana inondabile quelle superfici di grandi dimensioni che separano i singoli rami (o *anabranches*). Queste superfici non sono necessariamente caratterizzate da una copertura continua e densa di vegetazione (come per le isole in alveo), ma il tipo di sedimento è in genere più fine rispetto al materiale del fondo dell'alveo e assimilabile quindi a depositi di piana inondabile. Anche la loro quota topografica elevata le rende assimilabili alla piana inondabile. Queste isole possono essere formate da aggradazione e successiva unione di isole pioniere e barre centrali all'interno dell'alveo (*building island*; [Gurnell et al., 2001](#)), oppure a partire dalla pianura alluvionale in seguito ad avulsione del canale di magra (*floodplain dissection island*; [Gurnell et al., 2001](#)).

*Termini equivalenti:* *established island* ([Gurnell et al., 2001](#))

*Caratteristiche distintive:* rispetto alla maggior parte delle unità isole d'alveo, queste isole sono più grandi e a causa della quota topografica elevata non sono attribuibili all'alveo.



Isole di piana inondabile.

### Isola terrazzata (*terrace island*)

*Codice identificativo:* FN

#### *Definizione*

Si possono trovare isole terrazzate (localmente) in alvei a morfologia *anabranching*, laddove l'incisione dell'alveo abbia dato origine a superfici più alte rispetto alla piana inondabile (si vedano le caratteristiche dei terrazzi recenti).

*Caratteristiche distintive:* rispetto alle *isole di piana inondabile*, le isole terrazzate sono topograficamente più alte e vengono inondate da piene con tempi di ritorno maggiori (>3 anni) (le caratteristiche distintive sono cioè analoghe a quelle tra piana inondabile e terrazzo recente).

### Canale secondario (di pianura) (*secondary channel*)

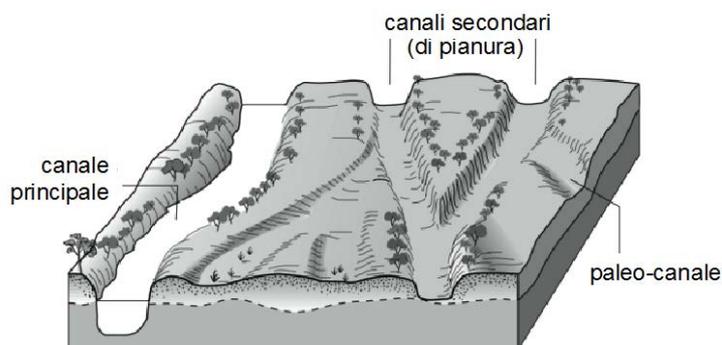
Codice identificativo: FC

#### Definizione

Si tratta di superfici d'erosione che convogliano occasionalmente il flusso d'acqua durante eventi di piena, oppure possono essere interessati da flusso continuo ma hanno dimensioni nettamente inferiori rispetto al canale di magra situato all'interno dell'alveo e sono localizzati all'esterno di quest'ultimo. I canali secondari di pianura separano in genere porzioni di piana inondabile. Questi canali possono trovarsi sia in corsi d'acqua a canale singolo che transizionali o a canali intrecciati.

Termini equivalenti: si vedano i sotto-tipi

Caratteristiche distintive: rispetto ai canali secondari situati all'interno dell'alveo, essi si trovano sulla pianura alluvionale e ad una certa distanza dall'alveo.



Canali secondari (di pianura) (modificato da [Nanson & Croke, 1992](#) e da [Brierley & Fryirs, 2005](#)).

#### Sotto-tipi

### Canale secondario di piena (*flood channel o flood runner*)

Riferimenti: [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

#### Definizione

È un canale subsidiario che viene interessato da flusso d'acqua solo in occasione di piene di una certa entità (almeno superiori alla portata ad alveo pieno, ossia portate che cominciano ad interessare la piana inondabile). Può trovarsi in posizione retrostante rispetto agli argini naturali eventualmente presenti (si veda schema relativo all'argine naturale). Quando si tratta di una traccia di canale meno evidente, interessata ancora più occasionalmente da flussi di piena (ossia con tempi di ritorno superiori), si utilizza anche il termine *flood runner*.

Termini equivalenti: *flood runner, back channel*

### Canale abbandonato (*abandoned channel*)

#### Definizione

Si indica genericamente come canale abbandonato un canale inattivo situato sulla piana inondabile, lasciato su di essa a causa di processi di variazione di tracciato (avulsioni o tagli di meandro). Esso può essere riempito parzialmente o totalmente da sedimenti ed anche venire occasionalmente inondato durante eventi di piena maggiori.

Termini equivalenti: ramo abbandonato, canale/ramo secondario inattivo

---

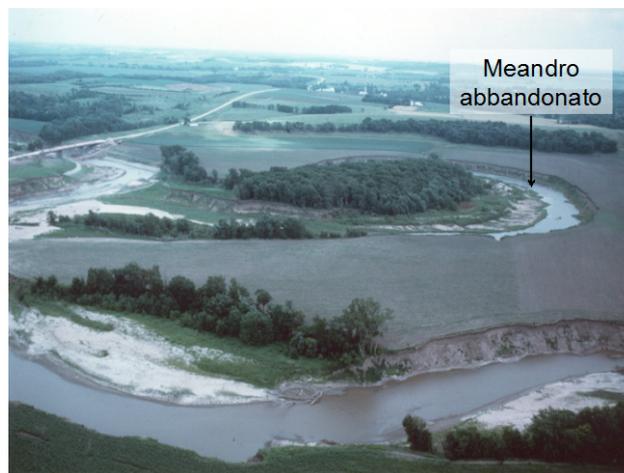
## Meandro abbandonato (*abandoned meander*)

### Definizione

Rappresenta un caso particolare del precedente, ossia un canale abbandonato coincidente con un meandro (o semi-meandro) ed è generato da un taglio di meandro. Quest'ultimo può avvenire attraverso taglio di "collo" (*neck cut-off*: abbandono improvviso) o *chute cut-off* (abbandono graduale).

Il termine paleo-canale (*paleochannel*) viene utilizzato per indicare un canale abbandonato formato da più di un meandro.

Un meandro abbandonato occupato dall'acqua viene chiamato lago di meandro (*oxbow lake*; si veda in seguito).



Meandro abbandonato a causa di un recente taglio di collo.

---

**MACRO-UNITÀ: ZONE ACQUATICHE DI PIANURA ALLUVIONALE**

Questa macro-unità, situata nella pianura alluvionale, è costituita da unità dominate da acqua. In alcuni casi alcune porzioni di vegetazione o sedimento emerse possono comunque essere presenti, ma le unità sono soprattutto caratterizzate dalla presenza di acqua (ad es., laghi, laghetti di pianura inondabile, stagni, zone umide).

*Codice identificativo: W*

**Lago di pianura (*floodplain lake*)**

*Codice identificativo: WO*

*Definizione*

I laghi di pianura sono delle superfici depresse di profondità e dimensione maggiore rispetto agli stagni. La zona limnetica è notevolmente sviluppata e si verifica la stratificazione della temperatura tipica dei laghi (variazioni stagionali poco marcate). La vegetazione acquatica può essere presente ma non si sviluppa nelle zone più profonde.



Lago di pianura (fonte: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lake\\_Chicheri\\_Volga-Akhtuba\\_floodplain.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lake_Chicheri_Volga-Akhtuba_floodplain.JPG)).

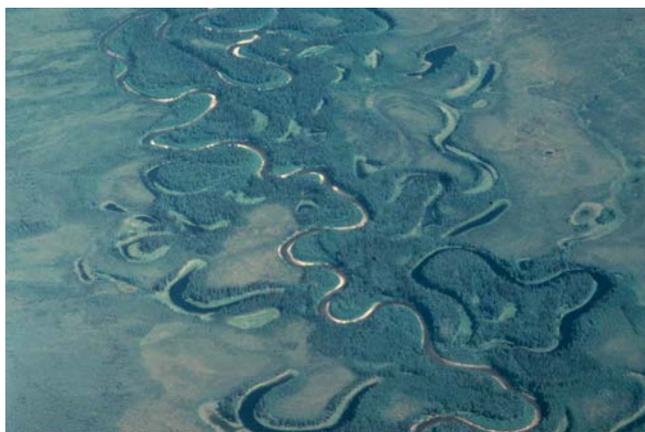
---

*Sotto-tipi*

**Lago di meandro (*oxbow lake*)**

*Definizione*

I laghi di meandro sono corpi idrici che occupano una porzione di meandro abbandonato. Si differenziano dai canali secondari di pianura (in particolare dai meandri abbandonati) in quanto perennemente sommersi.



Lago di meandro (fonte: <http://clasfaculty.ucdenver.edu/callen/1202/Landscapes/Fluvial/Fluvial.html>).

**Zona umida (*wetland*)**

*Codice identificativo:* WW

*Riferimenti:* [Brierley & Fryirs \(2005\)](#)

*Definizione*

Si classifica come zona umida una superficie all'interno della pianura caratterizzata da accrescimento verticale e che include depressioni riempite di acqua, come per esempio gli stagni e le paludi (si vedano i sotto-tipi). Queste superfici si possono formare in corrispondenza di affluenti di ordine inferiore che scorrono direttamente sulla piana inondabile, oppure a causa di ristagno di acque superficiali (precipitazioni o inondazione) e/o affioramento della falda. Le zone umide sono in genere densamente colonizzate da vegetazione acquatica e palustre, che intercetta e intrappola il sedimento fine in sospensione, favorendo l'accumulo di materiale coesivo ricco di fango e sostanza organica ([Brierley and Fryirs, 2005](#)).

*Termini equivalenti:* si vedano i sotto-tipi

*Caratteristiche distintive:* a differenza dei laghi di pianura, le zone umide sono caratterizzate da dimensioni e profondità dell'acqua inferiori.

*Sotto-tipi*

### **Palude (*swamp*)**

#### *Definizione*

Le paludi sono superfici relativamente pianeggianti e poco incise, coperte d'acqua, caratterizzate da accrescimento verticale di sedimento fangoso e che possono includere ricchi depositi di materiale organico formato attorno a vegetazione palustre. Esse si formano in genere a causa d'insufficiente drenaggio delle acque superficiali o anche per alimentazione da parte della falda freatica. Possono includere piccoli laghetti e canali effimeri o linee di drenaggio.

*Termini equivalenti:* lama, *backswamp* o *swampy meadow* ([Brierley & Fryirs, 2005](#))



Palude (fonte: <http://www.tulane.edu/~bfleury/envirobio/swamp.html>).

### **Stagno (*floodplain pond*)**

#### *Definizione*

Gli stagni situati nei depositi di piana inondabile sono generalmente dei piccoli specchi d'acqua ferma (o acquitrini), ossia delle superfici depresse, relativamente allungate, formate lungo linee di drenaggio preferenziali, derivanti dall'alimentazione e il ristagno da parte di affluenti di ordine inferiore. Lo sviluppo di vegetazione acquatica è notevole, anche nelle zone più profonde, che possono raggiungere anche i 5 m. Hanno tuttavia dimensione e profondità minori rispetto ai laghi. Negli stagni prevale lo sviluppo della zona litorale rispetto a quella limnetica, che può anche essere assente.

*Termini equivalenti:* acquitrino, laghetto di piana inondabile



Stagno (fonte: <http://tangalor.blogspot.it/2010/03/lascenza-di-verita-crea-una-palude.html>).

### **MACRO-UNITÀ: ZONE DOMINATE DA ATTIVITÀ ANTROPICHE (INCLUSO L'USO DEL SUOLO)**

Questa macro-unità include tutte le porzioni di pianura alluvionale situate esternamente al corridoio fluviale e che sono dominate da elementi artificiali o attività antropiche (ad es., zone urbane, infrastrutture, zone agricole), ovvero quelle aree che non sono occupate da elementi naturali e/o che sono poco frequentemente interessate da processi fluviali.

Tutte le unità incluse nella macro-unità “zona ripariale” possono essere incluse in questa macro-unità nel caso in cui esse siano immerse in aree dominate da elementi o attività antropiche (zone urbane, industriali, infrastrutture, aree agricole).

Questa macro-unità può essere assente (ad es., nel caso di alvei confinati o in aree naturali prive di elementi antropici) oppure molto ampia (ad es., in sistemi di pianura molto grandi). Ai fini dell'applicazione del *SUM*, la sua delimitazione è facoltativa ed il limite esterno può essere definito arbitrariamente dall'operatore, sulla base degli obiettivi dello studio.

Tale macro-unità permette, se necessario, di includere nell'analisi l'**uso del suolo** circostante al corridoio fluviale, così come di contestualizzare le unità tipiche di pianura alluvionale che sono immerse in una matrice di aree dominate dalla presenza antropica, come tipicamente accade in corsi d'acqua di pianura. Per questo scopo, si sono definiti tre gruppi generici di tipi di uso del suolo, i quali possono essere aggiunti alla denominazione di ciascuna unità morfologica. Per un'analisi dettagliata dell'uso del suolo si rimanda alle tipologie definite dal progetto Corine Land Cover (CLC) (per ulteriori dettagli si veda: <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/documenti/europea-e-mediterranea/corine-land-cover-clc>).

Codice identificativo: H



Macro-unità 'Unità dominate da attività antropiche'

**Figura 7.5** - Esempio di macro-unità “zone dominate da attività antropiche” (H).

<b>Tipi di uso del suolo</b>
<p><b>Zona agricola</b></p> <p><i>Definizione</i></p> <p>Comprende tutte le aree dominate da attività agricole (escluse le piantagioni), incluse le terre arabili, i pascoli e le zone agricole eterogenee (con presenza significativa di vegetazione naturale) dove non vi sia dominanza di vegetazione arborea.</p> <p><i>Codice identificativo:</i> HAg</p>
<p><b>Piantagione</b></p> <p><i>Definizione</i></p> <p>Comprendono le zone agricole permanenti, ovvero le piantagioni da frutto. I vigneti e gli uliveti sono inoltre inclusi in questa categoria in quanto si differenziano dalle “zone agricole” sopra definite in termini di struttura verticale. Sono incluse anche le zone agricole eterogenee con dominanza di vegetazione arborea (zone agro-forestali).</p> <p><i>Codice identificativo:</i> HPi</p>
<p><b>Area urbana</b></p> <p><i>Definizione</i></p> <p>Comprende tutte le aree occupate da insediamenti antropici, a partire da aree urbane, industriali, di comunicazione e trasporto, incluse anche le zone vegetate artificiali non agricole (aree verdi urbane, parchi e luoghi di intrattenimento).</p> <p><i>Codice identificativo:</i> HUr</p>

### 7.1.3 Elementi artificiali

Sebbene gli elementi artificiali non costituiscano delle unità morfologiche, sono comunque degli aspetti importanti del paesaggio fluviale in quanto entrano in gioco nel modificare i processi e la morfologia delle unità presenti. È pertanto opportuno considerare gli elementi artificiali che dovrebbero essere mappati durante il rilievo delle unità morfologiche e che permettono una migliore caratterizzazione del mosaico di unità presenti in un determinato tratto. L'elenco di tali unità deriva in gran parte dagli indicatori di artificialità dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM, [Rinaldi et al., 2013, 2016](#)).

Codice identificativo: A

Elementi artificiali	
<b>Diga (dam)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Opera che determina la presenza di un invaso più o meno esteso a monte e che crea un'alterazione significativa e permanente delle portate liquide e solide con totale intercettazione del trasporto solido al fondo.</p> <p>Codice identificativo: AA</p>	
<b>Briglia in ambito montano (check dam)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>In ambito montano si possono distinguere: (a) le briglie di trattenuta (<i>retention check dam</i>, foto a sinistra) finalizzate principalmente all'intercettazione del trasporto solido, le quali se di notevole altezza (&gt; 5-6 m) possono venire assimilate alle dighe; (b) le briglie di consolidamento (<i>consolidation check dams</i>, foto a destra), finalizzate principalmente alla riduzione di pendenza e di conseguenza alla stabilizzazione del fondo.</p> <p>Codice identificativo: AB</p>	
	
Briglia di trattenuta ( <i>retention check dam</i> ).	Briglie di consolidamento ( <i>consolidation check dams</i> ).

### **Briglia e traversa in ambito di pianura (*weir*)**

#### *Definizione*

In ambito di pianura si possono distinguere: (a) le briglie o traverse (foto a sinistra) realizzate con scopi di consolidamento e/o intercettazione del trasporto solido; (b) le traverse di derivazione (foto a destra), realizzate con scopi di derivazione (ad es., per l'irrigazione), ma aventi effetti sul trasporto solido simili alle precedenti.

*Codice identificativo: AC*



Briglia o traversa.



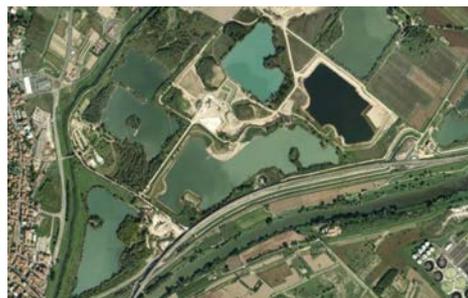
Traversa di derivazione.

### **Cassa di espansione (*retention basin*)**

#### *Definizione*

Esistono due tipologie di cassa di espansione: (1) cassa di espansione laterale (area esterna al corso d'acqua e delimitata da argini e periodicamente inondata) (foto); (2) cassa in linea (opera trasversale in alveo che induce una laminazione delle portate di piena).

*Codice identificativo: AD*



### **Diversivo (*diversion*) o scolmatore (*spillway*)**

#### *Definizione*

I diversivi sono canali di diversione in uscita e in ingresso, che cioè convogliano portate liquide da altri corsi d'acqua, e operano in tutte le condizioni di portata. Gli scolmatori sono canali diversivi specifici per la difesa idraulica che entrano in azione solo in occasione di eventi di piena.

*Codice identificativo: AE*



<b>Tombinatura (<i>culvert</i>)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Si tratta di un'opera realizzata per consentire il passaggio del corso d'acqua al di sotto di infrastrutture (strade, centri abitati, ecc.).</p> <p><i>Codice identificativo:</i> AF</p>	
<b>Guado (<i>ford</i>)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Si tratta di un attraversamento del corso d'acqua non sopraelevato (come nel caso di un ponte) ma sormontabile dalla corrente in condizioni di piena. Può essere abbinato a una serie di tombini per permettere il deflusso in condizioni di magra.</p> <p><i>Codice identificativo:</i> AG</p>	
<b>Ponte (<i>bridge</i>)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Struttura sopraelevata che consente l'attraversamento (stradale, ferroviario, pedonale) del corso d'acqua. Può essere dotato o meno di pile.</p> <p><i>Codice identificativo:</i> AH</p>	
<b>Rivestimento del letto (<i>bed revetment</i>)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Comprende quelle opere che rivestono il fondo (ed eventualmente le sponde). Sono inclusi in questa categoria i cunettoni (in massi legati o in cemento armato), i rivestimenti d'alveo con materiale sciolto di pezzatura grossolana.</p> <p><i>Codice identificativo:</i> AI</p>	

<b>Soglia di fondo (<i>bed sill</i>)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Opera trasversale di consolidamento dell'alveo di altezza contenuta (&lt; 1÷2 m). È finalizzata alla stabilizzazione del fondo ed alla riduzione di fenomeni erosivi.</p> <p><i>Codice identificativo:</i> AJ</p>	
<b>Rampa (<i>ramp</i>)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Si tratta di un'opera trasversale di consolidamento di altezza contenuta (&lt;1÷2 m) costituita generalmente da massi che si estende per una certa lunghezza in senso longitudinale. È finalizzata alla stabilizzazione del fondo e alla riduzione di fenomeni erosivi.</p> <p><i>Codice identificativo:</i> AK</p>	
<b>Difesa di sponda (<i>bank protection</i>)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Opera realizzata con lo scopo di proteggere la sponda dai processi erosivi e/o movimenti di massa (foto a sinistra). Le tecniche adottate possono essere di tipo bio-ingegneristico (ad es., tramite l'uso di vegetazione), oppure basate sull'uso di materiali rigidi (ad es., gabbionature, massi). In alcuni casi la sponda può essere completamente rivestita e artificializzata (<i>sponda artificiale</i>) (foto a destra).</p> <p><i>Codice identificativo:</i> AL</p>	
	
<b>Argine artificiale (<i>artificial levée o embankment</i>)</b>	
<p><i>Definizione</i></p> <p>Opera longitudinale rialzata rispetto al piano di campagna progettate per la difesa da eventi di piene le cui portate non sono contenute all'interno dell'alveo.</p> <p><i>Codice identificativo:</i> AM</p>	

---

**Sito estrattivo / Rimozione di sedimento (*mining site / sediment removal*)**

*Definizione*

Può comprendere sia siti di estrazione di sedimento alluvionale per scopi commerciali (foto a sinistra) che l'attività di rimozione di sedimento finalizzata alla manutenzione dell'alveo e alla riduzione del rischio idraulico (foto a destra).

*Codice identificativo: AN*



#### 7.1.4 Sub-unità

Si riporta di seguito una lista (non esaustiva) di possibili sub-unità che possono essere individuate sul terreno durante il rilevamento.

##### *SUB-UNITÀ DI ALVEO*

<i>Sub-unità di alveo di magra</i>
<b>Aree di <i>backwater</i> (acqua stagnante).</b> Aree in genere localizzate ai margini dell'alveo di magra, in corrispondenza di rientranze della linea di riva (ad es., tra due alberi successivi lungo la sponda, a seguito di erosione) o di singoli elementi di materiale legnoso che determinano un riflusso e conseguente rallentamento della corrente prossimo ad acqua stagnante. Si possono formare anche a monte di sbarramenti da accumulo legnoso ( <i>dam jams</i> ). Queste aree sono spesso utilizzate come zone di rifugio dalla corrente per numerosi organismi acquatici e favoriscono lo sviluppo di vegetazione acquatica in tratti fluviali dove questo sarebbe limitato dall'elevata turbolenza della corrente.
<b>Deposito di ciottoli.</b> Accumulo di ciottoli (64÷256 mm di diametro) depositato nell'alveo di magra il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trova. Come per il deposito di massi, in corrispondenza e nell'intorno del deposito di ciottoli si possono verificare condizioni locali (idrauliche e di sedimento) specifiche e eterogenee rispetto alle zone circostanti e quindi rilevanti in termini di habitat.
<b>Deposito di ghiaia.</b> Accumulo di ghiaia (2÷64 mm di diametro) depositato nell'alveo di magra il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trova. Come per le altre forme di deposito (massi e ciottoli), in corrispondenza e nell'intorno del deposito di ghiaia si possono verificare condizioni di habitat locali (idrauliche e di sedimento) specifiche e eterogenee rispetto alle zone circostanti e quindi rilevanti in termini di habitat.
<b>Deposito di limo-argilla.</b> Accumulo di limo o argilla (<0.06 mm di diametro) depositato nell'alveo di magra il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trova. Come per le altre forme di deposito (massi, ciottoli, ghiaia e sabbia), in corrispondenza e nell'intorno del deposito di limo o argilla si possono verificare condizioni locali (idrauliche e di sedimento) specifiche ed eterogenee rispetto alle zone circostanti e quindi rilevanti in termini di habitat.
<b>Deposito di massi.</b> Accumulo di massi (> 256 mm di diametro) depositato nell'alveo di magra il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trovano. Come per i massi isolati, in corrispondenza e nell'intorno del deposito di massi si possono verificare condizioni locali (idrauliche e di sedimento) specifiche ed eterogenee rispetto alle zone circostanti, e quindi rilevanti in termini di habitat.
<b>Deposito di sabbia.</b> Accumulo di sabbia (0.06÷2 mm di diametro) depositato nell'alveo di magra il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trova. Come per le altre forme di deposito (massi, ciottoli e ghiaia), in corrispondenza e nell'intorno del deposito di sabbia si possono verificare condizioni locali (idrauliche e di sedimento) specifiche e eterogenee rispetto alle zone circostanti e quindi rilevanti in termini di habitat.
<b>Duna.</b> Forma di fondo tipica di corsi d'acqua a fondo prevalentemente sabbioso (diametro >0.1 mm), con dimensioni maggiori rispetto alle <i>ripple</i> (si veda dopo), ossia altezza tipicamente tra $10^{-1}$ e $10^1$ m e lunghezza proporzionale alla profondità della corrente. Il pelo libero è influenzato dalla presenza delle dune, con la presenza di "rigonfiamenti" non in fase con le dune stesse.
<b>Massi isolati emersi.</b> Un singolo masso (> 256 mm di diametro) o un insieme di pochi massi isolati parzialmente emersi situati all'interno dell'alveo, possono costituire una sub-unità poiché significativi ai fini degli habitat per gli organismi fluviali (piante e animali). Infatti intorno ad essi si possono verificare condizioni di habitat (idrauliche e di sedimento) locali, specifiche ed eterogenee rispetto alle zone circostanti.
<b>Pocket pool.</b> Piccole zone di pozza situate tra i massi nelle unità <i>cascade</i> , di dimensioni inferiori rispetto alla larghezza dell'alveo, caratterizzate da bassa profondità e flusso molto turbolento.

<p><b>Ripple</b> (<i>increspatura</i>) (<a href="#">Simons &amp; Richardson, 1966</a>; <a href="#">Knighton, 1998</a>). Sub-unità tipica di alvei di pianura non confinati caratterizzati da sedimento fine (ovvero sabbia). Una <i>ripple</i> in genere non supera i 0.04 m di altezza e i 0.6 m di lunghezza, interagendo poco con il pelo libero dell'acqua che si presenta piuttosto uniforme. In condizioni di trasporto solido intenso, le <i>ripple</i> migrano verso valle. Le <i>ripple</i> sono in genere associate a dune e, sovrainposte ad esse, generano la morfologia <i>dune-ripple</i> (<a href="#">Montgomery &amp; Buffington, 1997</a>).</p>
<p><b>Transverse rib</b> (<a href="#">Lenzi et al., 2000</a>). Allineamento di ciottoli o massi disposto in modo trasversale rispetto alla direzione della corrente, elevati verticalmente rispetto alla quota di base del letto e visibili solo per portate da basse ad ordinarie. In genere costituiscono una porzione di una <i>rapid</i>.</p>
<p><b>Sub-unità di unità emerse</b></p>
<p><b>Cordone/cresta</b> (<i>ridge</i>) (<a href="#">Brierley &amp; Fryirs, 2005</a>). Deposito di forma allungata curva o sub-rettilinea situato alla sommità di una barra (laterale o centrale). Il sedimento tende ad essere via via più fine verso valle. Questo tipo di deposito si può formare in corrispondenza di vegetazione o di altre ostruzioni presenti sulla superficie della barra.</p>
<p><b>Deposito di ciottoli.</b> Accumulo di ciottoli (64÷256 mm di diametro) depositato su una barra o sopra una qualsiasi altra unità emersa, sia di alveo che di pianura alluvionale, il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trova. Come per il deposito di massi, in corrispondenza e nell'intorno del deposito di ciottoli si possono verificare condizioni locali (di sedimento e umidità relativa) specifiche e eterogenee rispetto alle zone circostanti e quindi rilevanti in termini di habitat.</p>
<p><b>Deposito di ghiaia.</b> Accumulo di ghiaia (2÷64 mm di diametro) depositato su una barra o sopra una qualsiasi altra unità emersa, sia di alveo che di pianura alluvionale, il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trova. Come per le altre forme di deposito (massi e ciottoli), in corrispondenza e nell'intorno del deposito di ghiaia si possono verificare condizioni di habitat locali (di sedimento e umidità relativa) specifiche e eterogenee rispetto alle zone circostanti e quindi rilevanti in termini di habitat.</p>
<p><b>Deposito di limo-argilla.</b> Accumulo di limo o argilla (&lt;0.06 mm di diametro) depositato su una barra o sopra una qualsiasi altra unità emersa, sia di alveo che di pianura alluvionale, il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trova. Come per le altre forme di deposito (massi, ciottoli, ghiaia e sabbia), in corrispondenza e nell'intorno del deposito di limo o argilla si possono verificare condizioni locali (di sedimento e umidità relativa) specifiche e eterogenee rispetto alle zone circostanti e quindi rilevanti in termini di habitat.</p>
<p><b>Deposito di massi.</b> Accumulo di massi (&gt; 256 mm di diametro) depositato su una barra o sopra una qualsiasi altra unità emersa, sia di alveo che di pianura alluvionale, il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trovano. Come per i massi isolati, in corrispondenza e nell'intorno del deposito di massi si possono verificare condizioni locali (di sedimento e umidità relativa) specifiche e eterogenee rispetto alle zone circostanti, e quindi rilevanti in termini di habitat.</p>
<p><b>Deposito di sabbia.</b> Accumulo di sabbia (0.06÷2 mm di diametro) depositato su una barra o sopra una qualsiasi altra unità emersa, sia di alveo che di pianura alluvionale, il cui diametro sia però significativamente diverso dall'unità sulla quale si trova. Come per le altre forme di deposito (massi, ciottoli e ghiaia), in corrispondenza e nell'intorno del deposito di sabbia si possono verificare condizioni locali (di sedimento e umidità relativa) specifiche e eterogenee rispetto alle zone circostanti e quindi rilevanti in termini di habitat.</p>
<p><b>Rampa</b> (<i>ramp</i>) (<a href="#">Brierley &amp; Fryirs, 2005</a>). Deposito di sedimento grossolano che si forma a partire dall'estremità di monte di una curva emergendo dall'alveo e posizionandosi sulla superficie della barra come una rampa. Può essere considerato in parte un riempimento di un canale di taglio.</p>
<p><b>Scour hole.</b> Erosione locale del sedimento sulla superficie di una barra (laterale o centrale) formata a seguito di eventi di piena.</p>

---

**Scroll bar** ([Nanson 1980, 1981](#); [Brierley & Fryirs, 2005](#)). Deposito allungato simile ad un cordone (*ridge*) lungo le sponde convesse delle curve di meandro. Si sviluppa comunemente sulla sommità di barre di meandro assumendo una forma arcuata. Spesso associato alla presenza di tronchi depositati durante le piene.

#### **Sub-unità di vegetazione in alveo**

**Cordone/cresta vegetata** (*vegetated ridge*). A differenza del cordone semplice, la cresta vegetata è caratterizzata dalla presenza di vegetazione erbacea, arborea o arbustiva la cui dimensione ridotta non consente di classificarla come isola.

**Deposito di materiale fine indotto da vegetazione** (*seedling-induced levee*) ([Gurnell et al. 2014](#)) Un tipo particolare di cordone/cresta vegetata, la cui formazione è indotta dallo sviluppo di piante a partire da semi che trovano condizioni di substrato e umidità favorevoli alla germinazione. I semenziali stabilizzandosi possono portare allo sviluppo di isole. Come un'isola pioniera, anche questa sub-unità è tipica di fiumi di grandi dimensioni in genere a fondo mobile e ha piccole dimensioni (all'incirca  $< 5 \text{ m}^2$ ). A differenza di un'isola pioniera, è caratterizzata dalla presenza di sedimento fine (sabbia).

**Isola pioniera** (*pioneer island*). Sub-unità tipica di corsi d'acqua di grandi dimensioni in genere a fondo mobile, formata da alberi o arbusti (di qualsiasi altezza), avente piccole dimensioni (all'incirca  $< 5 \text{ m}^2$ ) e caratterizzata dall'assenza o scarsa presenza di sedimento fine (sabbia). Per essere classificata come tale, una sub-unità deve essere costituita da almeno 3 piante legnose (si veda la definizione di isola), altrimenti gli individui arborei/arbustivi vengono classificati come piante legnose isolate (si veda sotto). Le isole pioniere si formano spesso per rigenerazione tramite polloni a partire da elementi di materiale legnoso, ma questa non è una condizione necessaria né sufficiente per la loro identificazione. Tuttavia gli accumuli legnosi di grosse dimensioni (*LW jams*) sono abbastanza comunemente associati a isole pioniere.

**Piante legnose isolate.** Alberi o arbusti isolati all'interno dell'alveo, i quali per la loro dimensione ridotta non possono venire classificati come unità ( $< 3$  individui).

**Piccoli accumuli di LW.** Tutti gli accumuli o singoli elementi di materiale legnoso che per la loro dimensione ridotta non possono venire classificati come unità ( $< 5 \text{ m}^2$ ).

**Piccole aree di vegetazione acquatica.** Aree di vegetazione acquatica che per la loro dimensione ridotta non possono venire classificate come unità ( $< 5 \text{ m}^2$ ).

**Piccole aree di vegetazione erbacea.** Aree di vegetazione erbacea che per la loro dimensione ridotta non possono venire classificate come unità ( $< 5 \text{ m}^2$ ).

#### **SUB-UNITÀ DI PIANURA ALLUVIONALE**

**Aree vegetate.** Aree di vegetazione (ovvero erbacea, arbustiva e arborea, accumuli di LW, vegetazione acquatica) a dimensione variabile e situate sulla pianura alluvionale.

---

## BIBLIOGRAFIA – PARTE II

- ABBE T.M., MONTGOMERY D.R. (2003). Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. *Geomorphology* 51:81–107.
- ARSCOTT D.B., TOCKNER K., WARD J.V. (2000). Aquatic habitat diversity along the corridor of an Alpine floodplain river (Fiume Tagliamento, Italy). *Archiv für Hydrobiologie* 149:679-704.
- ARSCOTT D.B., TOCKNER K., VAN DER NAT D., WARD J.V. (2002). Aquatic Habitat Dynamics along a Braided Alpine River Ecosystem (Tagliamento River, Northeast Italy). *Ecosystems* 5:802-814.
- ASHMORE P. 2013: Morphology and Dynamics of Braided Rivers. In: Schroder J., Wohl E. (eds.) *Treatise on Geomorphology*, Academic Press, San Diego, 9:289-312.
- BELLETTI B. (2012). Analyse régionale de la structure et de la dynamique biogéomorphologiques des rivières en tresses du bassin du Rhône. PhD Thesis, University of Lyon 3, 246 pp.
- BELLETTI B., DUFOUR S., PIÉGAY H. (2013). Regional variability of aquatic pattern in braided reaches (Example of the French Rhône basin). *Hydrobiologia* 712(1):25-41. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-012-1279-6>. DOI 10.1007/s10750-012-1279-6.
- BERTOLDI W., GURNELL A.M., SURIAN N., TOCKNER K., ZANONI L., ZILIANI L., ZOLEZZI G. (2009). Understanding reference processes: linkages between river flows, sediment dynamics and vegetated landforms along the Tagliamento river, Italy. *River Research and Applications* 25:501-516.
- BISSON P.A., NIELSEN J.L., PALMASON R.A., GROVE L.E. (1982). A system of naming habitat types in small streams, with examples of habitat utilization by salmonids during low streamflow. In: Armantrout N.B. (ed.), *Acquisition and utilization of aquatic habitat inventory information*. American Fisheries Society, Western Division, Bethesda, MD, pp. 62-73.
- BREIMAN L. (2001). Random Forest. *Machine Learning* 45:5-32.
- BRIERLEY G.J., FRYIRS K.A. (2005). *Geomorphology and river management: applications of the river style framework*. Blackwell, Oxford, 398 pp.
- BUFFINGTON J. M., MONTGOMERY D. R. (2013). Geomorphic classification of rivers. : Schroder J., Wohl E. (eds.) *Treatise on Geomorphology*, Academic Press, San Diego, 9:730-767.
- CAMPOREALE C., PERUCCA E. RIDOLFI L., GURNELL A.M. (2013). Modeling the interactions between river morphodynamics and riparian vegetation. *Reviews of Geophysics* 51(3):379-414.
- CARLING P.A. (1987). Hydrodynamic interpretation of a boulder berm and associated debris-torrent deposits. *Geomorphology* 1:53-67.
- CARLING, P.A. (1989). Hydrodynamic models of boulder berm deposition. *Geomorphology* 2:319-340.
- CHIN A. (2003). The geomorphic significance of step-pools in mountain streams. *Geomorphology* 55:125-137.
- CHURCH M.A. (1992). Channel Morphology and Typology. In: Callow P., Petts G.E. (eds), *The Rivers Handbook*, Oxford, Blackwell, pp. 126-143.
- CHURCH M., JONES D. (1982). Channel bars in gravel-bed rivers. In: Hey R.D., Bathurst J.C., Thorne C.R. (eds.), *Gravel-bed rivers*, John Wiley and Sons, Chichester, pp. 291-324.
- COMITI F., MAO L. (2012). Recent advances in the dynamics of steep channels. In: Church M., Biron P.M., Roy A.G. (eds.), *Gravel-bed rivers: processes, tools, environments*. Chichester, West Sussex, England, John Wiley & Sons Ltd. pp. 353-377.
- FRYIRS K.A., BRIERLEY G.J. (2013). *Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 345 pp.

- 
- GRANT G.E., SWANSON F.J., WOLMAN M.G. (1990). Pattern and origin of stepped-bed morphology in high gradient streams, Western Cascades, Oregon. *Bulletin of the Geological Society of America* 102:340-354.
- GURNELL A.M. (1997). Adjustments in river channel geometry associated with hydraulic discontinuities across the fluvial-tidal transition of a regulated river. *Earth Surface Processes and Landforms* 22(10): 967-985.
- GURNELL A.M., .E. PETTS, D.M. HANNAH, B.P.G. SMITH, P.J. EDWARDS, J. KOLLMANN, J.V. WARD, TOCKNER K. (2001). Riparian vegetation and island formation along the gravel-bed Fiume Tagliamento, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* 26:31-62.
- GURNELL, A.M., PIÉGAY, H., SWANSON, F., GREGORY, S. (2002). Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology* 74:601-619.
- GURNELL, A.M., BERTOLDI, W., CORENBLIT, D. (2012). Changing river channels: the roles of hydrological processes, plants and pioneer fluvial landforms. *Earth Science Reviews* 111(1-2):129-141. DOI:10.1016/j.earscirev.2011.11.005.
- GURNELL A.M. (2014). Plants as river system engineers. *Earth Surface Processes and Landforms* 39:4-25.
- GURNELL A.M., GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M., O'HARE M.T., VAN OORSCHOT M. , BELLETTI B., BUIJSE T., GARCÍA DE JALÓN D., GRABOWSKI R., HENDRIKS D., MOUNTFORD O., RINALDI M., SOLARI L., SZEWCZYK M., VARGAS-LUNA A. (2014). Influence of Natural Hydromorphological Dynamics on Biota and Ecosystem Function, Part 1. Deliverable 2.2, REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management), a Collaborative project (large-scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656.
- GURNELL A.M., CORENBLIT D., CORENBLIT D., GARCÍA DE JALÓN M. GONZÁLEZ DEL TÁNAGO R.C. GRABOWSKI R.C., O'HARE M.T., SZEWCZYK M. (2015). A conceptual model of vegetation-hydromorphology interactions within river corridors. *River Research and Applications* 10.1002/rra.2928
- HALWAS K.L., CHURCH M. (2002). Channel units in small, high gradient streams on Vancouver Island, British Columbia. *Geomorphology* 43:243-256.
- HEGGENES J., WOLLEBAEK J. (2013). Habitat Use and Selection by Brown Trout in Streams. *Ecohydraulics*, 157-176. In: Maddock I., Harby A., Kemp P., Wood P. (eds.), *Ecohydraulics: an integrated approach*. John Wiley & Sons Ltd.
- HICKIN E.J. (1984). Vegetation and river channel dynamics. *The Canadian Geographer* 28(2):111-126.
- HOOKE J.M. (1995). River channel adjustment to meander cutoffs on the River Bollin and River Dane, N.W. England. *Geomorphology* 14:235-253.
- HUPP C.R., OSTERKAMP W.R. (1996). Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology* 14:277-295.
- HUPP C.R., RINALDI M. (2007) Riparian Vegetation Patterns in Relation to Fluvial Landforms and Channel Evolution Along Selected Rivers of Tuscany (Central Italy). *Annals of the Association of American Geographers* 97:12-30.
- KELLERHALS R., CHURCH M., BRAY D.I. (1976). Classification and analysis of river processes. *Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers* 17:711-722.
- KNIGHTON D. (1998). *Fluvial forms and processes: a new perspective*. Arnold, London.
- LEWIN J. (1983). Changes of channel patterns and floodplains. In: Gregory K.J (ed.) *Background to Paleohydrology*, Wiley, Chichester, pp. 303-319.
- LENZI M.A., D'AGOSTINO V., SONDA D. (2000). Ricostruzione morfologica e recupero ambientale dei torrenti. Criteri metodologici ed esecutivi. Editoriale Bios, 208 pp.

- 
- LEOPOLD L.B., WOLMAN M.G., MILLER J.P. (1964). *Fluvial processes in geomorphology*. Freeman, S. Francisco.
- MILHOUS R., BARTHOLOW J., UPDIKE M., MOOS A. (1990). *Reference Manual for Generation and Analysis of Habitat Time Series*. Version II Biological Report 90(16). U.S. Fish and Wildlife Services, 249 pp.
- MONTGOMERY D.R., BUFFINGTON J.M., SMITH R.D., SCHMIDT K.M., PESS G. (1995). Pool spacing in forest channels. *Water Resources Research* 31(4):1097-1105.
- MONTGOMERY D.R., BUFFINGTON J.M. (1997). Channel reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin* 109:596-611.
- NANSON G.C. (1980). Point bar and floodplain formation of the meandering Beatton River, northeastern British Columbia, Canada. *Sedimentology* 27(1):3-29.
- NANSON G.C. (1981). New evidence of scroll-bar formation on the Beatton River. *Sedimentology* 28(6):889-891.
- NANSON G.C., CROKE J.C. (1992). A genetic classification of floodplains, *Geomorphology* 4(6):459-486.
- NARDI L., RINALDI M., SOLARI L. (2012). An experimental investigation on mass failures occurring in a riverbank composed of sandy gravel. *Geomorphology* 163-164:56-69.
- PAGE K., NANSON G. (1982). Concave-bank benches and associated floodplain formation. *Earth Surface Processes and Landforms* 7:529-543.
- PARASIEWICZ P., RYAN K., VEZZA P., COMOGLIO C., BALLESTERO T., ROGERS J.N. (2012). Use of quantitative habitat models for establishing performance metrics in river restoration planning. *Ecohydrology* 6(4):668–678.
- PARASIEWICZ P., ROGERS J.N., VEZZA P., GORTAZAR J., SEAGER T., PEGG M., WIŚNIEWOLSKI W., COMOGLIO C. (2013). Applications of the MesoHABSIM Simulation Model. In: Maddock I., Kemp P., Wood P. (eds.), *Ecohydraulics: an integrated approach*. John Wiley & Sons Ltd, pp. 109-124.
- RINALDI M. (2008). Schede di rilevamento geomorfologico di alvei fluviali. *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences* 21(1B):353-366.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology* 180-181:96-108. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.09.009.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M. (2016). IDRAIM IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. Versione aggiornata 2016. ISPRA – Manuali e Linee Guida 131/2016. Roma, gennaio 2016.
- SIMON A., CASTRO J. (2003). Measurement and Analysis of Alluvial Channel Form. In: Kondolf G. M., Piegay H. (eds.), *Tools in Fluvial Geomorphology*. Wiley, Chichester, pp. 291-322.
- SIMONS D.B., RICHARDSON E.V. (1966). Resistance to flow in alluvial channels. United States Geological Survey Professional Paper, P0442-J: J1-J61.
- SULLIVAN K. (1986). *Hydraulics and fish habitat in relation to channel morphology*. Doctoral dissertation, Johns Hopkins University, Baltimore, MD.
- SURIAN N., RINALDI M., PELLEGRINI L. CON IL CONTRIBUTO DI AUDISIO C., BARBERO G., CIBIEN L., CISOTTO A., DUCI G., MARAGA F., NARDI L., SIMONCINI C., TERUGGI L.B., TURITTO O., ZILIANI L. (2009a). *Linee guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive*. Casa Editrice CLEUP, Padova, 78 pp.
- SURIAN N., MAO L., GIACOMIN M., ZILIANI L. (2009b). Morphological effects of different channel forming discharges in a gravel-bed river. *Earth Surface Processes and Landforms* 34:1093-1107.

- 
- STEWART J.H., LA MARCHE V.C. (1967). Erosion and deposition in the flood of December 1964 on Coffee Creek, Trinity County, California. U.S. Geological Survey Professional Paper 422-K, 22 pp.
- TOCKNER K., MALARD F. (2003). Channel typology. In: Ward, J. V. & U. Uehlinger (eds.), *Ecology of a glacial floodplain*. Kluwer Academic Publisher 57-73.
- THORNE C.R., LEWIN J. (1979). Bank processes, bed material movement and planform development in a meandering river. *Adjustments of the Fluvial System*, pp. 117-137.
- THORNE C.R. (1982). Processes and mechanisms of river bank erosion. In: Hey R.D., Bathurst J.C., Thorne C.R. (eds.), *Gravel-bed Rivers*. Wiley, Chichester, pp. 227-271.
- THORNE C.R. (1998). *Stream reconnaissance handbook : geomorphological investigation and analysis of river channels*. John Wiley, Chichester.
- THORNE C.R. (1999). Bank processes and channel evolution in the incised rivers of north-central Mississippi. In: Darby S.E., Simon A. (eds), *Incised River Channels: Processes, Forms and Management*. Wiley, Chichester, pp. 97-122.
- VAN DER NAT D., TOCKNER K., EDWARDS P.J., WARD J.V., GURNELL A.M. (2003). Habitat change in braided flood plains (Tagliamento, NE-Italy). *Freshwater Biology* 48:1799–1812.
- VEZZA P., PARASIEWICZ P., CALLES O., SPAIRANI M., COMOGLIO C. (2014a). Modelling habitat requirements of bullhead (*Cottus gobio*) in alpine streams. *Aquatic Sciences* 76(1):1-15.
- VEZZA P., PARASIEWICZ P., SPAIRANI M., COMOGLIO C. (2014b). Habitat modelling in high gradient streams: the meso-scale approach and application. *Ecological Applications* 24(4):844-861.
- VEZZA P., GOLTARA A., SPAIRANI M., ZOLEZZI G., SIVIGLIA A., CAROLLI M., CRISTINA BRUNO M., BOZ B., STELLIN D., COMOGLIO C., PARASIEWICZ P. (2015). Habitat Indices for Rivers: Quantifying the Impact of Hydro-Morphological Alterations on the Fish Community. In: Lollino G., Arattano M., Rinaldi M., Giustolisi O., Marechal J.-C., Grant G.E. (eds.), *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 3*. Springer International Publishing, pp. 357-360.
- WALLERSTEIN N., THORNE C.R., DOYLE M.W. (1997). Spatial distribution and impact of large woody debris in northern Mississippi. In: Wang, C.C., Langendoen, E.J., Shields, F.D. (Eds.), *Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision*. Univ. of Mississippi, Oxford, MS, pp. 145–150.
- WATERS K.A., CURRAN J.C. (2012). Investigating step-pool sequence stability. *Water Resources Research* 48(7):W07505. DOI:10.1029/2011WR011436.
- WELBER M., BERTOLDI W., TUBINO M. (2012). The response of braided planform configuration to flow variations, bed reworking and vegetation: the case of the Tagliamento River, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* 37:572–582.
- WHITING P.J., DIETRICH W.E., LEOPOLD L.B. , DRAKE T.G. , SHREVE R.L. (1988). Bedload sheets in heterogeneous sediment. *Geology* 16:105-108.
- WILCOX A.C., WOHL E.E., COMITI F., MAO L. (2011). Hydraulics, morphology, and energy dissipation in an alpine step-pool channel. *Water Resources Research* 47: W07514, doi: 10.1029/2010WR010192.
- WOHL E. (1998). Bedrock channel morphology in relation to erosional processes. In: Tinkler K.J., Wohl E. (eds.), *Rivers over rock: fluvial processes in bedrock channels*. American Geophysical Union, *Geophysical Monograph* 107:133-151.
- WOHL E. (2010). *Mountain Rivers Revisited*. American Geophysical Union, *Water Resources Monograph Series*, Volume 19.
- WOOD-SMITH R.D., BUFFINGTON J.M. (1996). Multi-variate geomorphic analysis of forest streams: implications for assessment of land use impact on channel condition. *Earth Surface Processes and Landforms* 21:377–393.

---

ZIMMERMANN A., CHURCH M., HASSAN M.A. (2010). Step-pool stability: Testing the jammed state hypothesis. *Journal of Geophysical Research* 115:F02008. DOI:10.1029/2009JF001365.

---

**APPENDICE 1: SCHEDE DI RILEVAMENTO E  
CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MORFOLOGICHE**

## SUM - Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche

### Scheda 1: PIANO DI RILEVAMENTO

**Dimensioni corso d'acqua**

Piccole dimensioni	<input type="checkbox"/>
Grandi dimensioni	<input type="checkbox"/>

**Confinamento**

Confinato	<input type="checkbox"/>
Parzialmente/non-confinato	<input type="checkbox"/>

**Risoluzione immagini**

Immagini satellitari	<input type="checkbox"/>
Foto alta risoluzione	<input type="checkbox"/>
Foto altissima risoluzione	<input type="checkbox"/>

**Livello di caratterizzazione**

Informazioni generali	<input type="checkbox"/>
Livello "Generale"	<input type="checkbox"/>
Livello "Base"	<input type="checkbox"/>
Livello "Dettaglio"	<input type="checkbox"/>
Sub-unità livello "Dettaglio"	<input type="checkbox"/>
Dati per indici di habitat	<input type="checkbox"/>

**MACRO-UNITA' e UNITA'**
**Livello GENERALE**

	Macro-unità		
	P/A	Area	%
Alveo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transizione			
Pianura alluvionale	tutti <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elementi artificiali	A <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Livello BASE**

	Macro-unità			Unità			Indici <input type="checkbox"/>
	P/A	Num	L/A	P/A	Num	L/A	
Alveo	C	<input type="checkbox"/>					
	S	<input type="checkbox"/>					
	E			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	V			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Transizione	F/H			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pianura alluvionale	F/H			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	W/H			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	H			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Elementi artificiali	A			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**Livello DETTAGLIO**

	Macro-unità						Unità								
	S-T	Sed	Idr	Veg	Mis	Alt	S-T	Sed	Idr	Veg	Mor	Com	Pro	Mis	Alt
Alveo	C	<input type="checkbox"/>													
	S	<input type="checkbox"/>													
Transizione	F/H	<input type="checkbox"/>													
Pianura alluvionale	F/H	<input type="checkbox"/>													
	W	<input type="checkbox"/>													

**SUB-UNITA'**
**Livello DETTAGLIO**

	Tipo	Macro-unità				
		Num	Sed	Veg	Mis	Alt
Alveo	C	<input type="checkbox"/>				
	S	<input type="checkbox"/>				
	E	<input type="checkbox"/>				
	V	<input type="checkbox"/>				
Transizione	F/H	<input type="checkbox"/>				
Pianura alluvionale	F/H	<input type="checkbox"/>				
	W	<input type="checkbox"/>				
	H	<input type="checkbox"/>				

**DATI PER CALCOLO INDICI DI HABITAT**

Data <input type="checkbox"/>	Corso d'acqua <input type="checkbox"/>	Portata <input type="checkbox"/>
M-U <input type="checkbox"/>	Pelo libero <input type="checkbox"/>	Substrato <input type="checkbox"/>
Unità <input type="checkbox"/>	Connettività <input type="checkbox"/>	Profondità <input type="checkbox"/>
S-U <input type="checkbox"/>	Cover <input type="checkbox"/>	Velocità <input type="checkbox"/>
		Num. di Froude <input type="checkbox"/>

Indicare le unità o caratteristiche non rilevate come NR

## Scheda 2: INFORMAZIONI GENERALI E SCHEMA MORFOLOGICO

### Informazioni generali

Operatore \_\_\_\_\_ Località \_\_\_\_\_ Lunghezza sottotratto (m) \_\_\_\_\_  
Data \_\_\_\_\_ Altitudine tratto (m slm) \_\_\_\_\_ Estremità monte (x) \_\_\_\_\_  
Corso d'acqua \_\_\_\_\_ Lunghezza tratto (m) \_\_\_\_\_ Estremità monte (y) \_\_\_\_\_

### Caratteristiche morfologiche generali

Larghezza pianura  Grado confinamento  Larghezza alveo di magra   
Larghezza corridoio fluviale  Pendenza  Profondità   
Larghezza alveo  Uso suolo  Guadabile/non guadabile

### Configurazione del fondo

Colluviale   
In roccia   
Alluvionale   
Semi-alluvionale   
Artificiale

### Tipologia dell'alveo

Canale singolo   
Rettilineo   
Sinuoso   
Meandriforme   
Transizionale   
*Wandering*   
Canali multipli   
Canali intrecciati   
*Anabranching*

### Regime idrologico

Permanente   
Intermittente   
Temporaneo   
Altro

### Altre informazioni eventualmente disponibili

Q rilievo sul terreno  Portate massime: Q  N. eventi  $Q > 1.5$    
Q rilievo da remoto  Portate massime: anno

### Schema morfologico

**Scheda 3: LIVELLO GENERALE**

**Alveo, Zona di Transizione e Pianura Alluvionale**

**Foto**

Data \_\_\_\_\_  
 Fonte \_\_\_\_\_

Scala foto \_\_\_\_\_  
 Risoluzione foto \_\_\_\_\_

Scala digitalizzazione \_\_\_\_\_  
 Analisi tratto/sotto-tratto \_\_\_\_\_

Inserire foto del tratto o sottotratto

Macro-unità				
Ambito spaziale	Macro-unità	P/A	Area (mq)	%
Alveo	Alveo di magra o unità sommerse (C/S)			
	Unità emerse (E)			
	Vegetazione in alveo (V)			
Zona di Transizione - Pianura Alluvionale	Zona ripariale (F)			
	Zone acquatiche di pianura alluvionale (W)			
	Zone dominate da attività antropiche (H)			
Tutti	Elementi artificiali (A)			

**Scheda 4: LIVELLO BASE**

Unità di Alveo													
Tipo di macro-unità	P/A	N (o codice)	L/A										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Canale principale (C)													
		Riferimento foto											
Canale secondario (in alveo) (S)													
		Riferimento foto											
Macro unità	Tipo di unità	P/A	N (o codice)	L/A									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	<i>Pothole</i> (CH)												
			Riferimento foto										
	<i>Cascade</i> (CC)												
			Riferimento foto										
	<i>Rapid</i> (CR)												
			Riferimento foto										
	<i>Riffle</i> (CF)												
			Riferimento foto										
<i>Step</i> (CT)													
		Riferimento foto											
<i>Glide</i> (CG)													
		Riferimento foto											
<i>Pool</i> (CP)													
		Riferimento foto											
Sistema di dune (CD)													
		Riferimento foto											
E	Barra laterale (s.l.) (EA)												
			Riferimento foto										
	Barra centrale (EC)												
			Riferimento foto										
	Barra alta laterale (EAh)												
			Riferimento foto										
	Barra alta centrale (ECh)												
			Riferimento foto										
<i>Boulder berm</i> laterale (EB)													
		Riferimento foto											
<i>Boulder berm</i> centrale (EM)													
		Riferimento foto											
Canale emerso (ED)													
		Riferimento foto											
Affioramento roccioso (EO)													
		Riferimento foto											
V	Isola (VI)												
			Riferimento foto										
	Accumuli di LW (VJ)												
		Riferimento foto											
Vegetazione acquatica (VA)													
		Riferimento foto											
Note													

**Scheda 5: LIVELLO BASE**

Unità di Transizione																					
Macro unità	Tipo di unità	P/A	N (o codice)	L																	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
F/H	Sponda (FB)																				
			Riferimento foto																		
	Bench (FM)																				
			Riferimento foto																		

Unità di Pianura Alluvionale																						
Macro unità	Tipo di unità	P/A	N (o codice)	L/A																		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
F/H	Piana inondabile (FF)																					
				Riferimento foto																		
	Terrazzo recente (FT)																					
				Riferimento foto																		
	Scarpata (FS)																					
				Riferimento foto																		
	Canale secondario (di pianura) (FC)																					
			Riferimento foto																			
	Argine naturale (FL)																					
			Riferimento foto																			
	Depositi di esondazione (FD)																					
			Riferimento foto																			
	Cordoni e solchi (FR)																					
			Riferimento foto																			
	Isola di piana inondabile (FI)																					
			Riferimento foto																			
	Isola terrazzata (FN)																					
			Riferimento foto																			
W/H	Lago di pianura (WO)																					
			Riferimento foto																			
	Zona umida (WW)																					
			Riferimento foto																			

**Indici SUM**

$$\Sigma NT_{UM} \quad \square$$

$$ISUM-R \quad \square \quad \Sigma NT_{UM} / n$$

$NT_{UM}$  = numero totale di tipi di unità e macro-unità (P/A);  $n = 34$

$$\Sigma N_{UM} \quad \square$$

$$ISUM-D \quad \square \quad \Sigma N_{UM} / L$$

$N_{UM}$  = numero totale di unità morfologiche (N o codice);  
L = lunghezza tratto (km)

**Sub-indici SUM**

$$\Sigma NT_{UMA} \quad \square$$

$$ISUM-R_A \quad \square \quad \Sigma NT_{UMA} / n$$

$NT_{UMA}$  = numero di tipi di unità e macro-unità di alveo

$$\Sigma NT_{UMP} \quad \square$$

$$ISUM-R_P \quad \square \quad \Sigma NT_{UMP} / n$$

$NT_{UMP}$  = numero di tipi di unità e macro-unità di pianura

$$\Sigma N_{UMA} \quad \square$$

$$ISUM-D_A \quad \square \quad \Sigma N_{UMA} / L$$

$N_{UMA}$  = numero di unità di alveo

$$\Sigma N_{UMP} \quad \square$$

$$ISUM-D_P \quad \square \quad \Sigma N_{UMP} / L$$

$N_{UMP}$  = numero di unità di pianura

$$\Sigma N_{UMC} \quad \square$$

$$ISUM-D_C \quad \square \quad \Sigma N_{UMC} / A_C$$

$N_{UMC}$  = numero di unità - macro-unità 'alveo di magra'

$$\Sigma N_{UME} \quad \square$$

$$ISUM-D_E \quad \square \quad \Sigma N_{UME} / A_E$$

$N_{UME}$  = numero di unità - macro-unità 'unità emerse'

$$\Sigma N_{UMV} \quad \square$$

$$ISUM-D_V \quad \square \quad \Sigma N_{UMV} / A_V$$

$N_{UMV}$  = numero di unità - macro-unità 'vegetazione in alveo'

$$\Sigma N_{UMF} \quad \square$$

$$ISUM-D_F \quad \square \quad \Sigma N_{UMF} / A_F$$

$N_{UMF}$  = numero di unità - macro-unità 'zona ripariale'

$$\Sigma N_{UMW} \quad \square$$

$$ISUM-D_W \quad \square \quad \Sigma N_{UMW} / A_W$$

$N_{UMW}$  = numero di unità - macro-unità 'zone acquatiche di pianura'

$A_{(C-E-V-F-W)}$  = area della rispettiva macro-unità (Km<sup>2</sup>)

Note

**Scheda 6: LIVELLO BASE**

**Zone dominate da attività antropiche nella pianura alluvionale (uso del suolo)**

Macro unità	Tipo di unità	P/A	N (o codice)	L/A										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
H	Zona agricola (HAg)		Riferimento foto											
	Piantagione (HPi)		Riferimento foto											
	Area urbana (HUr)		Riferimento foto											

**Elementi artificiali**

Macro unità	Tipo di unità	P/A	N (o codice)	L/A										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	Diga (AA)		Riferimento foto											
	Briglia (montano) (AB)		Riferimento foto											
	Briglia/traversa (pianura) (AC)		Riferimento foto											
	Cassa di espansione (AD)		Riferimento foto											
	Diversivo o scolmatore (AE)		Riferimento foto											
	Tombinatura (AF)		Riferimento foto											
	Guado (AG)		Riferimento foto											
	Ponte (AH)		Riferimento foto											
	Rivestimento del letto (AI)		Riferimento foto											
	Soglia di fondo (AJ)		Riferimento foto											
	Rampa (AK)		Riferimento foto											
	Difesa di sponda (AL)		Riferimento foto											
	Argine artificiale (AM)		Riferimento foto											
	Sito estrattivo (AN)		Riferimento foto											

Note









**Scheda 11: LIVELLO DETTAGLIO - Alveo**

**(c) Unità di vegetazione in alveo (continua)**

Unità	Sotto-tipo	Codice	Caratteristiche del sedimento										Condizioni idrauliche			Caratteristiche della vegetazione								Misure		Foto	Altro		
			Roc	Mas	Cio	Ghi	Sab	Lim	Arg	Clo	Cor	Art	<AP	AP	>AP	Ass	Den	Spa	Gru	Alb	Arb	Erb	Specie	Leg	Dim			Num	
VJ																													
	Di meandro																												
	Di <i>bench</i>																												
	Di apice di barra																												
	Di sommità di barra																												
	Sbarramento da LW																												
	Deviazione di flusso																												
	Di frana																												
	Da sponda																												
	Creato da vegetazione																												

Unità	Sotto-tipo	Codice	Caratteristiche del sedimento										Con. idrauliche		Caratteristiche della vegetazione							Misure		Foto	Altro			
			Roc	Mas	Cio	Ghi	Sab	Lim	Arg	Clo	Cor	Art	<1m	>1m	Den	Spa	Gru	Specie	Leg	Alt	Lar	Alt						
VA																												
	A foglie flottanti																											
	A foglie sommerse																											
	A foglie emergenti																											

Note

**Scheda 12: LIVELLO DETTAGLIO - Zona di Transizione e Pianura Alluvionale**

**(a) Unità di Transizione**

Unità	Codice	Caratteristiche del sedimento							Condizioni idrauliche			Caratteristiche della vegetazione										Note		
		Roc	Mas	Cio	Ghi	Sab	Lim	Arg	Ben	Pia	Ter	Ass	Den	Spa	Gru	Alb	Arb	Erb	Specie	Leg	Rad			
FB																								

Codice	Morfologia della sponda							Materiale/composizione				Stato della sponda			Misure			Foto	Altro	
	Ver	Sca	Pla	Dep	Cov	Coc	Com	NoC	Coe	Com	Str	Arr	Sta	Ava	Lun	Alt	Pen			







---

## **APPENDICE 2: LISTA DELLE UNITÀ E MACRO-UNITÀ**

AMBITO	MACRO-UNITÀ	TIPI DI MACRO-UNITÀ	SOTTO-TIPI DI MACRO-UNITÀ
Alveo (unità sommerse)	Alveo di magra o unità sommerse (C/S)	Canale di magra o canale principale (C)	
		Canale secondario (in alveo) (S)	Canale di taglio Canale secondario connesso a monte e a valle Canale secondario connesso a monte o a valle Pozza isolata

AMBITO	MACRO-UNITÀ	UNITÀ	SOTTO-TIPI DI UNITÀ
Alveo (unità sommerse)	Alveo di magra o unità sommerse (C/S)	<i>Pothole</i> (CH)	
		<i>Cascade</i> (CC)	
		<i>Rapid</i> (CR)	
		<i>Riffle</i> (CF)	<i>Riffle</i> imposto
		<i>Step</i> (CT)	<i>Rock step</i> <i>Waterfall</i> <i>Boulder step</i> <i>Log step</i>
		<i>Glide</i> (CG)	<i>Rock glide</i>
		<i>Pool</i> (CP)	<i>Pool</i> imposta <i>Scour pool</i> <i>Plunge pool</i> <i>Dammed pool</i> <i>Meander pool</i>
		Sistema di dune (CD)	

AMBITO	MACRO-UNITÀ	UNITÀ	SOTTO-TIPI DI UNITÀ
Alveo (unità emerse)	Unità emerse (E)	Barra laterale ( <i>s.l.</i> ) (EA)	Barra laterale ( <i>s.s.</i> ) Barra di meandro Barra concava Barra di confluenza Barra laterale imposta
		Barra centrale (EC)	Barra longitudinale Barra trasversale Barra diagonale Barra mediana Barra in roccia Barra centrale imposta
		Barra alta laterale (EAh)	
		Barra alta centrale (ECh)	
		<i>Boulder berm</i> laterale (EB)	
		<i>Boulder berm</i> centrale (EM)	
		Canale emerso (asciutto) (ED)	
		Affioramento roccioso (EO)	
	Sponda non vegetata (EK)		
	Vegetazione in alveo (V)	Isola (VI)	Isola erbacea Isola legnosa giovane Isola legnosa stabile Isola legnosa matura Isola legnosa complessa
		Accumuli di materiale legnoso grossolano (VJ)	Accumulo di meandro Accumulo di <i>bench</i> Accumulo di apice di barra Accumulo di sommità di barra Sbarramento da accumulo legnoso Accumulo con deviazione del flusso Accumulo di frana Accumulo da sponda Accumulo creato da vegetazione
		Vegetazione acquatica (VA)	A foglie flottanti A foglie sommerse A foglie emergenti
		<i>Bench</i> (VB)	<i>Shelf</i> sommerso <i>Berm</i> <i>Bench</i> ( <i>s.s.</i> ) <i>Ledge</i> <i>Bench</i> di meandro <i>Bench</i> di sponda concava <i>Shelf</i> <i>Slump bench</i> <i>Ice abrasion e ice ploughing bench</i>
		Sponda vegetata (VK)	

AMBITO	MACRO-UNITÀ	UNITÀ	SOTTO-TIPI DI UNITÀ
Pianura alluvionale	Zona ripariale (F)/ Zone dominate da attività antropiche (H)	Piana inondabile (moderna) (FF/HF)	
		Terrazzo recente (FT/HT)	
		Scarpata (FS/HS)	
		Argine naturale (FL/HL)	
		Depositi di esondazione (FD/HD)	Deposito di rotta Cuneo sabbioso Deposito tabulare sabbioso
		Cordoni e solchi (FR/HR)	
		Isola di piana inondabile (FI/HI)	
		Isola terrazzata (FN/HN)	
	Canale secondario (di pianura) (FC/HC)	Canale secondario di piena Canale abbandonato Meandro abbandonato	
	Zone acquatiche di pianura alluvionale (W/H)	Lago di pianura (WO/HO)	Lago di meandro
Zona umida (WW/HW)		Palude Stagno	

AMBITO	“MACRO-UNITÀ”	TIPO DI SUPERFICIE
Pianura alluvionale	Zone dominate da attività antropiche (H)	Zona agricola (HAg) Piantagione (HPi) Area urbana (HUr)
Tutti gli ambiti	Elementi artificiali	Diga (AA) Briglia in ambito montano (AB) Briglia e traversa in ambito di pianura (AC) Cassa di espansione (AD) Diversivo o scolmatore (AE) Tombinatura (AF) Guado (AG) Ponte (AH) Rivestimento del letto (AI) Soglia di fondo (AJ) Rampa (AK) Difesa di sponda (AL) Argine artificiale (AM) Sito estrattivo / Rimozione di sedimento (AN)

---

**APPENDICE 3: SCHEDA DI RILEVAMENTO PER LA  
CARATTERIZZAZIONE DEI MESOHABITAT PER IL CALCOLO  
DI INDICI DI HABITAT**

### DATI PER CALCOLO INDICI DI HABITAT (Unità di canale)

DATA: \_\_\_\_\_ CORSO D'ACQUA: \_\_\_\_\_ PORTATA: \_\_\_\_\_

	SUBSTRATO (-)*		PROFONDITA' (cm)		VELOCITA' (cm/s)	
MACRO-UNITA'	1		1		1	
UNITA'	2		2		2	
SUB-UNITA'	3		3		3	
PELO LIBERO (%)	4		4		4	
CONNETTIVITA' (P/A)	5		5		5	
COVER (P/A)	6		6		6	
Massi	7		7		7	
Ombreggiatura	8		8		8	
<i>Overhanging</i>	9		9		9	
Radici esposte	10		10		10	
Veg. sommersa	11		11		11	
Veg. emergente	12		12		12	
Sponda scalzata	13		13		13	
Detriti legnosi	14		14		14	
NUM. DI FROUDE	15		15		15	

	SUBSTRATO (-)*		PROFONDITA' (cm)		VELOCITA' (cm/s)	
MACRO-UNITA'	1		1		1	
UNITA'	2		2		2	
SUB-UNITA'	3		3		3	
PELO LIBERO (%)	4		4		4	
CONNETTIVITA' (P/A)	5		5		5	
COVER (P/A)	6		6		6	
Massi	7		7		7	
Ombreggiatura	8		8		8	
<i>Overhanging</i>	9		9		9	
Radici esposte	10		10		10	
Veg. sommersa	11		11		11	
Veg. emergente	12		12		12	
Sponda scalzata	13		13		13	
Detriti legnosi	14		14		14	
NUM. DI FROUDE	15		15		15	

	SUBSTRATO (-)*		PROFONDITA' (cm)		VELOCITA' (cm/s)	
MACRO-UNITA'	1		1		1	
UNITA'	2		2		2	
SUB-UNITA'	3		3		3	
PELO LIBERO (%)	4		4		4	
CONNETTIVITA' (P/A)	5		5		5	
COVER (P/A)	6		6		6	
Massi	7		7		7	
Ombreggiatura	8		8		8	
<i>Overhanging</i>	9		9		9	
Radici esposte	10		10		10	
Veg. sommersa	11		11		11	
Veg. emergente	12		12		12	
Sponda scalzata	13		13		13	
Detriti legnosi	14		14		14	
NUM. DI FROUDE	15		15		15	

	SUBSTRATO (-)*		PROFONDITA' (cm)		VELOCITA' (cm/s)	
MACRO-UNITA'	1		1		1	
UNITA'	2		2		2	
SUB-UNITA'	3		3		3	
PELO LIBERO (%)	4		4		4	
CONNETTIVITA' (P/A)	5		5		5	
COVER (P/A)	6		6		6	
Massi	7		7		7	
Ombreggiatura	8		8		8	
<i>Overhanging</i>	9		9		9	
Radici esposte	10		10		10	
Veg. sommersa	11		11		11	
Veg. emergente	12		12		12	
Sponda scalzata	13		13		13	
Detriti legnosi	14		14		14	
NUM. DI FROUDE	15		15		15	

Note

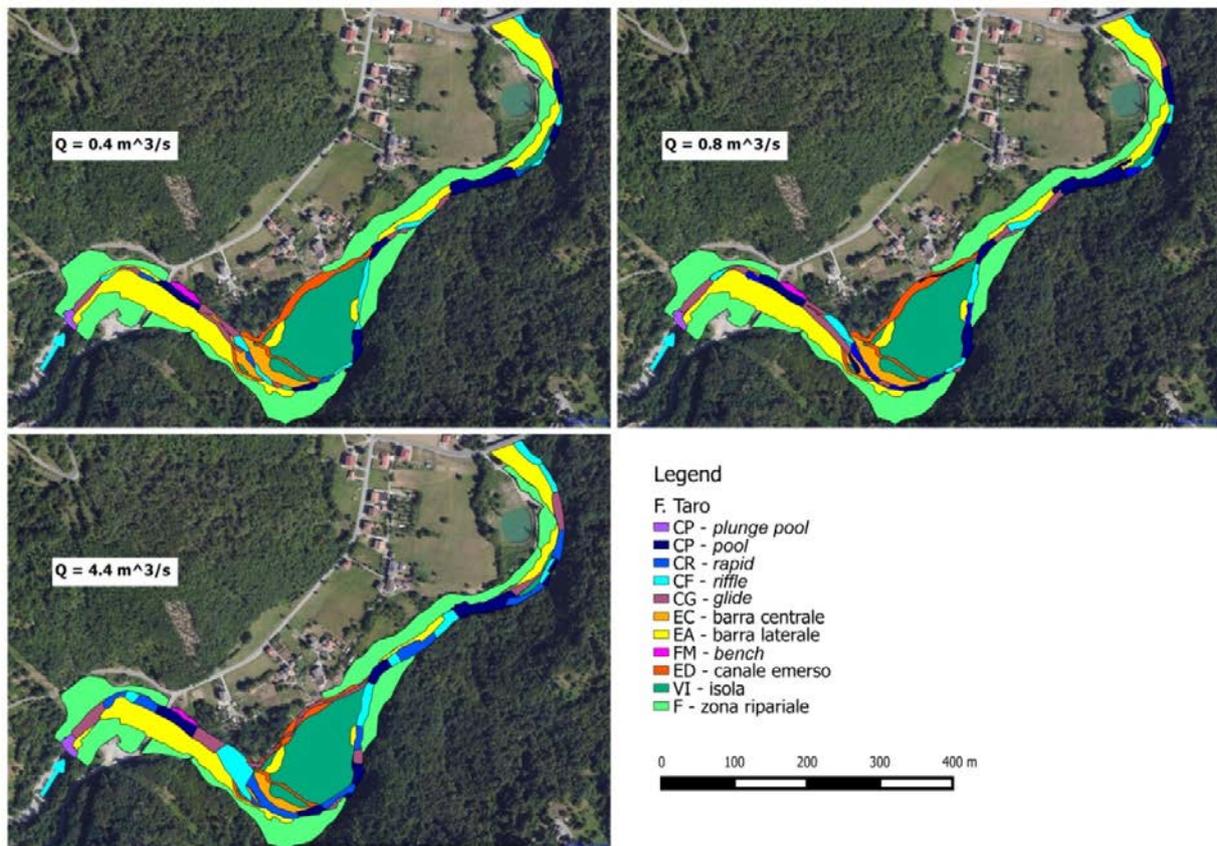
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Gigalithal (roccia)</li> <li>Megalithal (&gt; 40 cm)</li> <li>Macrolithal (20-40 cm)</li> <li>Mesolithal (6-20 cm)</li> <li>Microlithal (2-6 cm)</li> <li>Akal (ghiaia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Psammal (sabbia)</li> <li>Pelal (limo, argilla)</li> <li>Detritus (mat. organico)</li> <li>Xylal (detriti di legno, radici)</li> <li>Sapropel (fango anossico)</li> <li>Phyalal (piante sommerse)</li> </ul>
--	---

## APPENDICE 4: APPLICAZIONI DEL SUM PER I MODELLI DI HABITAT E IL CALCOLO DI INDICI DI HABITAT

Si riporta di seguito un esempio di applicazione della classificazione *SUM* per i modelli di habitat a meso-scala (MesoHABSIM, [Parasiewicz et al., 2013](#); [Vezza et al., 2014b](#)) e il relativo calcolo di due indici di habitat: l'Indice di disponibilità Spaziale di Habitat (ISH) e l'Indice di disponibilità Temporale di Habitat (ITH). I due indici, anche se con differenti acronimi, sono stati presentati in [Vezza et al. \(2015\)](#). Gli acronimi ISH e ITH vengono qui utilizzati al fine di tradurre in lingua Italiana la nomenclatura precedentemente adottata in lingua Inglese. L'aggregazione dei suddetti indici ISH e ITH è definita come il minimo tra i valori dei due indici e denominata Indice di Integrità dell'Habitat (IH).

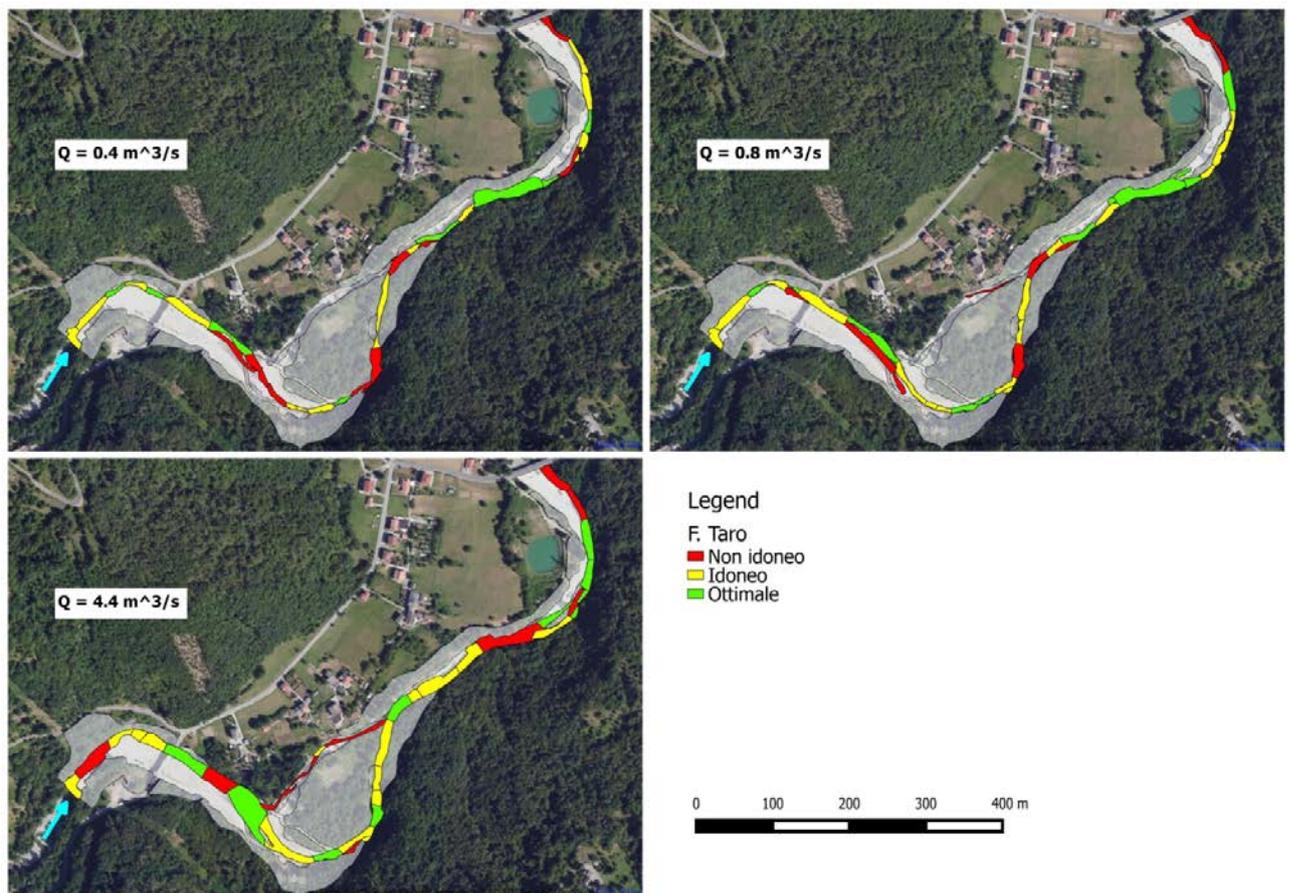
L'esempio di applicazione qui presentato interessa il Fiume Taro a Piane di Carniglia (Parma). La metodologia MesoHABSIM (Meso-scale Habitat Simulation system) valuta l'integrità ecologica delle unità morfologiche classificate attraverso il *SUM*, basandosi su informazioni quantitative di distribuzione dell'habitat fisico (vedasi [Parte I, paragrafo 2.4.5](#)). Il risultato di tale applicazione consente la modellazione e la simulazione dell'habitat fluviale in funzione della portata defluente e delle modificazioni morfologiche dovute ad interventi antropici. I passi chiave della metodologia MesoHABSIM sono riportati in [Parasiewicz et al. \(2013\)](#) e [Vezza et al. \(2014b\)](#) e si possono sintetizzare come: (1) descrizione dell'habitat fluviale per diverse condizioni di portata; (2) applicazione dei modelli biologici di idoneità d'habitat; (3) analisi delle variazioni spatio-temporali dell'habitat fluviale.

Per lo *step* (1) si veda il [paragrafo 2.4.5, Parte I](#) del presente manuale. La [Figura A4.1](#) riporta la distribuzione delle unità morfologiche (unità sommerse e unità emerse) per il caso del Fiume Taro a Piane di Carniglia (Parma) per 3 differenti condizioni di deflusso.



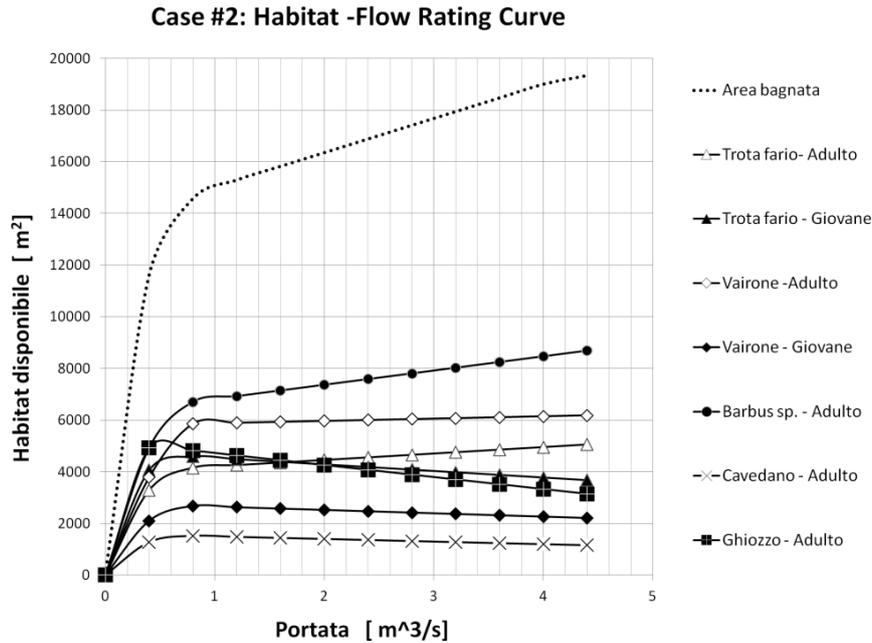
**Figura A4.1** - Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (unità sommerse e unità emerse) per il caso del Fiume Taro a Piane di Carniglia (Parma) per 3 differenti condizioni di deflusso ( $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Lo step (2) comprende l'applicazione di modelli statistici multivariati che costituiscono i criteri di idoneità d'habitat per le diverse specie target e i relativi stadi vitali. Tali modelli, costruiti in condizioni di riferimento (habitat caratterizzati da assenza di pressioni idro-morfologiche e da composizione naturale delle comunità analizzate), si basano su dati biologici quantitativi raccolti in campo a scala di unità morfologica. La tecnica statistica ad apprendimento automatico, denominata Random Forests ([Breiman, 2001](#)), viene utilizzata per identificare i parametri che maggiormente influenzano la presenza o l'abbondanza delle specie (e relativi stadi vitali) analizzati (ad es., [Vezza et al. 2014a](#)). In particolare, per ogni specie (o stadio vitale) vengono costruiti 2 modelli binari per distinguere tra assenza/presenza e presenza/abbondanza dell'organismo considerato. Il risultato dell'applicazione di tali modelli è quindi una probabilità di presenza (o di abbondanza) che, se superiore a 0.5, classifica l'unità morfologica (unità di canale per i pesci) come mesohabitat idoneo (probabilità di presenza > 0.5) o ottimale (probabilità di abbondanza > 0.5) per la specie o stadio vitale considerati. Nel caso studio qui presentato le unità morfologiche sommerse (unità di canale) vengono valutate in termini di idoneità d'habitat per la fauna ittica ([Figura A4.2](#)).



**Figura A4.2** - Valutazione in termini di idoneità d'habitat delle unità di canale per il caso del Fiume Taro a Pianes di Carniglia (Parma) per 3 differenti condizioni di deflusso ( $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Nell'esempio riportato l'habitat viene valutato per il barbo (*Barbus* sp., stadio vitale adulto) e classificato secondo 3 categorie: idoneo, non idoneo e ottimale.

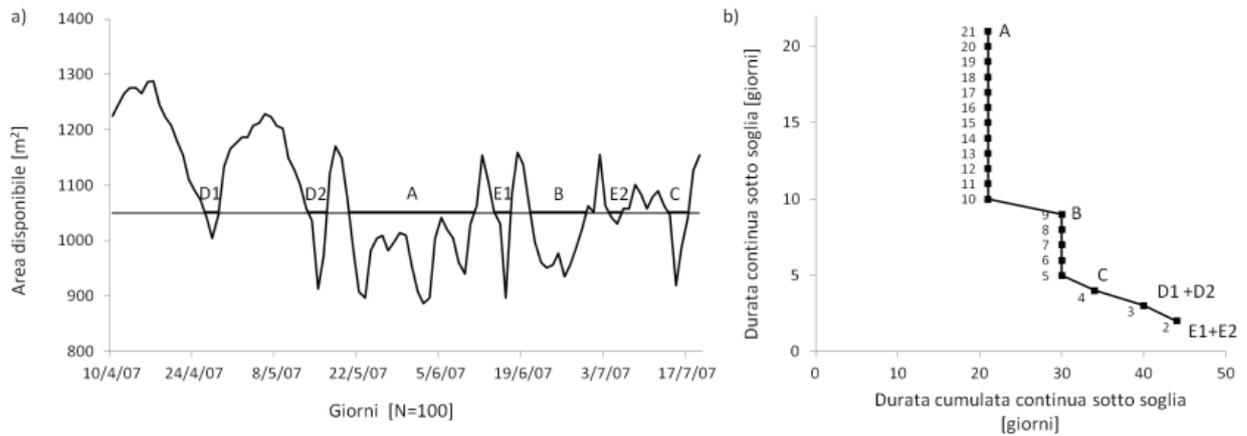
Nello step (3), infine, l'habitat disponibile espresso in  $\text{m}^2$  (o in % dell'area di alveo bagnato) viene quantificato per una specie o stadio vitale e messo in relazione alla portata defluente attraverso la cosiddetta curva habitat-portata ([Figura A4.3](#)). Ciascuna curva in [Figura A4.3](#) rappresenta la variazione spaziale dell'habitat disponibile con la portata defluente per una determinata specie o stadio vitale ed è ottenuta attraverso la relazione  $H_d = H_{id} * 0.25 + H_{ott} * 0.75$ , dove  $H_d$  è l'habitat disponibile,  $H_{id}$  è l'habitat classificato come idoneo e  $H_{ott}$  è l'habitat classificato come ottimale ([Parasiewicz et al., 2013](#)).



**Figura A4.3** - Relazione habitat-portata determinata con la metodologia MesoHABSIM per il caso del F. Taro a Piane di Carniglia (Parma). L'habitat disponibile è quantificato per differenti specie e stadi vitali della comunità ittica locale e viene espresso in m<sup>2</sup> in funzione della portata defluente.

La variazione temporale dell'habitat disponibile viene rappresentata dalle serie storiche di habitat ottenute a partire dalle serie di portata in alveo. In particolare, l'habitat disponibile al tempo  $t$  viene ottenuto tramite la relazione  $H_d(t)=H(Q(t))$ , dove  $H$  rappresenta la relazione habitat-portata per una determinata specie o stadio vitale,  $Q(t)$  è la portata defluente al tempo  $t$  e  $H_d(t)$  è l'habitat disponibile al tempo  $t$  (Milhous *et al.*, 1990).

Le serie di portata in alveo (sia relative alle condizioni in assenza della derivazione in esame, sia misurate a valle dell'opera di presa) vengono quindi tradotte in serie di habitat tramite la curva habitat-portata e analizzate statisticamente al fine di stabilire la durata continua sotto-soglia (espressa in giorni/anno o in % del periodo analizzato) della quantità di habitat disponibile per la specie o stadio vitale di interesse. Tale analisi statistica può essere realizzata attraverso le curve di durata continua sotto-soglia (CDS, in inglese UCUT, Uniform Continuous Under-Threshold curves, Parasiewicz *et al.*, 2013). Nell'esempio riportato in Figura A4.4 il calcolo delle curve CDS viene eseguito per un periodo di 100 giorni (circa tre mesi, tra il 10/4/2007 e il 17/7/2007) considerando una soglia di habitat disponibile (relativo alla portata  $Q_{355}$  per il caso in esame) pari a 1050 m<sup>2</sup>. Importante notare come nella figura il calcolo del numero di giorni in cui la quantità di habitat disponibile si mantiene al di sotto della soglia considerata sia eseguito per l'intero intervallo di durate sotto-soglia (ossia tra l'evento di durata 2 giorni – evento E – e l'evento di durata massima pari a 21 giorni – evento A). Per ulteriori dettagli sulla costruzione delle curve habitat-portata e CDS (o UCUT) vedasi Parasiewicz *et al.* (2013) e Vezza *et al.* (2014b).



**Figura A4.4** - Esempio di calcolo della curva di durata continua sotto-soglia (curva CDS o UCUT). Il calcolo viene eseguito per l'intero intervallo di durate sotto soglia (in Figura: tra 2 – evento E – e 21 giorni – evento A).

### Indice di disponibilità spaziale dell'habitat fluviale (ISH)

L'ISH (Eq. 1) rappresenta l'alterazione della quantità spaziale di habitat nel periodo considerato. Nel caso di valutazione di impatto, è costruito su base annuale confrontando l'area disponibile media sul periodo (espressa in m<sup>2</sup>) in condizioni idro-morfologiche di riferimento ( $A_{Hd,r}$ ) con quella in condizioni alterate ( $A_{Hd}$ )

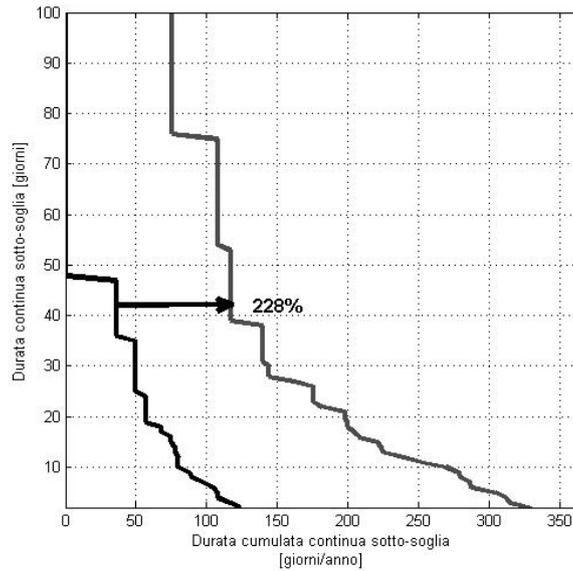
$$ISH = \min \left( \begin{cases} 1 - \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}}, & \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}} \leq 1 \\ 0, & \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}} > 1 \end{cases} \right)_{specie} \quad Eq.1$$

Il valore dell'indice è dato dal minimo tra i valori ottenuti per le diverse specie (e possibilmente i relativi stadi vitali) presenti nel tratto fluviale considerato.  $A_{Hd,r}$  definisce le condizioni di habitat di riferimento sul periodo considerato ed è calcolata come il valor medio della serie storica di habitat in assenza della derivazione in esame.

### L'indice di disponibilità temporale dell'habitat fluviale (ITH)

L'ITH valuta la variazione temporale nella durata di eventi di stress per la fauna. Un evento di stress è caratterizzato dal perdurare nel tempo di limitate condizioni di disponibilità di habitat ed è espresso come numero di giorni in cui un valore di habitat disponibile (in m<sup>2</sup>) rimane al di sotto di una data soglia. Per l'ITH, la soglia al di sotto della quale si verificano eventi di stress è fissata come la quantità di habitat corrispondente (in condizioni non alterate) al 97° percentile di portata (o nel caso di valutazioni di impatto su base annuale e serie storiche a scala giornaliera, alla portata  $Q_{355}$ , superata 355 giorni all'anno). Tale soglia di habitat disponibile viene qui denominata  $AQ_{97}$ . Quest'analisi si basa sul presupposto che gli eventi che si verificano raramente in natura (ad es., il ripetersi nel tempo di portate minime di magra) sono i principali fattori di stress che agiscono sulla comunità e ne determinano la struttura della popolazione presente.

Al fine della valutazione di impatto su base annuale di una derivazione, il processo di costruzione della curva CDS viene ripetuto utilizzando sia la serie storica di habitat in condizioni non alterate (assenza della derivazione in esame), sia per condizioni alterate (a valle della derivazione in esame). L'indicatore utilizzato per determinare l'alterazione nella durata degli eventi di stress per la specie  $i$  è la distanza media tra la curva di durata sotto-soglia in condizioni alterate e la curva in condizioni non alterate ([Figura A4.5](#)).



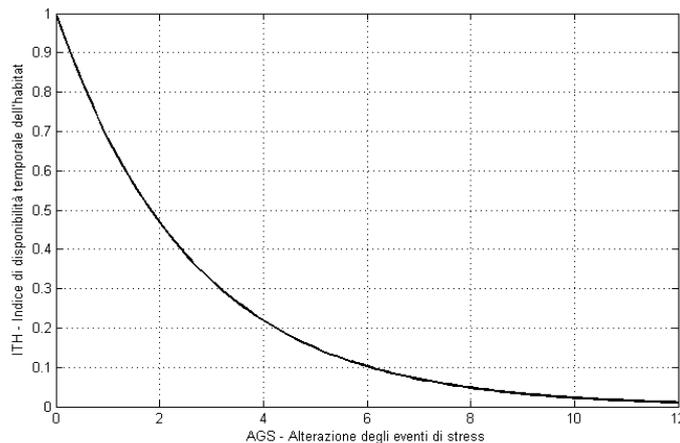
**Figura A4.5** - Esempio di calcolo dell'alterazione media della durata degli eventi di stress (eventi di habitat disponibile sotto-soglia) per la specie barbo (*Barbus sp.*) per il F. Taro a Piane di Carniglia (Parma). Le curve di durata dell'habitat disponibile sotto-soglia (CDS) vengono calcolate per le condizioni non alterate (linea di colore nero) e alterate (linea di colore grigio).

Operativamente, per ogni valore di durata continua sotto-soglia (asse delle ordinate nell'esempio in [Figura A4.5](#)) si valuta la differenza relativa (in valore assoluto) tra il corrispondente numero di giorni di durata cumulata continua per la curva in condizioni alterate ( $d_{c,AQ97}$ ) rispetto a quella in condizioni non alterate ( $d_{c,r,AQ97}$ ). L'alterazione complessiva nel numero di giorni di stress (AGS, o in inglese Stress Days Alteration - SDA, [Parasiewicz et al., 2012](#)) viene quindi calcolata come media su tutto l'intervallo di durate continue sotto-soglia (intervallo da 1 a  $d_{max,r}$ , dove  $d_{max,r}$  è la durata massima sotto-soglia in condizioni non alterate, espressa in giorni, Eq. 2).

$$AGS = \frac{1}{d_{max,r}} \cdot \sum_{k=1}^{d_{max,r}} \left( \frac{|d_{c,AQ97} - d_{c,r,AQ97}|}{d_{c,r,AQ97}} \right) \quad \text{Eq. 2}$$

L'indice ITH viene infine determinato tramite l'Eq. 3, dove la funzione di valore che trasforma l'indicatore AGS nell'indice ITH è calcolata sulla base di un esponenziale negativo che, rispetto ad una funzione lineare, fa aumentare l'importanza di ridotte alterazioni di eventi di stress ([Figura A4.6](#)). Analogamente a ISH, l'indice ITH è pari al minimo tra i valori calcolati per le diverse specie (e possibilmente i relativi stadi vitali) presenti nel tratto fluviale considerato.

$$ITH = \min(e^{-0.38 \text{ AGS}})_{\text{specie}} \quad \text{Eq. 3}$$



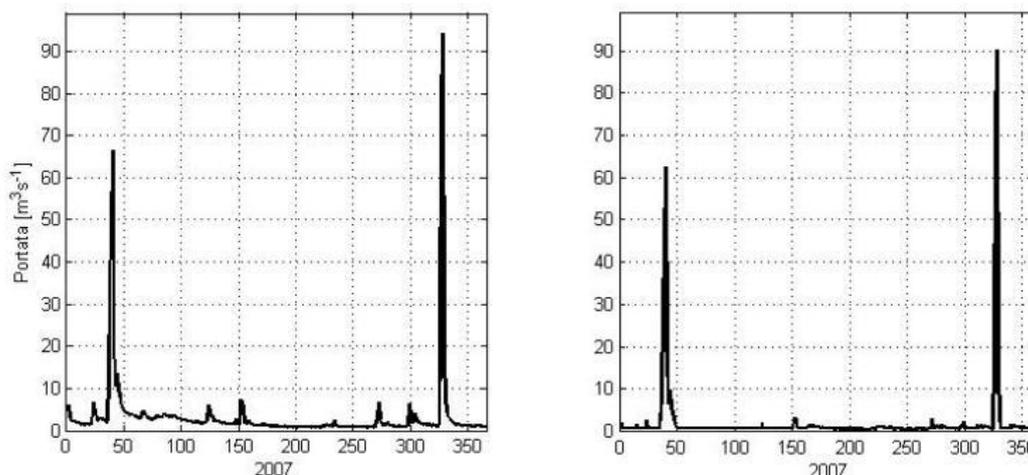
**Figura A4.6** - Rappresentazione della funzione di valore per il calcolo dell'indice ITH (indice di disponibilità temporale dell'habitat) basato sull'indicatore AGS (alterazione dei giorni di stress).

Dai punteggi assegnati a ISH e ITH deriva quindi il valore finale dell'Indice IH che, calcolato come il minimo tra i due indici, può variare tra 0 e 1, dove 0 rappresenta un grado elevatissimo di alterazione della qualità dell'habitat fluviale e 1 significa assenza di alterazioni, ossia qualità dell'habitat coincidente con la condizione di riferimento (assenza di alterazione idro-morfologica). In accordo all'impostazione della Direttiva Quadro Acque, l'integrità dell'habitat viene definita nelle cinque classi riportate in [Tabella A4.1](#).

**Tabella A4.1** - Classi di integrità dell'habitat secondo l'indice IH.

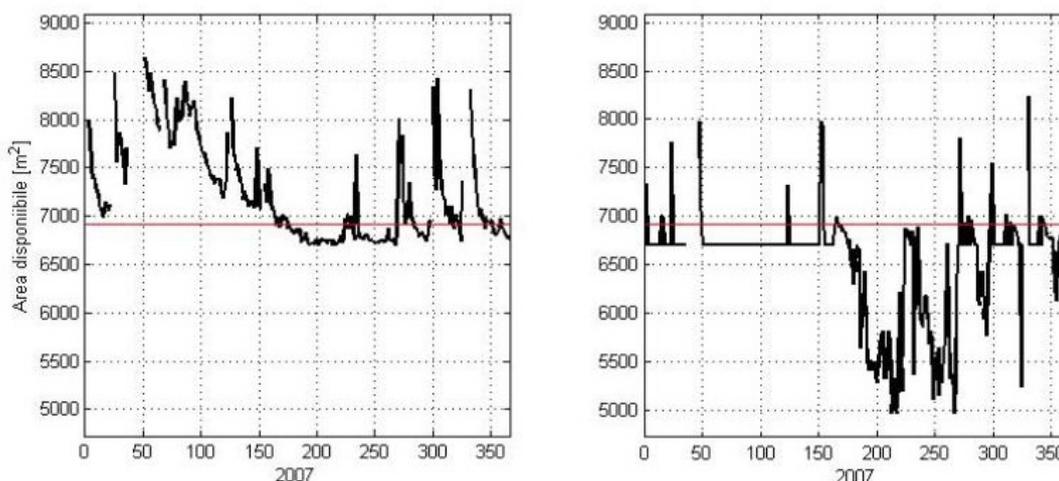
IH	CLASSE
$IH \geq 0.80$	ELEVATO
$0.60 \leq IH < 0.80$	BUONO
$0.40 \leq IH < 0.60$	SUFFICIENTE
$0.20 \leq IH < 0.40$	SCADENTE
$IH < 0.20$	PESSIMO

A titolo di esempio, per il caso del F. Taro a Piane di Carniglia, in [Figura A4.7](#) sono riportate le serie storiche di portata media giornaliera per l'anno 2007 (in assenza della derivazione in esame e a valle dell'opera di presa).



**Figura A4.7** - Serie storica di portate medie giornaliere per l'anno 2007 in assenza (grafico di sinistra) e a valle (grafico di destra) della derivazione in esame per il F. Taro a piane di Carniglia.

I valori di  $A_{Hd,r}$  e  $A_{Hd}$  per l'anno 2007 per la specie barbo sp. risultano rispettivamente pari a 7207 m<sup>2</sup> e 6495 m<sup>2</sup>, da cui si ottiene il valore dell'indice ISH pari a 0.90. Il valore di  $Q_{355}$  è uguale a 0.83 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> e quindi la soglia di habitat relativo al 97° percentile di portata per la specie barbo sp. – adulto risulta pari a 6918 m<sup>2</sup>. Le serie di portata in alveo tradotte in serie di habitat per la specie barbo sp. vengono riportate in [Figura A4.8](#).



**Figura A4.8** - Serie storica di habitat disponibile (espresso in m<sup>2</sup>) per l'anno 2007 in assenza (grafico di sinistra) e a valle (grafico di destra) della derivazione in esame, con indicata la soglia di riferimento (6918 m<sup>2</sup>, linea continua rossa) definita per la specie barbo sp. – adulto e corrispondente ad una portata Q355 = 0.83 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Nella figura non vengono riportati i valori di habitat disponibile relativi a portate maggiori di 4.4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> in quanto al di fuori dell'intervallo di portate considerato.

L'indicatore AGS, che esprime la distanza media tra le due curve di durata sotto-soglia ([Figura A4.5](#)) per la specie barbo sp. – adulto in condizioni non alterate e alterate. Utilizzando l'espressione matematica data dall'Eq. 2 per il calcolo dell'indicatore AGS si ottiene:

$$AGS = \frac{1}{48} \cdot \sum_{k=1}^{k=48} \left( \frac{|d_{c,910} - d_{c,r,910}|}{d_{c,r,910}} \right) = 2.28 \quad \text{Eq. 4}$$

il cui valore corrisponde ad un valore dell'indice di disponibilità temporale dell'habitat pari a 0.42 (Eq. 3).

Ripetendo il procedimento per le altre specie e stadi vitali considerati per il F. Taro a Piane di Carniglia è possibile ottenere i valori degli indici ISH e ITH riportati in [Tabella A4.2](#).

**Tabella A4.2** - Valori di ISH, AGS e ITH calcolati per il caso del F. Taro a Piane di Carniglia.

SPECIE/STADIO VITALE	ISH	AGS	ITH
Trota fario – adulta	0.92	1.60	0.54
Trota sp. – giovane	0.97	0.86	0.72
Vairone – adulto	0.95	0.13	0.95
Vairone – giovane	0.99	0.93	0.70
Barbo – Barbus sp.	0.90	2.28	0.42
Cavedano – adulto	0.97	0.83	0.72
Ghiozzo – adulto	0.91	0.94	0.69

Per il caso del F. Taro a Piane di Carniglia, l'aggregazione tra i valori minimi dei due indici riportati in [Tabella A4.2](#) per la determinazione dell'indice complessivo IH viene quindi definita dalla relazione:

$$IH = \min(0.90; 0.42) = 0.42 \quad \text{Eq. 5}$$

L'indice IH per l'anno 2007 definisce lo stato di integrità dell'habitat come **SUFFICIENTE**.



---

## APPENDICE 5: GLOSSARIO

### *Alveo*

L'alveo è inteso come l'insieme dei canali, delle barre e delle isole. I limiti dell'alveo possono essere ben definiti dalle sponde, ma possono talvolta risultare morfologicamente più sfumati, nel caso ad esempio di passaggio graduale tra alveo e piana inondabile. Il limite dell'alveo si fa coincidere con il cosiddetto livello ad "alveo pieno" (o di "piene rive", o *bankfull* in letteratura anglosassone), cioè quel livello idrometrico associato alla massima portata che può essere contenuta in alveo senza il verificarsi di fenomeni di esondazione al di fuori delle sponde.

### *Alveo alluvionale o a fondo mobile (alluvial channel)*

Un alveo alluvionale, anche detto *a fondo mobile* o *alluviale*, è modellato all'interno di sedimenti alluvionali (in precedenza da esso stesso trasportati e depositati). Esso presenta un letto costituito da sedimenti alluvionali continui e di un certo spessore. Se vi sono molti elementi del substrato non mobilizzabili dalla corrente (massi di grandi dimensioni depositati da frane, colate detritiche o di origine glaciale) si parla più correttamente di alveo semi-alluvionale. Si può riscontrare sia in tratti di pianura che in ambito montano-collinare. In quest'ultimo caso le sponde possano essere in roccia. Nel caso di alveo a canale singolo, la configurazione del fondo può assumere varie morfologie che si differenziano soprattutto in base alla pendenza del fondo e alle dimensioni dei sedimenti.

### *Alveo colluviale (colluvial channel)*

I tratti colluviali si distinguono dalle altre tipologie per essere incisi all'interno di materiale colluviale (depositi colluviali e di versante). Possono trovarsi in corrispondenza dei tratti di testata del reticolo idrografico, cioè delle aste di ordine gerarchicamente inferiore (primo ordine), presentano quindi dimensioni ridotte, pendenze elevate e la loro attività di trasporto solido è tipicamente intermittente ed impulsiva (fenomeni di trasporto di massa, ovvero colate detritiche o *debris flow*). Essi possono talora essere assimilati anche a forme di *gullies*. L'alveo si presenta solo debolmente strutturato in unità morfologiche, con un'organizzazione tanto minore quanto più frequenti sono i processi di colata.

### *Alveo confinato (confined channel)*

Alveo in cui la pianura alluvionale è assente, ovvero oltre il 90% delle sponde è direttamente in contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti, terrazzi fluviali antichi o depositi glaciali (morene). La pianura può essere ristretta a punti isolati (meno del 10% della lunghezza del tratto). Tipico di ambiti montani e collinari, oppure può essere presente lungo corsi d'acqua di pianura limitatamente a tratti di separazione (soglie rocciose) tra bacini diversi.

### *Alveo di magra (base-flow channel)*

In senso lato, l'alveo di magra corrisponde a quella parte dell'alveo che convoglia le portate medie interannuali (e inferiori).

### *Alveo in roccia (bedrock channel)*

Tipico di corsi d'acqua montano-collinari, anche detto *a fondo fisso*, i tratti in roccia sono contraddistinti dall'assenza, in modo continuo, di un letto alluvionale pressoché privo di sedimenti, a causa delle elevate energie della corrente, in grado di smaltire tutto il materiale proveniente dai versanti. Tuttavia, anche negli alvei in roccia del sedimento può essere momentaneamente accumulato nelle pozze o a valle di ostruzioni.

### *Alveo non confinato (unconfined channel)*

Alveo la cui pianura alluvionale è continua, ovvero meno del 10% dei margini dell'alveo sono a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Le sponde sono quindi completamente deformabili e l'alveo è completamente libero di rimodellare i suoi limiti esterni. È tipico delle aree di pianura. Tuttavia, anche in ambito montuoso o collinare un alveo può presentarsi non confinato. È il caso di valli glaciali aventi un fondovalle molto ampio, oppure di conoidi alluvionali di una certa dimensione e recenti (ovvero formato in condizioni idrologiche simile alle attuali), dove il corso d'acqua (ad es., un piccolo torrente) che lo ha formato si ritrova distante dai versanti. Quindi un corso d'acqua principale di una valle anche molto ampia, si può presentare localmente *confinato* da uno o più conoidi laterali, sul quale scorrono affluenti che localmente (lungo i tratti di conoide) possono essere *non confinati*.

---

### ***Alveo semi-confinato (partly-confined channel)***

Alveo la cui pianura alluvionale è discontinua, ovvero le sponde sono a contatto con la pianura alluvionale per una lunghezza compresa tra il 10 e il 90% della lunghezza del tratto. Tipico delle principali valli alpine, di zone pedemontane (all'uscita dall'ambito montuoso-collinare e all'ingresso nel fondovalle alluvionale), oppure può essere presente in tratti di separazione (soglie rocciose) tra bacini diversi.

### ***Clogging (o embeddedness)***

Il *clogging* consiste nell'occlusione degli interstizi dei sedimenti grossolani del fondo da parte di materiale fine (sabbia e, soprattutto, limo e argilla).

### ***Corazzamento (armouring)***

Il corazzamento consiste nella presenza di uno strato superficiale di dimensioni significativamente maggiori rispetto a quelle del sottostrato. Nei corsi d'acqua a fondo ghiaioso - ciottoloso, un corazzamento debole è comune. Nel caso in cui il grado di corazzamento sia accentuato, si può ritenere che il fenomeno sia associabile ad alterazioni locali dovute ad un eccesso di capacità di trasporto rispetto all'alimentazione solida.

### ***Corridoio fluviale (fluvial or river corridor)***

Corrisponde all'insieme di unità più direttamente (o più frequentemente) in connessione con i processi fluviali, relativamente naturali, e che sono generalmente delimitate da vegetazione spontanea (ovvero include le unità di alveo e di zona ripariale). In alcuni casi esso può coincidere con l'intera pianura alluvionale.

### ***Corso d'acqua di grandi dimensioni (large river)***

Un corso d'acqua viene definito di grandi dimensioni quando la sua larghezza è di gran lunga superiore (vari ordini di grandezza) rispetto alle dimensioni granulometriche dei sedimenti e non esistono vincoli laterali che condizionano la forma e le dimensioni della sezione. In genere si considerano tali i corsi d'acqua aventi una larghezza maggiore di 20÷30 m e portate ad alveo pieno a partire da circa 20÷50 m<sup>3</sup>/s. In genere si tratta di corsi d'acqua di pianura in tratti non confinati.

### ***Corso d'acqua di piccole dimensioni (small river)***

Un corso d'acqua di piccole dimensioni ha generalmente fondo costituito da materiale grossolano e larghezza compresa tra 1 e 10 volte circa le particelle presenti sul fondo. In genere si tratta di corsi d'acqua montani confinati.

### ***GIS (Geographic Information System)***

Un GIS (Sistema Informativo Geografico) è un sistema informativo computerizzato (ambiente software) che permette l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici (geo-riferiti).

### ***Livello ad alveo pieno (o di piene rive o bankfull)***

Il livello ad alveo pieno (o di piene rive o *bankfull* in letteratura anglosassone) è quel livello idrometrico associato alla massima portata che può essere contenuta in alveo senza il verificarsi di esondazione al di fuori delle sponde (indicata come portata ad alveo pieno, si veda in seguito).

L'identificazione sul terreno del livello ad alveo pieno non è sempre semplice (ad es., alvei incisi o in incisione). Il livello ad alveo pieno rappresenta un'importante discontinuità nell'efficacia dei processi fluviali, in quanto: (a) segna il passaggio da processi prevalenti di trasporto solido in alveo a processi di tracimazione; (b) durante le esondazioni, una parte della corrente si muove sulla piana inondabile e non influenza direttamente le dimensioni dell'alveo.

### ***Macrohabitat***

Generica area/zona in cui vive una specie, definito sulla base delle condizioni geomorfologiche, idrologiche, climatiche osservate alla scala di tratto o sotto-bacino, la cui dimensione è di circa 10 m ([Heggenes & Wollebaek, 2013](#)).

### ***Mesohabitat***

Caratteristiche ecoidrauliche alla scala di tratto in termini di tipi di habitat, la cui dimensione va da qualche metro fino a 10 m ([Heggenes & Wollebaek, 2013](#)).

### ***Microhabitat***

---

Piccole aree all'interno di un mesohabitat, la cui dimensione è di circa 10 cm ([Heggenes & Wollebaek, 2013](#)).

***Portata ad alveo pieno (o di piene rive o bankfull discharge)***

Portata liquida associata al livello ad alveo pieno, corrispondente alla “massima portata che può essere contenuta all'interno dell'alveo senza che superi le sponde” ([Leopold et al., 1964](#)). È comunemente accettato in letteratura che la portata ad alveo pieno si verifica normalmente con moderata frequenza, essendo questa compresa tra 1 e 3 anni. In corsi d'acqua in equilibrio dinamico, la portata ad alveo pieno viene identificata con la portata dominante o formativa, ossia la portata liquida che ha maggiori effetti sulla forma e le dimensioni del corso d'acqua.

***Tipo di flusso (flow type)***

Unità spaziale di superficie generata dall'interazione tra condizioni locali idrauliche e di substrato, la quale produce una serie di pattern distinti visibili in corrispondenza del pelo libero. In letteratura si distinguono i seguenti tipi di flusso: *free fall, chute, broken standing waves, unbroken standing waves, rippled, upwelling, smooth, no perceptible flow*.

***Unità idraulica***

Superficie spazialmente distinta caratterizzata da condizioni di flusso di superficie e di substrato relativamente omogenee, che può a sua volta includere una serie di singoli elementi fluviali o piccoli aggruppamenti di sedimento, piante, legname, ecc.

***Unità morfologica***

Un'area occupata da una forma fluviale (ad es., barre, *riffle*, piana inondabile) creata da processi di deposizione e/o erosione, oppure associata alla presenza di vegetazione (inclusi gli accumuli legnosi), e situata all'interno dell'alveo o al suo esterno (nella pianura alluvionale).





