



CORSO DI LAUREA TRIENNALE RTTP

**Corso in Tutela del paesaggio agricolo e forestale e
riassetto idraulico del territorio**

Titolare: Prof. Mario A. Lenzi

Esercitatore: Riccardo Rainato, PhD

Modulo 2.3

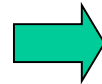
**Sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisis e
Monitoraggio dei corsi d'acqua**

IDRAIM

Inquadramento del problema



Le direttive europee WFD e FD richiedono una pianificazione integrata con obiettivi di:



Qualità ambientale

Mitigazione dei rischi (**Sicurezza**)

Si rendono necessari strumenti geomorfologici per la gestione dei corsi d'acqua.

Inquadramento del problema



Introduce gli ASPETTI IDROMORFOLOGICI da valutare

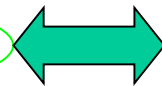
classificazione
STATO ECOLOGICO
corsi d'acqua

*Manca metodologia
organica per la valutazione
STATO MORFOLOGICO*

*Insufficiente
considerazione*

STATO SALUTE ECOLOGICO

ASPETTI MORFOLOGICI



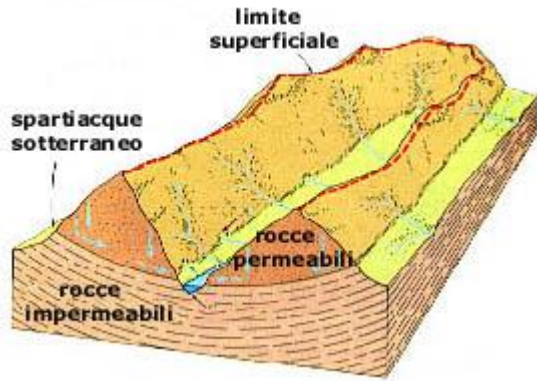
Per conseguire gli obiettivi del **WFD**



Esigenza di uno **strumento**
di **valutazione**:

*(rispetto a condizioni
di riferimento)*

**GRADO ALTERAZIONE
DELLE FORME E DEI
PROCESSI FLUVIALI**



**CONDIZIONI
MORFOLOGICHE**



In passato molte procedure di **RILIEVO HABITAT FLUVIALI**



Limiti nell'impiego ai
fini del **WFD**



1→ approccio basato su
FORME e non **PROCESSI**

quindi

2→ condizioni di riferimento in
termini di **FORME**

3→ scala di analisi spaziale
ridotta e non sufficiente

4→ Procedure poco adattabili
ad **ANALISI PRESSIONI** ed
IMPATTI

Alcuni paesi C.E. hanno sviluppato
protocolli o metodi di valutazione
degli **aspetti idromorfologici**
per i fini del **WFD**

*Establishment of the
Protocol on Monitoring
and Assessment of the
Hydromorphological
Elements, Slovak
Republic.*

*Protocolo para la
valoracion de la
calidad
hidromorfologica de
los rios (Spagna)*

*A Desk Study to
Determine a Methodology
for the Monitoring of the
“Morphological
Condition” of Irish
Rivers for the Water
Framework Directive.*

Ancora molto basati su rilevamento degli **habitat** ma con
approcci diversi

Più recentemente sono comparsi nuovi metodi con maggiore
impostazione **geomorfologica**

PROCESSI

*Indice Idro-
Geomorfologico (IHG)*

*Systeme Relationnel
d'Audit de
l'Hydromorphologie des
Cours d'Eau (SYRAH)*

In Italia

*Fluvial Ecosystem
Assessment (FLEA)*

*Indice di Funzionalità
Fluviale (IFF)*



In definitiva manca un indice di qualità
idromorfologica

APPROCCIO BASATO
SU COMPrensIONE DEI
PROCESSI E DELLE
CAUSE

ANALISI DELLE
PRESSIONI E DEGLI
IMPATTI

IDRAIM

Definizione

IDRAIM costituisce un **quadro metodologico** 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.

Esso, tenendo conto in maniera integrata di obiettivi di **qualità ambientale** e di **mitigazione dei rischi** legati ai **processi** di dinamica fluviale, si pone quindi come sistema a supporto della gestione dei corsi d'acqua e dei processi geomorfologici.

Definizione

- IDRAIM fornisce un supporto scientifico e conoscitivo per una gestione integrata dei corsi d'acqua;
 - basato su approccio scientifico, ma si tratta di una **metodologia applicativa**, applicabile perciò anche da tutti gli enti responsabili dell'implementazione delle Direttive e dei piani di gestione;
 - questa metodologia fornisce le basi fisiche ed una serie di **procedure** attraverso le quali consentire una compressione dei processi di dinamica morfologica a scala di bacino;
 - nasce per rispondere alle esigenze derivanti da WFD e FD ma non è esclusivo per tali scopi. Impiegabile anche per obiettivi specifici quali riqualificazione fluviale, gestione dei sedimenti, mitigazione dei pericoli.
-

Metodologia

Si focalizza sulla dinamica morfologica. Non va intesa come analisi riguardante tutti gli aspetti di un corso d'acqua (NO gestione risorse idriche, NO qualità dell'acqua, NO status ecologico, NO analisi paesaggistica)

1. Concetto di stato di riferimento

2. Metodologie di Analisi

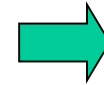
3. Scale spaziali e temporali

4. Fasi di applicazione

1. Concetto di stato di riferimento

WFD richiede una valutazione dello scostamento delle condizioni attuali rispetto ad un certo **stato di riferimento** ??

La maggior parte dei sistemi fluviali in Europa sono stati modificati dall'uomo per centinaia di anni, rendendo tali sistemi il risultato di una lunga interazione tra fattori climatici, geologici e antropici.



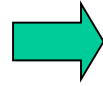
Inutile riferirsi a «condizione primitiva»

I sistemi fluviali sono il risultato di una continua interazione tra fattori naturali e antropici, e la morfologia dell'alveo in un tratto specifico può cambiare nel tempo (Rinaldi et al., 2014).

Non utile far riferimento a una morfologia passata che riflette condizioni al contorno che possono essere molto diverse dalle attuali.

1. Concetto di stato di riferimento

Stato di riferimento



Condizioni indisturbate con assenza o impatti antropici molto limitati

Variazioni morfologiche

Alveo stabile o in equilibrio dinamico, ovvero nessuna importante variazione morfologica nel corso degli ultimi 100 anni

Funzionalità geomorfologica

Forme e processi attesi per la morfologia esaminata

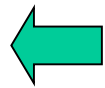
Artificialità

Assenza o presenza molto ridotta di interventi antropici

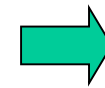
Tratto di corso d'acqua in equilibrio dinamico, con processi geomorfologici attesi per quella specifica tipologia, e dove l'artificialità è assente o non altera significativamente la dinamica del corso d'acqua a scala di bacino e di tratto (Rinaldi et al., 2014).

2. Metodologie di Analisi

Analisi GIS da
telerilevamento



Approccio integrato



Analisi/misure
in terreno



Attenzione alle
dimensioni minime
campionabili!



In relazione alle
**dimensioni dei
fiumi**



Grandi
> 30 m

Piccoli
< 20 m



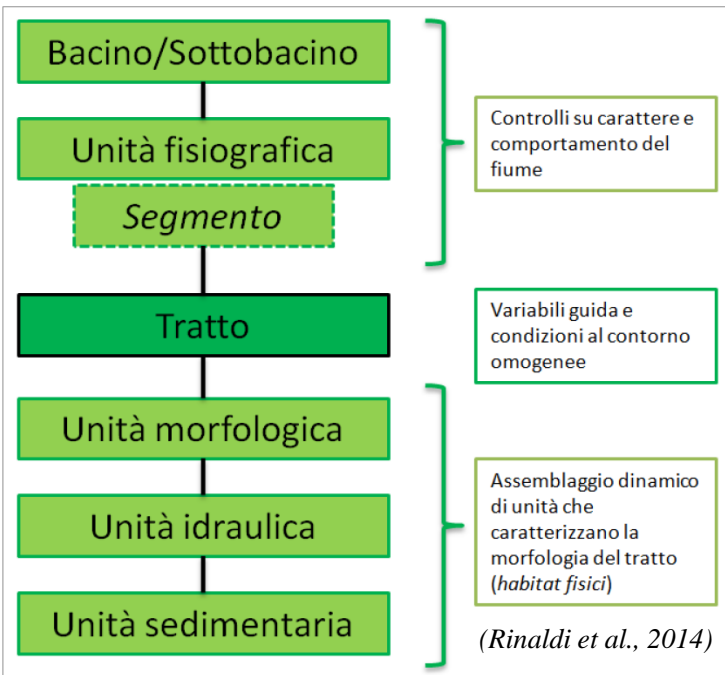
Medi



20-30 m



3. Scale spaziali e temporali



Bacino idrografico: Il bacino idrografico sotteso dalla porzione di corso d'acqua presa in esame.

Unità fisiografica: aree relativamente omogenee all'interno del bacino per caratteristiche morfologico-fisiografiche (area montuosa, collinare, pianura, ecc.), costituisce un "macrotratto" omogeneo, definito dai limiti dell'unità fisiografica e da forti variazioni idrologiche

Tratto: unità spaziale fondamentale, individuato su aspetti quali: grado di confinamento, morfologia dell'alveo, discontinuità idrologiche, elementi antropici.

Unità morfologica: determinata dalla presenza e dall'associazione delle varie unità morfologiche che costituiscono una certa configurazione morfologica (barra, canale, isola, *riffle*, *pool*, ecc.)

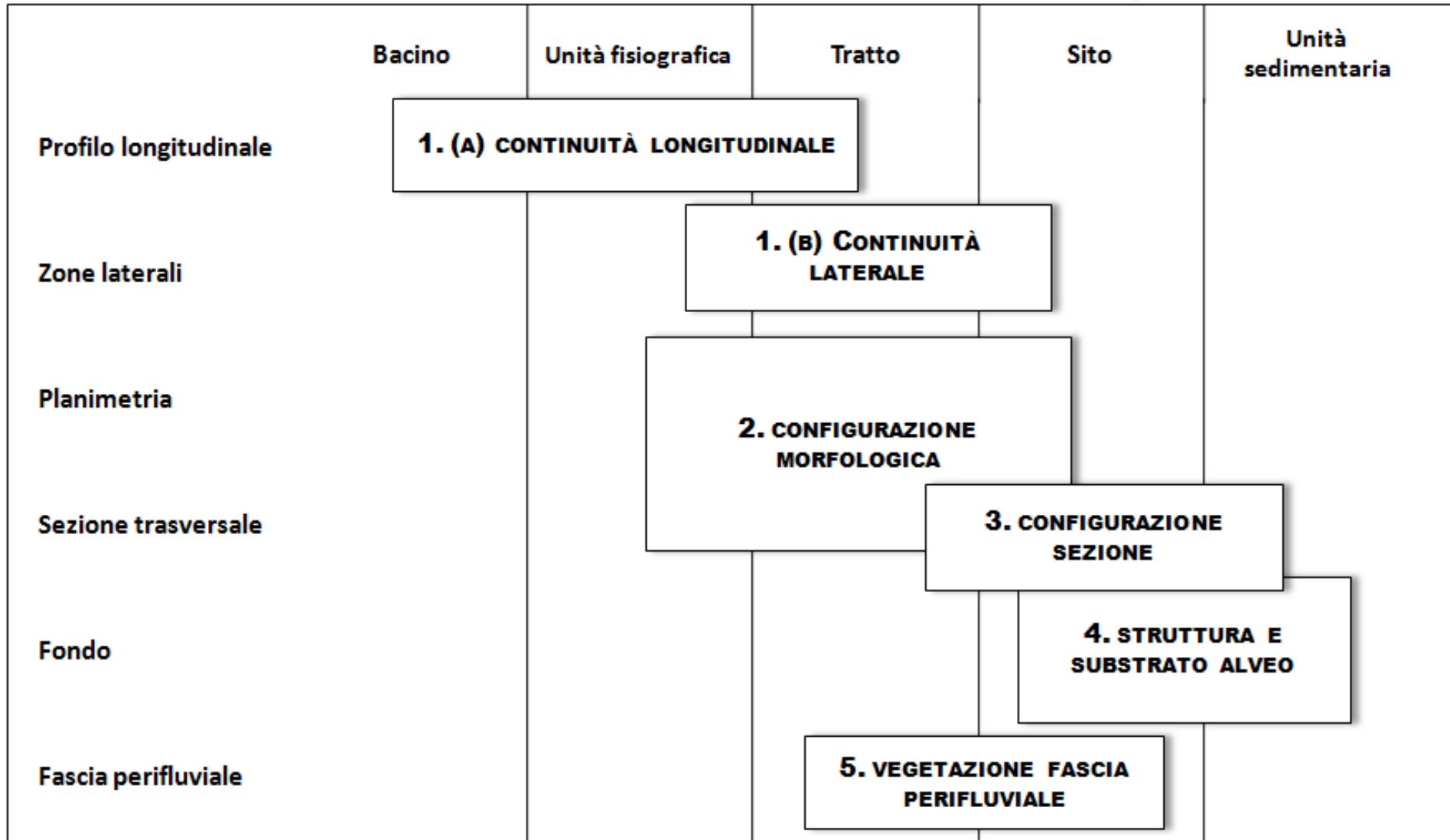
Unità idraulica e sedimentaria: all'interno di una stessa unità morfologica, è possibile individuare porzioni con caratteristiche idrauliche e di tipologia di substrato relativamente omogenee. Si tratta di unità spaziali di piccole dimensioni ed estremamente dinamiche.

Aspetti trattati

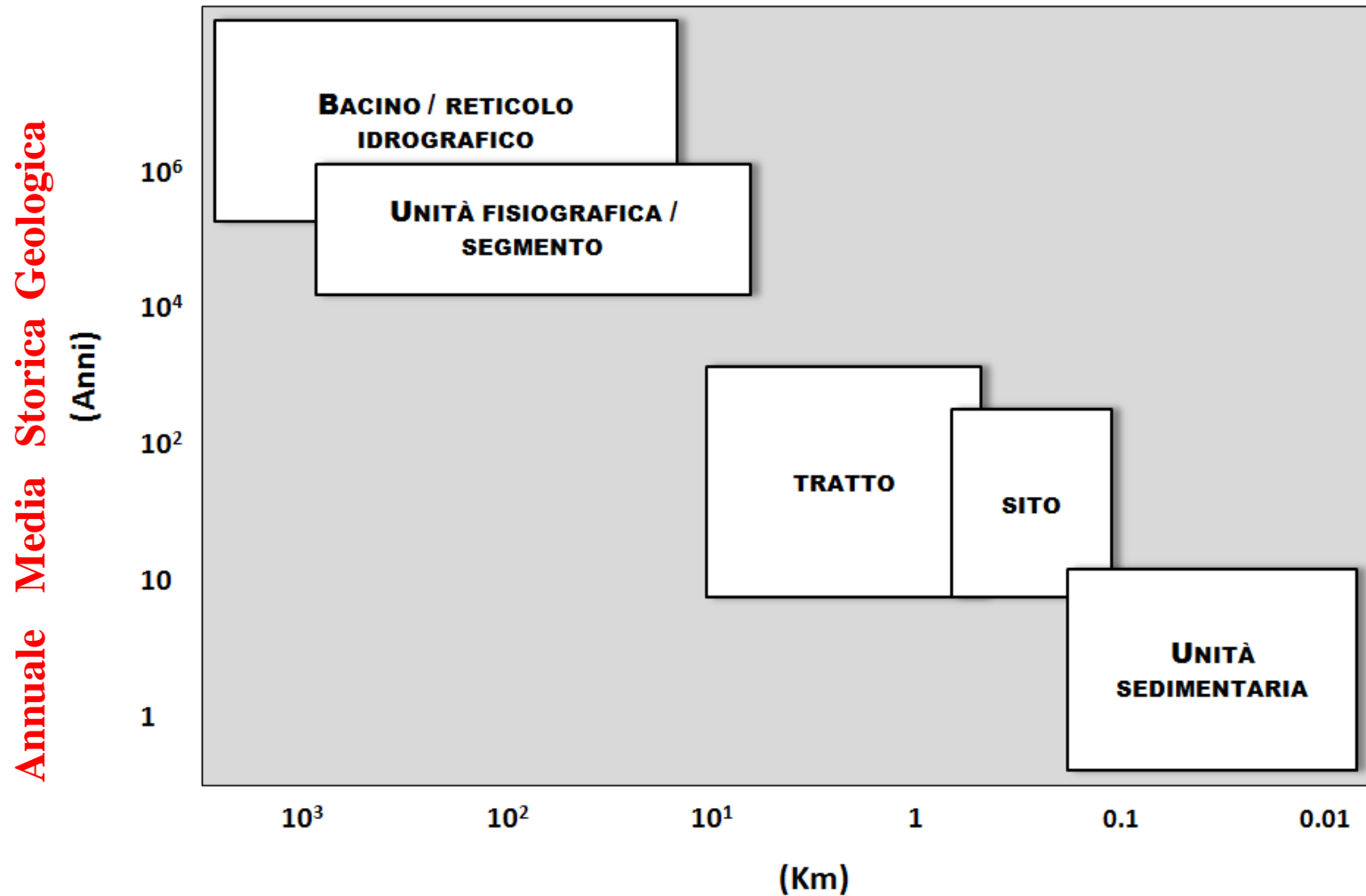
CATEGORIE MORFOLOGICHE	ASPETTI TRATTATI	DESCRIZIONE
(1) Continuità	A. Continuità longitudinale	Riguarda la capacità del corso d'acqua di garantire la continuità di portate solide anche attraverso la naturale occorrenza delle portate formative.
	B. Continuità laterale	Riguarda la continuità laterale dei processi fisici di esondazione (possibilità di esondare, presenza di piana inondabile) e di erosione (possibilità di muoversi lateralmente).
(2) Configurazione morfologica	Configurazione planimetrica ed altimetrica longitudinale	Riguarda la morfologia planimetrica e l'assetto altimetrico (forma del profilo, pendenza). Comprende le variazioni del profilo (in termini di pendenza) in seguito a processi di incisione o sedimentazione.
(3) Configurazione della sezione	Configurazione della sezione (larghezza, profondità, ecc.)	Riguarda in maggior dettaglio la configurazione altimetrica in sezione trasversale. Comprende le variazioni di quota del fondo in seguito a processi di incisione o sedimentazione.
(4) Struttura e substrato alveo	Configurazione e struttura del letto	Riguarda la strutturazione del letto e le caratteristiche tessiturali, la continuità tra flusso superficiale ed iporreico.
(5) Vegetazione fascia perifluviale	Caratteristiche vegetazionali	Comprende gli aspetti legati all'ampiezza ed estensione lineare della vegetazione nella fascia perifluviale.

3. Scale spaziali e temporali

controllo



3. Scale spaziali e temporali



In IDRAIM la scala di analisi riguarda gli ultimi **100-150 anni**, ovvero un orizzonte sufficientemente ampio per tener conto dei processi morfologici e delle loro variazioni.

4. Fasi di applicazione

IDRAIM

Fase 1: Caratterizzazione del sistema fluviale

1.1 – *Suddivisione spaziale*

1.2 – *Caratterizzazione e analisi delle condizioni attuali*

Fase 2: Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

2.1 – *Evoluzione passata*

2.2 – *Valutazione e analisi della dinamica morfologica*

2.3 – *Valutazione e analisi della qualità morfologica*

Indice di Qualità Morfologica (IQM)

Indice di Dinamica Morfologica (IDM)

Classificazione di Dinamica di Evento (CDE)

Fascia di Dinamica Morfologica (FDM)

Fascia di Dinamica di Evento (FDE)

Fase 3: Tendenze future

3.1 – *Monitoraggio: IQMm e altri strumenti di monitoraggio morfologico*

3.2 – *Previsione e analisi di scenari futuri*

Fase 4: Gestione

4.1 – *Conflitti, interazioni, priorità*

4.2 – *HMWB*

(Rinaldi et al., 2014)

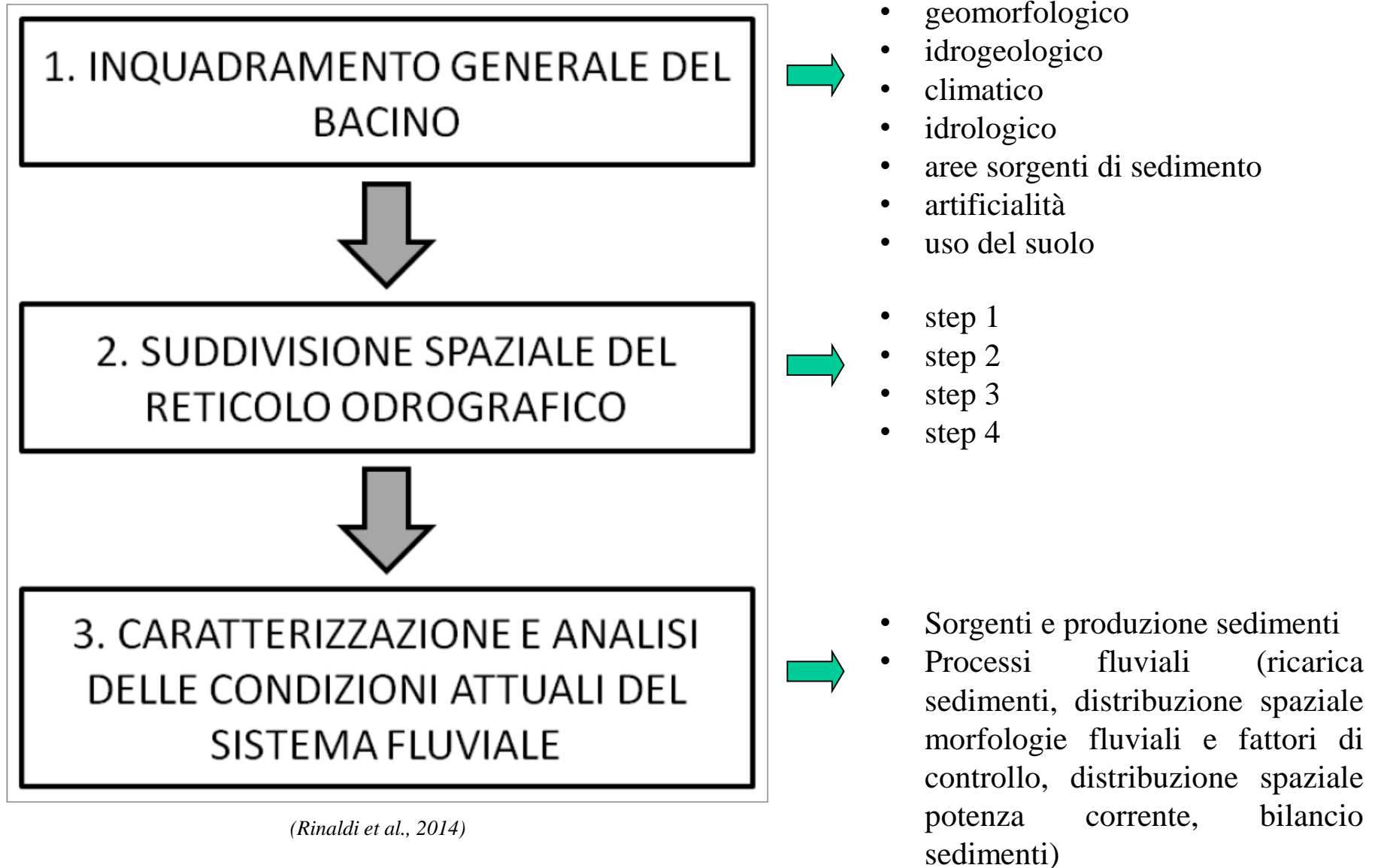
viene suddiviso il reticolo in varie unità spaziali, attraverso l'approccio di suddivisione spaziale gerarchica, seguito da una caratterizzazione e analisi delle condizioni attuali del sistema fluviale.

si valutano la traiettoria di evoluzione passata e le condizioni attuali dei corsi d'acqua.

si valutano gli scenari futuri sulla base delle possibili tendenze evolutive.

le conoscenze acquisite nelle precedenti fasi vengono applicate ai fini della gestione dei corsi d'acqua.

FASE 1: Caratterizzazione del sistema fluviale



FASE 1: Caratterizzazione del sistema fluviale

Suddivisione spaziale del reticolo idrografico



I vari step sono iterativi

STEP 1: Inquadramento e definizione unità fisiografiche

L'obiettivo è quello di ottenere un **primo inquadramento** ed una prima suddivisione in **macroaree** e **macrotratti**

Geologia

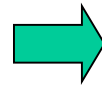
Pendenza corso d'acqua

Topografia

Uso suolo

Clima

UNITA' FISIOGRAFICHE



SEGMENTI

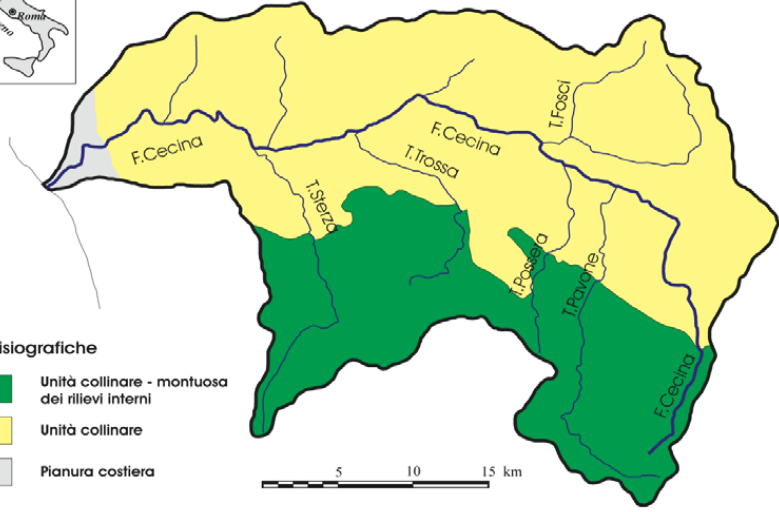
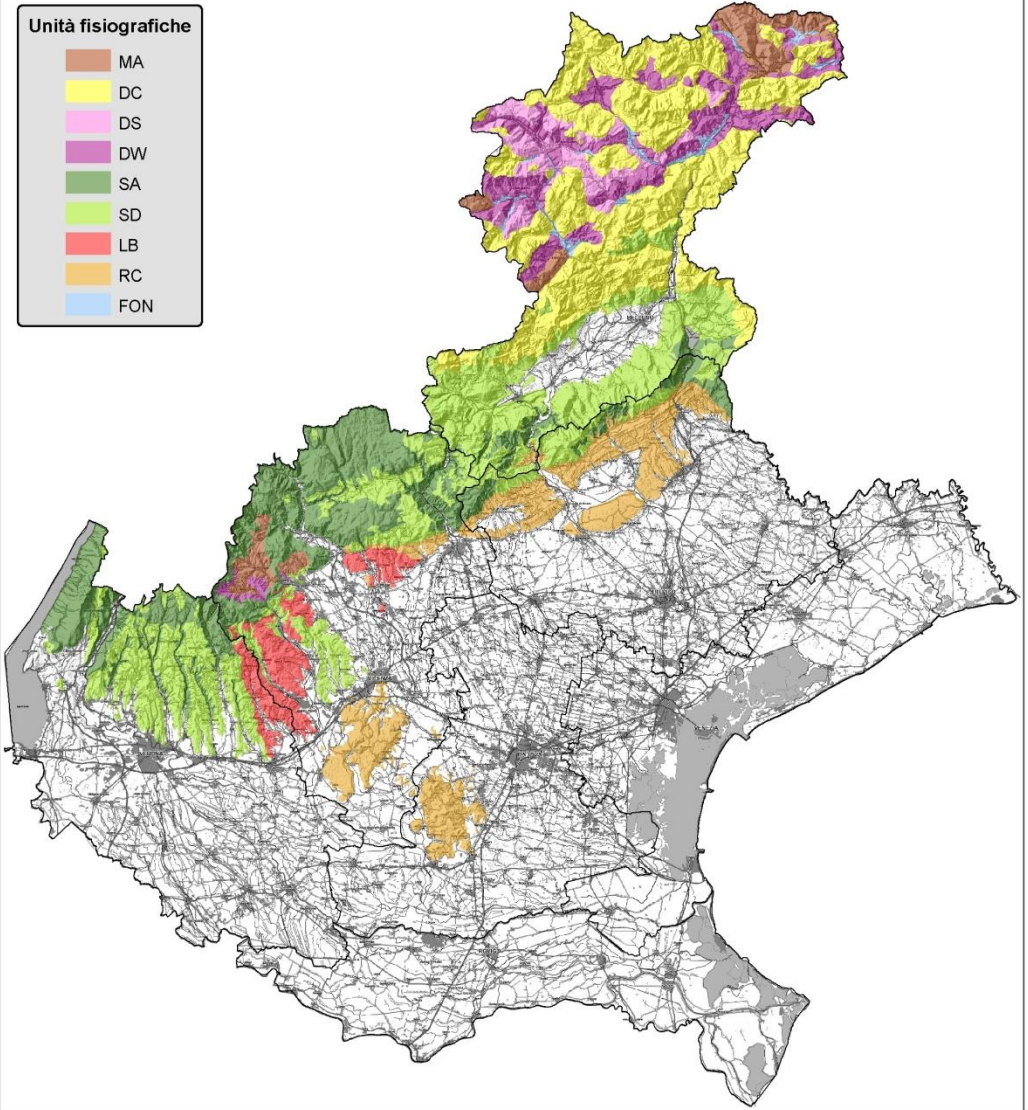
Settore Alpino e Pianura Padana

- (1) Aree montuose alpine
- (2) Aree montuose e collinari prealpine
- (3) Alta pianura
- (4) Bassa pianura

Settore Appenninico ed Isole

- (5) Aree montuose appenniniche (Appennino interno)
 - (6) Aree collinari appenniniche
 - (7) Pianure intermontane appenniniche
 - (8) Rilievi interni
 - (9) Alta pianura (o pianura prossimale)
 - (10) Bassa pianura (o pianura distale)
-

STEP 1: Inquadramento e definizione unità fisiografiche



STEP 2: Definizione grado di confinamento

Si utilizzano **due parametri** ricavati da telerilevamento, gis, carte topografiche, carte geologiche, ecc.

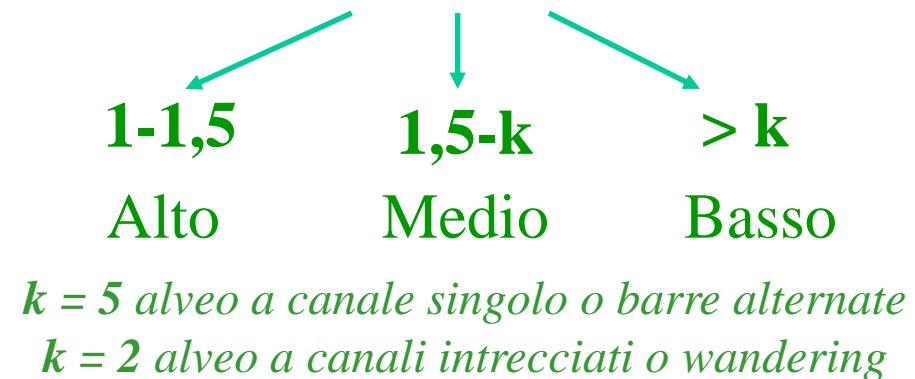
GRADO DI CONFINAMENTO (G_c)

Confinamento in senso longitudinale. % di lunghezza del tratto in cui si verifica o meno la condizione di confinamento (contatto diretto con versanti, terrazzi fluviali)



INDICE DI CONFINAMENTO (I_c)

Confinamento in senso trasversale. Rapporto tra larghezza pianura (L_p) e larghezza alveo (L_a). Inversamente proporzionale a confinamento stesso

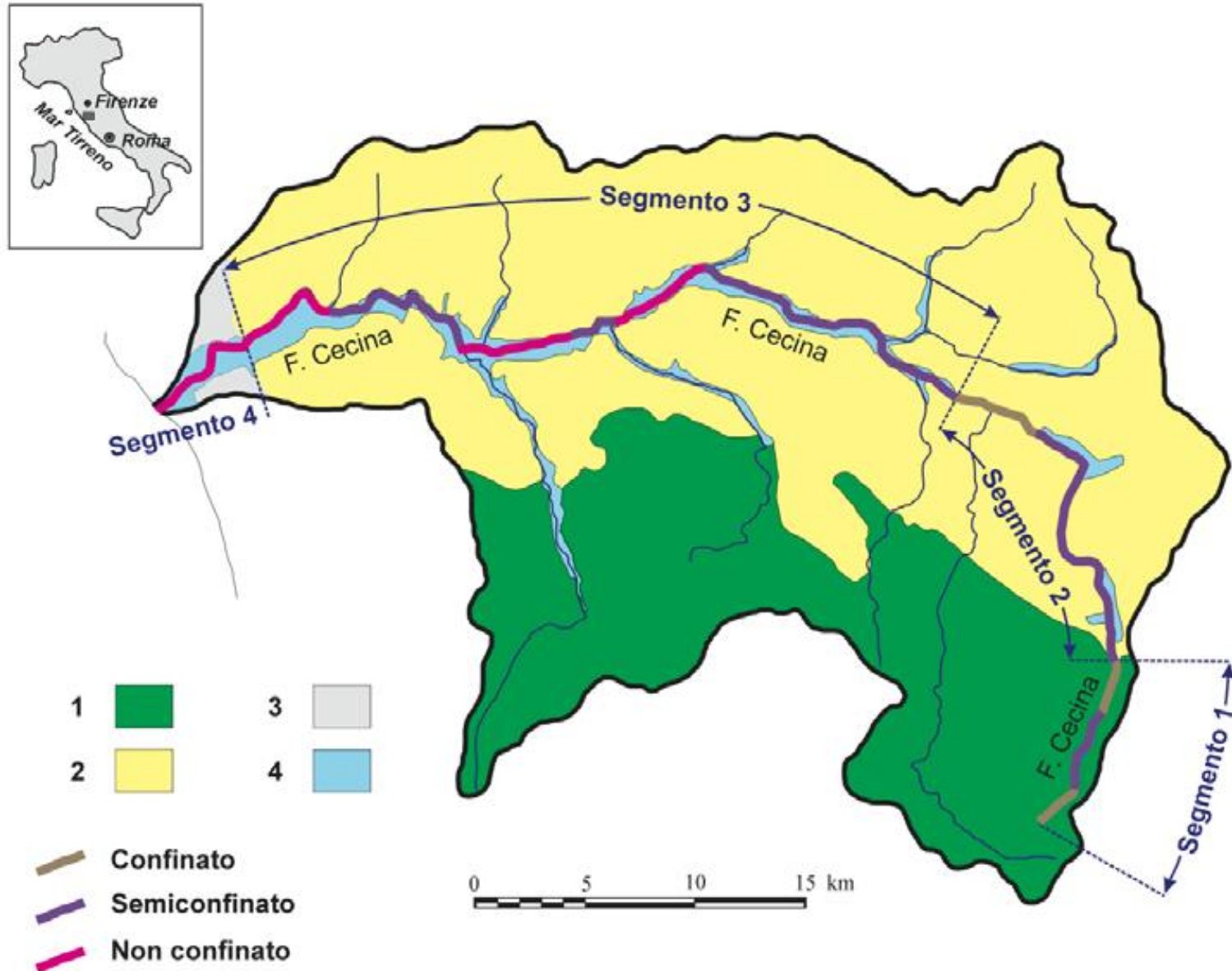


STEP 2: Definizione grado di confinamento

CLASSE DI CONFINAMENTO	DESCRIZIONE
<i>Confinati</i>	Tutti i casi con grado di confinamento $> 90\%$ Grado di confinamento compreso tra 10% e 90% e indice di confinamento ≤ 1.5
<i>Semiconfinati</i>	Grado di confinamento compreso tra 10% e 90% e indice di confinamento > 1.5 Grado di confinamento $< 10\%$ e indice di confinamento $\leq k$
<i>Non confinati</i>	Grado di confinamento $< 10\%$ e indice di confinamento $> k$



STEP 2: Definizione grado di confinamento



STEP 3: Definizione morfologia alveo

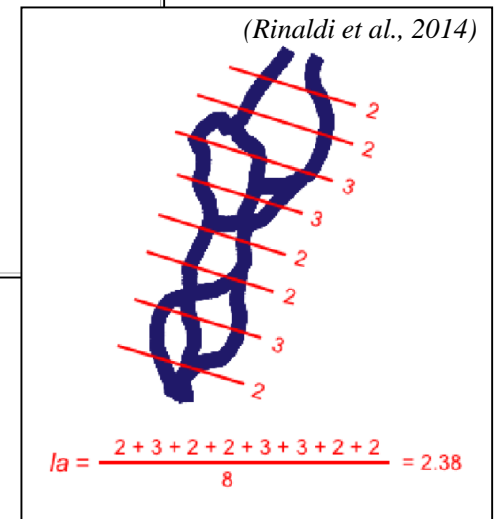
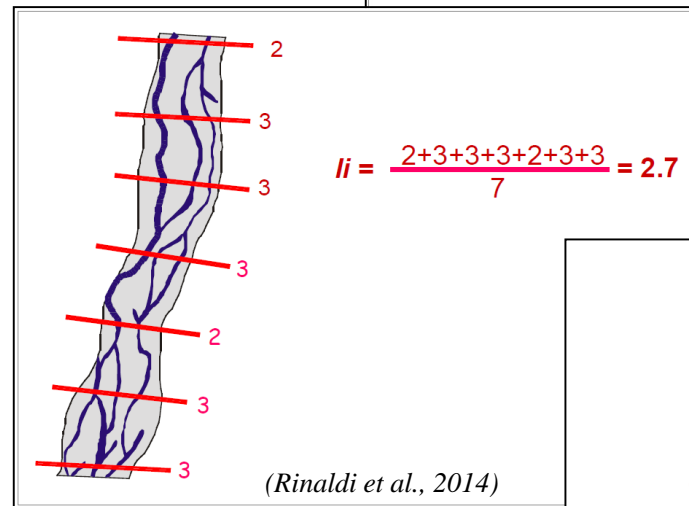
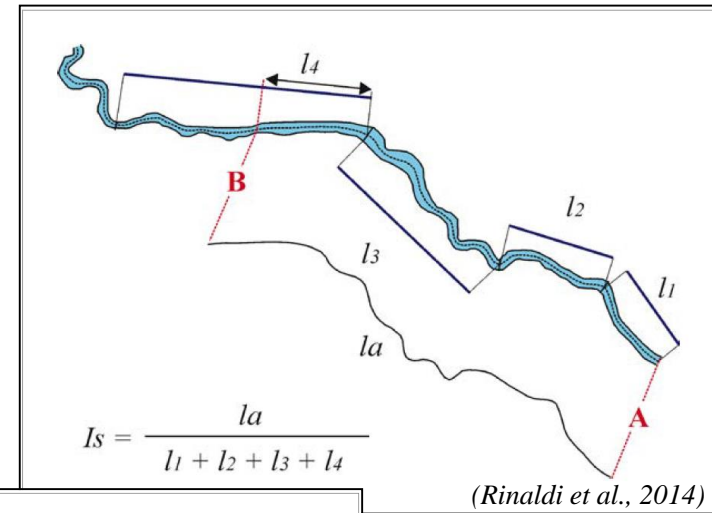
Si basa su vari fattori (grado confinamento, numero canali, forma planimetrica, configurazione fondo) ma si valuta con:

GRADO DI
CONFINAMENTO (G_c)

INDICE
SINUOSITA' (I_s)

INDICE
INTRECCIAMENTO (I_i)

INDICE
ANASTOMIZZAZIONE (I_a)



STEP 3: Definizione morfologia alveo

TIPOLOGIA	INDICE SINUOSITÀ	INDICE INTRECCIAMENTO	INDICE ANASTOMIZZAZIONE
Rettilinei (<i>R</i>)	$1 \leq I_s < 1.05$	1÷1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)	1÷1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)
Sinuosi (<i>S</i>)	$1.05 \leq I_s < 1.5$	1÷1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)	1÷1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)
Meandriiformi (<i>M</i>)	≥ 1.5	1÷1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)	1÷1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)
Sinuosi a barre alternate (<i>SBA</i>)	< 1.5	Prossimo ad 1	Prossimo ad 1
<i>Wandering</i> (<i>W</i>)	< 1.5	$1 < I_i < 1.5$	$1 < I_a < 1.5$
Canali intrecciati (<i>CI</i>)	qualunque (di norma basso)	≥ 1.5	< 1.5
Anastomizzati (<i>A</i>)	qualunque (anche > 1.5)	1÷1.5	≥ 1.5

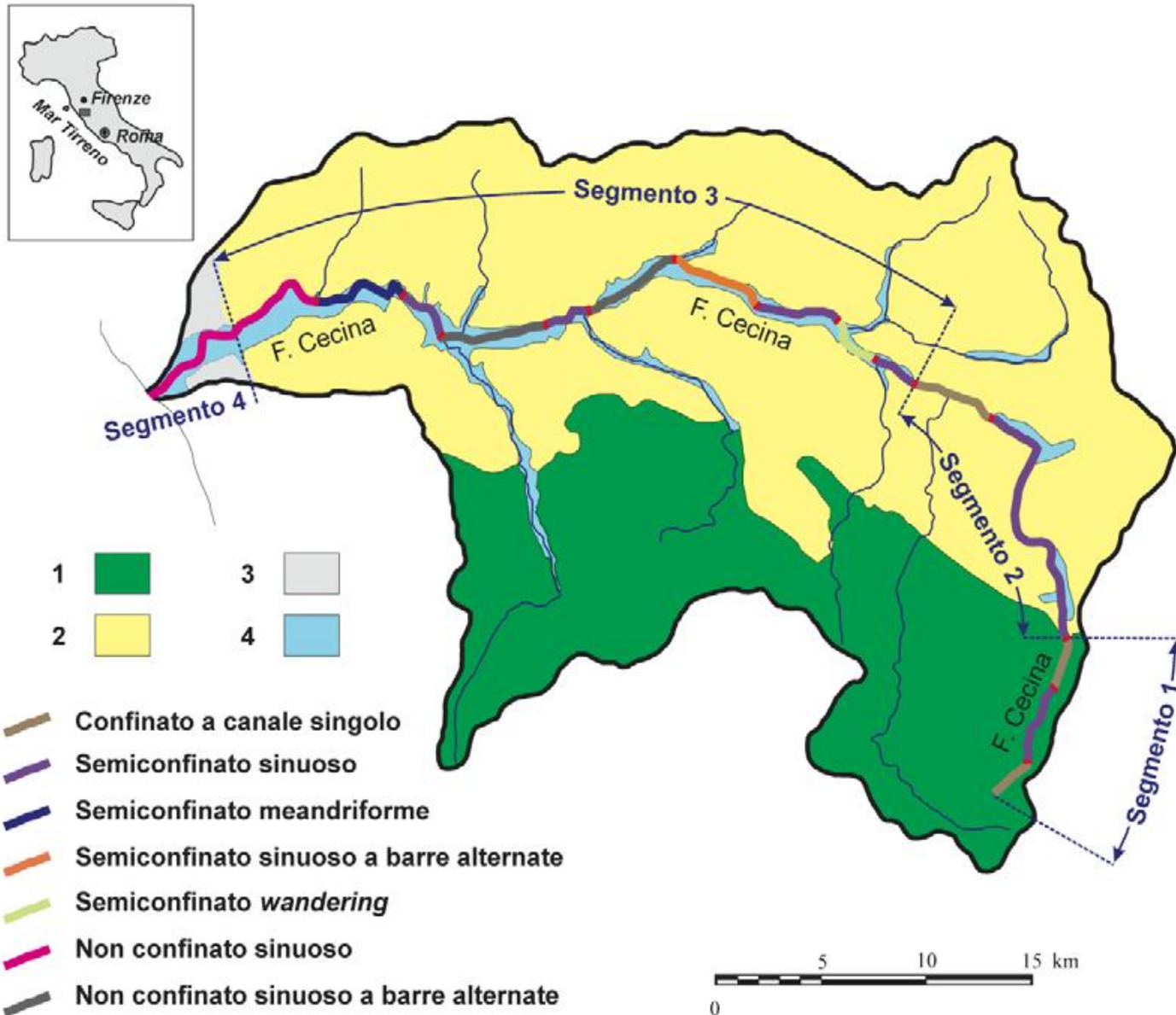
Altri caratteri per caratterizzare morfologia

Pendenza alveo

Larghezza

Sedimenti dominanti dell'alveo

STEP 3: Definizione morfologia alveo



STEP 4: Suddivisione finale dei tratti

Attraverso telerilevamento, GIS e profilo longitudinale è possibile ultimare la definizione dei tratti omogenei dal punto di vista morfologico.

Possibile analizzare anche ulteriori aspetti che possono determinare discontinuità:

- discontinuità idrologiche
- discontinuità pendenza del fondo
- artificializzazioni
- variazioni dimensioni pian. alluvionale
- larghezza alveo
- variazioni granulometria

Altri dati ed informazioni utili da raccogliere possono essere:

- area drenaggio
 - portate liquide
 - portate solide
 - opere di alterazione delle portate
-

FASE 2: Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

2.1 Analisi dell'evoluzione passata del sistema fluviale

Questa fase ha per oggetto la ricostruzione delle variazioni morfologiche passate e recenti degli alvei fluviali e delle relative cause. In particolare si indagano:

Variazioni morfologiche	Indice sinuosità	Indice intrecciamento	Indice anastomizzazione
	Variazioni larghezza fondo		Variazioni quota fondo

SCALA TEMPORALE

Opportuno analizzare le **variazioni morfologiche complessive** lungo gli ultimi 100-150 anni, mentre usare una scala di 10-15 anni per identificare le **tendenze attuali**.

SCALA SPAZIALE

Dipende dal dettaglio dello studio complessivo e dalle finalità del progetto

FASE 2: Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

2.2 Valutazione qualità morfologica

IQM

Indice di Qualità Morfologica

- il metodo è basato sul **giudizio esperto**, la selezione di variabili, indicatori, classi e punteggi sono stati definiti sulla base di giudizio esperto derivante dalle specifiche conoscenze ed esperienze degli autori;
 - risponde ai **requisiti WFD** ma può avere **più largo utilizzo** ai fini della gestione dei corsi d'acqua.
 - in quanto deve essere usato dalle agenzie regionali che si occupano di corsi d'acqua, esso è stato progettato in modo da essere **relativamente semplice**, seppure **rigoroso** da un punto di vista scientifico, e da non richiedere un tempo eccessivo per l'applicazione. Dovrebbe essere applicato da **persone addestrate** con una preparazione adeguata in geomorfologia fluviale
 - basato sulla valutazione di **processi**, piuttosto che solo di **forme fluviali**. Include aspetti quali la continuità di flusso di sedimenti e legname, la mobilità laterale, le variazioni morfologiche.
 - la **componente temporale** è esplicitamente tenuta in conto, considerando che un'analisi storica delle variazioni morfologiche fornisce importanti informazioni sulle cause e sui tempi delle alterazioni.
 - riguardo alle **scale spaziali**, viene adottato un approccio gerarchico dove il tratto è l'unità di base
 - le **condizioni morfologiche** sono valutate esclusivamente in termini di **processi fisici**, senza alcuna considerazione sulle loro conseguenze in termini di stato ecologico. Una qualità morfologica elevata non è necessariamente connessa ad un buon stato ecologico.
-

IQM: metodo di analisi

STEP 1: FUNZIONALITÀ GEOMORFOLOGICA



si valuta la funzionalità del corso d'acqua relativamente ai processi geomorfologici, l'assenza di determinate forme e processi tipici per una data tipologia può essere sintomo di condizioni alterate.



STEP 2: ARTIFICIALITÀ



si valutano la presenza, frequenza e continuità delle opere/interventi antropici che possano avere effetti sugli aspetti morfologici considerati. Alcuni elementi artificiali hanno effetti molteplici su diversi aspetti: essi verranno rilevati una sola volta ma verranno valutati per ogni singolo aspetto.



STEP 3: VARIAZIONI MORFOLOGICHE



vengono valutate le variazioni morfologiche rispetto a una situazione recente (ultimi 50-60 anni) in modo da verificare se il corso d'acqua ha subito alterazioni fisiche e stia ancora modificandosi a causa di perturbazioni antropiche non necessariamente attuali.

Ausilio di
schede di valutazione



Impiego
integrato di

- *Immagini telerilevate*
- *GIS*
- *Rilevamento terreno*

SIGLA	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
Funzionalità		
<i>Continuità</i>		
<i>F1</i>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	Tutti
<i>F2</i>	Presenza di piana inondabile	Solo SC/NC
<i>F3</i>	Connessione tra versanti e corso d'acqua	Solo C
<i>F4</i>	Processi di arretramento delle sponde	Solo SC/NC
<i>F5</i>	Presenza di una fascia potenzialmente erodibile	Solo SC/NC
<i>Morfologia</i>		
<i>Configurazione morfologica</i>		
<i>F6</i>	Morfologia del fondo e pendenza della valle	Solo C
<i>F7</i>	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	SC/NC: tutti; C: solo CI/W
<i>F8</i>	Presenza di forme tipiche di pianura	Solo SC/NC meandriiformi in ambito fisiografico di pianura
<i>Configurazione sezione</i>		
<i>F9</i>	Variabilità della sezione	Tutti
<i>Struttura e substrato alveo</i>		
<i>F10</i>	Struttura del substrato	Tutti
<i>F11</i>	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	Tutti
<i>Vegetazione fascia perifluviale</i>		
<i>F12</i>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	Tutti
<i>F13</i>	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	Tutti

Artificialità		
<i>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</i>		
<i>A1</i>	Opere di alterazione delle portate liquide	Tutti
<i>A2</i>	Opere di alterazione delle portate solide	Tutti
<i>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</i>		
<i>A3</i>	Opere di alterazione delle portate liquide	Tutti
<i>A4</i>	Opere di alterazione delle portate solide	Tutti
<i>A5</i>	Opere di attraversamento	Tutti
<i>Opere di alterazione della continuità laterale</i>		
<i>A6</i>	Difese di sponda	Tutti
<i>A7</i>	Arginature	Solo SC/NC
<i>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</i>		
<i>A8</i>	Variazioni artificiali di tracciato	Solo SC/NC
<i>A9</i>	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	Tutti
<i>Interventi di manutenzione e prelievo</i>		
<i>A10</i>	Rimozione di sedimenti	Tutti
<i>A11</i>	Rimozione di materiale legnoso	Tutti
<i>A12</i>	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale	Tutti
Variazioni morfologiche		
<i>V1</i>	Variazione della configurazione morfologica	Solo G
<i>V2</i>	Variazioni di larghezza	Solo G
<i>V3</i>	Variazioni altimetriche	Solo G

IQM: metodo di analisi

Compilazione Schede

Da utilizzare in campo con la guida alle risposte

Ambiti spaziali ed intervallo temporale di applicazione

- *Ambito laterale* → *alvei non confinati tutta la pianura alluvionale; su confinati 50 m in pianta*

- *Alveo* → *per morfologia e larghezza*

- *Osservazioni su terreno*

- *Tutto l'anno tranne giorni di piena*

Campi di applicazione

Tutti corsi d'acqua tranne

- canali artificiali
- canali in testata
- laghi ed invasi

SCHEDA DI VALUTAZIONE PER ALVEI CONFINATI	
Versione 1 - Gennaio 2011	
GENERALITA'	
Data _____	Operatori _____
Bacino _____	Corso d'acqua _____
Estremità monte _____	Estremità valle _____
Codice Segmento _____	Codice Tratto _____ Lunghezza tratto (m) _____
INQUADRAMENTO E SUDDIVISIONE INIZIALE	
1. Inquadramento fisiografico	
Unità fisiografica _____	
2. Confinamento	
Grado confinamento (%) _____ >90, 10-90	Indice confinamento _____ (1-1.5)
3. Morfologia alveo	
Immagine utilizzata _____ (nome, anno)	
Numero canali _____ CS=canale singolo, CMW=canali multipli o wandering	
Confinato a canale singolo (CS):	
Configurazione fondo _____ R=Roccia, C=Colluviale, G=Gradinata, LP=Letto piano, RP=Rifile Pool, D=Dune	
A=Artificiale, NC= non classificabile (elevata profondità o forte alterazione)	
Confinato a canali multipli o wandering (CMW):	
Indice intrecciamento _____ 1-1.5, >1.5	
Indice anastomizzazione _____ 1-1.5, >1.5	
Tipologia _____ W= Transizionale wandering, CI= Canali intrecciati, A= Anastomizzato	
Pendenza media fondo _____ Larghezza media alveo (m) _____	
Sedimenti (dominanti) alveo _____ A=Argilla, L=Limo, S=Sabbia, G=Ghiaia, C=Ciottoli, M=Massi	
4. Altri elementi per delimitazione tratto	
Monte _____ Valle _____	
discontinuità pendenza, affluente, diga, artificializzazione, variazioni confinamento, variazioni larghezza alveo, variazioni in granulometria sedimenti o configurazione fondo, altro (specificare) _____	
Altri dati / informazioni eventualmente disponibili	
Area drenaggio (sottesa alla chiusura del tratto) (km ²) _____	
Diametro sedimenti D ₅₀ (mm) _____ Unità _____ F=Fondo, B=Barra (SU=superficiale, SO=sottostrato)	
Portate liquide _____ M=misurate, S=stimate, ND=non disponibili	
Stazione idrometrica (se M) _____ Portata media annua (m ³ /s) _____ Q _{1.5} (m ³ /s) _____	
Portate massime (indicare anno e Q quando noti) _____	

FUNZIONALITA' GEOMORFOLOGICA

Continuità		parz.	prog.	conf.
F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso			
A	Assenza di alterazioni della continuità di sedimenti e materiale legnoso	0		
B	Lieve alterazione (ostacoli nel flusso ma non intercettazione)	3		
C	Forte alterazione (forte discontinuità di forme per intercettazione)	5		

F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua			
A	Pieno collegamento tra versanti e corridoio fluviale (>90% tratto)	0		
B	Collegamento per porzione significativa del tratto (33-90%)	3		
C	Collegamento per piccola porzione tratto (≤33%)	5		

parz.: punteggi parziali (cerchiare) prog.: punteggi progressivi livello confidenza tra A e B
 conf.: livello di confidenza nella risposta, con M=Medio, B=Basso (Alto viene omissso) livello confidenza tra B e C

IQM: metodo di analisi

Attribuzione punteggi

Criteri

Esprimono scostamenti rispetto a condizioni di riferimento

Tengono conto del peso diverso dato dalle tre categorie degli indici (funzionalità, artificialità, variazioni)

Punteggi differenziati tenendo conto dell'importanza relativa degli indici

Punteggi massimi

DIMENSIONI	F	A	V	MASSIMO PUNTEGGIO
<i>Confinati</i>				
<i>P</i>	37	63		100
<i>G</i>			14	114
<i>Semi- non confinati</i>				
<i>P</i>	46	72		118
<i>G</i>			24	142

IQM: valutazione finale

S_{tot} = scostamento totale, \sum punteggi applicati

S_{max} = scostamento massimo

S_{na} = \sum punteggio max indicatori non applicati

I.A.M.

Indice di alterazione morfologica



$$I.A.M. = S_{tot} / S_{max}$$

$$S_{max} = 142 - S_{na}$$

I.Q.M.

Indice di qualità morfologica



$$I.Q.M. = 1 - I.A.M.$$

IQM	CLASSE DI QUALITÀ
$0.0 \leq IQM < 0.3$	<i>Pessimo o Cattivo</i>
$0.3 \leq IQM < 0.5$	<i>Scadente o Scarso</i>
$0.5 \leq IQM < 0.7$	<i>Moderato o Sufficiente</i>
$0.7 \leq IQM < 0.85$	<i>Buono</i>
$0.85 \leq IQM \leq 1.0$	<i>Elevato</i>

Si possono inoltre calcolare **sub-indici** ed il **grado di confidenza**

IQM: esempio di applicazione

SCHEDA DI VALUTAZIONE PER ALVEI SEMI- NON CONFINATI

Versione 1 - Gennaio 2011

GENERALITA'

Data 01 / 01 / 20 10 Operatori M. Rossi
 Bacino Idraim Corso d'acqua Idraim
 Estremità monte confluenza T.Secco Estremità valle presso S.Anna
 Codice Segmento 4 Codice Tratto 4-3 Lunghezza tratto (m) 2.4 km

INQUADRAMENTO E SUDDIVISIONE INIZIALE

1. Inquadramento fisiografico

Ambito fisiografico P CM=Collinare-montano, P=Pianura Unità fisiografica alta pianura

2. Confinamento

Grado confinamento (%) 10-90 >90, 10-90, ≤10
 Indice confinamento >1.5 1-1.5, 1.5-n, >n (n=5 alvei canale singolo; n=2 alvei a canali multipli e wandering)
 Classe confinamento SC SC=Semiconfinato, NC=Non Confinato

3. Morfologia alveo

Immagine utilizzata Volo Regione 2007 (nome, anno)
 Indice sinuosità ~ 1.2 1-1.05, 1.05-1.5, >1.5
 Indice intrecciamento ~ 1.3 1-1.5, >1.5 Indice anastomizzazione 1 1-1.5, >1.5
 Tipologia W R=Rettilineo, S=Sinuoso, M=Meandriforme, SBA= Transizionale sinuoso barre alternate,
 W= Transizionale wandering, CI= Canali intrecciati, A= Anastomizzato
 Configurazione fondo R R= Roccia, G=Gradinata, LP=Letto piano, RP=Rifile Pool, D=Dune
 (solo per morfologie R, S, M, SBA) A= Artificiale, NC= non classificabile (elevata profondità o forte alterazione)
 Pendenza media fondo 0.0035 Larghezza media alveo (m) _____
 Sedimenti (dominanti) alveo A=Argilla, L=Limo, S=Sabbia, G=Ghiaia, C=Ciottoli, M=Massi

4. Altri elementi per delimitazione tratto

Monte affluente Valle _____
 discontinuità pendenza, affluente, diga, artificializzazione, dimensioni pianura e/o variazioni confinamento,
 variazioni larghezza alveo, granulometria sedimenti, altro (specificare) _____

Altri dati / informazioni eventualmente disponibili

Area drenaggio (sottesa alla chiusura del tratto) (km²) 760
 Diametro sedimenti D₅₀ (mm) 35 Unità B (SU) F=Fondo, B=Barra (SU=superficiale, SO=sottostrato)
 Portate liquide ND M=misurate, S=stimate, ND=non disponibili
 Stazione idrometrica (se M) _____ Portata media annua (m³/s) _____ Q_{1.5} (m³/s) _____
 Portate massime (indicare anno e Q quando noti) piena intensa nel 2004

FUNZIONALITA' GEOMORFOLOGICA

Continuità

F1 Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso

	parz.	prog.	conf.
A Assenza di alterazioni della continuità di sedimenti e materiale legnoso	0		
B Lieve alterazione (ostacoli nel flusso ma non intercettazione)	3		
C Forte alterazione (forte discontinuità di forme per intercettazione)	5	5	

E' presente una briglia di notevoli dimensioni che intercetta parte del trasporto al fondo e crea una discontinuità di forme (netta riduzione di barre a valle)

F2 Presenza di piana inondabile

A Presenza di piana inondabile continua (>66% tratto) ed ampia	0		
B Presenza di piana inondabile discontinua (10 - 66%) di qualunque ampiezza o >66% ma stretta	3		
C Assenza o presenza trascurabile (≤10% di qualunque ampiezza)	5	8	

Non si valuta nel caso di alvei in ambito montano lungo conoidi a forte pendenza (>3%)

Esistono dei dubbi relativi ad una parte del tratto (se è realmente piana inondabile o terrazzo)

parz.: punteggi parziali (cerchiare) prog.: punteggi progressivi livello confidenza tra A e B
 conf: livello di confidenza nella risposta, con M=Medio, B=Basso (Alto si omette) livello confidenza tra B e C

F4 Processi di arretramento delle sponde

A Presenza di frequenti sponde in arretramento soprattutto sul lato esterno delle curve	0	
B Sponde in arretramento poco frequenti in quanto impedito da opere e/o scarsa dinamica alveo	2	
C Completa assenza oppure presenza diffusa di sponde instabili per movimenti di massa	3	8

Non si valuta in caso di alvei rettilinei o sinuosi a bassa energia (bassa pianura, basse pendenze e/o basso ts al fondo)

F5 Presenza di una fascia potenzialmente erodibile

A Presenza fascia potenzialmente erodibile ampia e per >66% tratto	0	
B Presenza fascia erodibile ristretta o ampia ma per 33-66% tratto	2	
C Presenza fascia potenzialmente erodibile di qualunque ampiezza per ≤33% tratto	3	10

Morfologia

Configurazione morfologica

F7 Forme e processi tipici della configurazione morfologica

A Assenza (≤5%) di alterazioni della naturale eterogeneità di forme attese per la tipologia fluviale	0	
B Alterazioni per porzione limitata del tratto (≤33%)	3	
C Consistenti alterazioni per porzione significativa del tratto (>33%)	5	13

La presenza di una briglia e l'incisione a valle provocano un'alterazione della morfologia per un tratto significativo (comunque < 33%)

F8 Presenza di forme tipiche di pianura

A Presenti forme di pianura attuali (laghi meandro abbandonato, canali secondari, ecc.)	0	
B Presenti tracce forme pianura non attuali (abbandonate dopo anni '50) ma riattivabili	2	
C Completa assenza di forme di pianura attuali o riattivabili	3	

Si valuta solo per fiumi meandriformi (oggi e/o in passato) in ambito fisiografico di pianura

Configurazione sezione

F9 Variabilità della sezione

A Assenza o presenza localizzata (≤5% tratto) di alterazioni naturale eterogeneità della sezione	0	
B Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione limitata del tratto (≤33%)	3	
C Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione significativa del tratto (>33%)	5	16

Non si valuta in caso di alvei rettilinei, sinuosi, meandriformi per loro natura privi di barre (bassa pianura, basse pendenze e/o basso trasporto al fondo) (naturale omogeneità di sezione)

Struttura e substrato alveo

F10 Struttura del substrato

A Naturale eterogeneità sedimenti e clogging poco significativo	0	
B Corazzamento o clogging accentuato in varie porzioni del sito	2	
C1 Corazzamento o clogging accentuato e diffuso (>90%) e/o affioramento occasionale substrato	5	
C2 Affioramento diffuso del substrato per incisione o rivestimento fondo (>33% tratto)	6	21

Non si valuta nel caso di fondo sabbioso, nonché di corso d'acqua profondo per il quale non è possibile osservare il fondo

Sono stati notati alcuni affioramenti di substrato argilloso

F11 Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni

A Presenza significativa di materiale legnoso	0	
C Presenza molto limitata o assenza di materiale legnoso	3	21

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

IQM: esempio di applicazione

Vegetazione fascia perfluviale

F12 Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale			
A	Ampiezza di formazioni funzionali elevata	0	
B	Ampiezza di formazioni funzionali intermedia	2	
C	Ampiezza di formazioni funzionali limitata	3	23

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

F13 Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde			
A	Estensione lineare formazioni funzionali >90% lunghezza massima disponibile	0	
B	Estensione lineare formazioni funzionali 33-90% lunghezza massima disponibile	3	
C	Estensione lineare formazioni funzionali ≤33% lunghezza massima disponibile	5	26

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

ARTIFICIALITA'

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte			
A1 Opere di alterazione delle portate liquide			
A	Alterazioni nulle o poco significative (≤10%) delle portate formative e con TR>10 anni	0	
B	Alterazioni significative (>10%) delle portate con TR>10 anni	3	
C	Alterazioni significative (>10%) delle portate formative	6	29

Esiste una cassa di espansione nel bacino ma lamina le piene a partire da T circa 30 anni, mentre ha effetti trascurabili sulle portate formative

A2 Opere di alterazione delle portate solide			
A	Assenza di opere di alterazione del flusso di sedimenti o presenza trascurabile (dighe con area sottesa <5% e/o altre opere trasversali con area sottesa <33%)	0	
B1	Presenza di dighe (area sottesa 5-33%) e/o opere con totale intercettazione (area 33-66%) e/o opere con intercettazione parziale/nulla (area >33% pianura/collina o >66% ambito montano)	3	
B2	Presenza di dighe (area sottesa 33-66%) e/o opere con totale intercettazione (area sottesa >66% o all'estremità a monte del tratto)	6	
C1	Presenza di dighe (area sottesa >66%)	9	
C2	Presenza di diga all'estremità a monte del tratto	12	35

Esiste una traversa con totale intercettazione poco a monte del tratto (area di drenaggio sottesa >66% di quella sottesa dal tratto)

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 Opere di alterazione delle portate liquide			
A	Alterazioni nulle o poco significative (≤10%) delle portate formative e con TR>10 anni	0	
B	Alterazioni significative (>10%) delle portate con TR>10 anni	3	
C	Alterazioni significative (>10%) delle portate formative	6	35

A4 Opere di alterazione delle portate solide			
A	Assenza di qualsiasi tipo di opera di alterazione del flusso di sedimenti/legname	0	
B	Ambito pianura/collina: presenza briglie, traverse, casse in linea ≤1 ogni 1000 m Ambito montano: briglie di consolidamento ≤1 ogni 200 m e/o briglie aperte	4	
C	Ambito pianura/collina: presenza briglie, traverse, casse in linea >1 ogni 1000 m Ambito montano: briglie di consolidamento >1 ogni 200 m e/o briglie di trattenuta a corpo pieno oppure presenza di diga e/o invaso artificiale all'estremità a valle del tratto (qualunque ambito)	6	39

Nel caso la densità di opere trasversali, incluse soglie e rampe (vedi A9), è >1 ogni n, aggiungere 12 dove n=100 m in ambito montano, o n=500 m in ambito di pianura/collina

Come già detto, c'è un'unica briglia nel tratto

A5 Opere di attraversamento			
A	Assenza di opere di attraversamento	0	
B	Presenza di alcune opere di attraversamento (≤1 ogni 1000 m in media nel tratto)	2	
C	Presenza diffusa di opere di attraversamento (>1 ogni 1000 m in media nel tratto)	3	41

Sono presenti un ponte ed un guado

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 Difese di sponda			
A	Assenza o solo difese localizzate (≤5% lunghezza totale delle sponde)	0	
B	Presenza di difese per ≤33% lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	3	
C	Presenza di difese per >33% lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	6	41

Nel caso di difese di sponda per quasi tutto il tratto (>80%), aggiungere 12

Esiste solo una difesa localizzata in corrispondenza del ponte

A7 Arginature			
A	Argini assenti o distanti oppure presenza argini vicini o a contatto ≤10% lunghezza sponde	0	
B	Presenza intermedia di argini vicini e/o a contatto (a contatto ≤50% lunghezza sponde)	3	
C	Presenza elevata di argini vicini e/o a contatto (a contatto >50% lunghezza sponde)	6	41

Nel caso di argini a contatto per quasi tutto il tratto (>80%), aggiungere 12

Il tratto non è arginato

Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato

A8 Variazioni artificiali di tracciato			
A	Assenza di variazioni artificiali di tracciato note in passato (tagli meandri, spostamenti alveo, ecc.)	0	
B	Presenza di variazioni di tracciato per ≤10% lunghezza tratto	2	
C	Presenza di variazioni di tracciato per >10% lunghezza tratto	3	41

Non risultano variazioni artificiali nel passato

A9 Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato			
A	Assenza soglie o rampe e rivestimenti assenti o localizzati (≤5% tratto)	0	
B	Presenza soglie o rampe (≤1 ogni m) e/o rivestimenti ≤25% permeabili e/o ≤15% imperm.	3	
C1	Presenza soglie o rampe (>1 ogni m) e/o rivestimenti ≤50% permeabili e/o ≤33% imperm.	6	
C2	Presenza di rivestimenti >50% permeabili e/o >33% impermeabili	8	44

m=200 m in ambito montano; m= 1000 m in ambito di pianura/collina

Nel caso di rivestimenti del fondo (permeabili e/o impermeabili) per quasi tutto il tratto (>80%), aggiungere 12

T presente una soglia in corrispondenza del ponte

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 Rimozione di sedimenti			
A	Assenza di significativa attività di rimozione recente (ultimi 20 anni) e in passato (da anni '50)	0	
B	Moderata attività in passato ma assente di recente (ultimi 20 anni), oppure assente in passato ma presente di recente	3	
C	Intensa attività in passato oppure moderata in passato e presente di recente	6	50

Non risultano interventi negli ultimi 20 anni.

L'incertezza deriva dal fatto se in passato è stata intensa (come probabile) o moderata.

A11 Rimozione di materiale legnoso			
A	Assenza di interventi di rimozione di materiale legnoso almeno negli ultimi 20 anni	0	
B	Rimozione parziale negli ultimi 20 anni	2	
C	Rimozione totale negli ultimi 20 anni	5	52

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

Non risultano interventi di rimozione totale. Vi sono varie evidenze che la rimozione parziale da parte di abitanti della zona sia praticata

IQM: esempio di applicazione

A12 Taglio della vegetazione in fascia periferuale			
A	Vegetazione arborea sicuramente non soggetta ad interventi negli ultimi 20 anni	0	
B	Taglio selettivo nel tratto e/o raso su $\leq 50\%$ del tratto negli ultimi 20 anni	2	
C	Taglio raso su $> 50\%$ del tratto negli ultimi 20 anni	5	52

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione periferuale

Non risultano tagli effettuati negli ultimi 20 anni

VARIAZIONI MORFOLOGICHE

V1 Variazioni della configurazione morfologica (si applica solo ad alvei con larghezza > 30 m)			
A	Assenza di variazioni rispetto ad anni '50	0	
B	Variazioni di morfologia tra tipologie contigue rispetto ad anni '50	3	
C	Variazioni tra tipologie non contigue rispetto ad anni '50	6	55

L'alveo nel 1954 era a canali intrecciati

V2 Variazioni di larghezza (si applica solo ad alvei con larghezza > 30 m)			
A	Variazioni nulle o limitate ($\leq 15\%$) rispetto ad anni '50	0	
B	Variazioni moderate (15-35%) rispetto ad anni '50	3	
C	Variazioni intense ($> 35\%$) rispetto ad anni '50	6	61

Il restringimento dell'alveo è stato dell'ordine del 45%

V3 Variazioni altimetriche (si applica solo ad alvei con larghezza > 30 m)			
A	Variazioni della quota del fondo trascurabili (fino 0.5 m)	0	
B	Variazioni della quota del fondo limitate o moderate (≤ 3 m)	4	
C1	Variazioni della quota del fondo intense (> 3 m)	8	
C2	Variazioni della quota del fondo molto intense (> 6 m)	12	65

Non si valuta nel caso di assoluta mancanza di dati, informazioni ed evidenze sul terreno

L'abbassamento del fondo è presente lungo tutto il tratto ma è sicuramente inferiore ai 3 m

Scostamento totale: $Stot = 65$ $62 \div 67$

Scostamento massimo: $Smax = 142 - Sna = 139$

dove Sna = somma dei punteggi massimi degli indicatori non applicati

Indice di Alterazione Morfologica: $IAM = Stot / Smax = 0.47$ $0.45 \div 0.48$

se $Stot > Smax$ si assume $IAM = 1$

Indice di Qualità Morfologica: $IQM = 1 - IAM = 0.53$ $0.52 \div 0.55$

Classe di qualità del tratto: Moderato

$0 \leq IQM < 0.3$: Pessimo o Cattivo; $0.3 \leq IQM < 0.5$: Scadente o Scarso; $0.5 \leq IQM < 0.7$: Moderato o Sufficiente;
 $0.7 \leq IQM < 0.85$: Buono; $0.85 \leq IQM < 1.0$: Elevato

FASE 2: Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

2.3 Valutazione dinamica morfologica

Valutazione lineare

valutazione a scala di tratto, del grado di dinamica morfologica del corso d'acqua e quindi delle sue condizioni di pericolosità

Valutazione areale

zonazione della pianura adiacente al tratto, attraverso la definizione delle fasce di dinamica morfologica

IDM

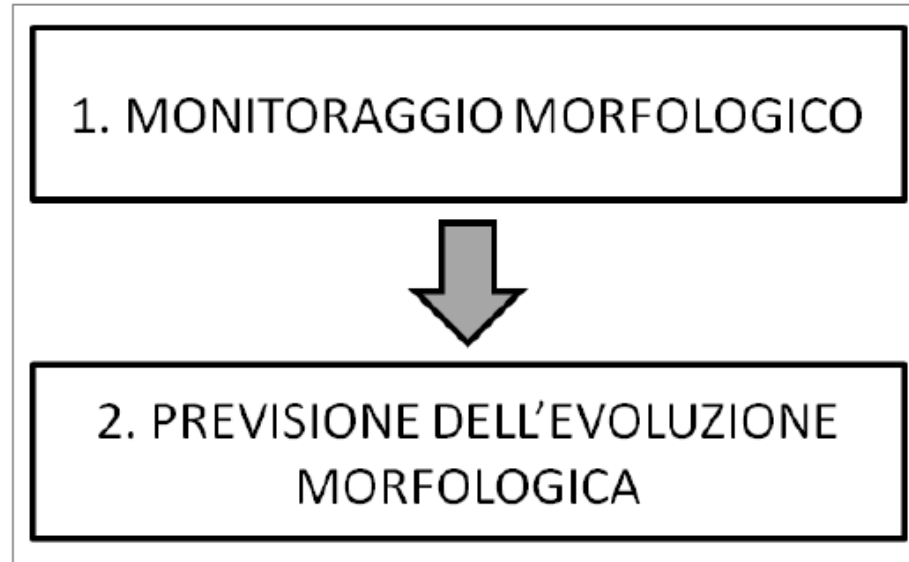
**Indice di Dinamica
Morfologica**

CDE

**Classificazione di
Dinamica d'Evento**

**Fasce di
dinamica morfologica**

FASE 3: Tendenze future



(Rinaldi et al., 2014)

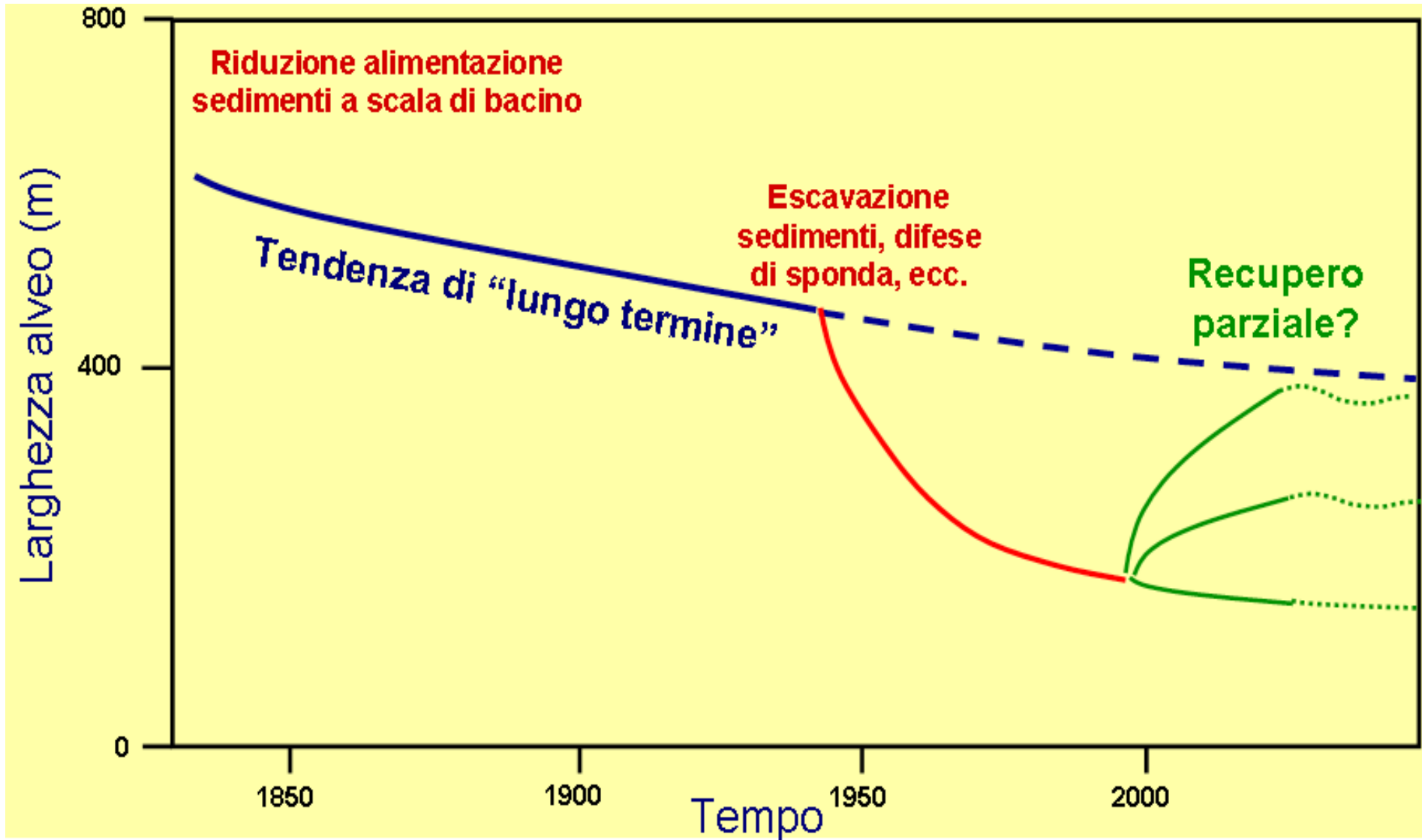
Monitoraggio morfologico

analizzare le tendenze evolutive e monitorare come si modificano le condizioni di qualità e pericolosità dei corsi d'acqua analizzati

Previsione evoluzione morfologica

previsione di possibili scenari di evoluzione futura degli alvei fluviali, sulla base delle loro caratteristiche attuali e delle traiettorie di evoluzione passate. Possibile valutare le implicazioni su qualità e dinamica morfologica

Traiettoria evolutiva



Modificato da Rinaldi et al., 2008

Illustrazioni di esempi applicativi



CONFINAMENTO



confinato



Semi-confinato



Non confinato



Non confinato

MORFOLOGIA DI 1° LIVELLO



sinuoso



sinuoso a barre alternate



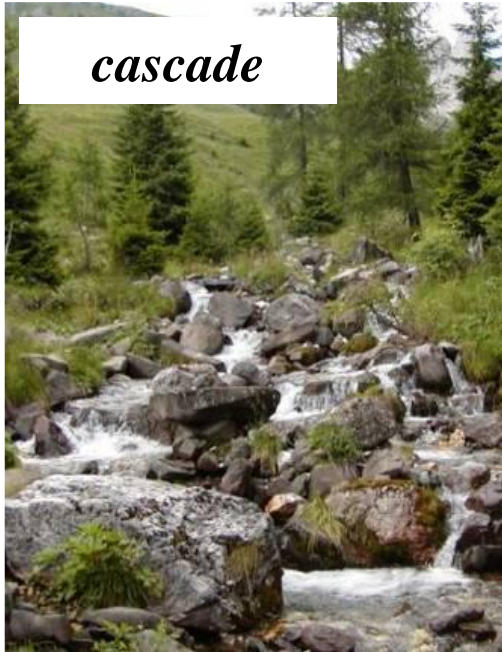
Canali intrecciati



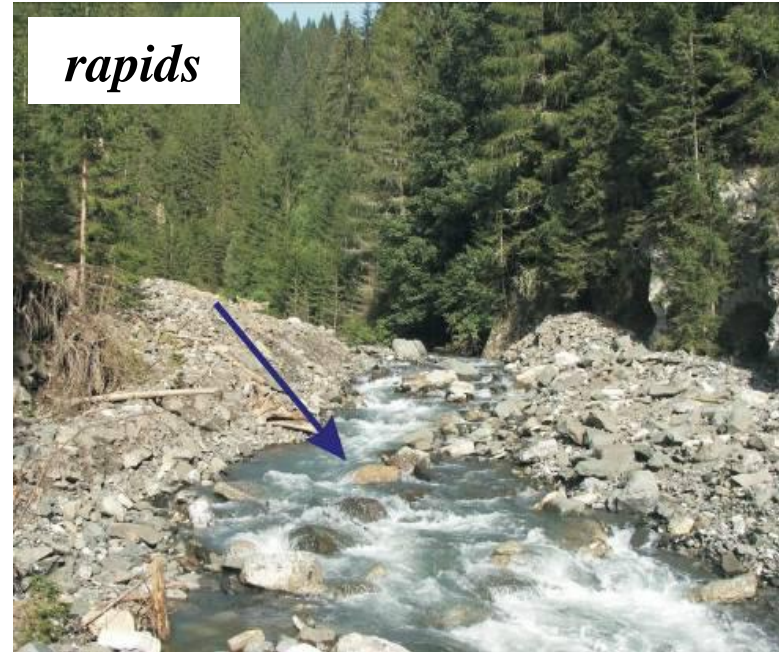
anastomizzato

MORFOLOGIA A SCALA DI UNITA'

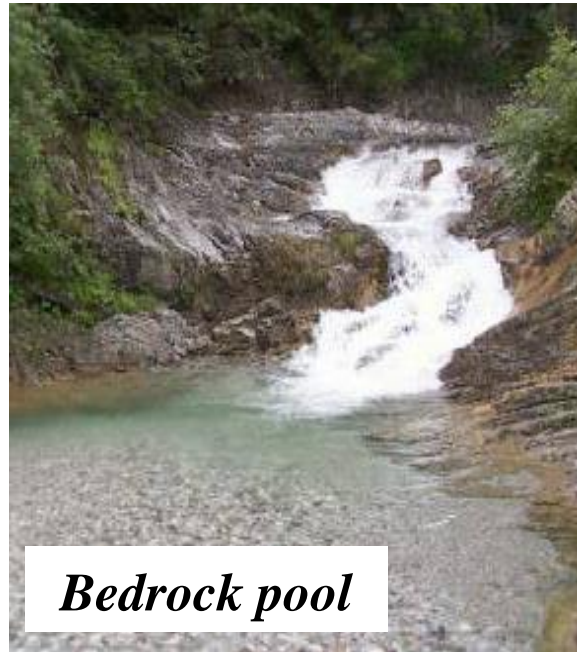
cascade



rapids



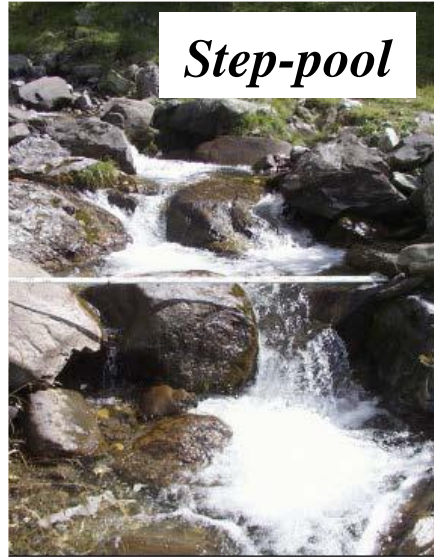
Bedrock pool



riffle



Step-pool



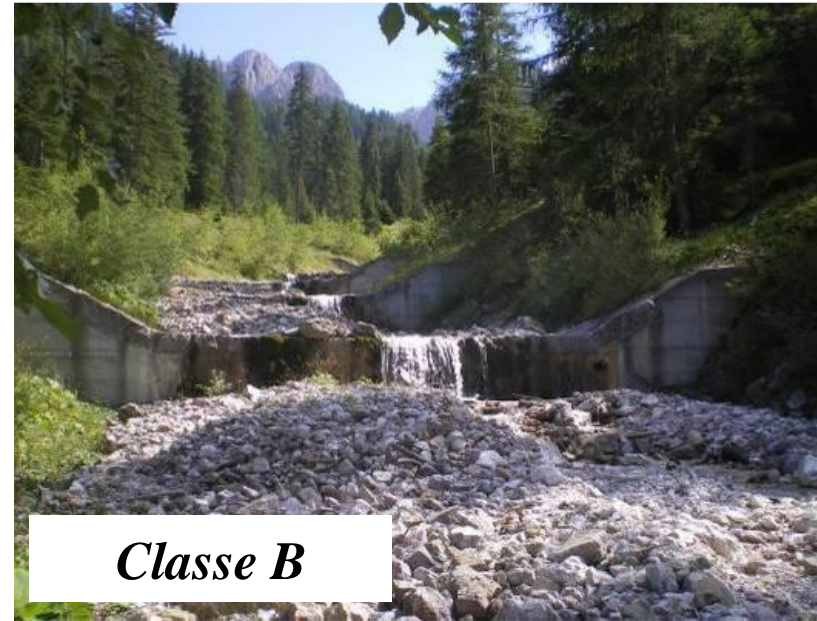
Log-step



CONTINUITA' LONGITUDINALE F1



Classe B



Classe B



Classe C



Classe A

PROCESSI DI ARRETRAMENTO DELLE SPONDE F4



Classe A



Classe C

VARIABILITA' DELLA SEZIONE F9



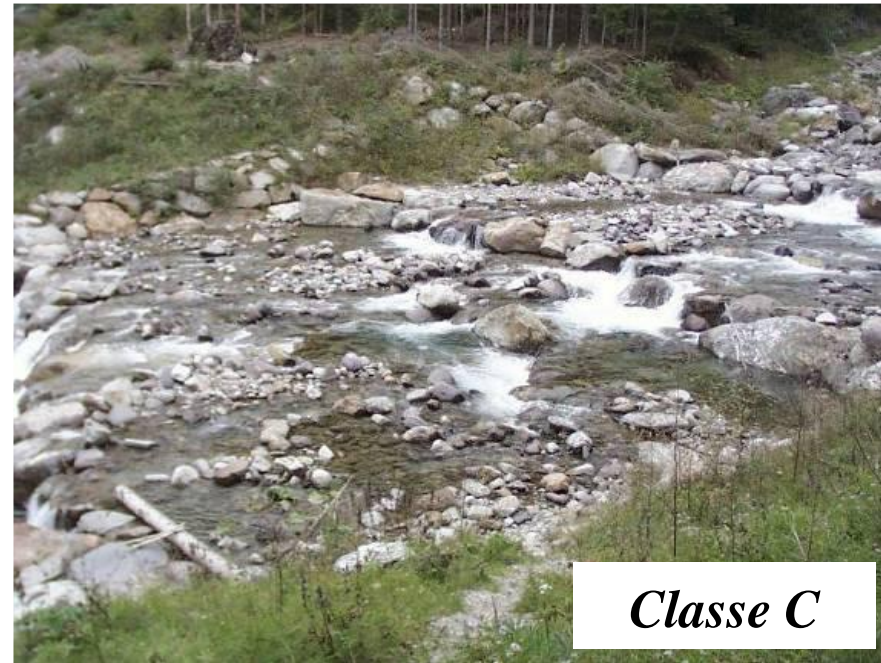
Classe B



Classe A



Classe B

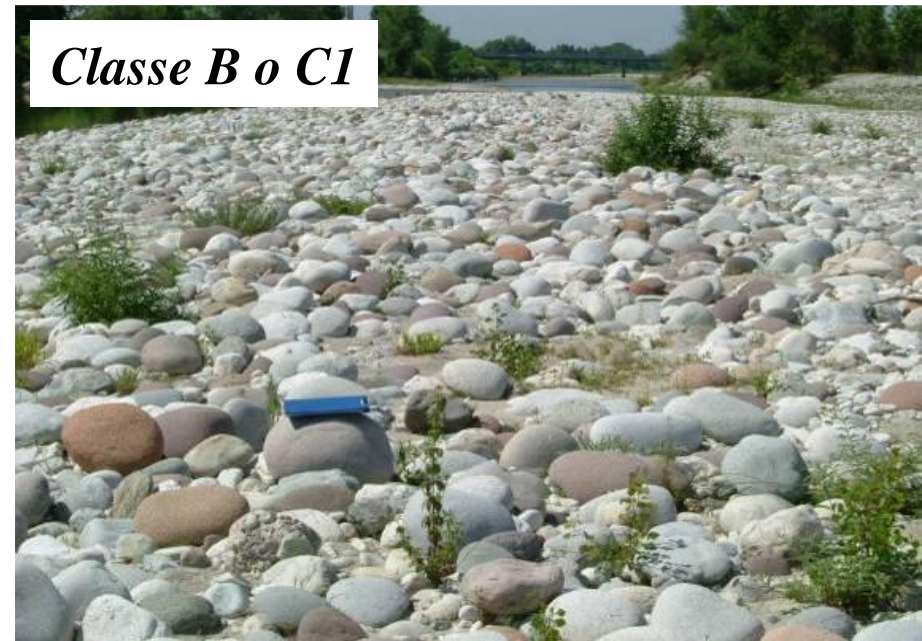


Classe C

STRUTTURA SUBSTRATO F10



Classe A



Classe B o C1



Classe C2



Classe C2

PRESENZA LEGNAME F11

