TORINO METROPOLI
Città metropolitana di Torino

REGIONE PIEMONTE

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po

AIPO

CONTRATTO DI FIUME PELLICETTO

Corsi d'acqua

alla ricerca di integrazione tra uomo e ambiente

CORSO DI FORMAZIONE

28 maggio 2024
Città Metropolitana
di Torino

Cosa succederà durante una piena? Previsione delle dinamiche fluviali

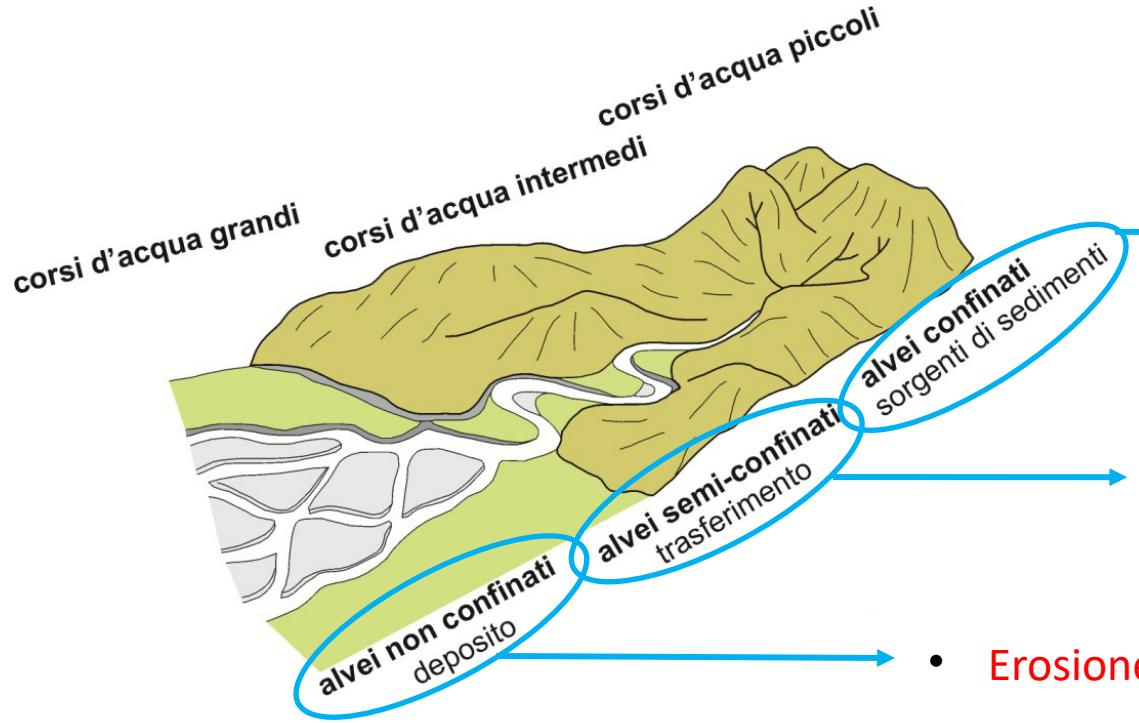
Francesco Comiti
Dip. TESAF - UNIPD

CC BY

Sommario

- Processi geomorfologici attivi durante eventi di piena «eccezionale»
- Il concetto di connettività geomorfologica
- Effetti dei processi di versante e di alveo
- Conseguenze delle dinamiche morfologiche per il pericolo idraulico
- Come prevedere le dinamiche di piena? IDRAIM e la «CDE»
- Conclusioni

Processi geomorfologici attivi durante eventi di piena «eccezionale»



- Colate detritiche
- Frane
- Erosione al piede dei versanti

\+ Schianti boschivi

- Colate detritiche
- Frane
- Erosione al piede dei versanti
- Erosione spondale

- Erosione spondale

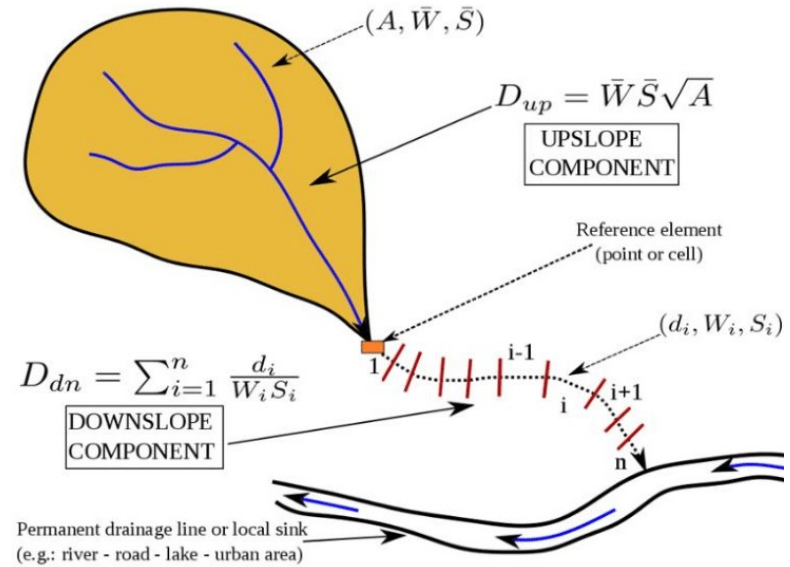
In tutto il reticolo

- Trasporto sedimenti al fondo
- Trasporto materiale legnoso per flottazione

Il concetto di connettività geomorfologica

Processi di versante o lungo affluenti → Reticolo idrografico principale?

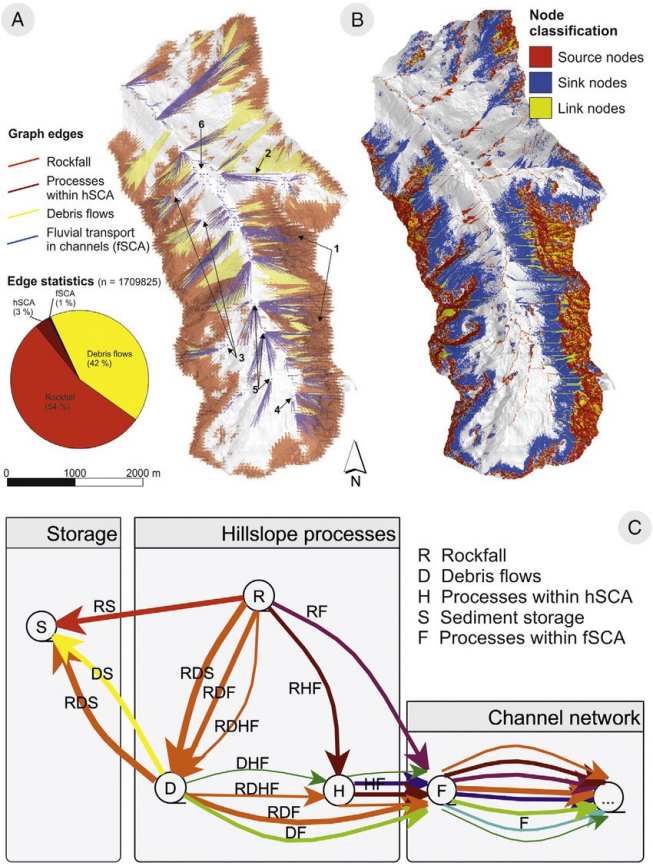
Indice di connettività (IC)



Cavalli et al. (2013)

Approccio « a grafi»

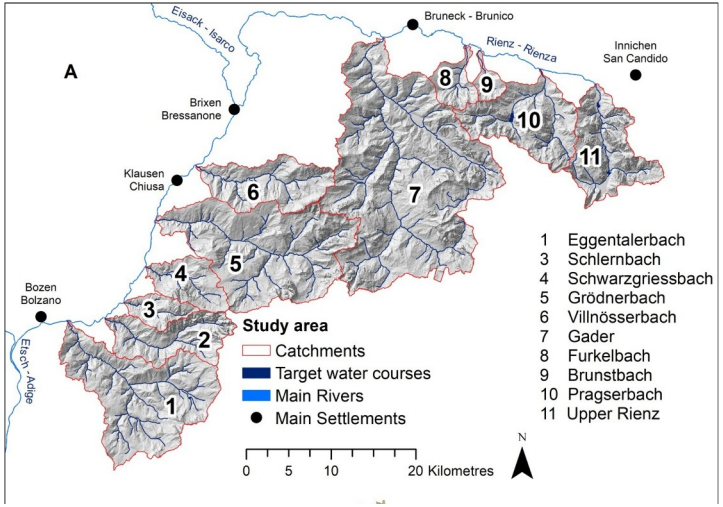
Heckmann et al. (2014)

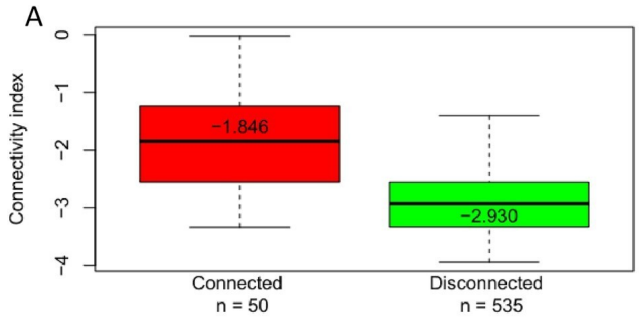


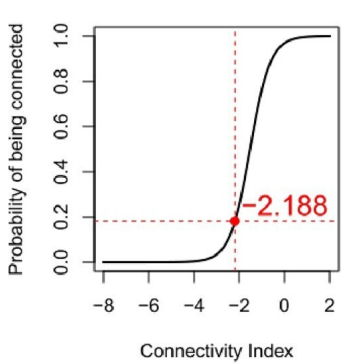
Il concetto di connettività geomorfologica

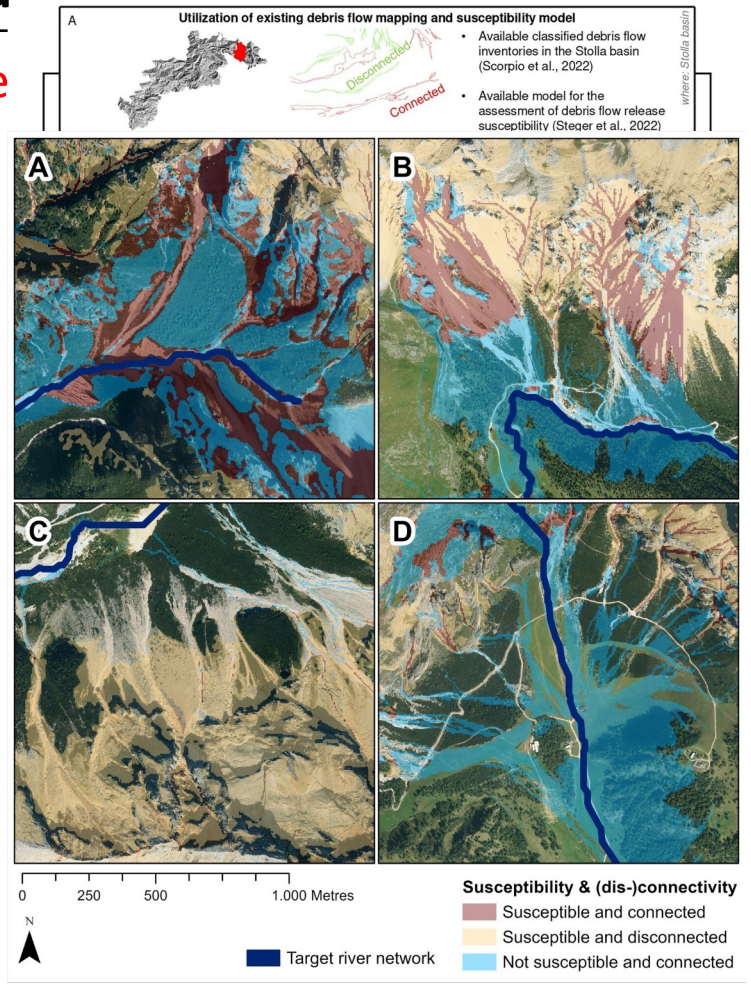
Connettività delle colata detritiche a scala regionale

Pitscheider et al. (2024)



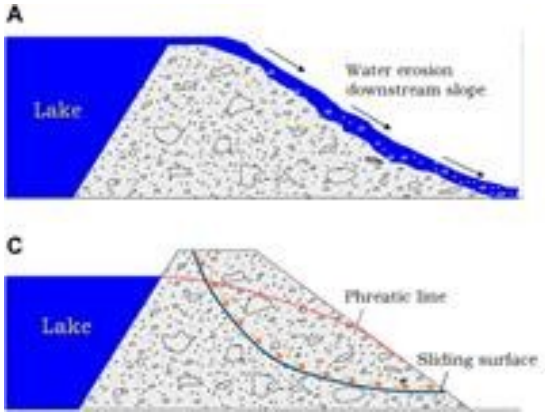






Effetti dei processi di versante e di alveo

- Sbarramenti d'alveo
  - Esondazione a monte
  - Fenomeni impulsivi a valle ("dam-break")

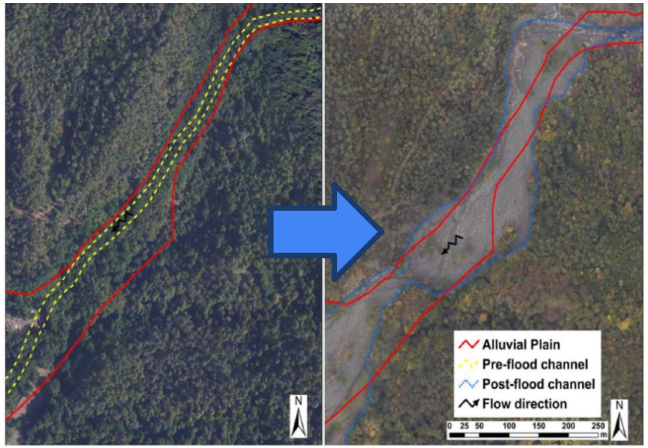


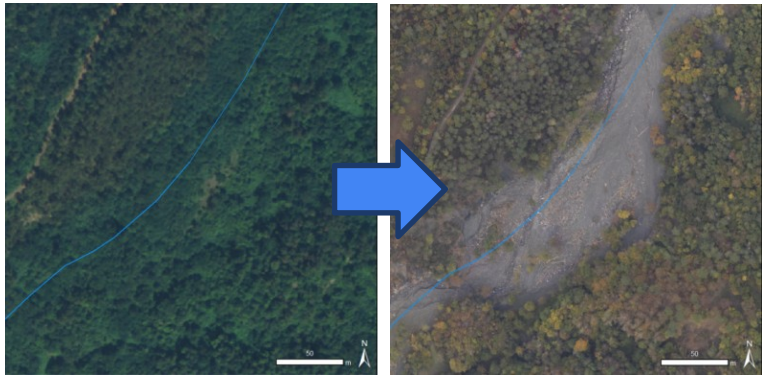
Effetti dei processi di versante e di alveo

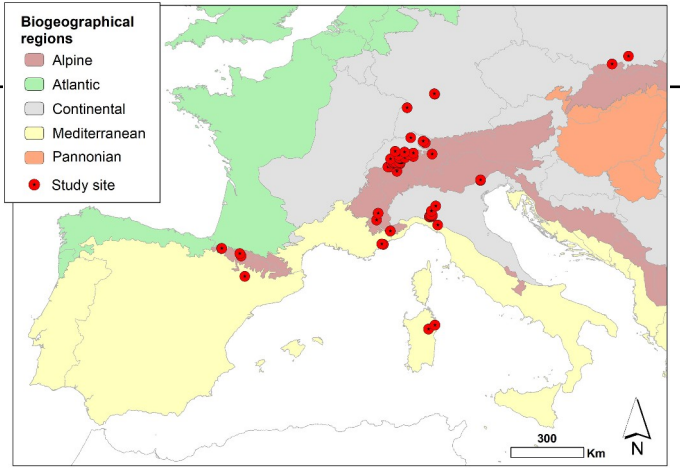
- Immissione di grandi quantità di sedimento e di legno
  - Aumento dell'alimentazione solida a valle
  - Aumento del trasporto solido al fondo reale ("saturazione" della capacità di trasporto)
  - Variazioni morfologiche in alveo

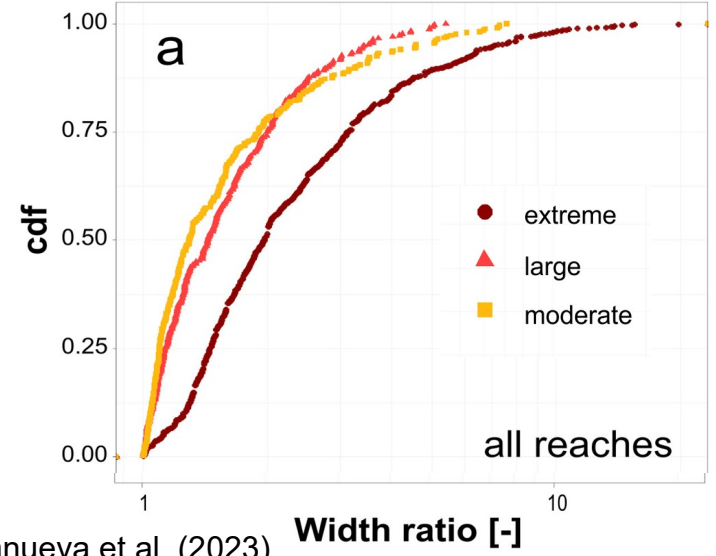
Effetti dei processi di versante e di alveo

- Allargamento degli alvei







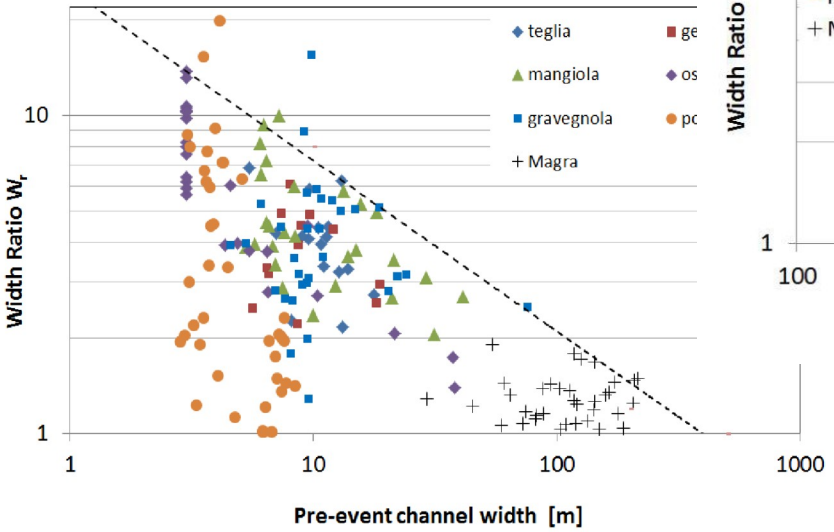


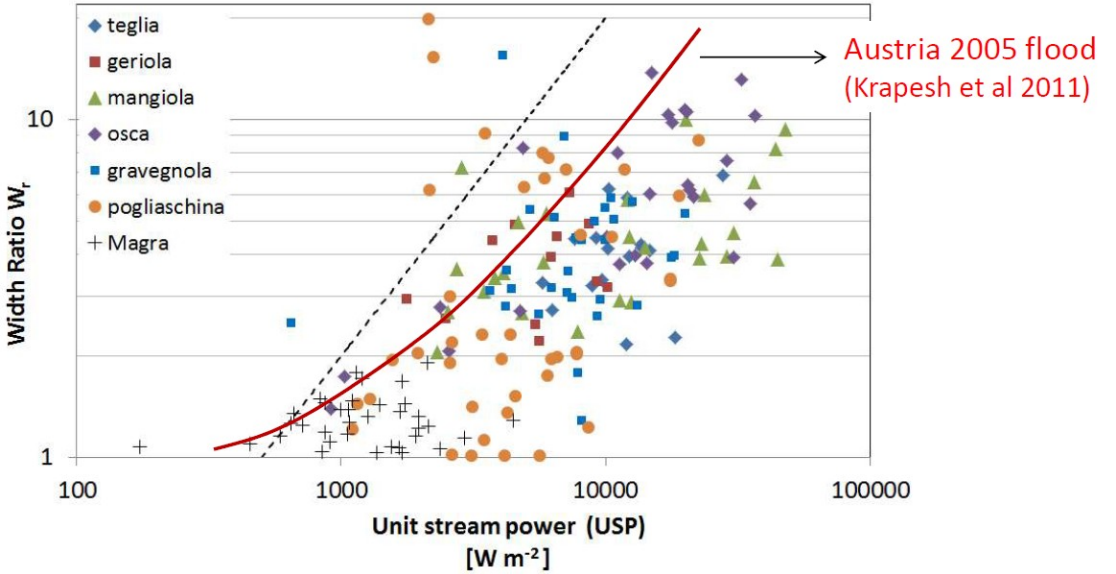
Ruiz-Villanueva et al. (2023)

Effetti dei processi di versante e di alveo

- Allargamento degli alvei
  - ➢ Utilizzo di curve di inviluppo

Unit stream power: $$USP = \frac{\gamma\, Q\, S}{pre - flood\ width}$$





Comiti et al. (2016)

Effetti dei processi di versante e di alveo

- Avulsione

- Deposizione

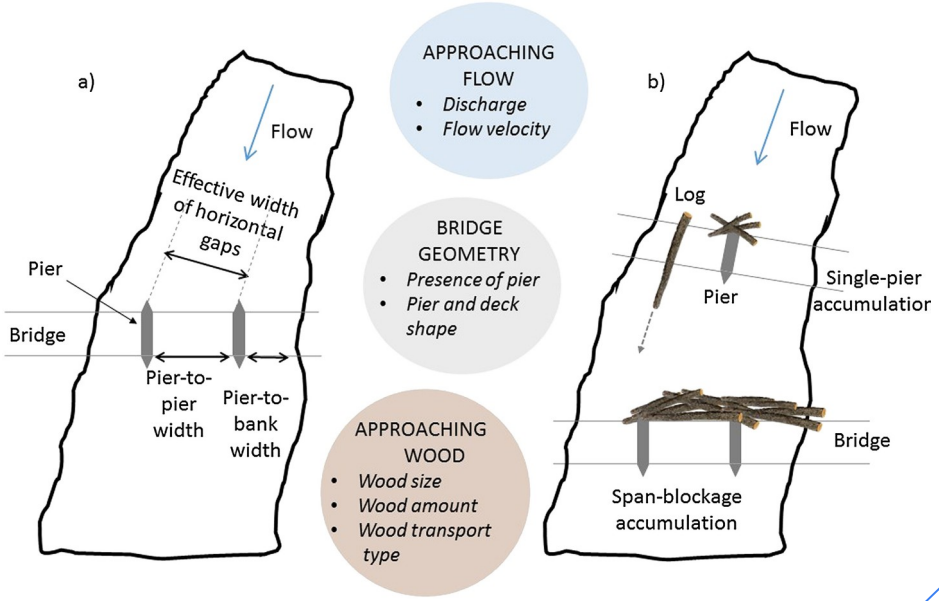
- Incisione

Effetti dei processi di versante e d'alveo

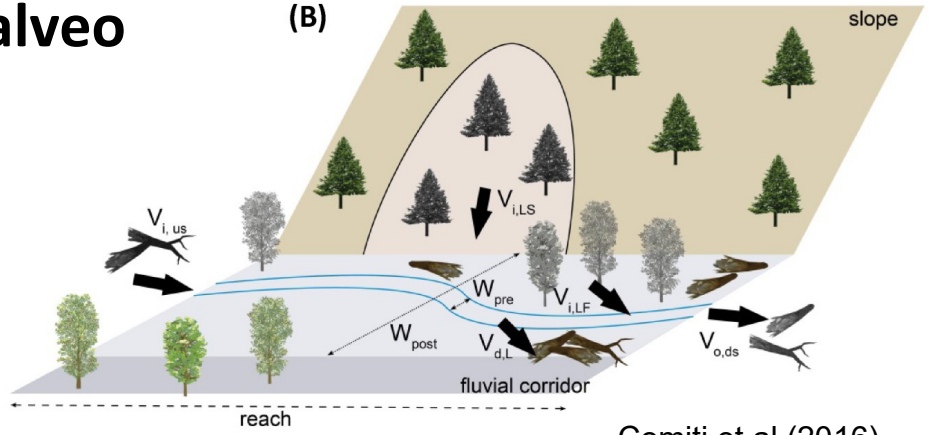
- Occlusione di ponti

Effetti dei processi di versante e di alveo

- Occlusione di ponti

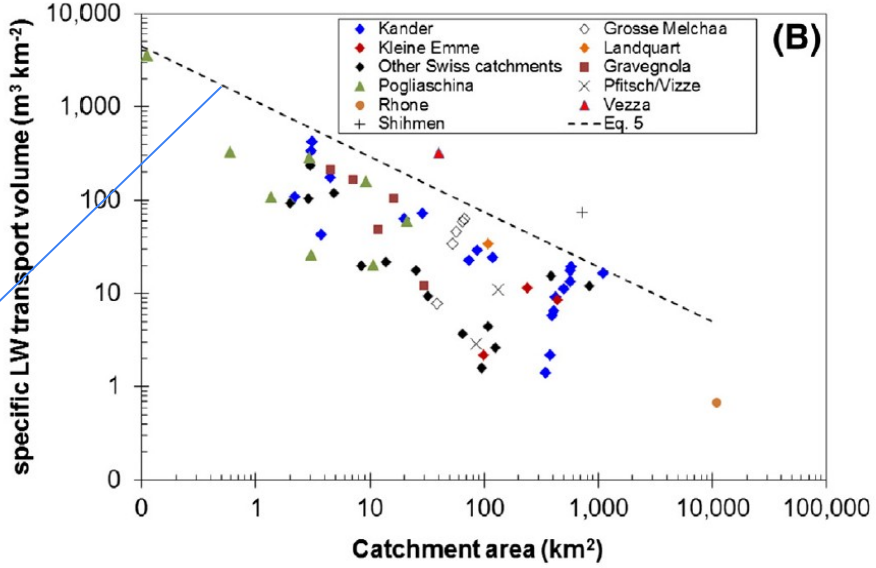


De Cicco et al (2018)



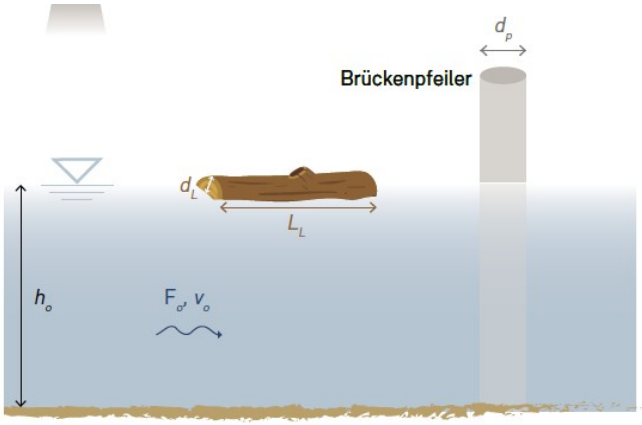
Comiti et al (2016)

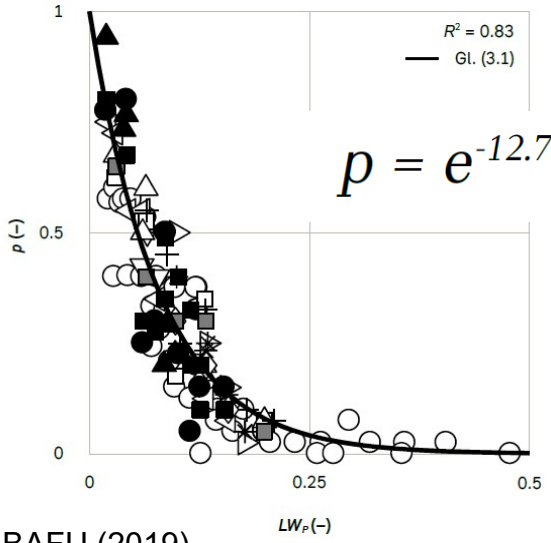
$$V_A \sim 1170\, A^{-0.6}$$



Effetti dei processi di versante e di alveo

- Occlusione di ponti





$$p = e^{-12.7LW_P}$$

$$LW_P = x_n \left(\frac{v_o^2}{2gL_L}\right)^{0.43} \left(\frac{d_P}{L_L}\right)^{0.60}$$

BAFU (2019)

- p > 75% con moto congestionato e pile a interdistanza < L_L
- p ~ 100% se impalcato raggiunto dal flusso (Gschnitzer et al 2016)

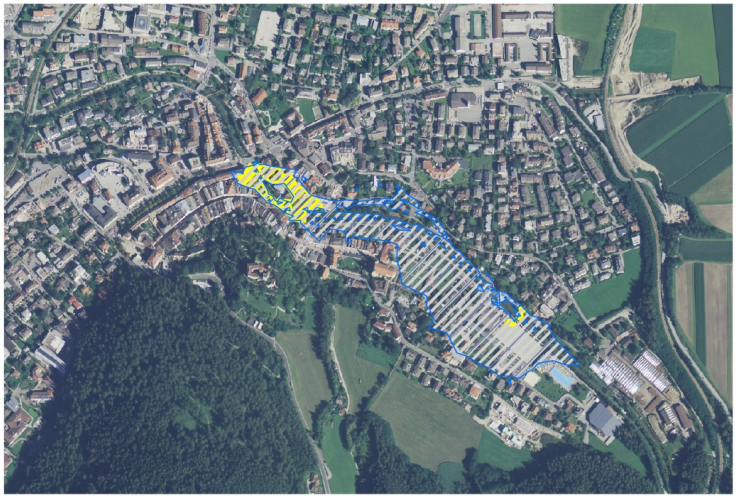
Conseguenze delle dinamiche morfologiche per il pericolo idraulico

- La geometria dell'alveo (e dei ponti) cambia durante l'evento

- Danni (e vittime) in aree assunte «sicure» applicando soltanto una modellazione idraulica «mono-scenario»

Conseguenze delle dinamiche morfologiche per il pericolo idraulico

- Aree inondate diverse rispetto a quelle previste nelle mappe di pericolo «idraulico» a stesso TR



- Danni derivanti da modifiche morfologiche non previsti nelle mappe di inondazione (erosioni laterali)

Come prevedere le dinamiche di piena?

Analisi idrologica
e **geomorfologica**

→ *Condizioni* iniziali
ed al contorno (variabili !)

- Geometria dell'alveo e sue modifiche
- Volumi/portate solide da monte e dagli affluenti
- Erosioni spondali e di versante
- Volumi e dimensioni del materiale legnoso

Analisi geomorfo → Modellazione idraulica → Mappe di pericolo

Come prevedere le dinamiche di piena? Gli strumenti di «IDRAIM»

- ✓ **Indice di Qualità Morfologica (IQM)**
- ✓ **Indice alterazione idrologica (IARI)**
- ✓ **Indice di Qualità Morfologica di monitoraggio (IQMm)**
- ✓ **Indice di habitat (IH, Mesohabsim)**
- ✓ **Indice di dinamica morfologica «di lungo periodo» (IDM)**
- ✓ **Classificazione della «Dinamica da evento» (CDE)**
- ✓ **Fasce di dinamica morfologica (FDM e FDE)**

Come prevedere le dinamiche di piena? Gli strumenti di «IDRAIM»

Cosa si intende per «evento» in IDRAIM

- Fenomeno di elevata magnitudo e quindi di bassa probabilità di accadimento
- Ordine di grandezza assimilabile a quello degli eventi di maggior magnitudo tra quelli considerati comunemente nella mappatura della pericolosità
- Tempi di ritorno idrologici (ovvero basati sulla frequenza della precipitazione causa dell'evento) >100 anni
- Ausilio dell'indagine storica per valutare magnitudo di tali eventi «eccezionali»

Come prevedere le dinamiche di piena? LA CDE di IDRAIM

- Identificare in maniera semplificata gli scenari di evento più probabili attesi per l'evento nei diversi tratti del reticolo idrografico

- Valutare l'entità delle variazioni del contorno fisico di un certo tratto in risposta ai processi di trasporto (sedimento e materiale legnoso) durante l'evento;

- CDE rappresenta lo strumento geomorfologico per l'individuazione delle porzioni di reticolo idrografico dove la dinamica d'alveo può risultare elevata alla scala temporale dell'evento di piena

Come prevedere le dinamiche di piena? LA CDE di IDRAIM

Procedura guidata che consta di due fasi:

- valutazione delle variazioni morfologiche attese durante l'evento lungo il tratto
- valutazione della probabilità che si verifichino occlusioni in corrispondenza di sezioni critiche

La procedura è differenziata in base alla tipologia di tratto:

- confinati / semiconfinati;
- non confinati, compresi i tratti su conoide

Come prevedere le dinamiche di piena? LA CDE di IDRAIM

- 4 classi di variazioni morfologiche (lievi-molto forti)
- 2 classi di probabilità occlusioni (bassa-alta)

Classi di Dinamica di Evento (bassa-molto elevata)

		Probabilità occlusioni	
		Alta (A)	**Bassa (B)**
Entità variazioni morfologiche	**Molto forti (I)**	Molto elevata	Molto elevata
	Forti (II)	Molto elevata	Elevata
	Medie (III)	Elevata	Intermedia
	Lievi (IV)	Intermedia	Bassa

Come prevedere le dinamiche di piena? LA CDE di IDRAIM

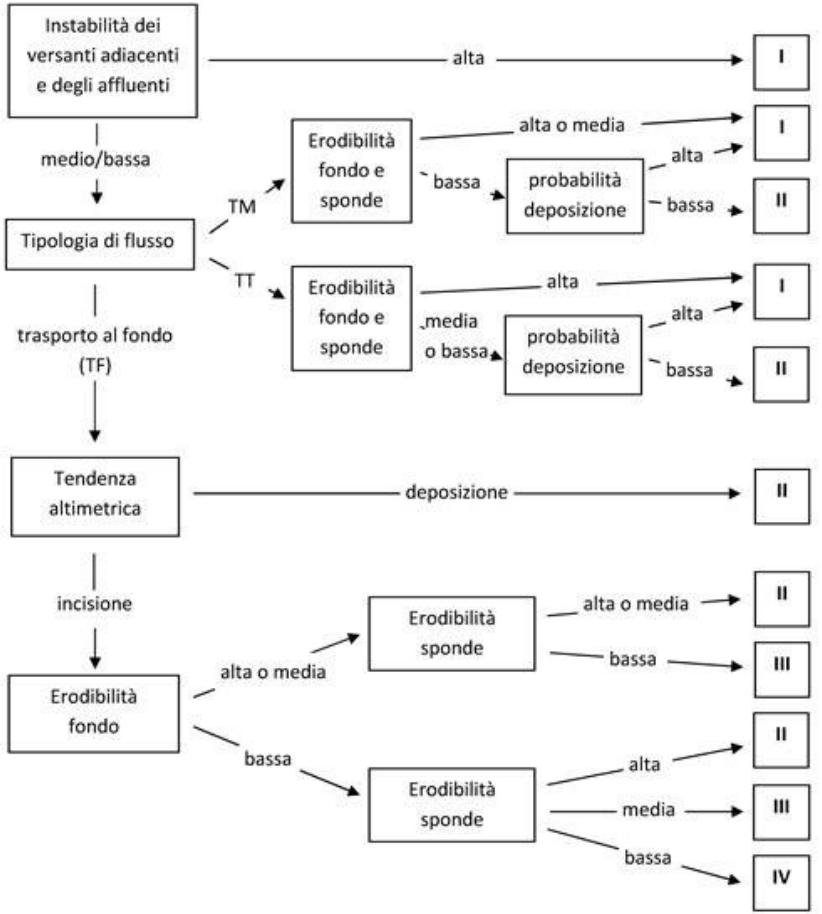
- Valutazione variazioni morfologiche
  - Instabilità dei versanti e degli affluenti
  - Tipologia di flusso
  - Erodibilità fondo
  - Erodibilità sponde
  - Tendenza altimetrica
  - Probabilità deposizione (per colate)
  - Tipologia conoide
  - Probabilità avulsioni e tagli di meandro

- Valutazione probabilità di occlusioni
  - Tipologia di attraversamenti
  - Entità del trasporto di materiale legnoso
  - Tipologia di flusso

Come prevedere le dinamiche di piena? LA CDE di IDRAIM

- Valutazione variazioni morfologiche

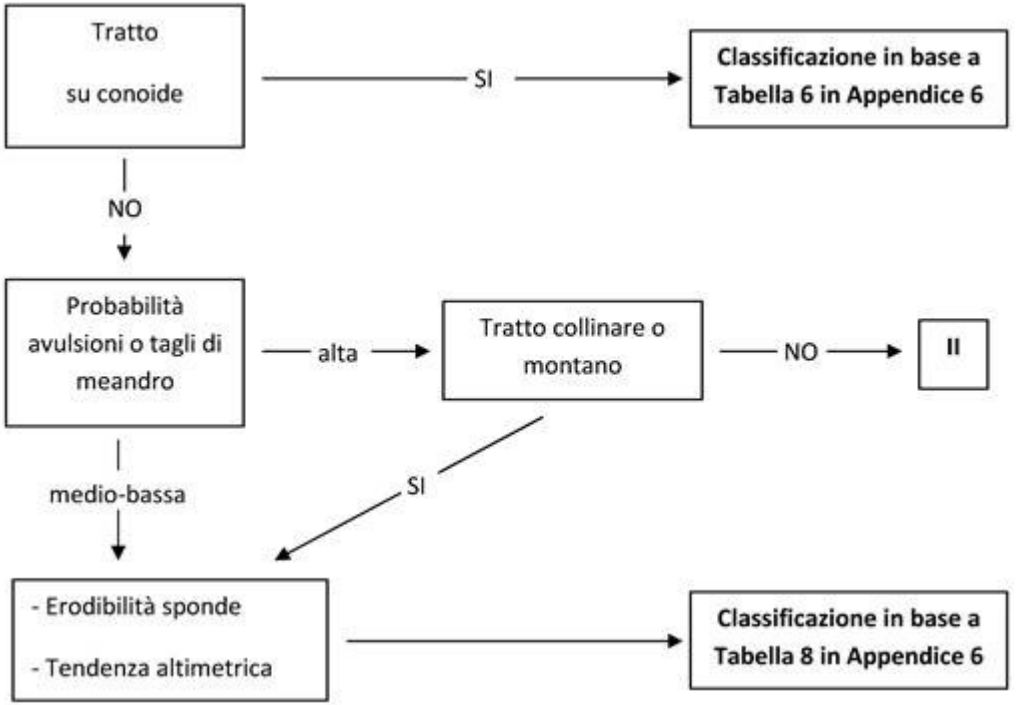
➢ Confinati e semi-confinati



Come prevedere le dinamiche di piena? LA CDE di IDRAIM

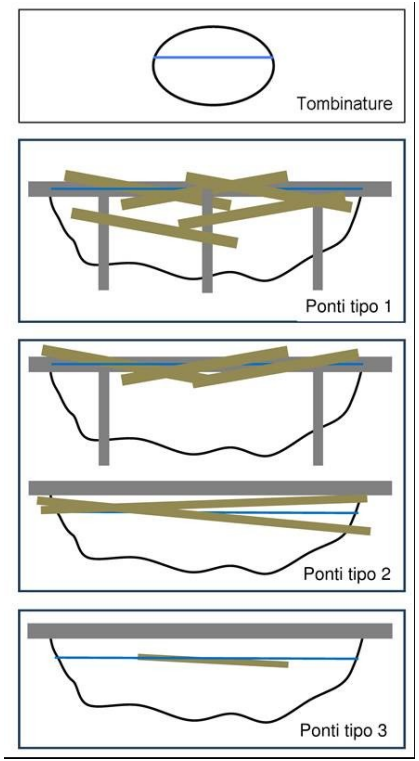
- Valutazione variazioni morfologiche

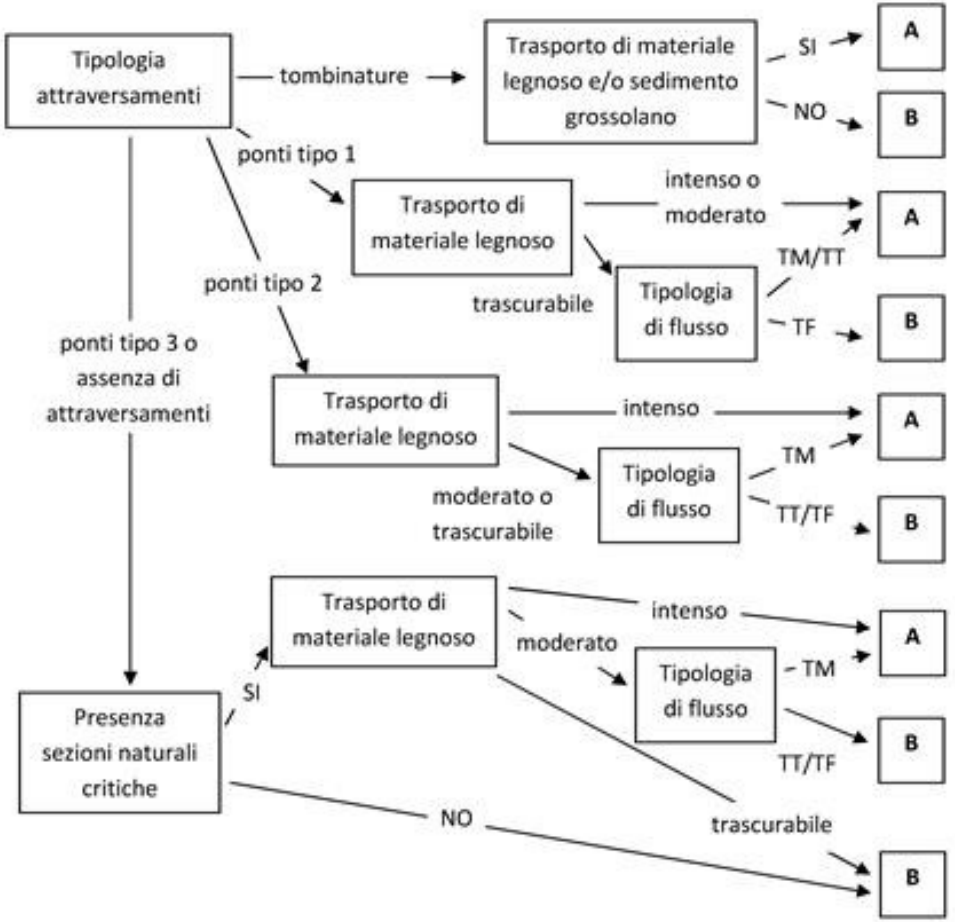
➢ Non confinati



Come prevedere le dinamiche di piena? LA CDE di IDRAIM

- Valutazione probabilità occlusioni





Conclusioni

- Gli eventi di piena eccezionale (Tr > 100 anni) sono naturalmente caratterizzati da ingenti flussi solidi (sedimento e legno), non è un problema di «dissesto» bensì di come funzionano i sistemi fluviali

- Il pericolo «idraulico» deve tener conto del pericolo «geomorfologico» derivante dalle variazioni degli alvei che avvengono durante l'evento e dai fenomeni di occlusione degli attraversamenti critici

- Aiuta applicare modelli morfodinamici invece che solo idraulici? No! non vi è al momento alcuna evidenza che tali modelli siano in grado di prevedere le dinamiche morfologiche di piena (complessità del reale!)

- E' invece necessario l'utilizzo di scenari di evento, costruiti tramite analisi geomorfologiche e di occlusione, su cui basare le modellazioni idrauliche (come le rotture arginali!)