



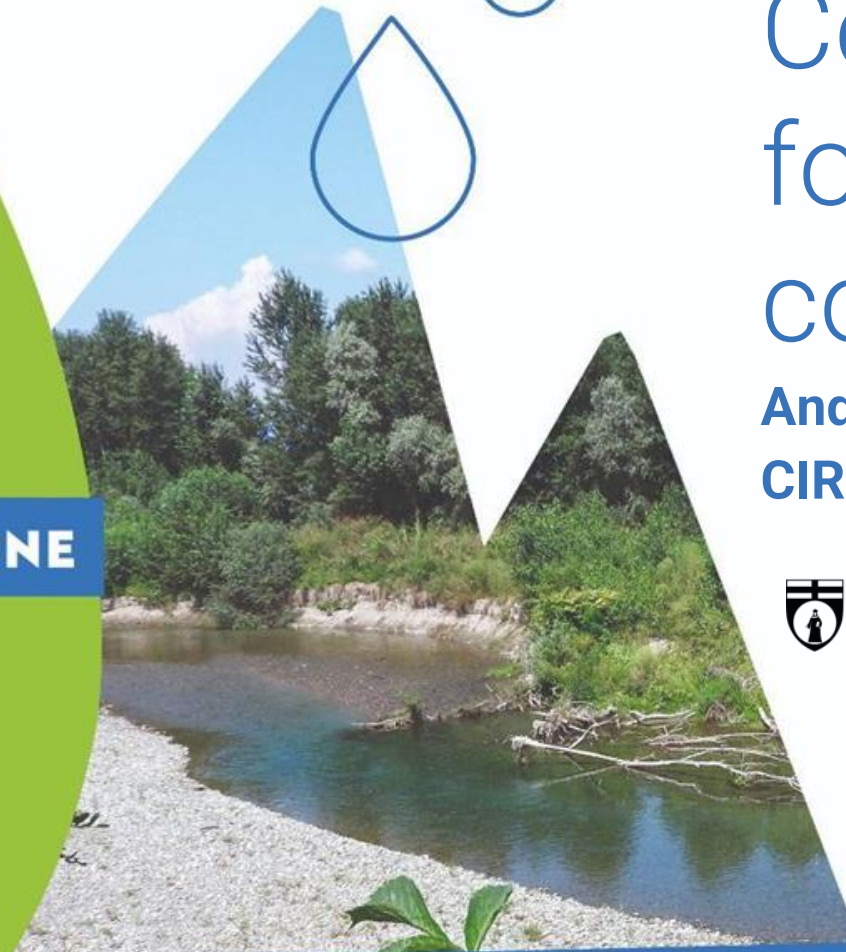
Corsi d'acqua

alla ricerca
di integrazione
tra uomo
e ambiente

CORSO DI FORMAZIONE

28 maggio 2024

Città Metropolitana
di Torino



Corsi d'acqua: forme, processi e connettività

Andrea Mandarino, UniGe-DISTAV e
CIRF



Università
di Genova

DISTAV DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA,
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA



La diversità dei corsi d'acqua



→ elementi caratterizzanti gran parte dei paesaggi della Terra



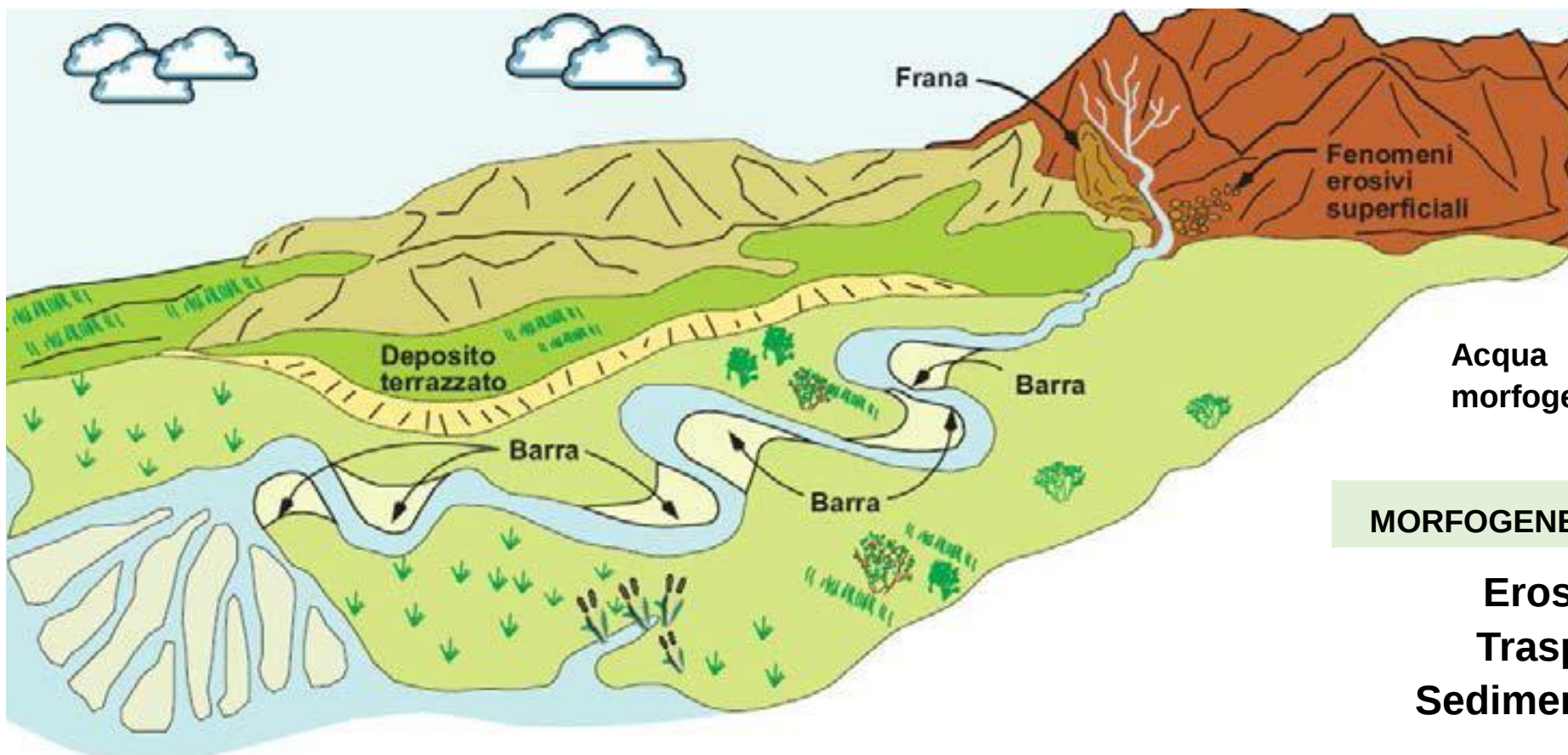
Corsi d'acqua: espressione diretta del sistema morfogenetico fluviale

Acqua corrente e incanalata → agente morfogenetico (modella le forme del rilievo)

MORFOGENESI FLUVIALE

Erosione
Trasporto
Sedimentazione

→ agiscono, in misura diversa, in ogni tratto del sistema fluviale.



Zona di deposito

Zona di trasporto

Zona di erosione

sedimenti e legname; sostanza organica, organismi, rifiuti, ...



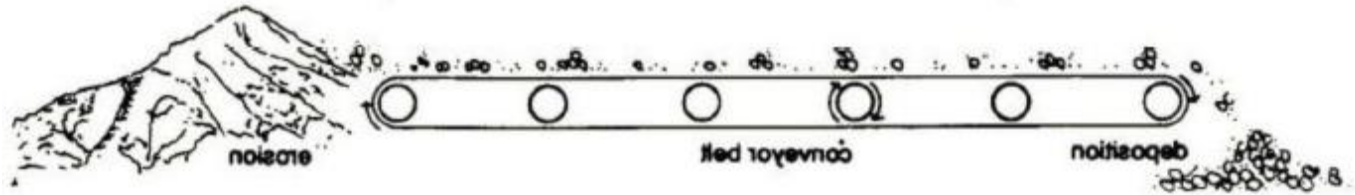
(Rinaldi et al., 2016)

“L’acqua alliscia li monti e riempie le valli e vorrebbe ridurre la terra in perfetta sfericità, s’ella potesse”
Leonardo da Vinci



Piena del Po
22/10/2000

Tempesta «Alex» 02/10/2020



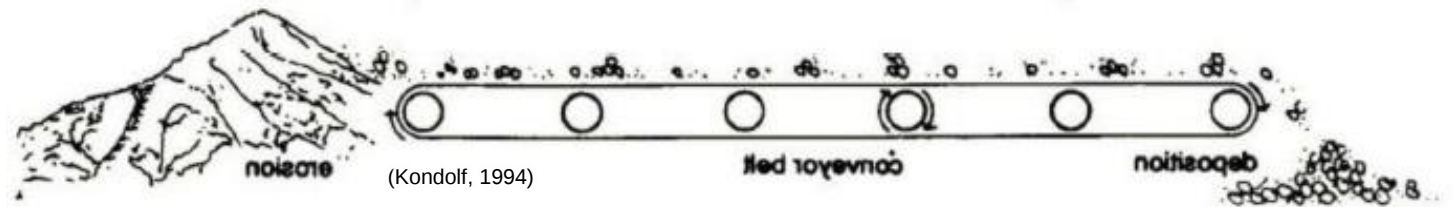
(Kondolf, 1994)

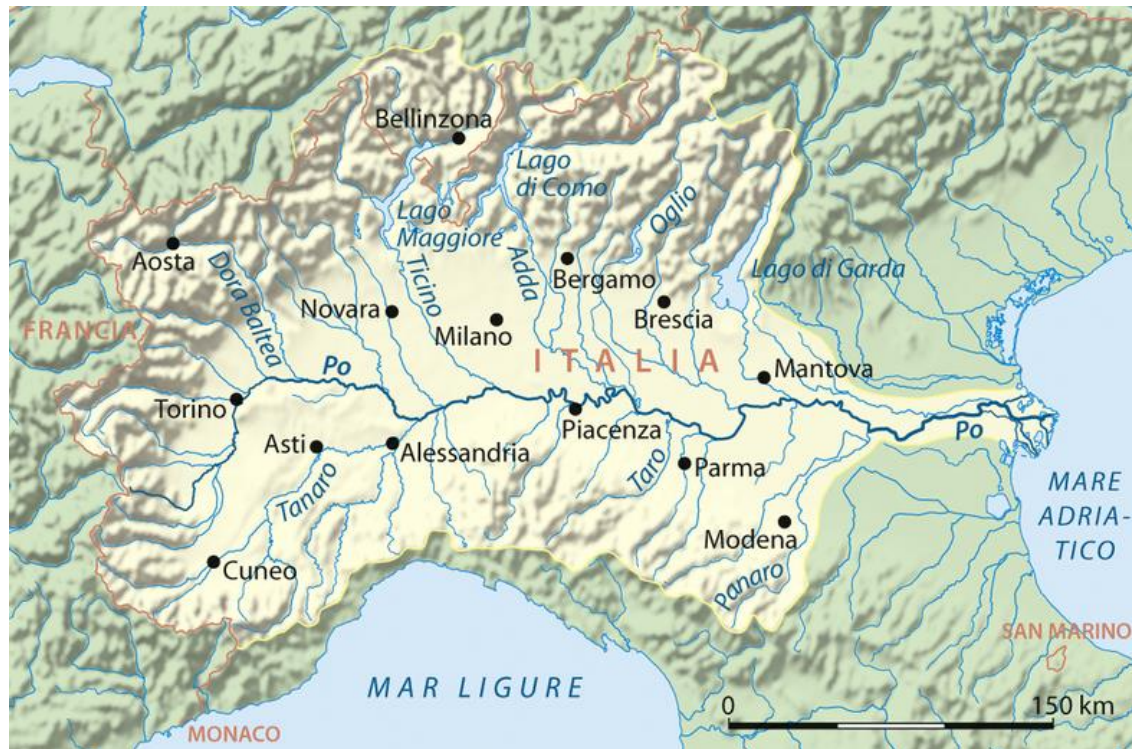
Genova Voltri: foce del torrente Cerusa



Foto: Marco Ferrari (Università degli Studi di Genova)

Agosto 2006 → circa 200-300 mm di pioggia concentrata in poche ore.





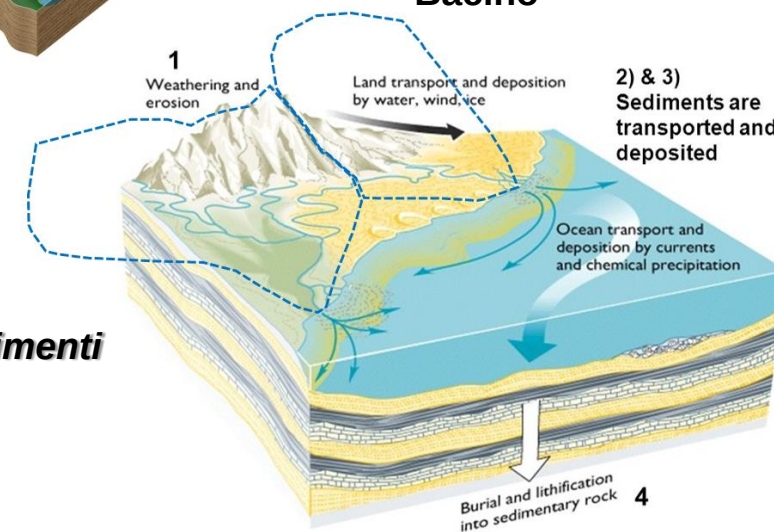
Bacino

<https://www.catchments.ie/cm-epa-role-introduction/>

https://it.wikipedia.org/wiki/Bacino_idrografico#/media/File:Po_bacino_idrografico.png

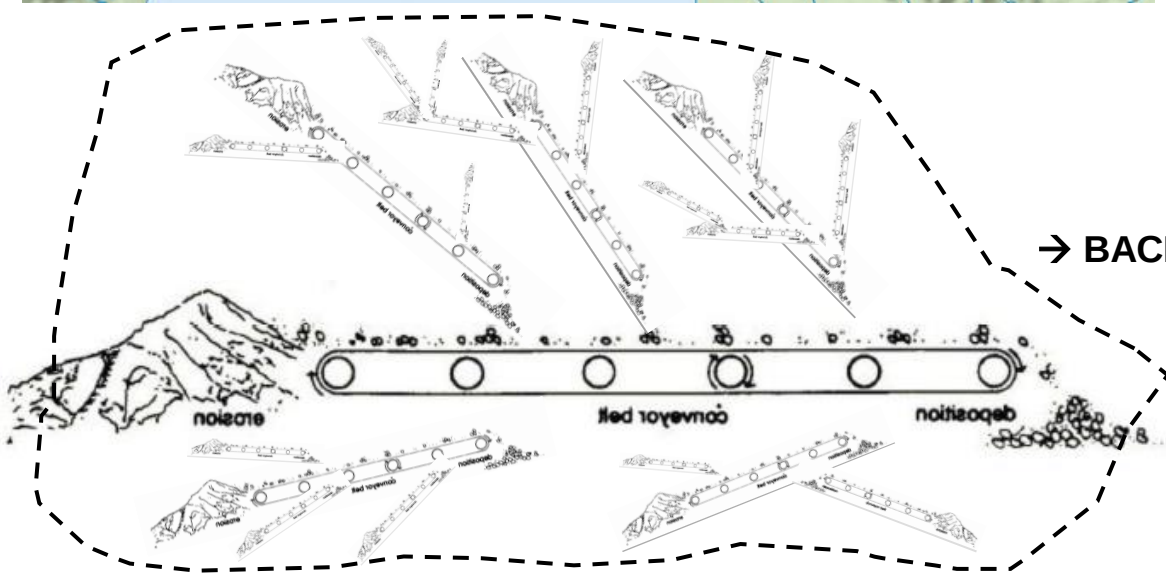
Ciclo dell'acqua

Bacino



Ciclo dei sedimenti

→ BACINO IDROGRAFICO



Scala spaziale di riferimento per la dinamica sedimentaria
Unità territoriale di riferimento per la gestione dei sedimenti
(e dei corsi d'acqua in generale)

Le caratteristiche del bacino idrografico influenzano le caratteristiche del sistema fluviale

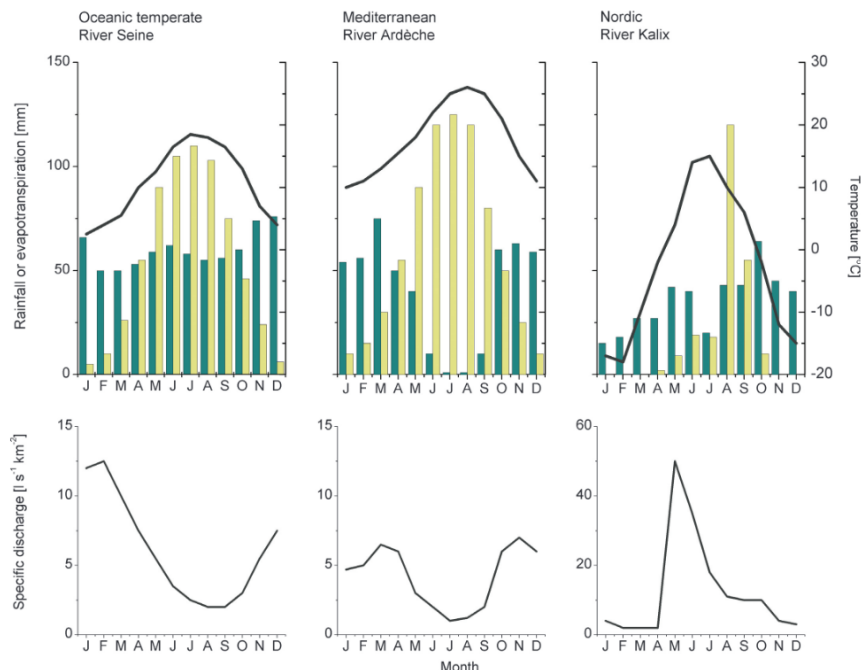


Figure 7.3 Examples of the three major hydrological regimes of European rivers. Blue bars: rainfall; yellow bars: evapotranspiration; brown lines: temperature; dark lines: specific discharge.

Durand et al., 2011
https://www.researchgate.net/publication/260244756_Nitrogen_processes_in_aquatic_ecosystems

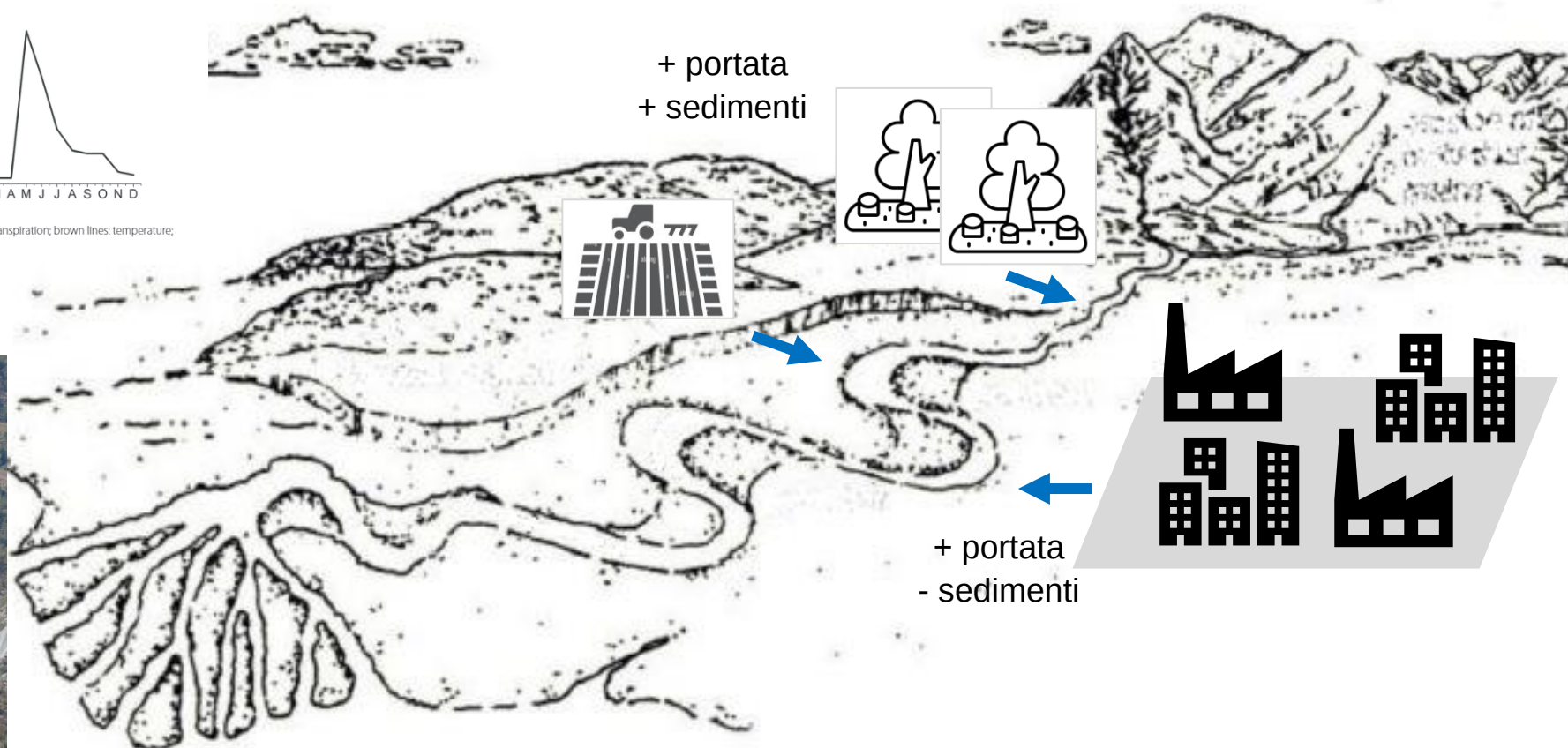
Bormida, NW Italy (2021)



CLIMA
 → precipitazioni; vegetazione

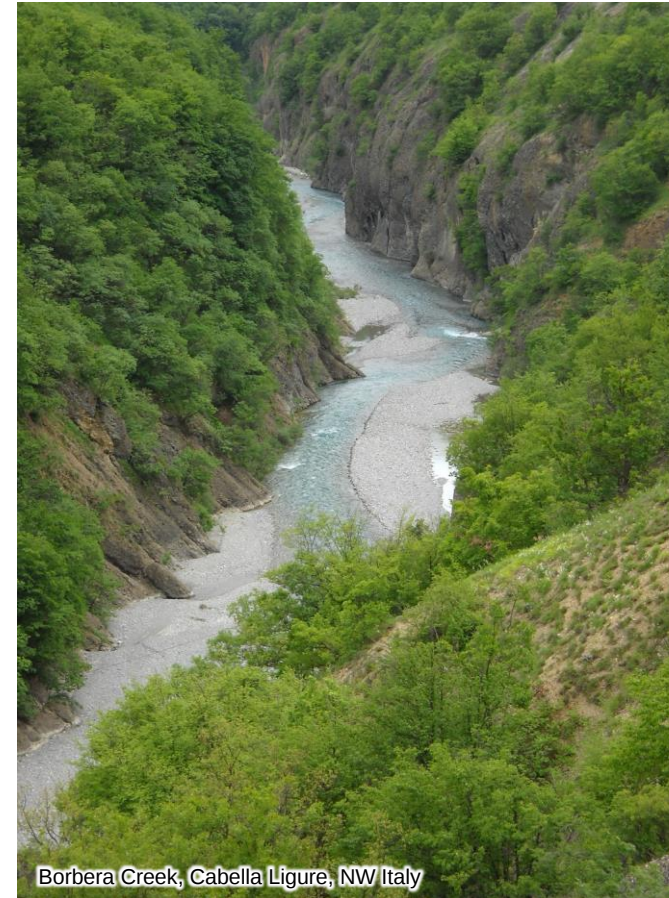
CARATTERISTICHE GEOLOGICHE (l.s.)

USO DEL SUOLO



(Kondolf, 1994, modificato)

L'alveo



ALVEO → porzione di superficie topografica che

- è compresa entro le sponde o è delimitata da versanti o terrazzi antichi
- è costituita da: canale/i di scorrimento, barre, isole (porzioni di piana inondabile delimitate dall'alveo) e altra vegetazione eventualmente presente. (Rinaldi et al., 2016)

unità morfologiche



Confinato / non confinato / semi-confinato
A fondo fisso / a fondo mobile

ALVEO A PIENE RIVE | ALVEO INCISO | ALVEO ATTIVO

Configurazione morfologica = aspetto/assetto planimetrico dell'alveo /// è definito da come le unità morfologiche si assemblano e si succedono, sia in senso trasversale che longitudinale (associazione di unità morfologiche).

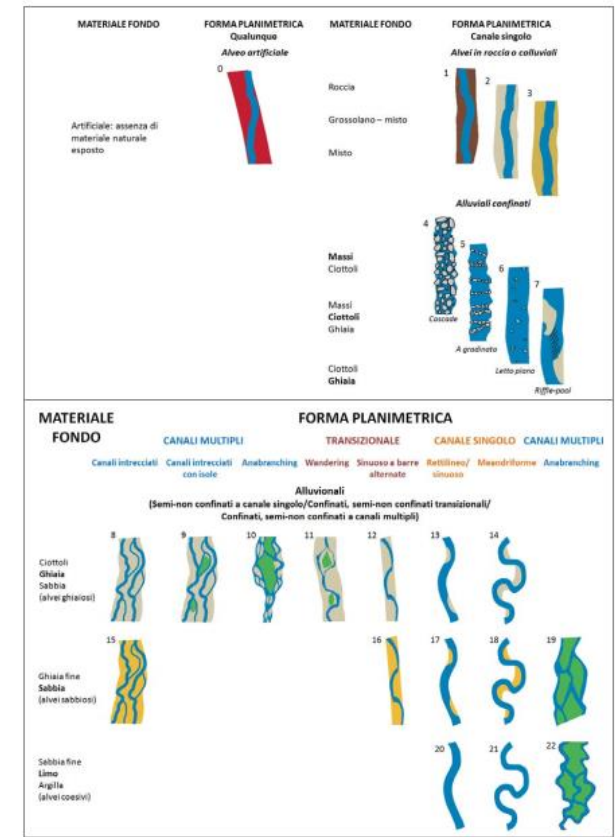
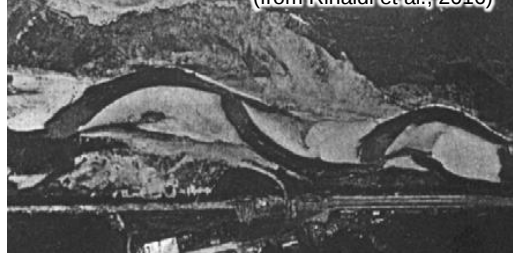
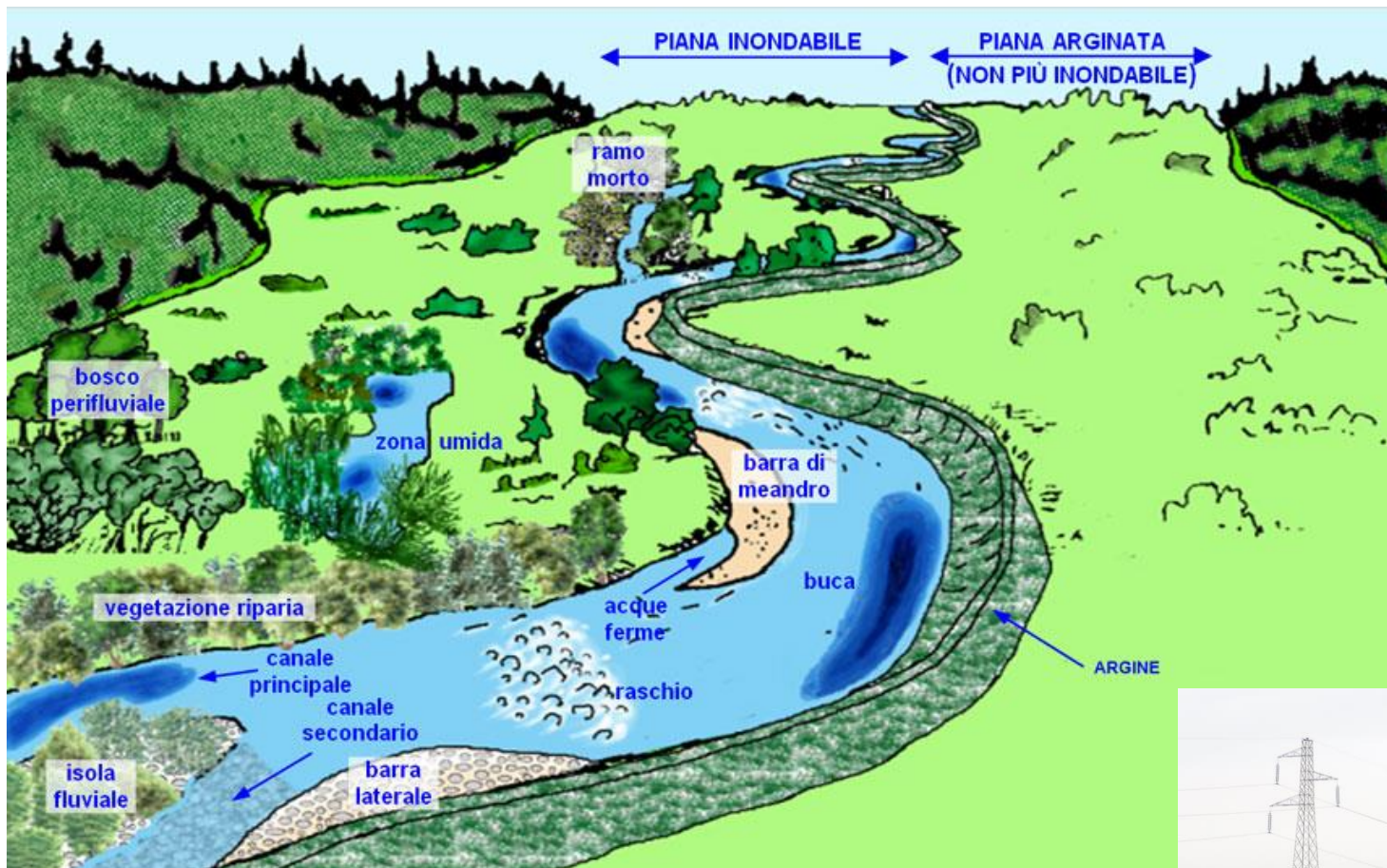


Figura 1.4 - Classificazione estesa delle tipologie morfologiche dei corsi d'acqua (*Extended River Typology*; modificato da [Rinaldi et al., 2016a](#)). Alvei artificiali: (0) A fondo artificiale. Alvei confinati a canale singolo. (1) In roccia; (2) colluviale a sedimenti grossolani - misti; (3) colluviale a sedimenti misti; (4) cascate; (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 \(1996\)](#)).

(from Rinaldi et al., 2016)
<https://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni/manuali-e-linee-guida/sum-sistema-di-rilevamento-e-classificazione-delle-unita-morfologiche-dei-corsi-dacqua>

Oltre l'alveo (non confinato)

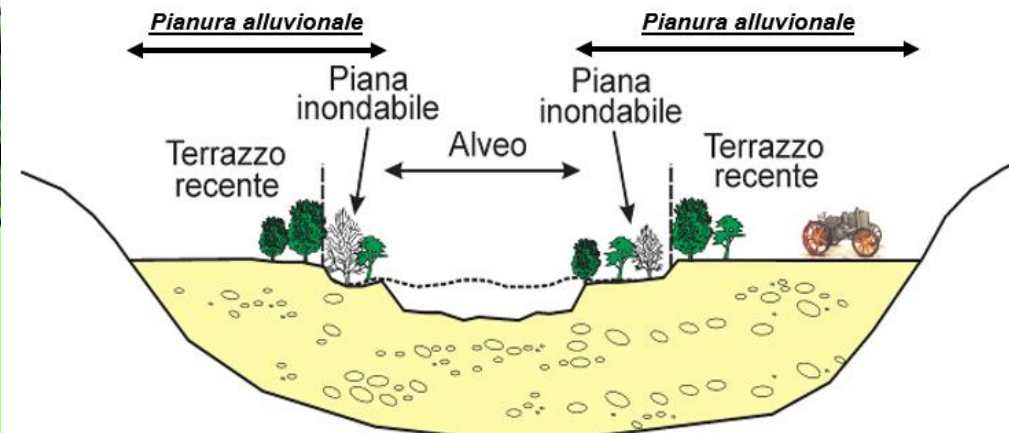


(from Sansoni, 2006)

Attenzione: ARGINE ≠ SPONDA

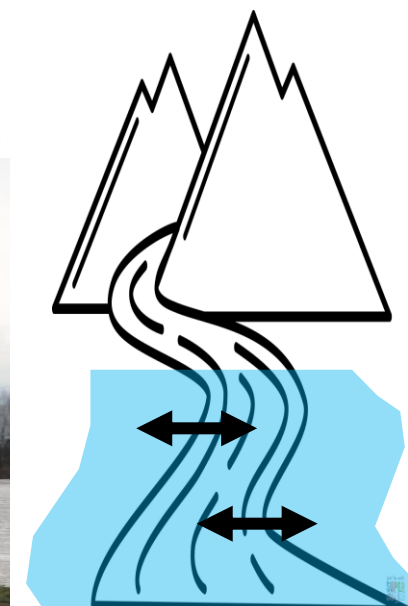
Naturale area di espansione della piena («letto d'inondazione»)

La piena «porta e porta via» (sedimenti, legname, ecc.)

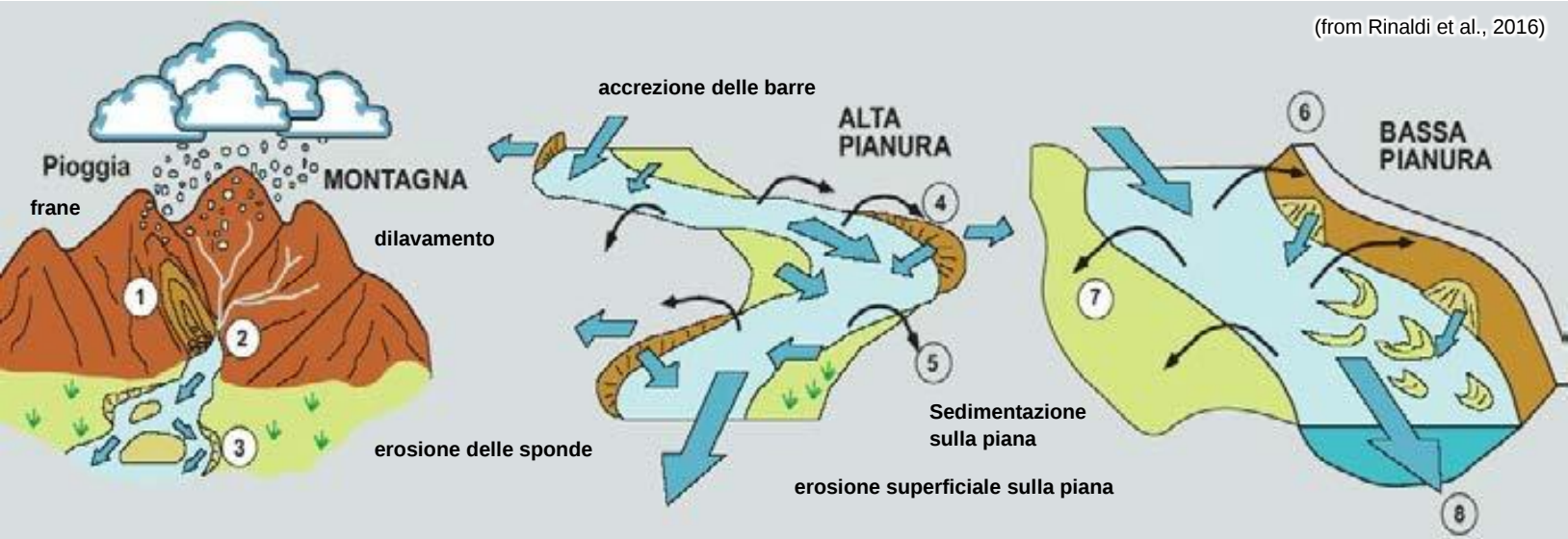


(from Rinaldi et al., 2016)

Bormida River, NW Italy (2019)



Sedimenti: input, output, stop & go



(from Rinaldi et al., 2016)



alveo – versanti/terrazzi antichi → Interazioni associate a processi erosivi | alveo – piana → Interazioni associate a processi erosivi e deposizionali



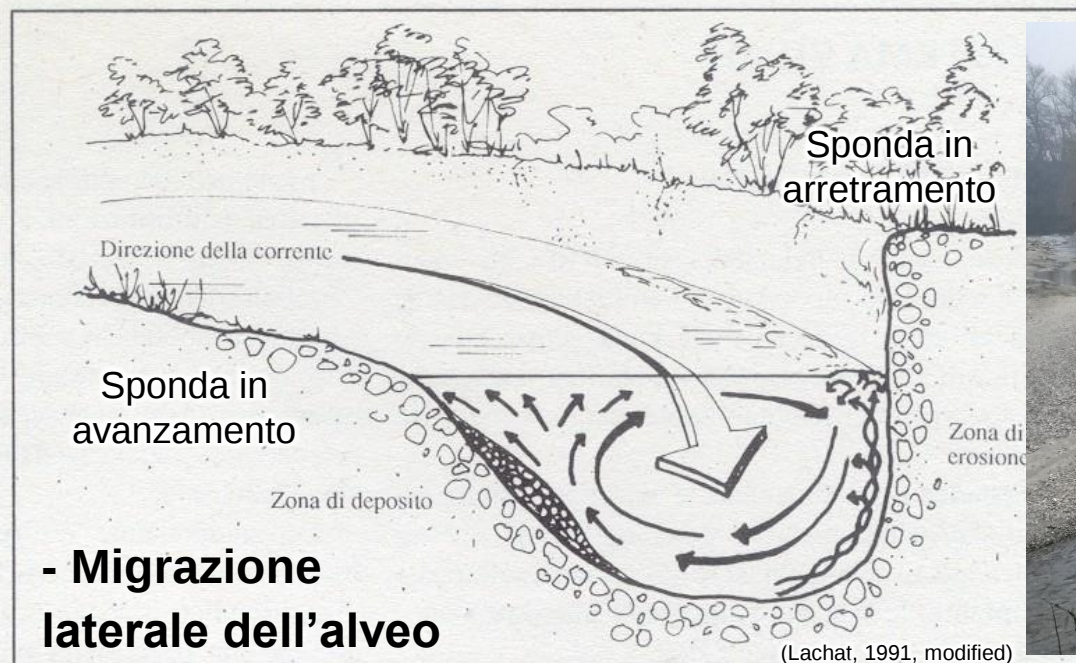
→ dipendente da precipitazioni e piene

In alveo:

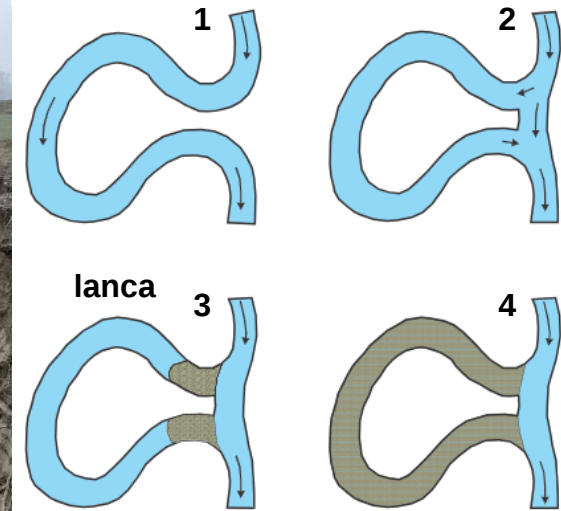
- Trasporto dei sedimenti
- Migrazione delle barre



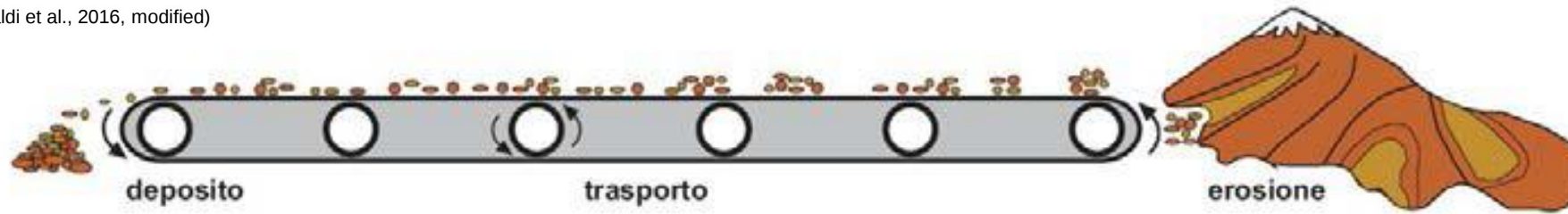
Orba River, NW Italy
(photo by Piero Mandarino)



Evoluzione morfologica di un
meandro nel tempo e nello spazio

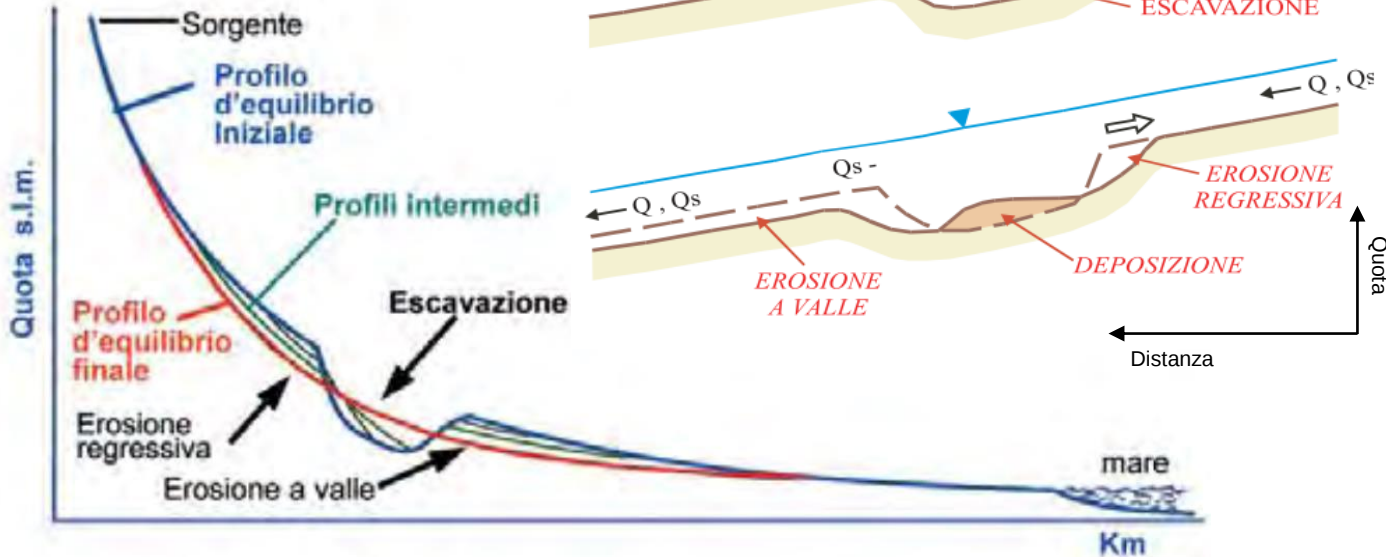


(Richards and Konsoer, 2020)
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/esp.4763>

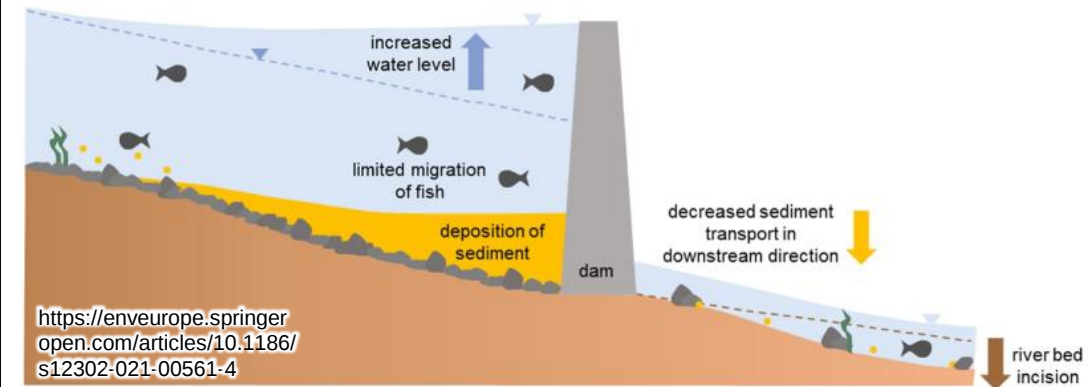
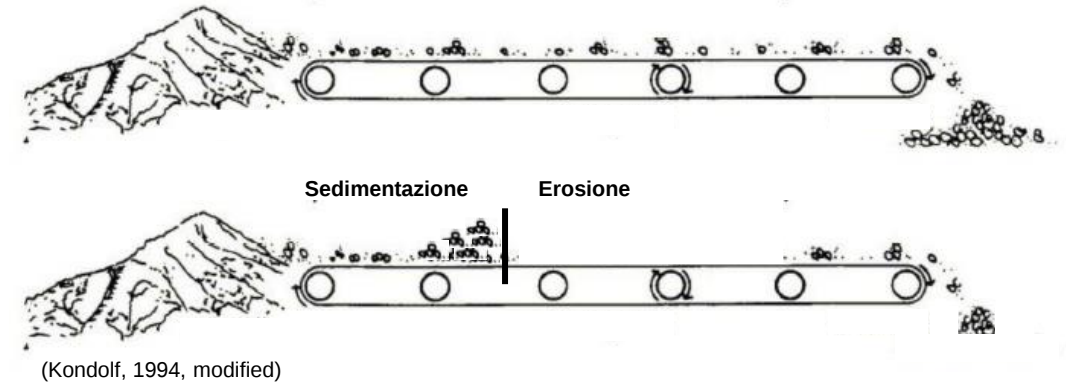


→ Fondo dell'alveo non è statico/cristallizzato; unità morfologiche in continua evoluzione

→ Propagazione degli effetti (incisione) di un intervento di escavazione

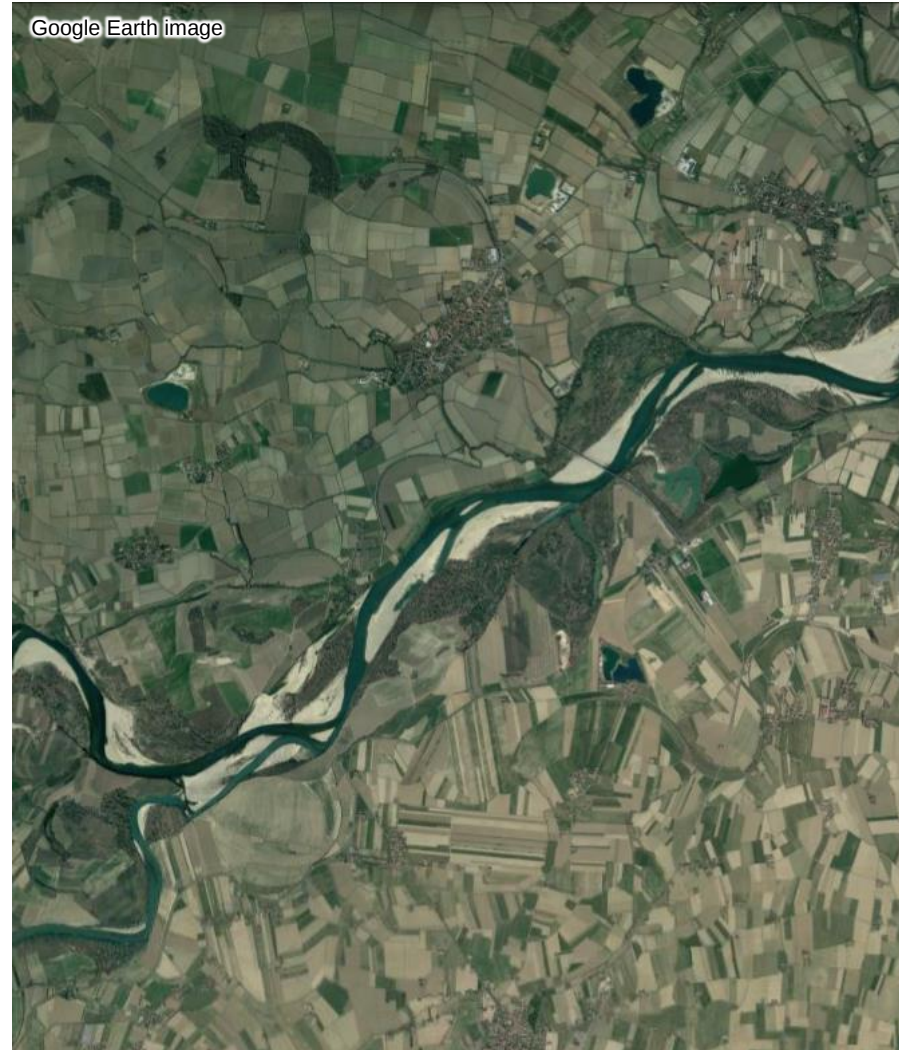
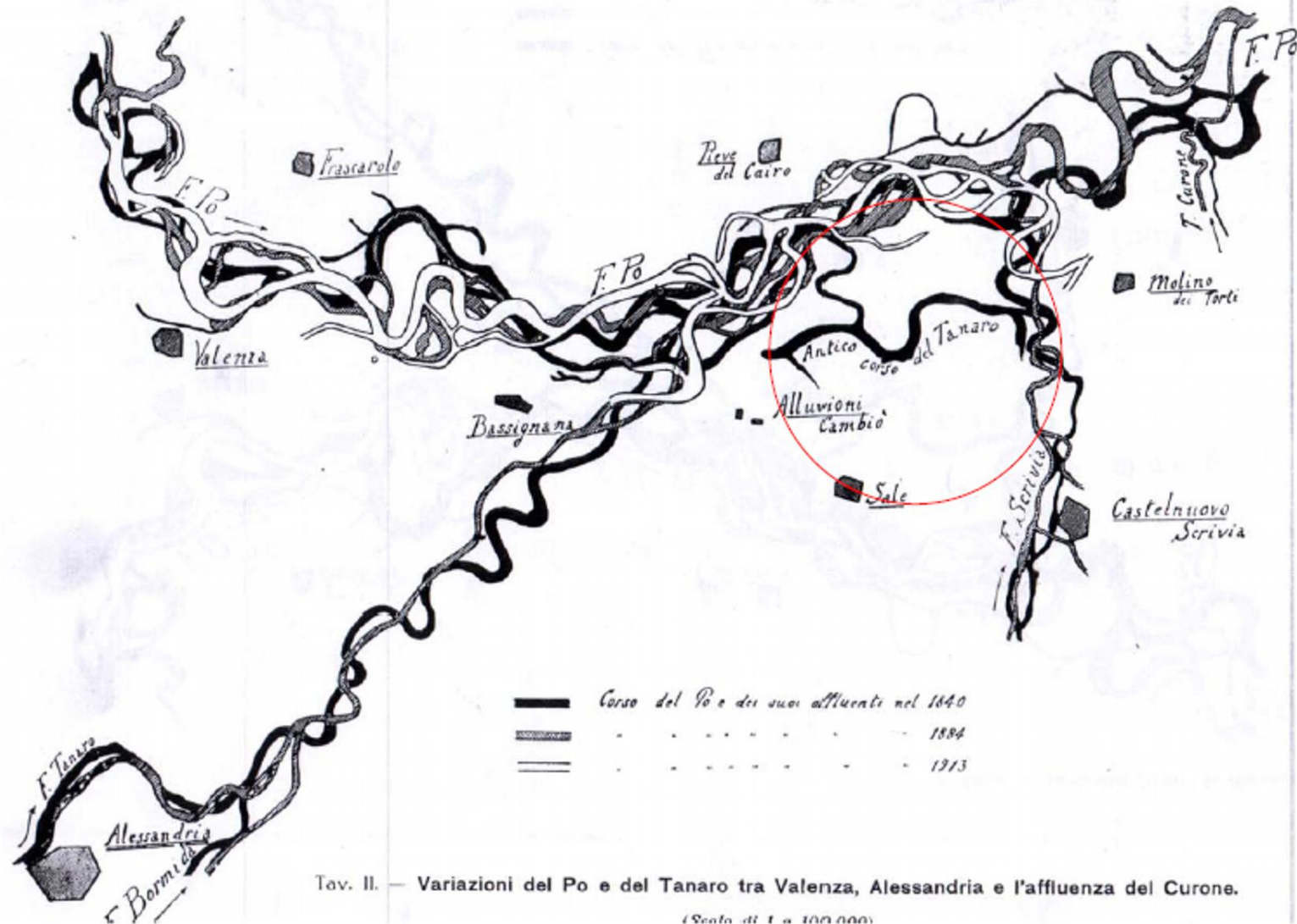


→ Propagazione degli effetti (sedimentazione/incisione) di uno sbarramento



F. Sacco in "Atti del primo Congresso del Po" tenutosi a Piacenza nel 1927

F. SACCO — Variazioni fluviali in Piemonte.



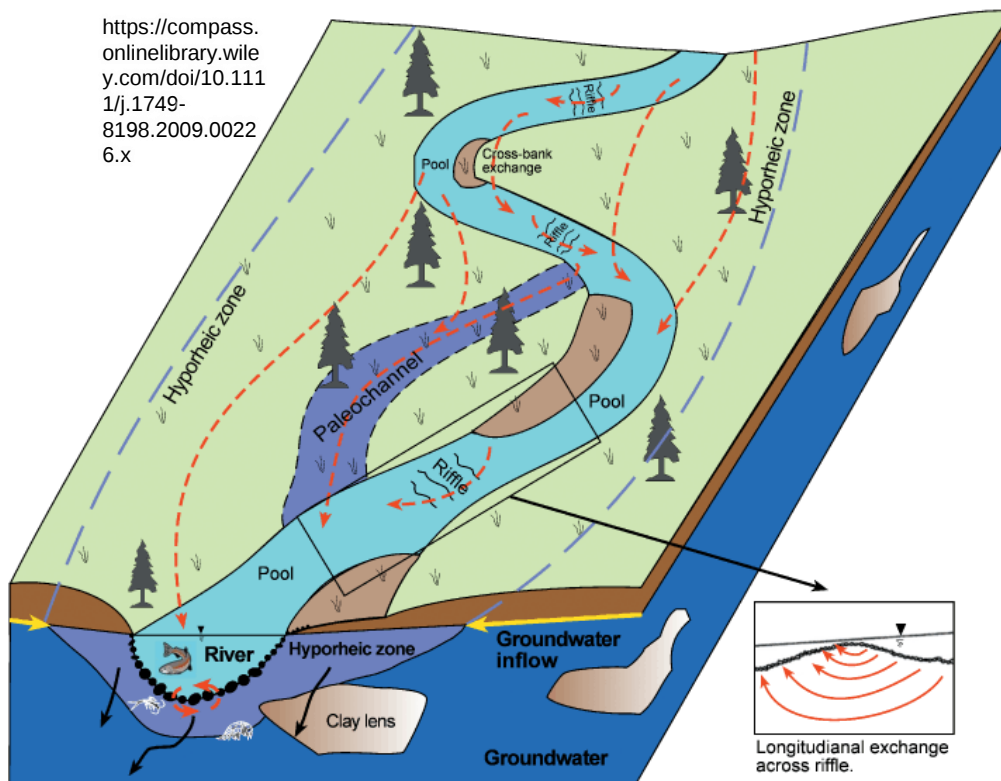
Cosa c'è sotto?

Zona iporreica

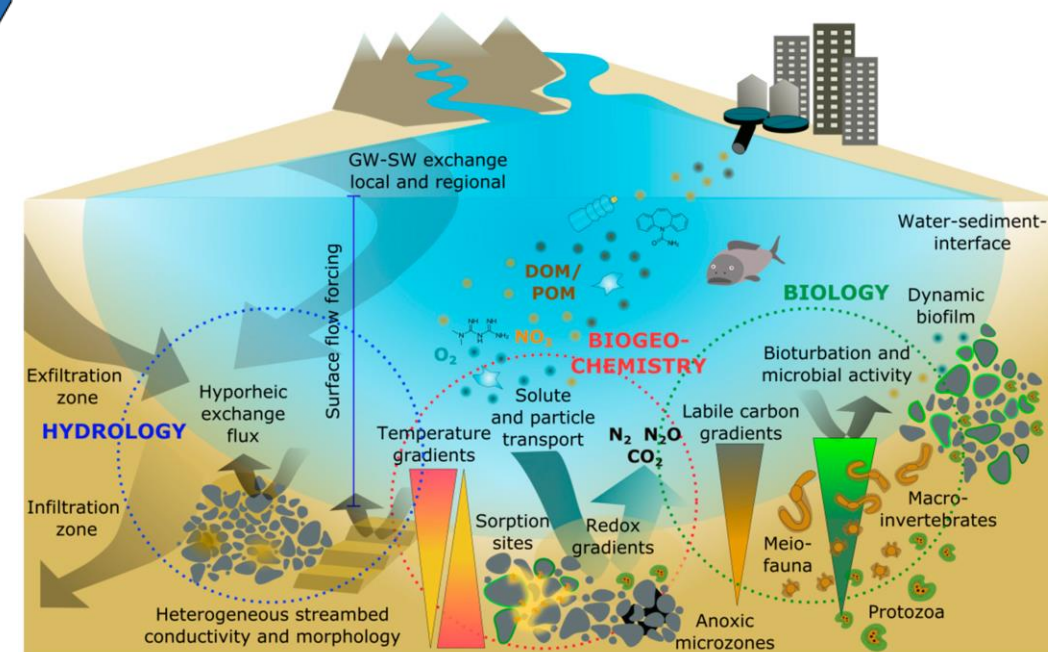
"Hyporheic zones include the saturated portions of streambeds, banks, and floodplain containing water that originates from a stream and returns to the channel".

(Woessner, 2017)

<https://compass.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1/j.1749-8198.2009.00226.x>



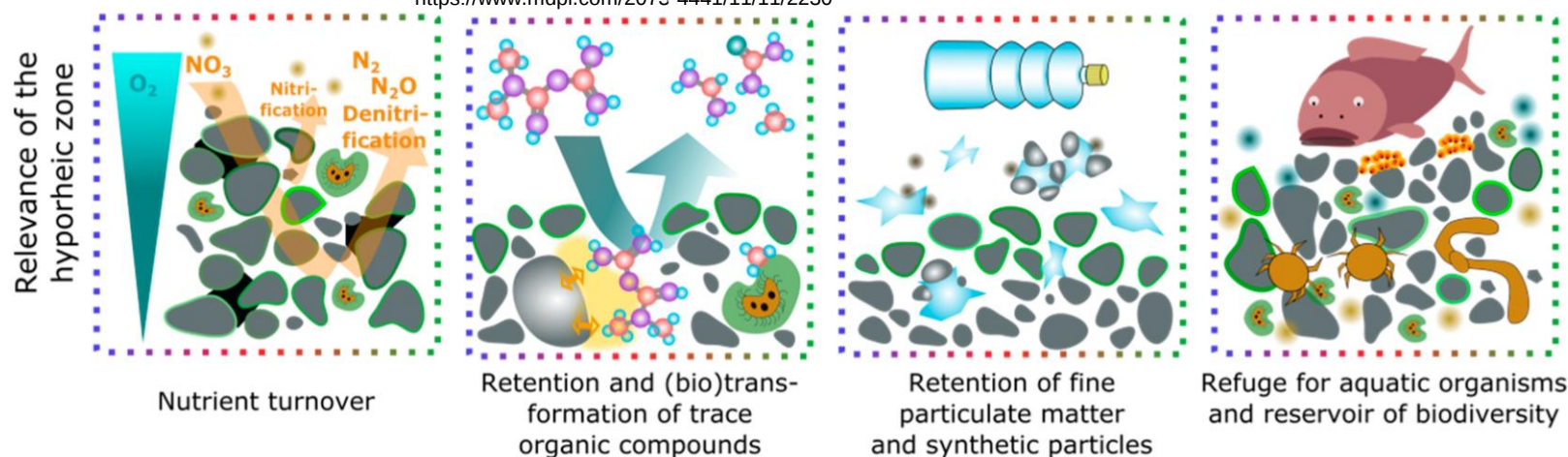
Zona di transizione tra acque superficiali e sotterranee



Lewandowski et al., 2019

<https://www.mdpi.com/2073-4441/11/11/2230>

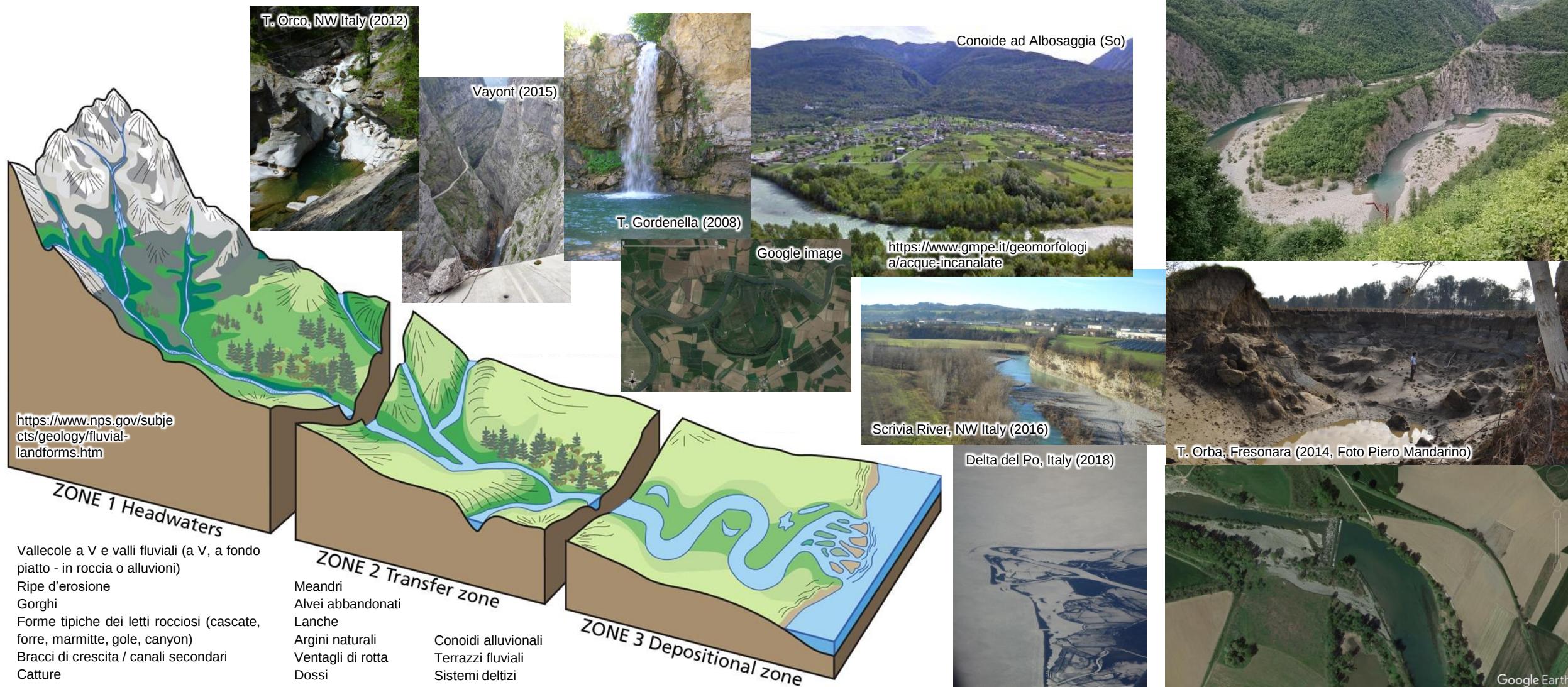
Trasformatore Filtro Habitat



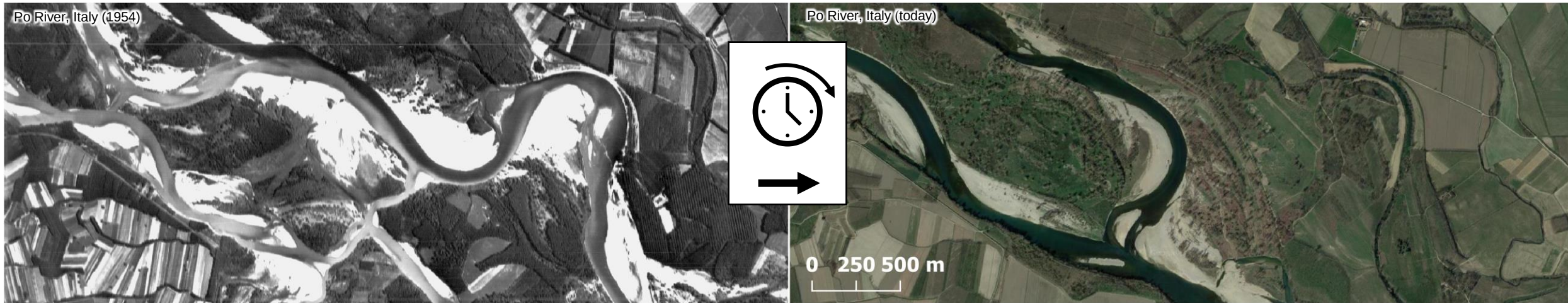
Borbera Valley, NW Italy (2024)

Forme fluviali

Erosione, trasporto, sedimentazione (morfogenesi fluviale) → **forme (di erosione e di sedimentazione)**



L'alveo nel tempo



Variazioni morfologiche

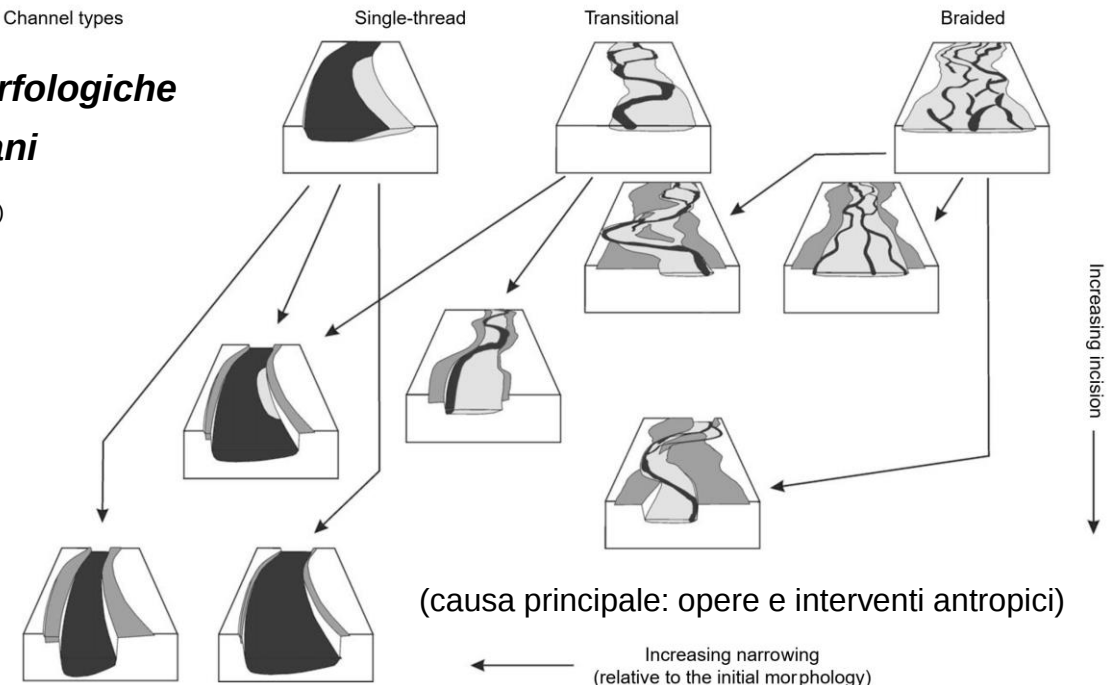
(Rinaldi et al., 2016; Winterbottom, 2000)

- alla scala del tempo geologico
(→ reticolo idrografico)
- a lungo termine (>250 anni)
- a medio termine (<250 anni e >25 anni)
- a breve termine (<25 anni)
- alla scala temporale "gestionale" (circa 100-150 anni)
(→ tratto)
- associate ad un singolo evento di piena
(→ unità morfologiche/unità idrauliche)

Dalla fine del 19° secolo (e soprattutto nella seconda metà del 20° secolo)
Restringimento, incisione, variazione di configurazione morfologica →
banalizzazione dei sistemi fluviali

Variazioni morfologiche dei fiumi italiani

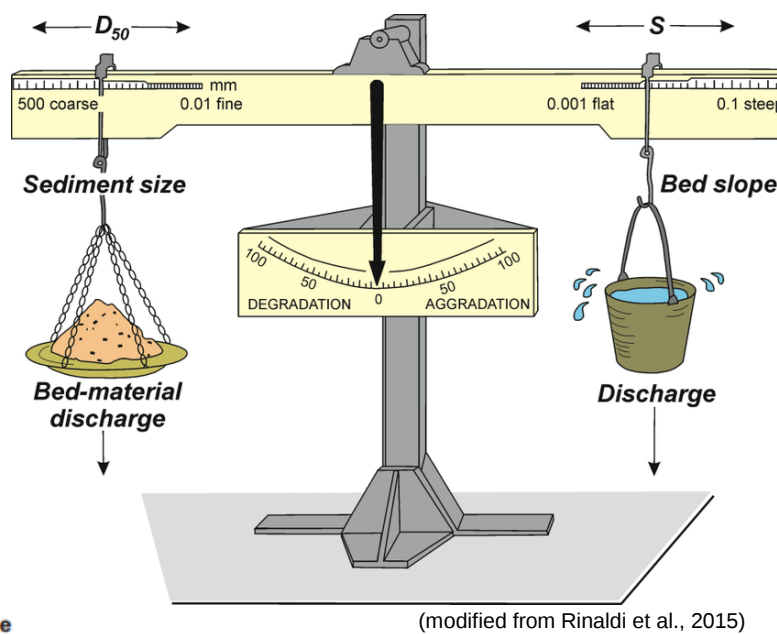
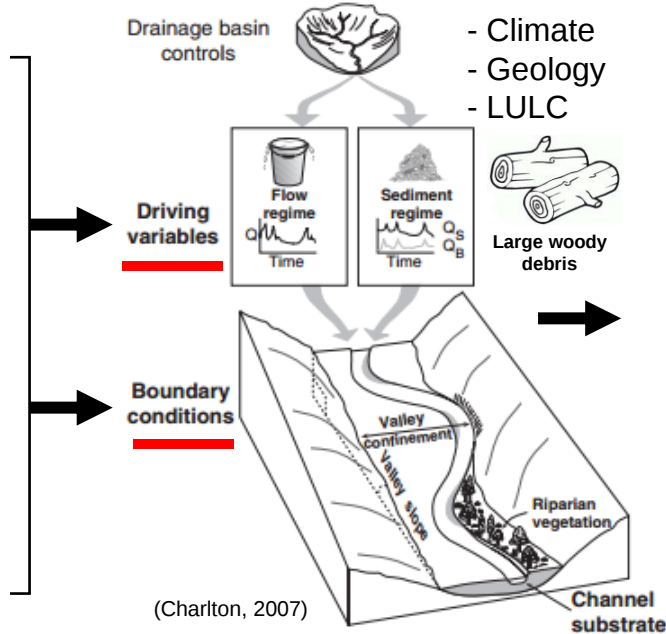
(Surian and Rinaldi, 2003)



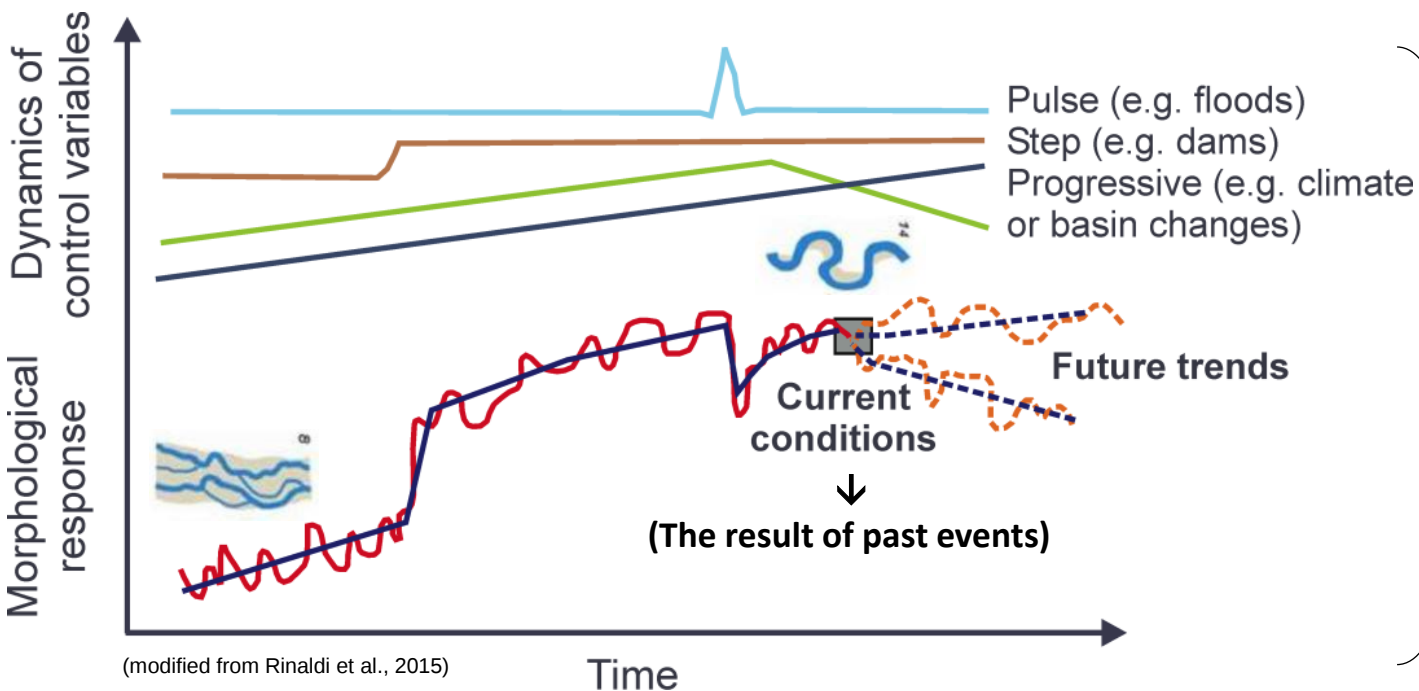


Channel form

(X-section, long profile, planform)

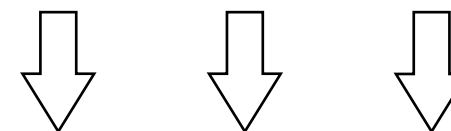


River: complex system that continuously adjusts its morphology in response to changes in control variables.



Definition of geomorphological changes over time (<250 years ago – location changes included; + analysis of possible triggering factors) is essential →

- to correctly interpret the ongoing channel conditions;
- to assess possible future trends.

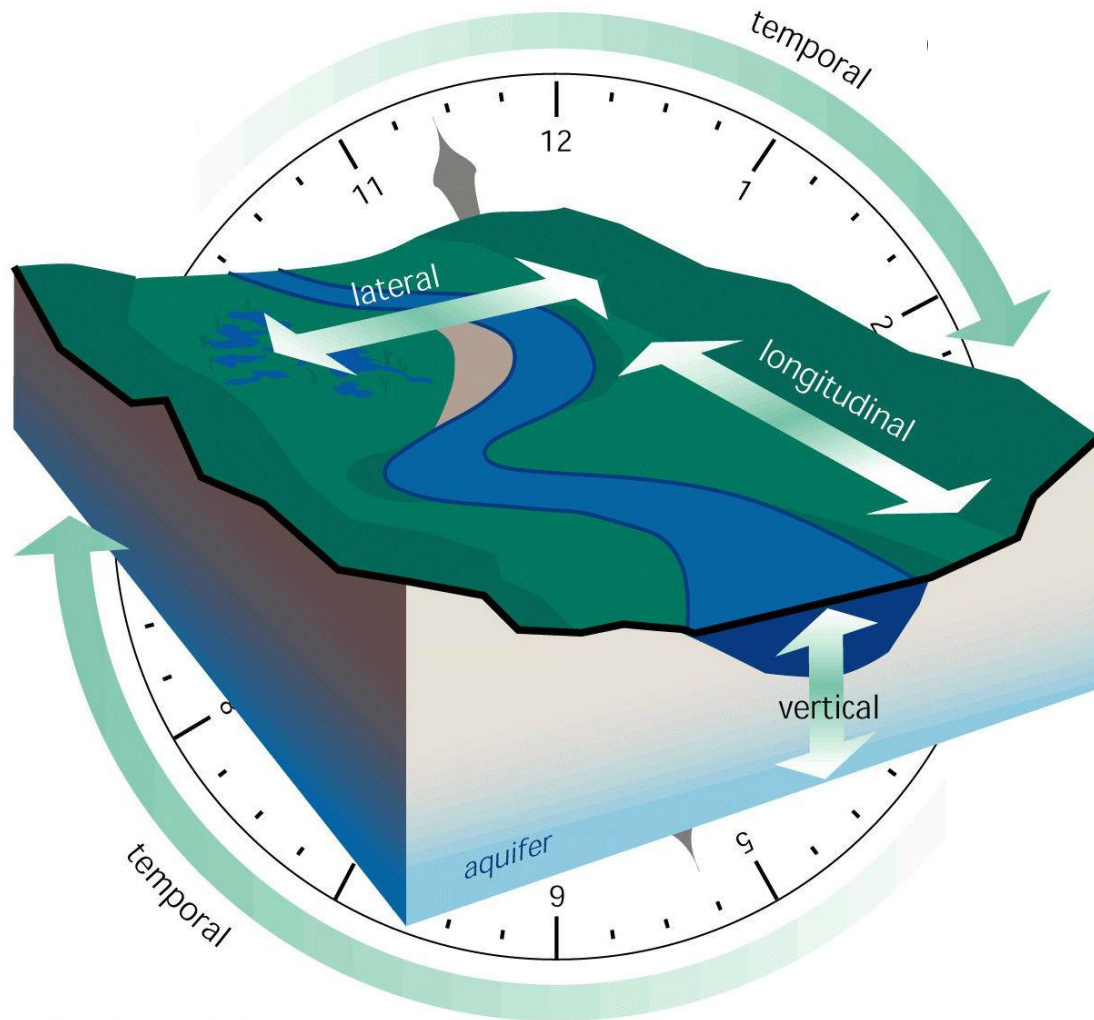


RIVER MANAGEMENT
(compatible with channel adjustment trends)

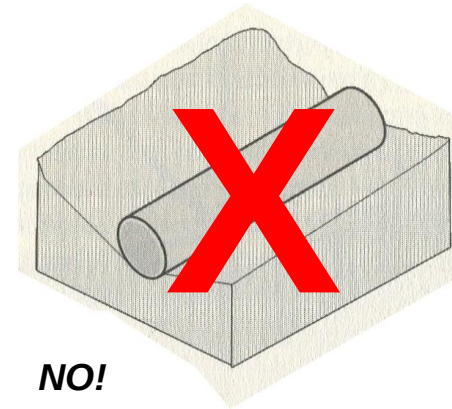
Elementi a 4D, “connessi” e “in movimento”

3 dimensioni spaziali + dimensione temporale
longitudinale laterale verticale

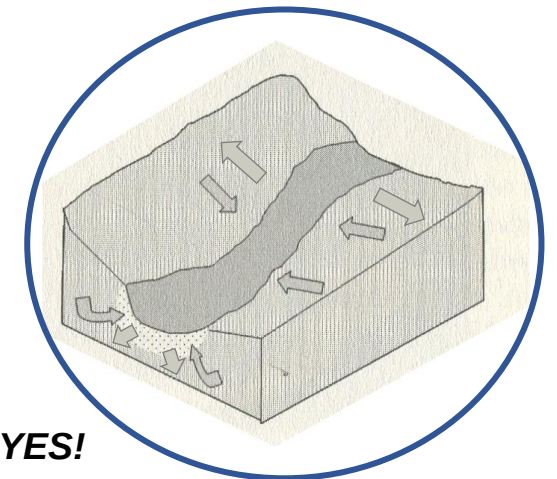
Le 4 dimensioni sono strettamente interdipendenti.



<https://www.therrc.co.uk/why-restore>



NO!



YES!

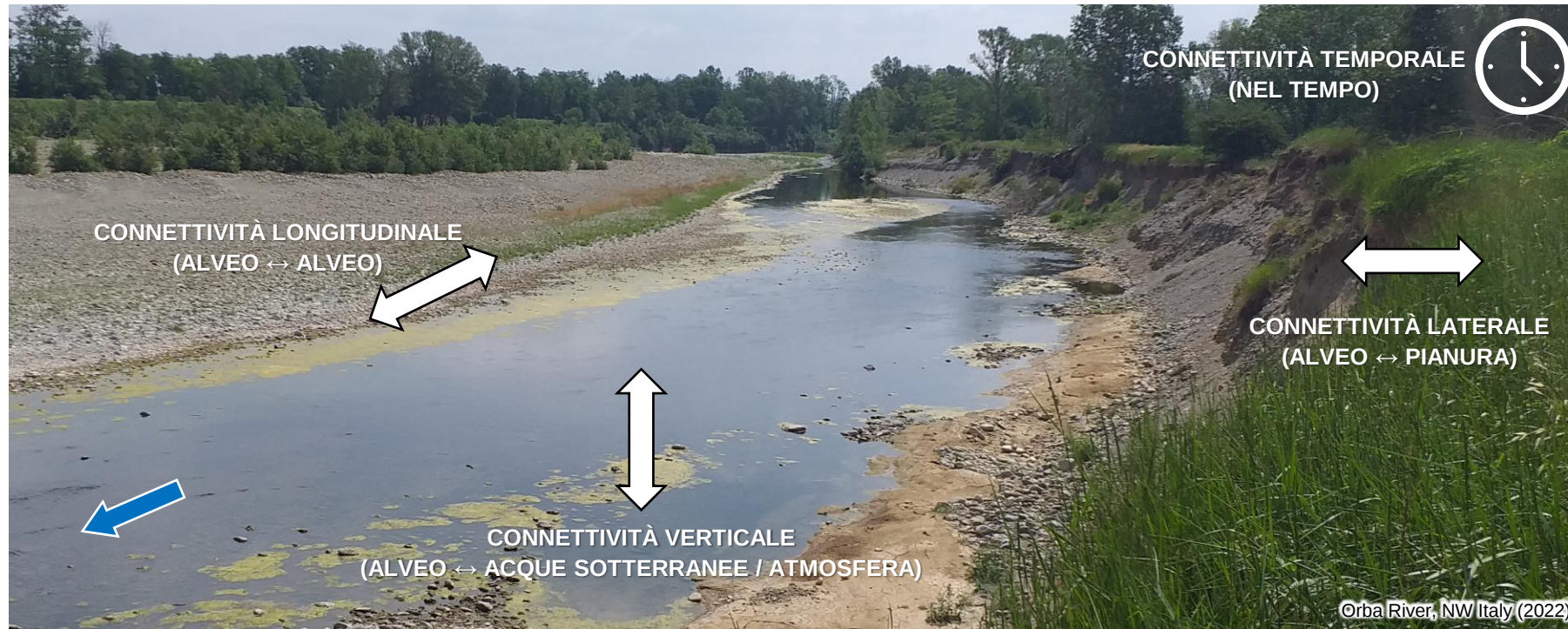
Alveo → connesso con “se stesso” e con le aree circostanti

→ **Flussi/scambi:**

acqua, soluti, sedimenti, sostanza organica, organismi (Wohl, 2017)

La connettività

“Connectivity refers to the degree to which matter (**water, solutes, sediment, organic matter**) and organisms can move among patches in a landscape or ecosystem” (Wohl, 2017).



In riferimento ai **corsi d'acqua**:
connettività → all'interno dell'alveo e con le aree circostanti, nelle 4 dimensioni.

“Healthy rivers require a high degree of continuity to support the complex life cycles of many aquatic species and a functioning ecosystem”.

<https://www.eea.europa.eu/themes/water/european-waters/water-use-and-environmental-pollutants/tracking-barriers-and-their-impacts>

Free-flowing rivers → “[...] rivers where ecosystem functions and services are largely **unaffected by changes to the fluvial connectivity**, allowing unobstructed movement and exchange of water, energy, material and species within the river system and with surrounding landscapes”.

(Grill et al., 2019)

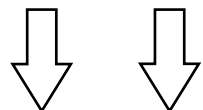
Connettività / flussi → Funzionalità fluviale → Corsi d'acqua in salute → ...

Attenzione: ripristino continuità/connettività ≠ ripristino officiosità

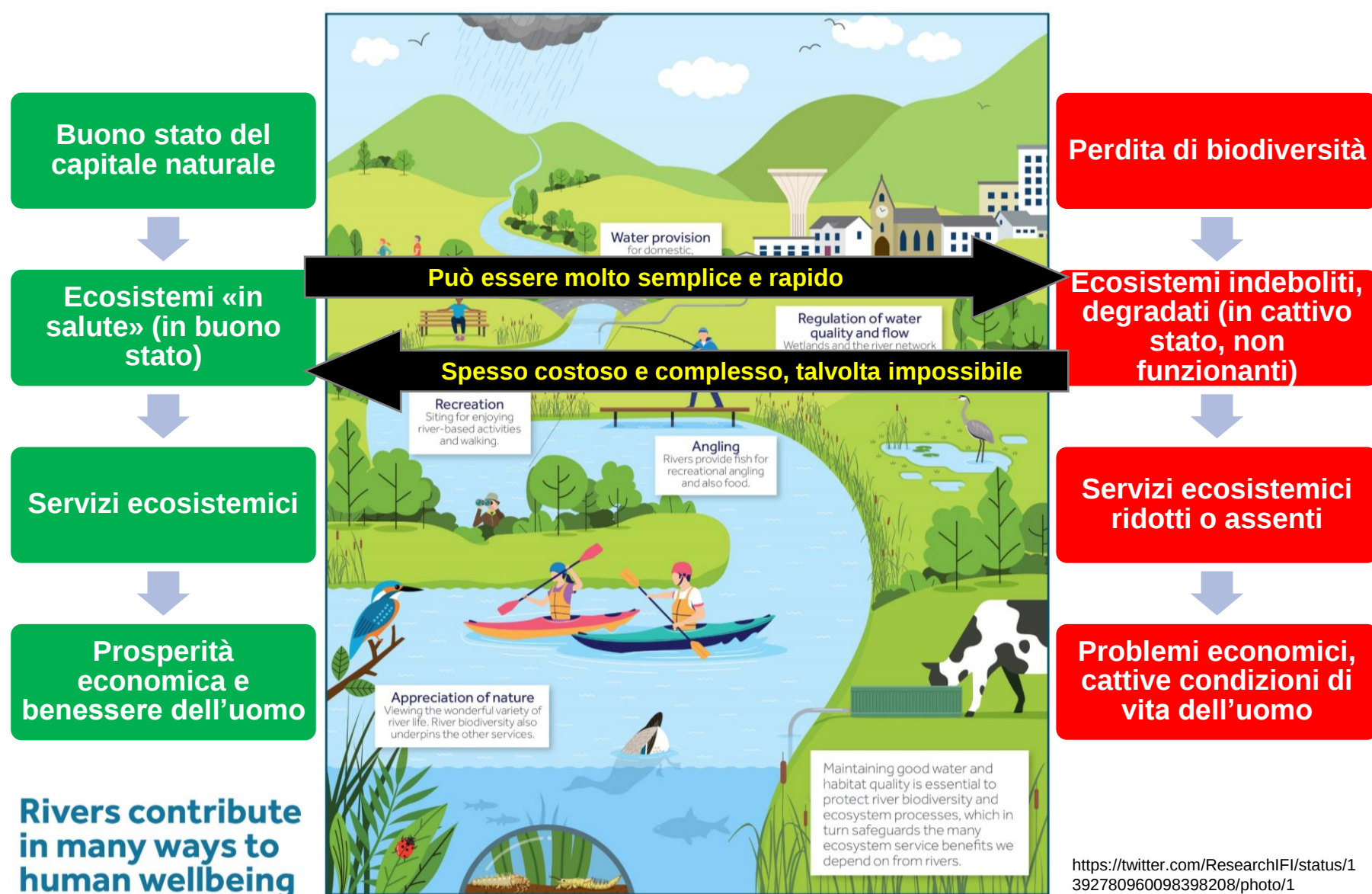
I servizi ecosistemici

Ecosistemi fluviali → forniscono servizi ecosistemici fondamentali (per es. risorse, laminazione delle piene, autodepurazione delle acque, ricarica delle falde, ciclo nutrienti, paesaggio e fruizione)

Servizi ecosistemici → Connettività



**Biodiversity Strategy 2030
Barrier Removal for River Restoration**



<https://twitter.com/ResearchIFI/status/1392780960098398208/photo/1>



Corsi d'acqua

alla ricerca
di integrazione
tra uomo
e ambiente

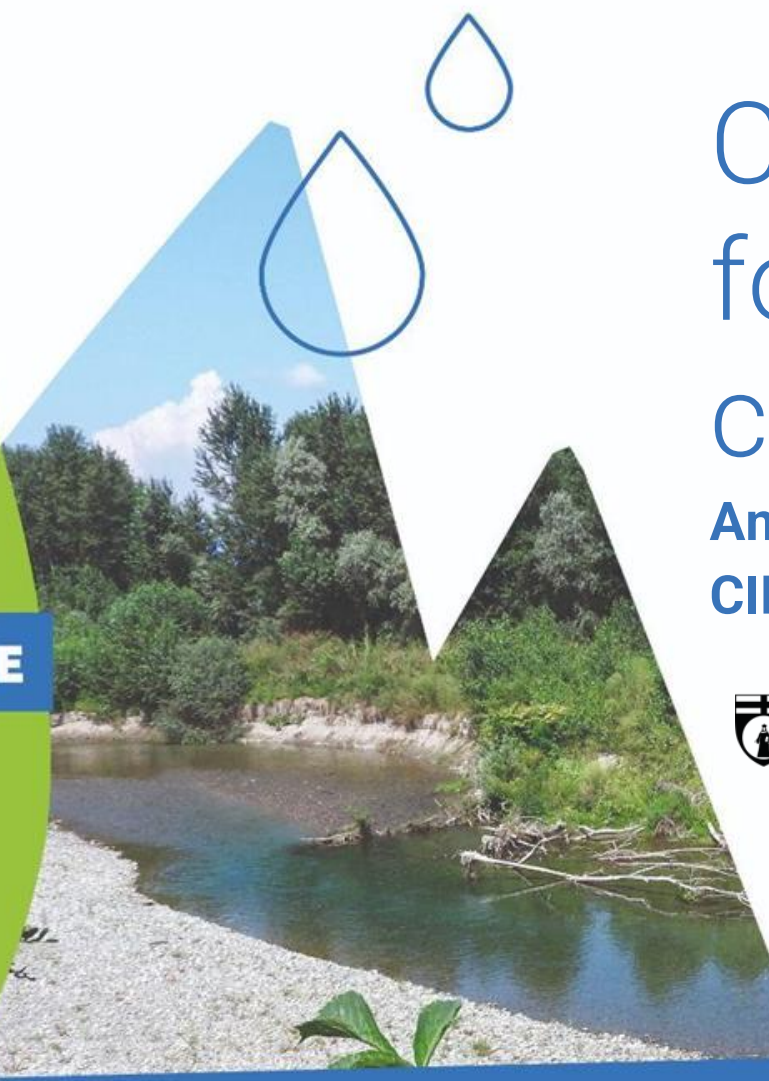
CORSO DI FORMAZIONE

28 maggio 2024

Città Metropolitana
di Torino



Autorità di Bacino
Distrettuale del Fiume Po



Corsi d'acqua: forme, processi e connettività

Andrea Mandarino, UniGe-DISTAV e
CIRF



Università
di Genova

DISTAV DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA,
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA



andrea.mandarino@unige.it

Le fotografie sono di © Andrea Mandarino
ove non diversamente indicato.