

*Leggere e comprendere la
complessità dei sistemi
fluviali*

IL FIUME UN ECOSISTEMA RESILIENTE: DINAMICHE IDRO- GEOMORFOLOGICHE

Bruna Gumiero

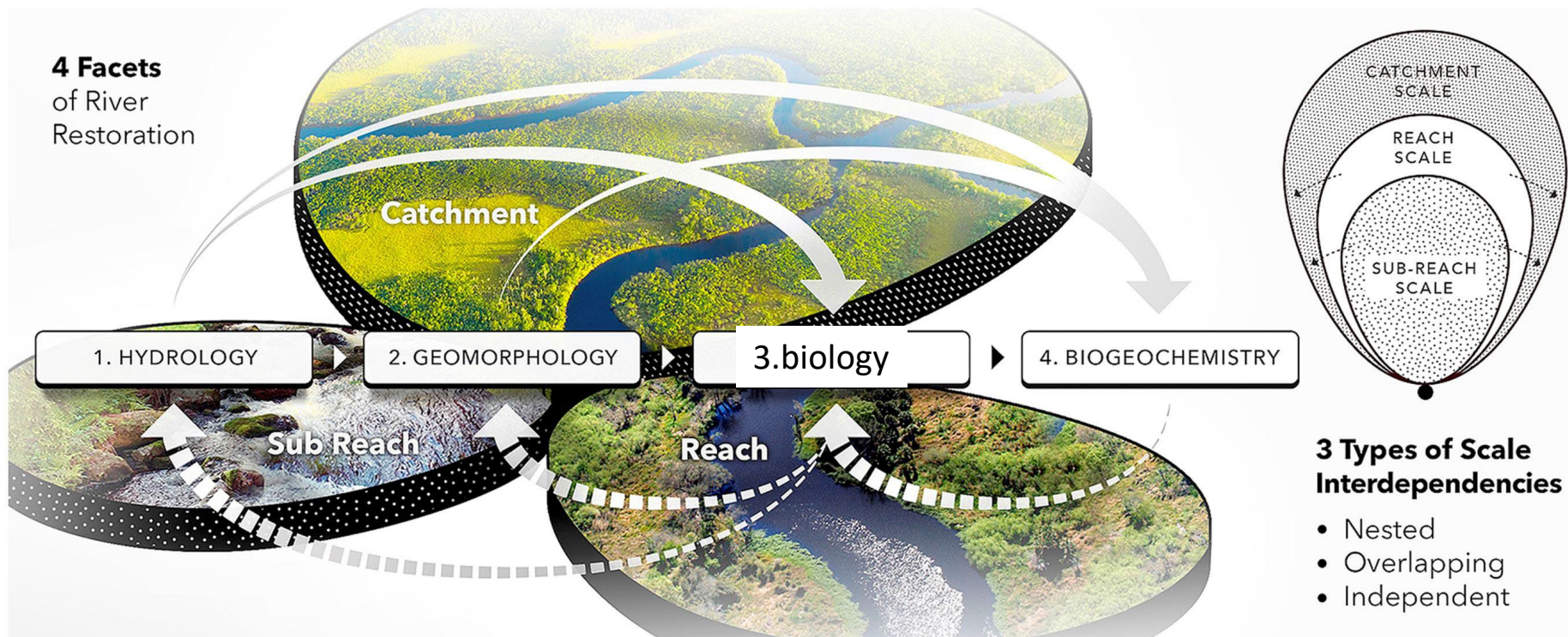
UniBo

Osservatorio Citizen Science

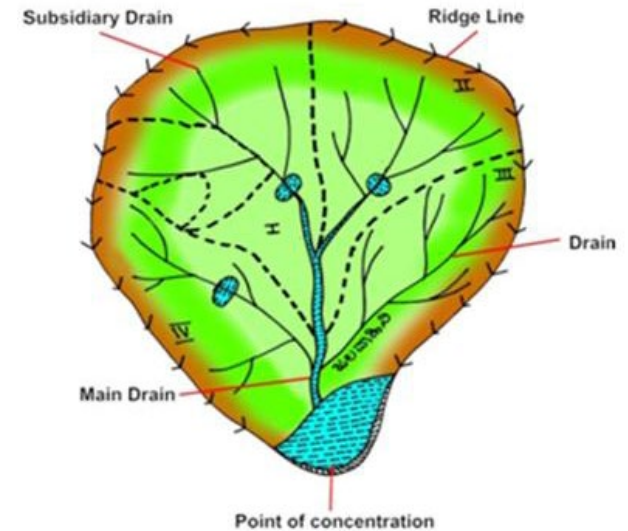
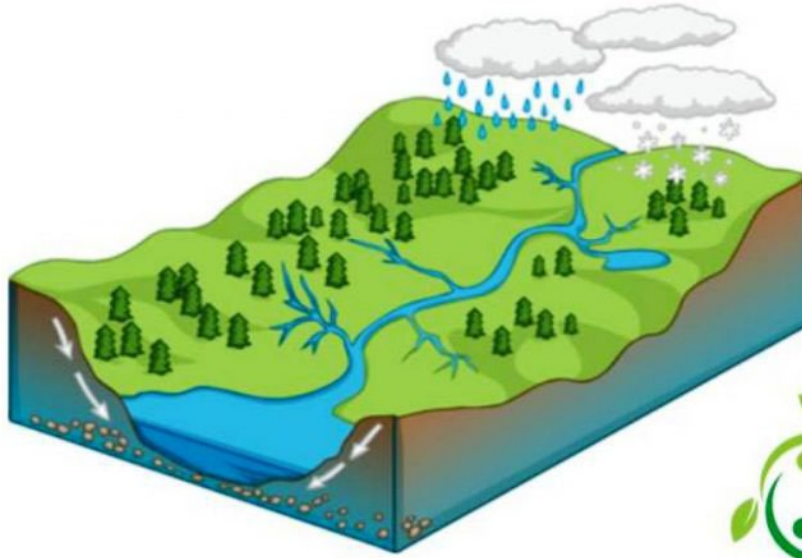


LE COMPONENTI DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE

"I fiumi e le loro comunità ecologiche sono il prodotto di quattro componenti dei fiumi — **idrologia, geomorfologia, biologia e biogeochimica** — che agiscono e interagiscono su diverse scale spaziali, dalla scala di sotto tratto, a quella di tratto e alla scala del bacino idrografico. I quattro aspetti dei fiumi di solito si influenzano a vicenda secondo percorsi prevedibili (ad esempio, l'idrologia controlla comunemente la geomorfologia), ma mostriamo che l'ordine in cui si influenzano può variare a seconda dell'ecoregione e del regime idroclimatico.

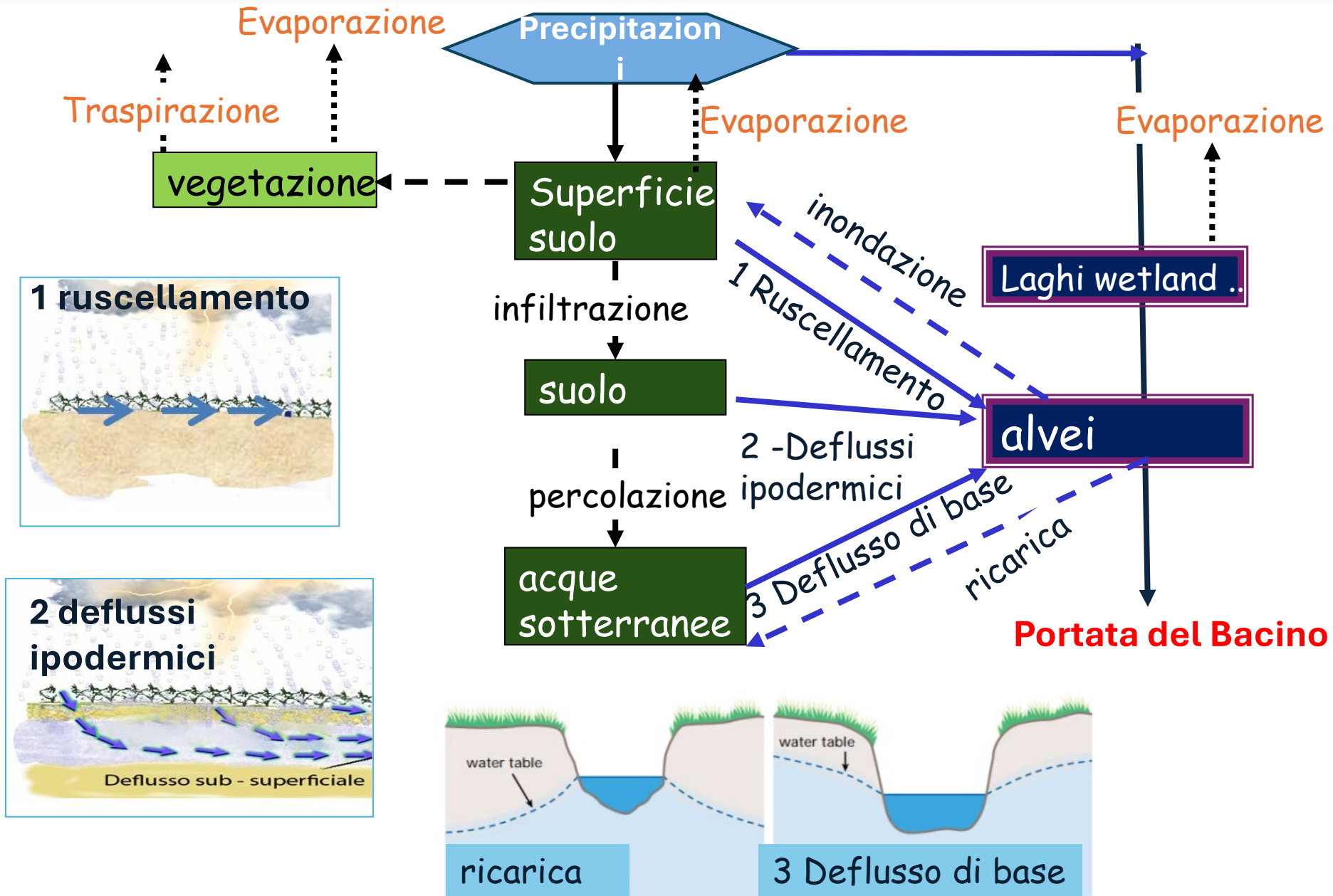


I BACINI IDROGRAFICI

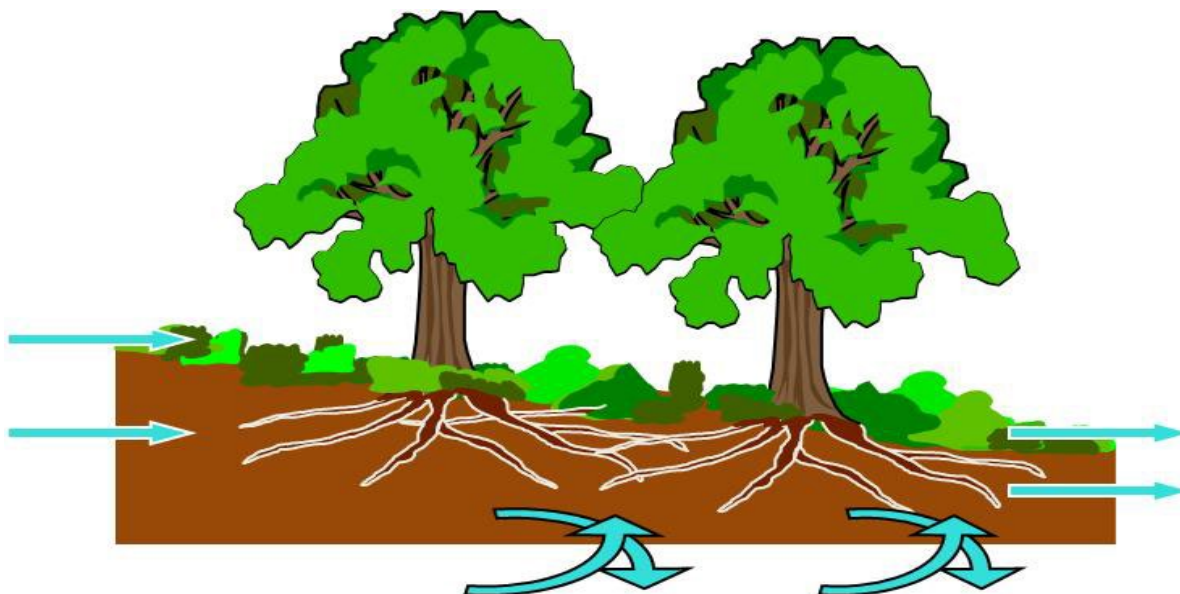


- La regione che comprende tutti i corsi d'acqua che si riversano in un fiume che funge da collettore.
- Lo spartiacque delimita la superficie di raccolta delle precipitazioni meteoriche che confluiscono nel corso idrico.
- Il bacino idrografico è divenuto l'unità base della gestione delle acque dolci

CICLO DELL'ACQUA IN UN BACINO IDROGRAFICO



DEFLUSSI DELLE ACQUE



Conoscere i percorsi dell'acqua è importante perché influenzano:

- 1 - la velocità del flusso d'acqua,
- 2 - variabilità della portata
- 3 - il trasporto dei sedimenti e soluti

DEFLUSSI SUPERFICIALI O RUNOFF (10-500 m h)

- 1– Intensità della pioggia(> capacità di infiltrazione del suolo)
durata della pioggia, saturazione del suolo
 - 2 - Orografia e litologia del bacino (forti pendenze e impermeabilità del bacino).
- **Copertura della vegetazione**
 - **Impermeabilizzazione artificiale e compattazione dei suoli**



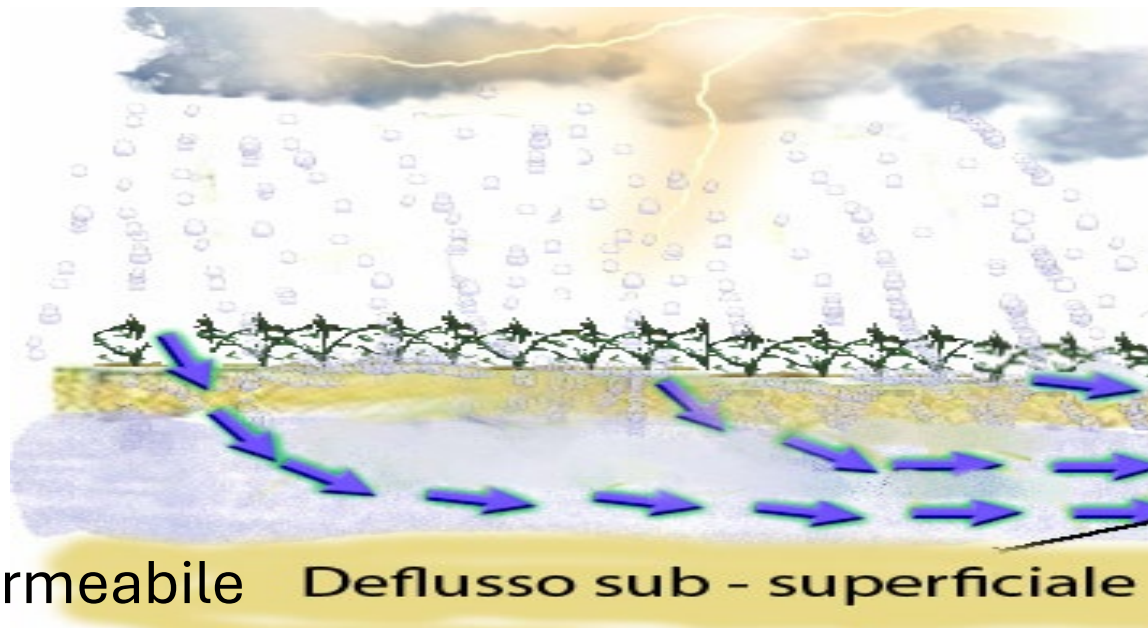
Principale causa delle alluvioni

DEFLUSSI IPODERMICI O SUBSUPERFICIALI (10-500 m h)

Il deflusso sotterraneo si verifica quando uno strato permeabile si sovrappone a uno impermeabile. Pertanto, il flusso d'acqua che supera la capacità massima del suolo segue un percorso orizzontale immediatamente sotto la superficie del terreno.

È elevato su terreni leggermente in pendenza e/o ricchi di humus e/o con copertura vegetale.

È ridotto se la permeabilità del suolo è ridotta

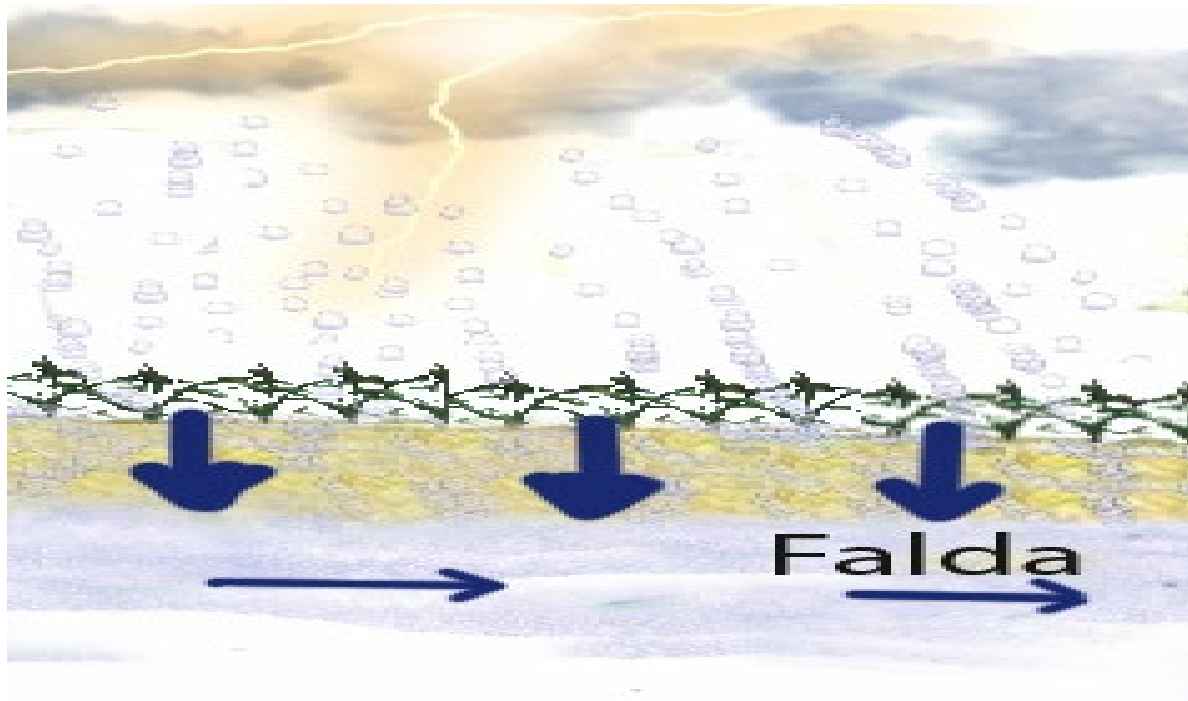


Strato impermeabile

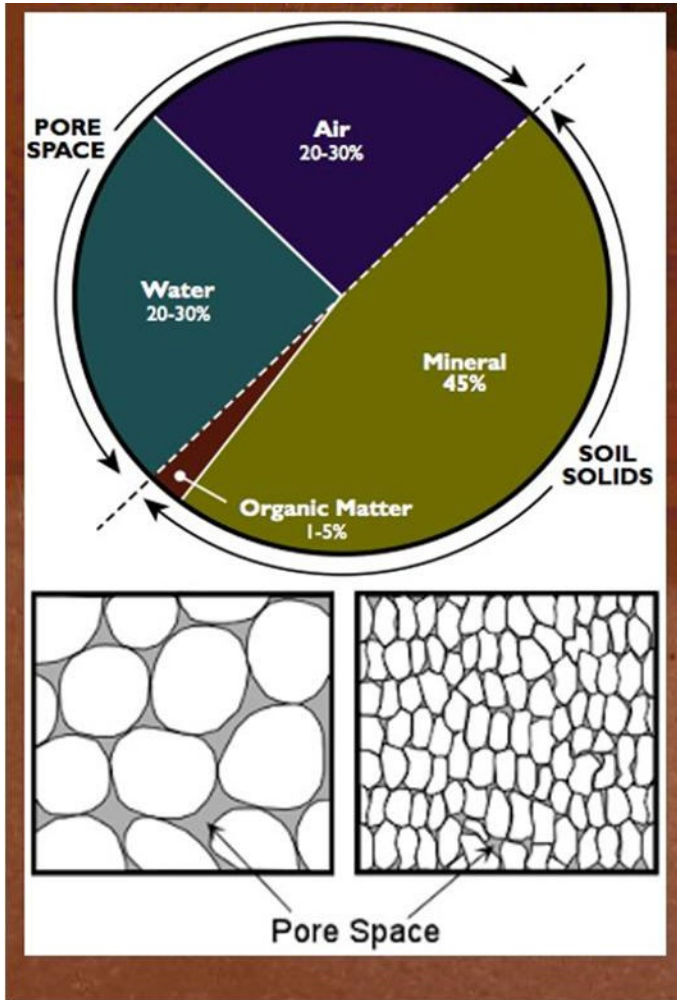
Deflusso sub - superficiale

DEFLUSSI VERTICALI: RICARICA DELLE FALDE

E' composto dall'acqua che filtra, per gravità, attraverso il terreno nella falda acquifera superficiale e poi si muove lentamente verso il fiume (giorni, settimane, mesi). Le portate durante la stagione secca dipendono dalle falde acquifere (flusso di base).

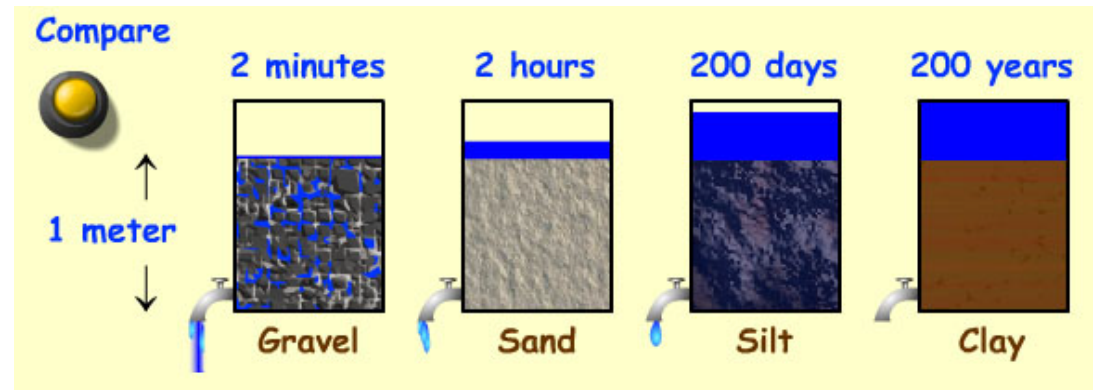


IL SUOLO NEL CICLO DELL'ACQUA



Porosità del suolo

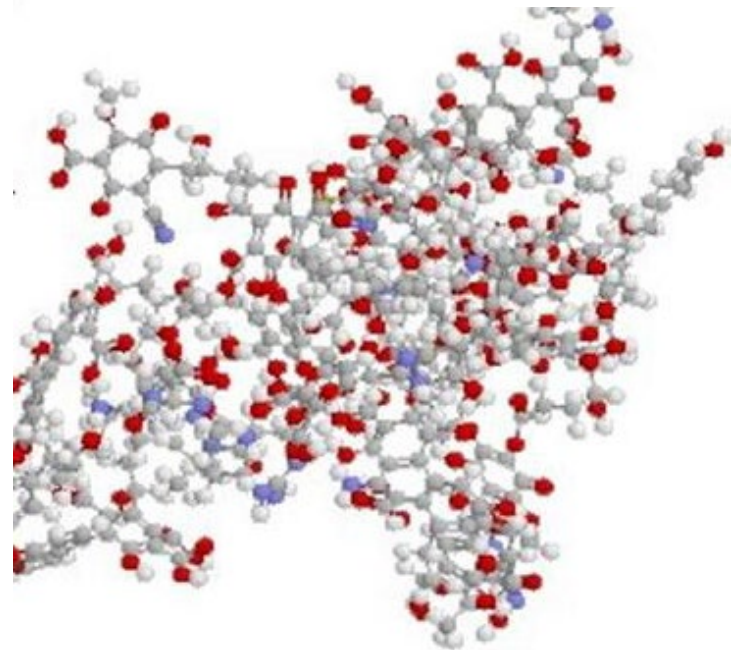
Infiltrazione vs tessitura



SOSTANZA ORGANICA STABILE E HUMUS

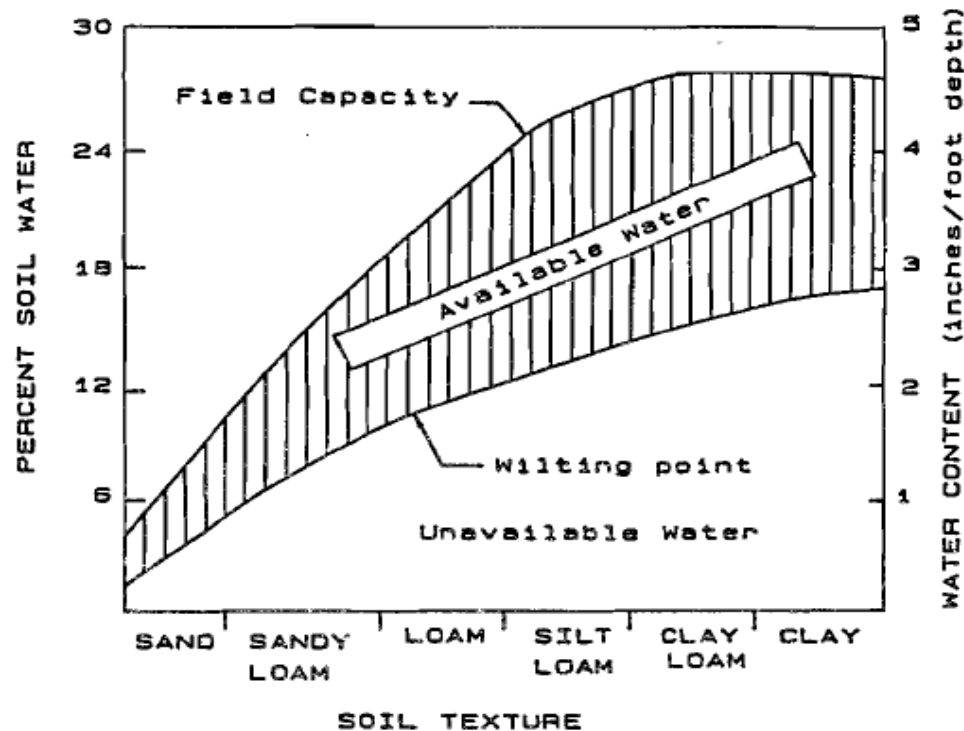
La sostanza organica nel terreno, in particolare quella stabile l'Humus:

- 1 - aumenta la permeabilità del suolo,
- 2 - agisce come una spugna essendo in grado di trattenere una quantità d'acqua 6 volte il suo peso grazie alla sua natura colloidale

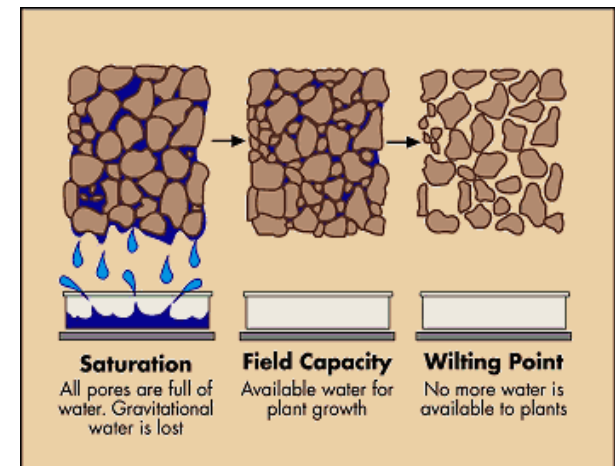


ACQUA DISPONIBILE PER LA VEGETAZIONE

Soil Available Water



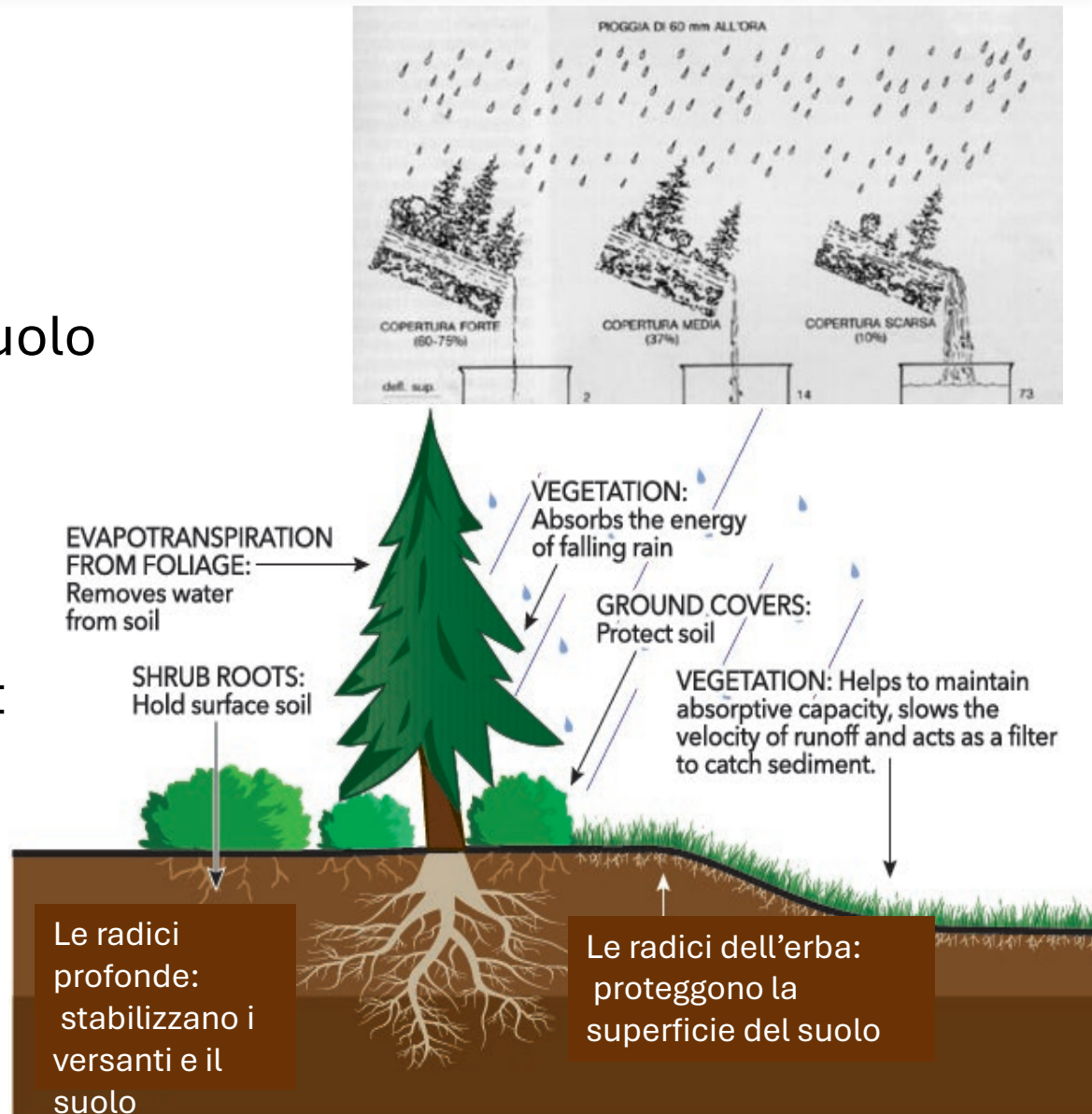
Stato idrologico del suolo



L'acqua disponibile nel suolo dipende dalla consistenza del suolo e deriva dalla differenza nel contenuto di acqua tra la capacità di campo (terreno umido massimo) e il punto di appassimento (terreno asciutto massimo) per una data profondità del suolo esplorata dall'apparato radicale

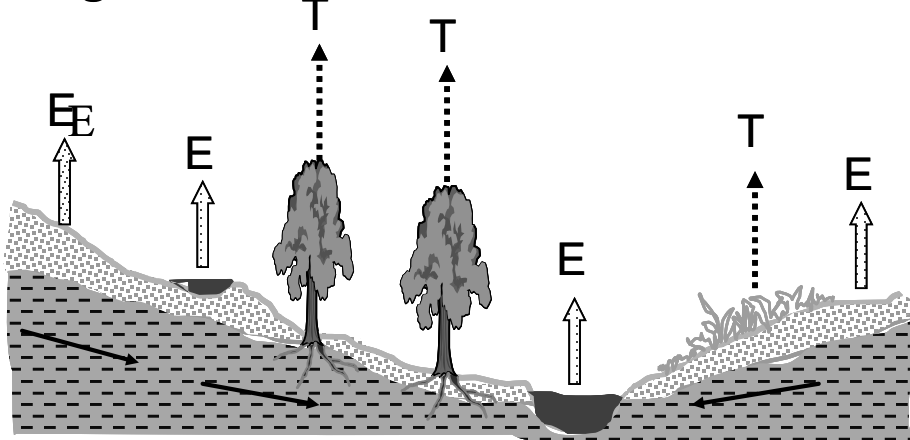
FUNZIONI DELLA VEGETAZIONE

- ✓ Stabilizza i versanti
- ✓ Riduce l'erosione del suolo
- ✓ Protegge la superficie del suolo
- ✓ Aumenta la permeabilità del suolo
- ✓ Riduce il runoff
- ✓ Evapotraspirazione

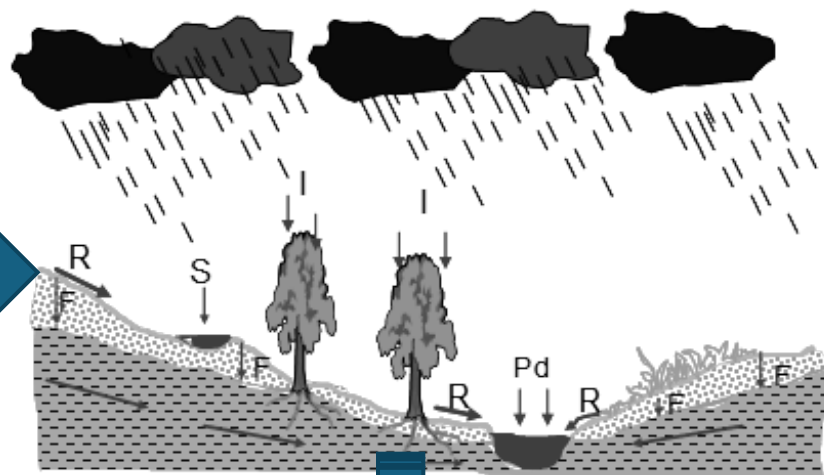


VARIAZIONI IDROLOGICHE

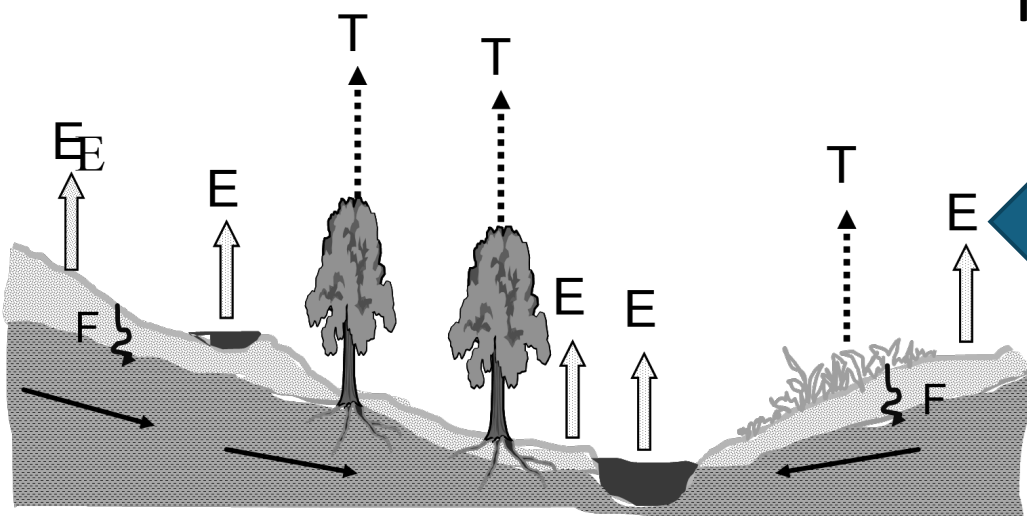
Stagione secca



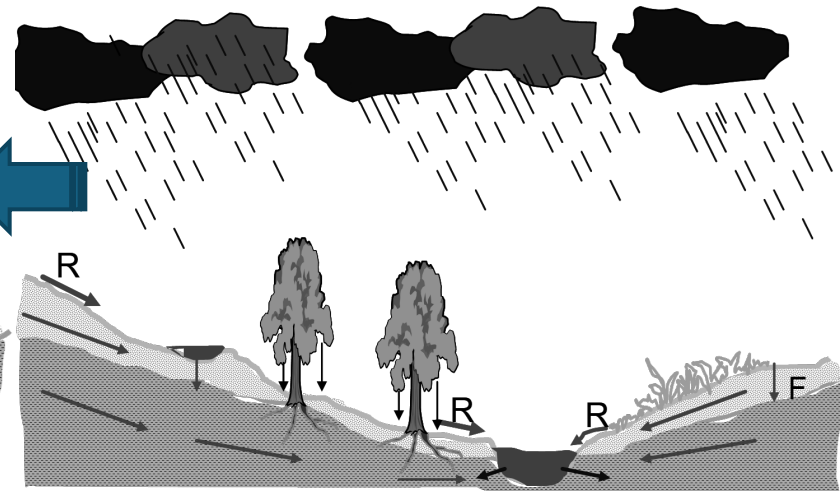
Inizio delle precipitazioni



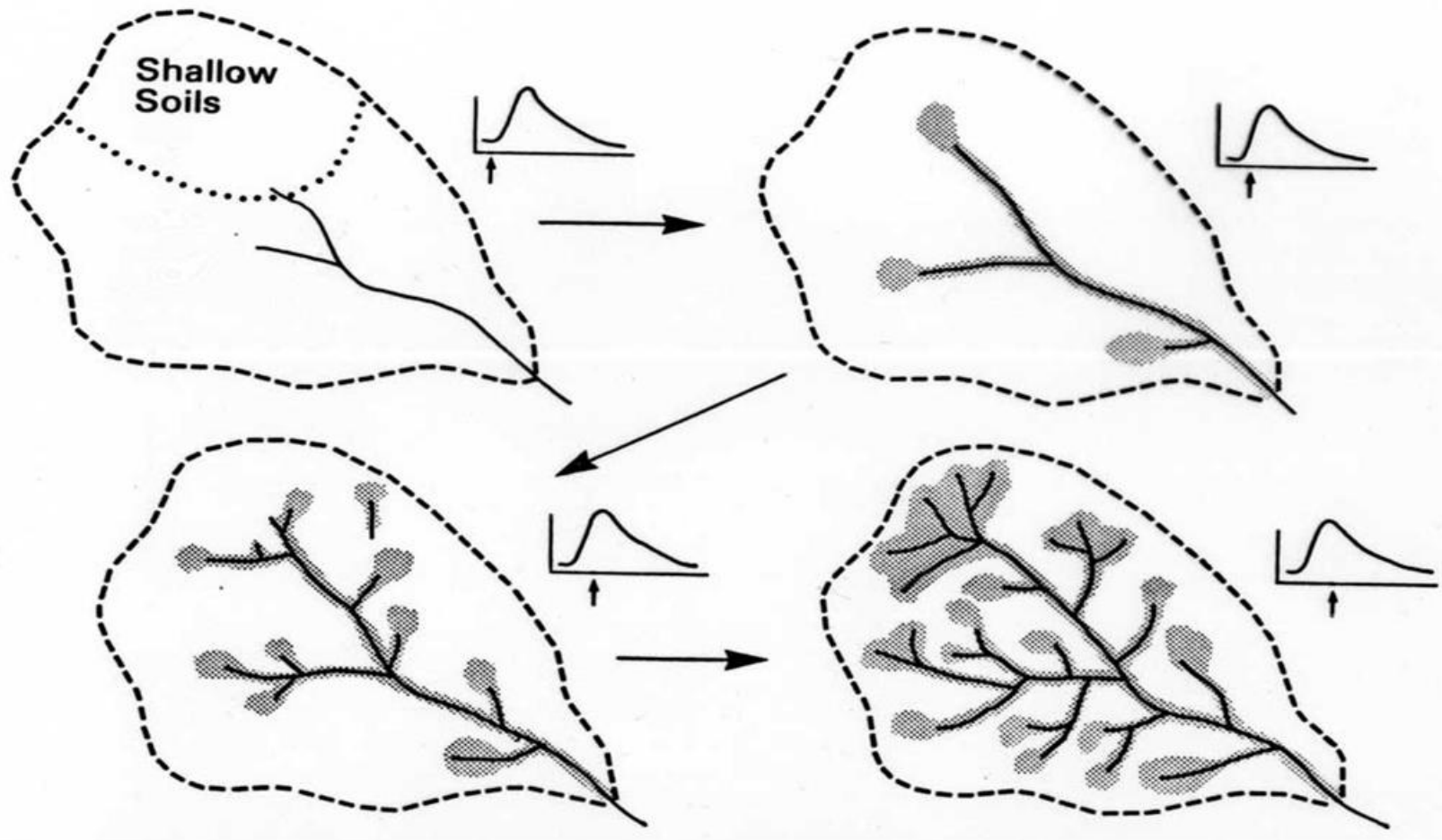
Dopo le precipitazioni



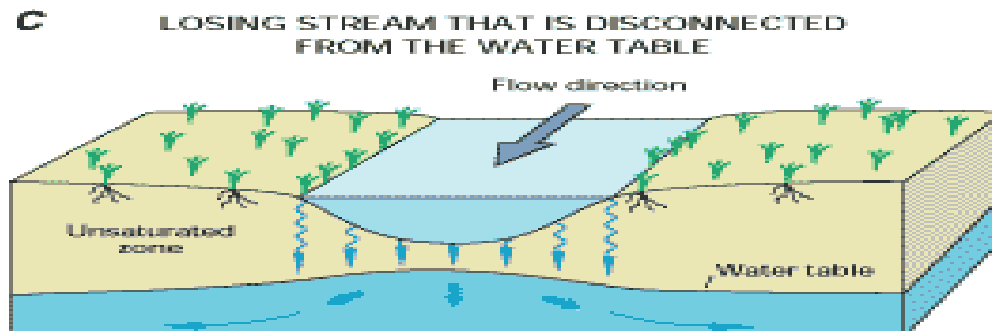
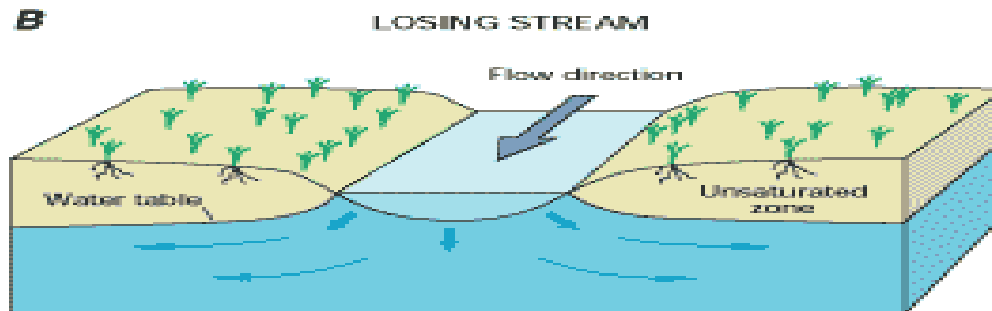
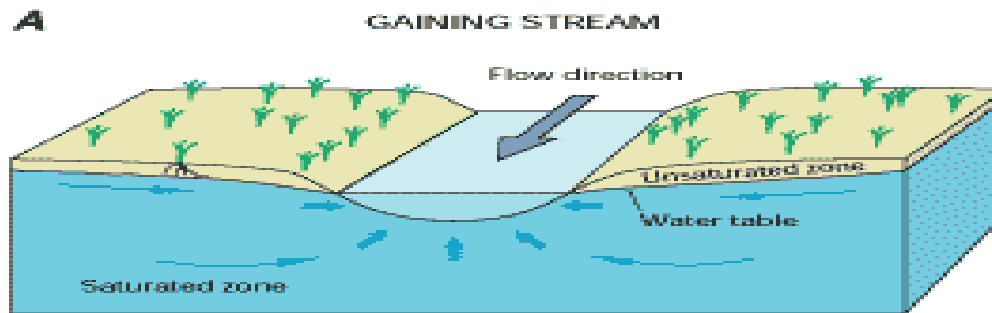
Massima intensità delle precipitazioni



DINAMICHE DELLA RETE IDROGRAFICA

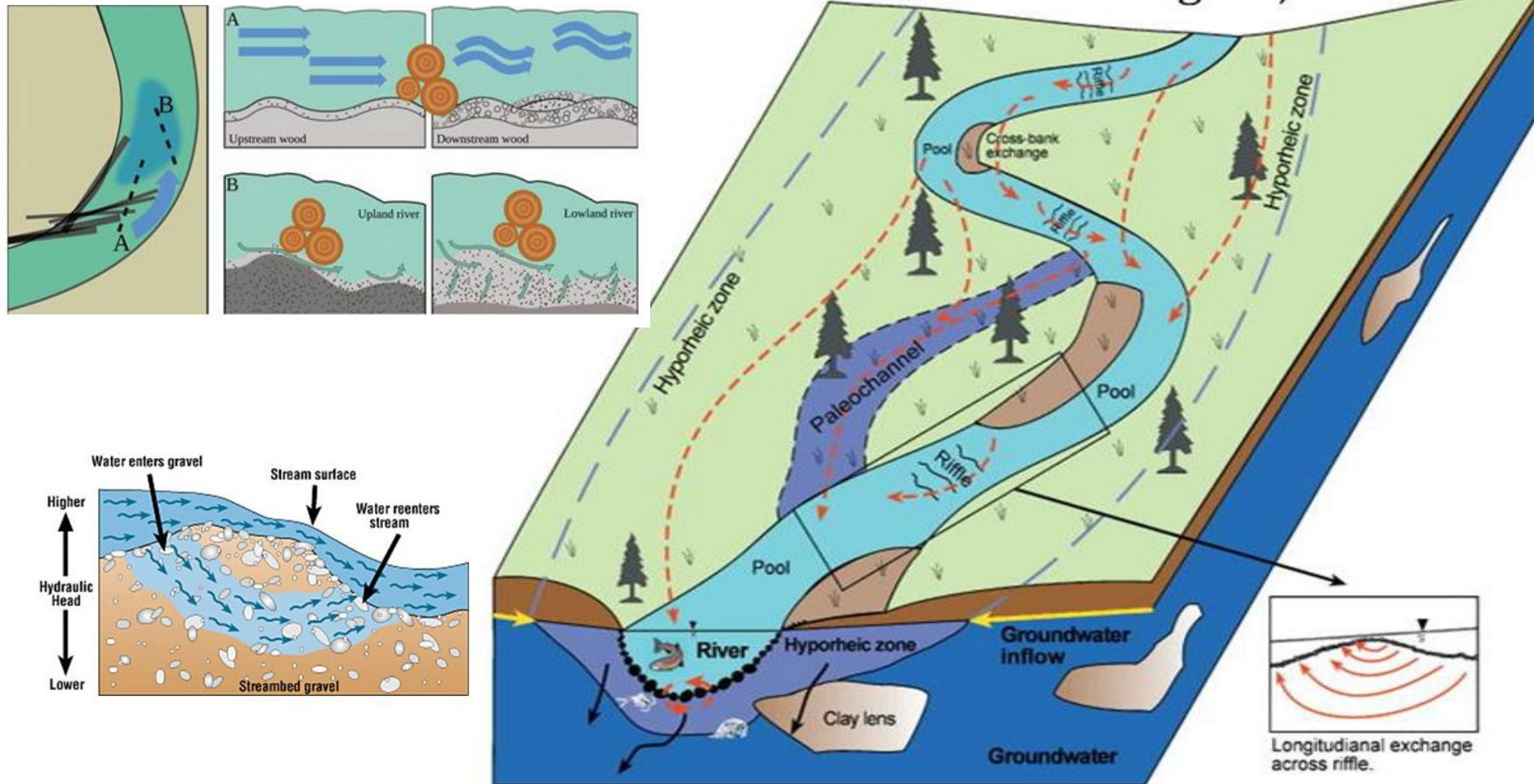


CONNESSIONE TRA FIUME E LA FALDA



La Zona Iporreica

Elevata superficie – esteso biofilm batterico – elevata attività di filtro e trasformatore biologico – **scambio di ossigeno e nutrienti**

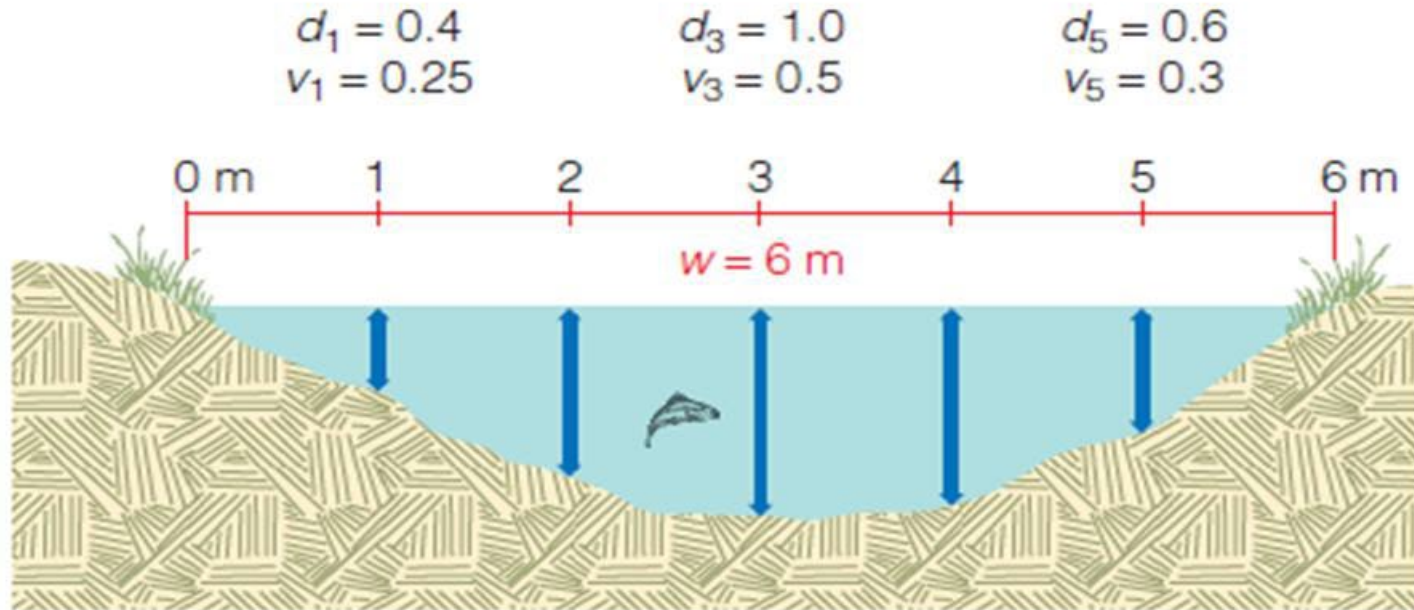


L'ONU: preservare le acque sotterranee vuol dire garantirci un futuro



L'ONU riconosce il loro ruolo nel fenomeno dei cambiamenti climatici e per quanto riguarda tutta la parte economico-finanziaria sugli investimenti necessari per raggiungere gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Onu per il 2030

PORTATA



Vista della sezione trasversale di un canale fluviale. Per stimare l'area della sezione trasversale (A), vengono prese misure di profondità (d) e velocità (v) in diverse posizioni lungo la larghezza del flusso. Facendo la media di questi valori di profondità e velocità è possibile calcolare una stima più accurata del flusso del flusso (Q)

RISPOSTA IDROLOGICA DEL BACINO

La risposta idrologica di un bacino è influenzata da molti fattori che sono correlati a:

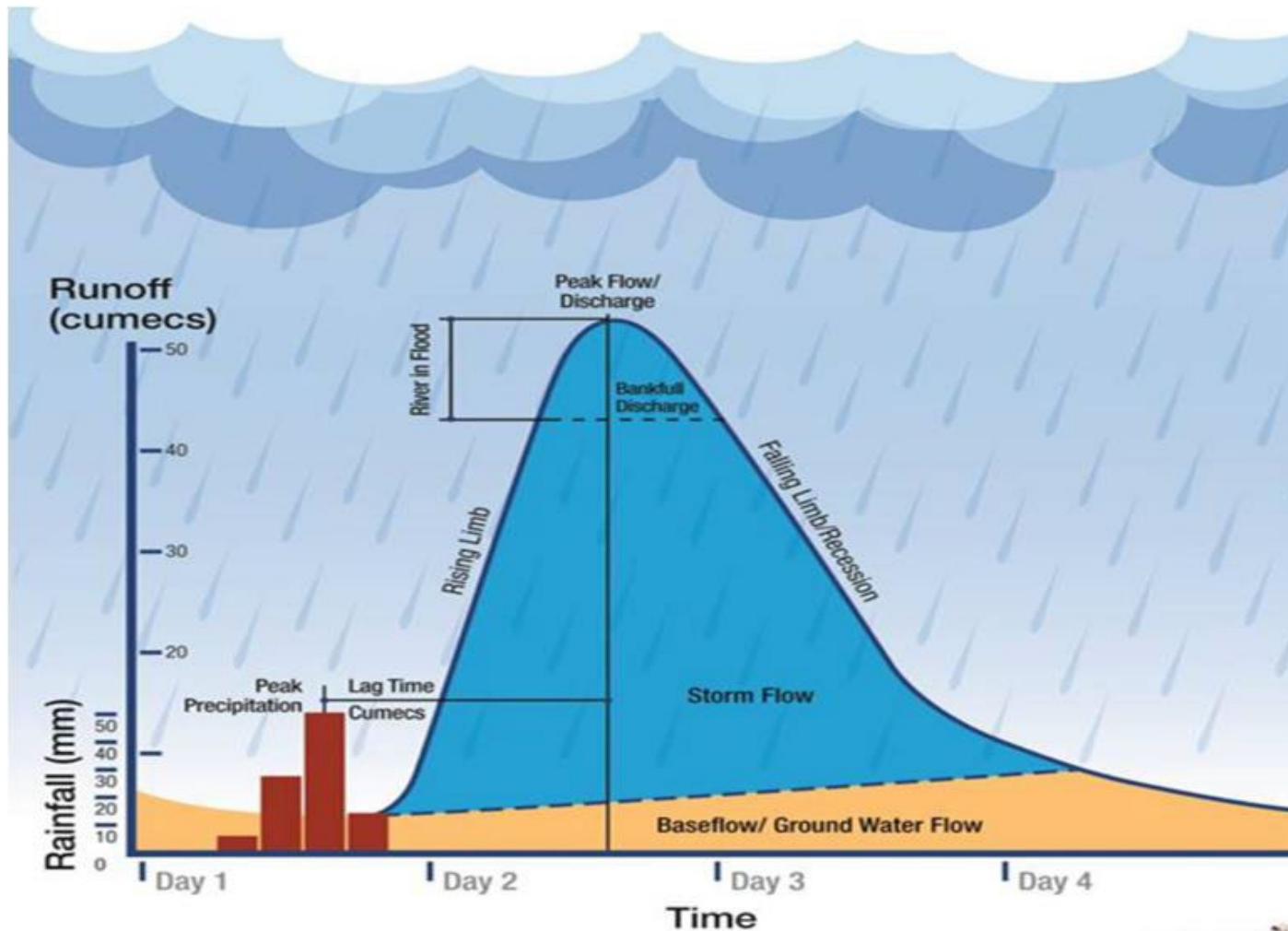
- ☐ condizioni climatiche dell'ambiente
- ☐ pioggia (distribuzione spaziale e temporale, intensità e durata della pioggia)
- ☐ morfologia del bacino (forma, dimensione, orientamento dei pendii)
- ☐ proprietà fisiche del bacino (natura del suolo, copertura vegetale)
- ☐ struttura della rete idrografica (dimensioni, proprietà idrauliche)
- ☐ uso del suolo

IDROGRAFO DI UN FIUME

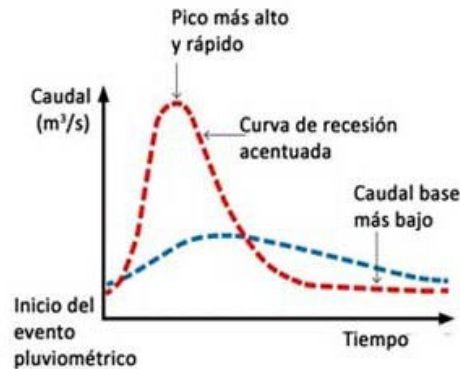
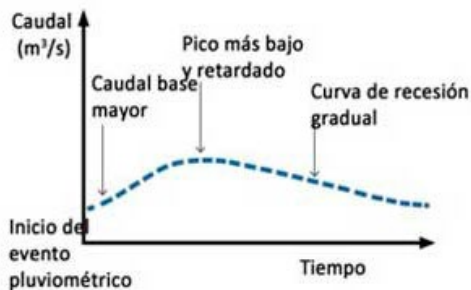
Peak rainfall – tempo per il picco di pioggia

Peak discharge – tempo per il picco di portata

Lag time – differenze tra il picco di pioggia e il picco di portata.



Effetti dell'impermeabilizzazione sulle portate dei fiumi



**Forte aumento
del
ruscellamento**



1 Picco di piena

2 Falde più basse

L'uomo non può modificare le precipitazioni ma può modificare la velocità e la ritenzione dell'acqua nel bacino!

RISCHIO ALLUVIONI

Le cause del rischio alluvioni

Eventi Estremi!



Urbanizzazione

pratiche agricole

deforestazione



L'alluvione in Toscana? Un evento che si verifica una volta ogni 100 anni. E il problema è che il terreno non "tiene" più l'acqua - DIRE.it

[Vai a >](#)



IDROGRAFI: ESEMPI

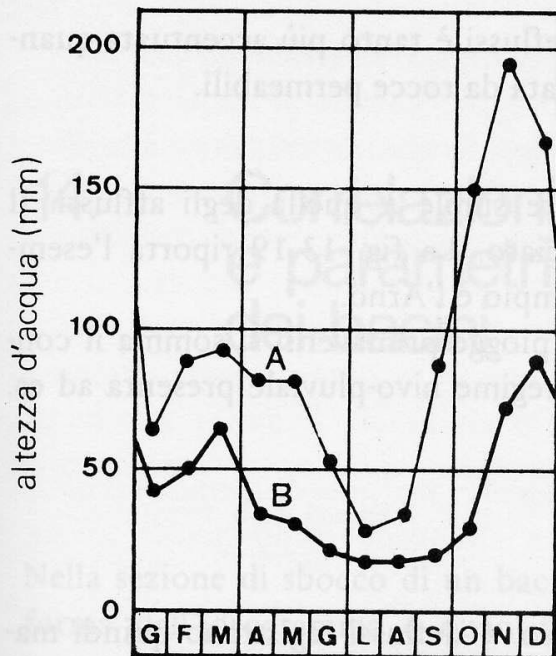


Fig. 13.18. Regime idrologico in un bacino appenninico parzialmente permeabile. La curva dei deflussi (B) è più regolare di quella delle precipitazioni (A), per la presenza di rocce permeabili. L'esempio si riferisce al Tevere a Ripetta.

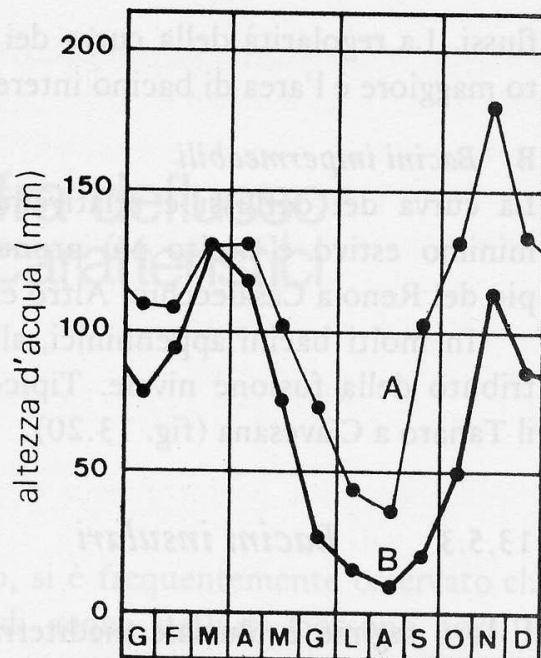
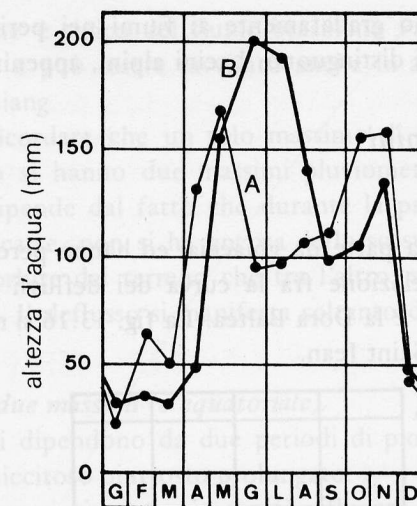
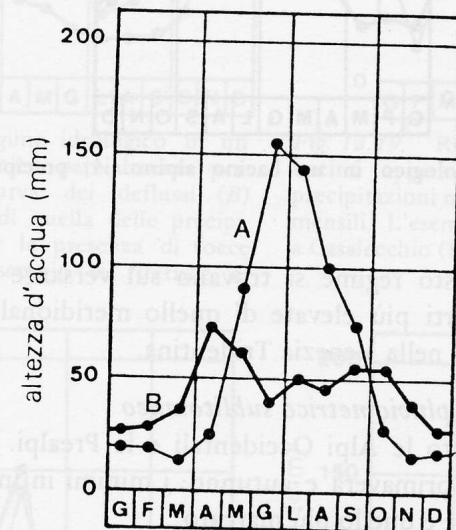
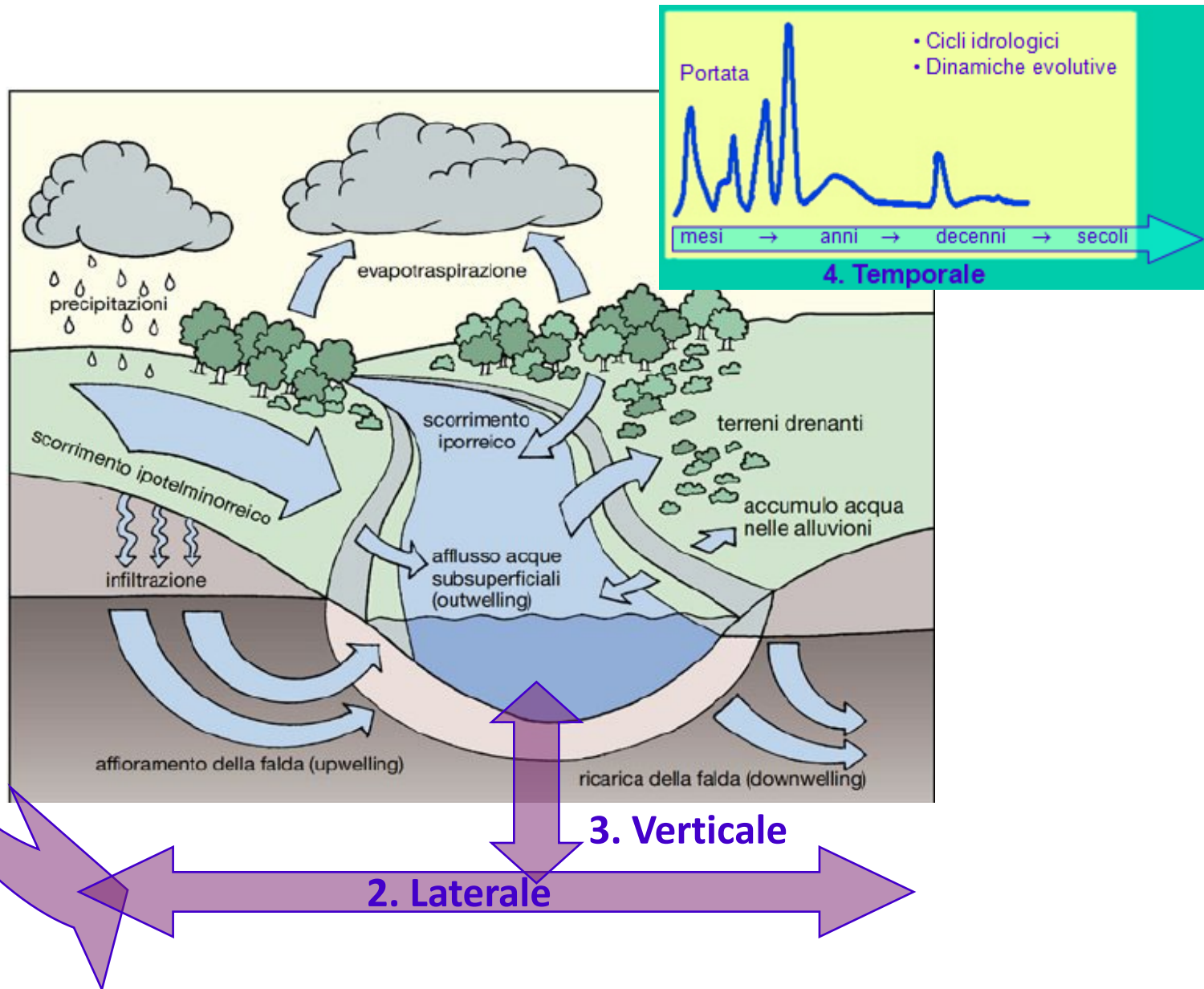


Fig. 13.19. Regime idrologico in un bacino appenninico impermeabile. A, precipitazioni mensili; B, deflussi fluviali mensili. L'esempio si riferisce al Reno a Casalecchio (Bologna).



Le 4 DIMENSIONI DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE

1. Longitudinale

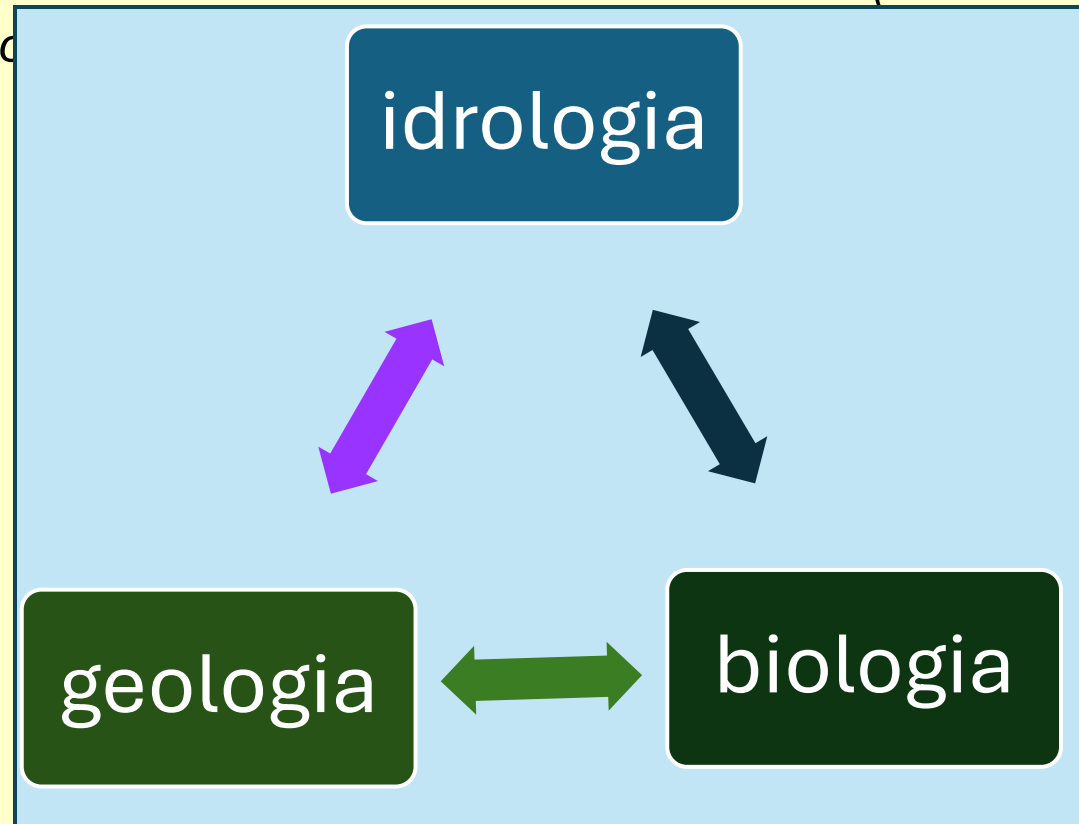


Gli ecosistemi fluviali naturali sono naturalmente resilienti!



La salute dell'ecosistema dipende dalla sua "capacità di autorinnovamento" e dalla capacità di resistere ai disturbi senza perdere le sue funzioni caratteristiche, che includono **il mantenimento dell'habitat per la biodiversità, nonché la fornitura di servizi ecosistemici di valore** (Aldo Leopold)

+ 1.2 m



ENERGIA CINETICA DELL'ACQUA

L'energia cinetica della massa d'acqua in movimento è espressa dal prodotto della portata (Q) per il quadrato della velocità (V)

$$E_t = QV^2$$

$$E_t = E_d + E_n$$

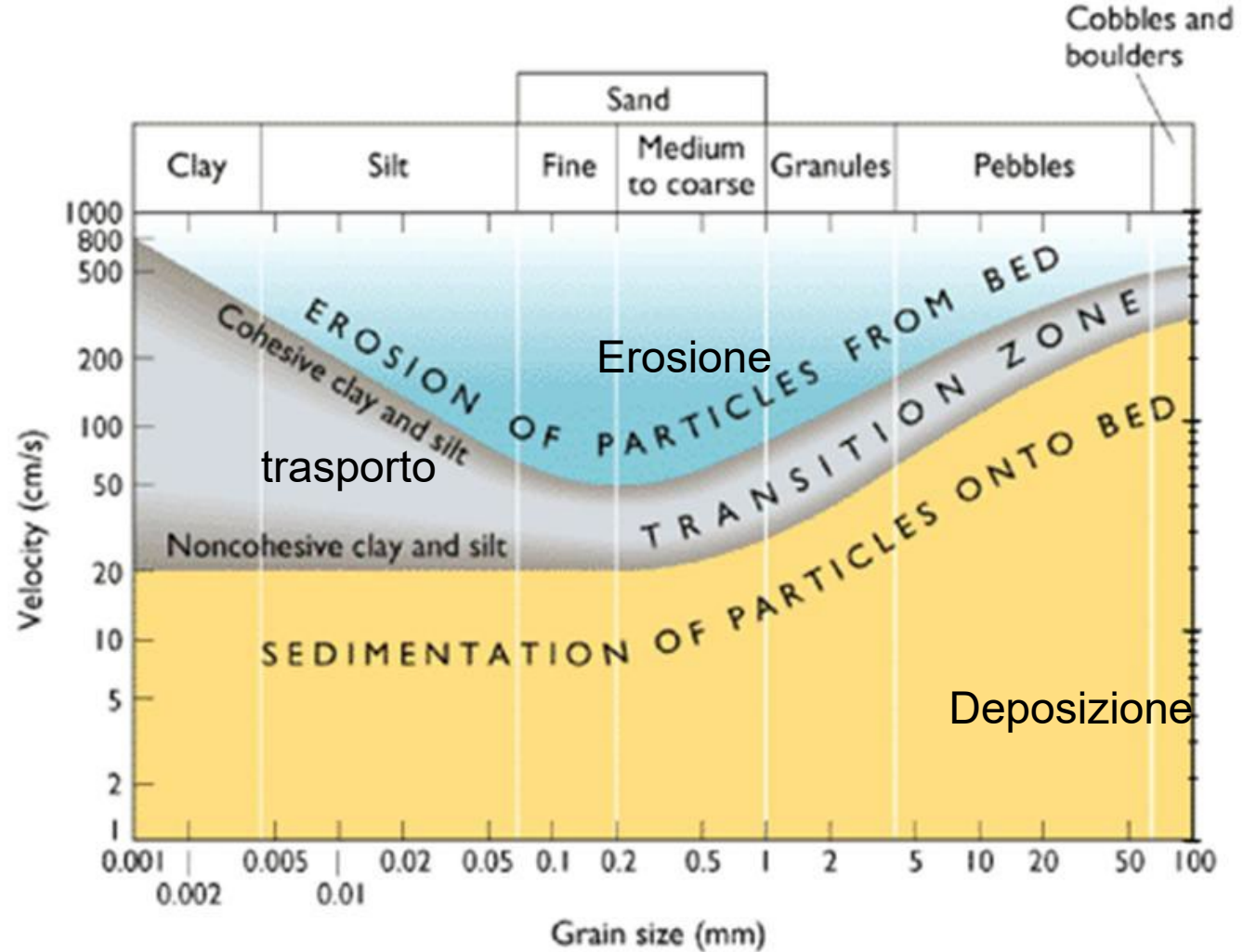
$$E_n = E_t - E_d$$

Energia E_d persa a causa dell'attrito interno (viscosità) e dell'attrito esterno (rugosità del letto, resistenza dell'aria)

L'energia netta può essere utilizzata per estrarre materiali (erosione) e trasportarli

DINAMICHE DEI SEDIMENTI e TRASPORTO

Hjulström Curve

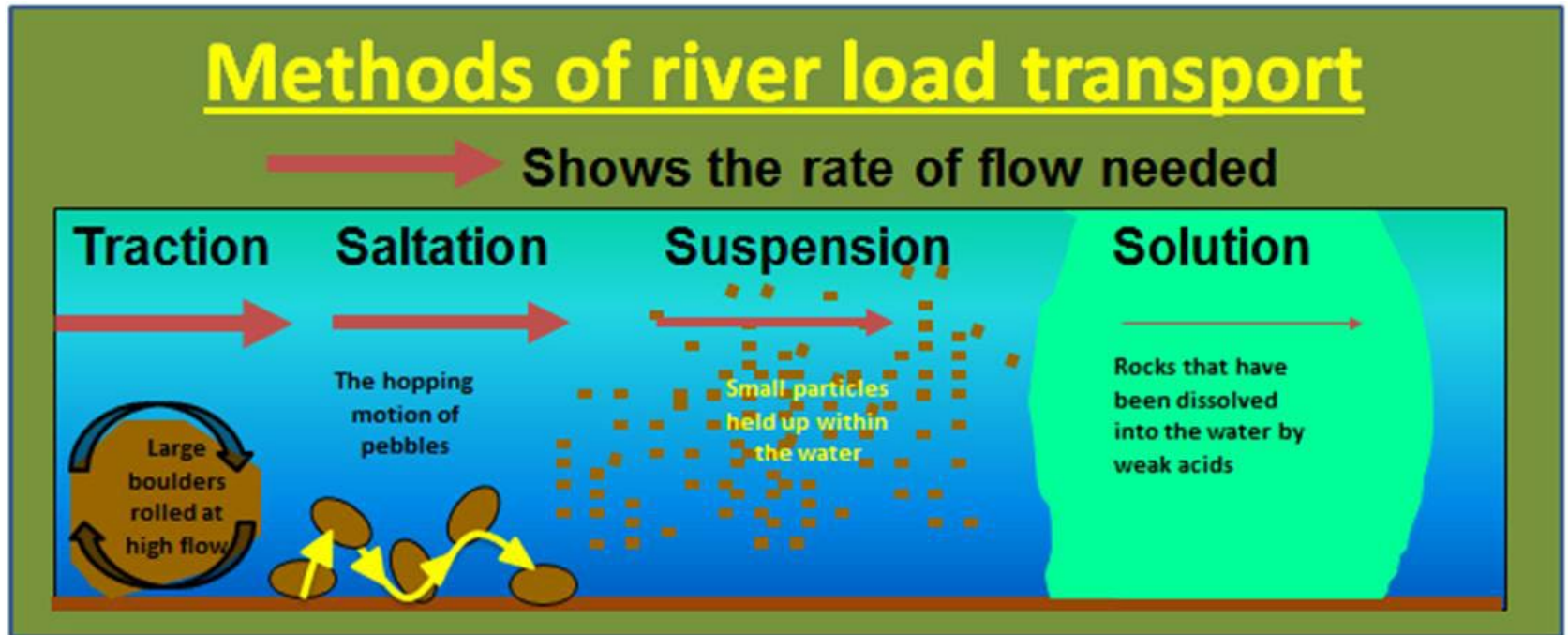


$E_n > 0$ erosione

$E_n = 0$ trasporto

$E_n < 0$ deposizione

DINAMICHE DEI SEDIMENTI e TRASPORTO

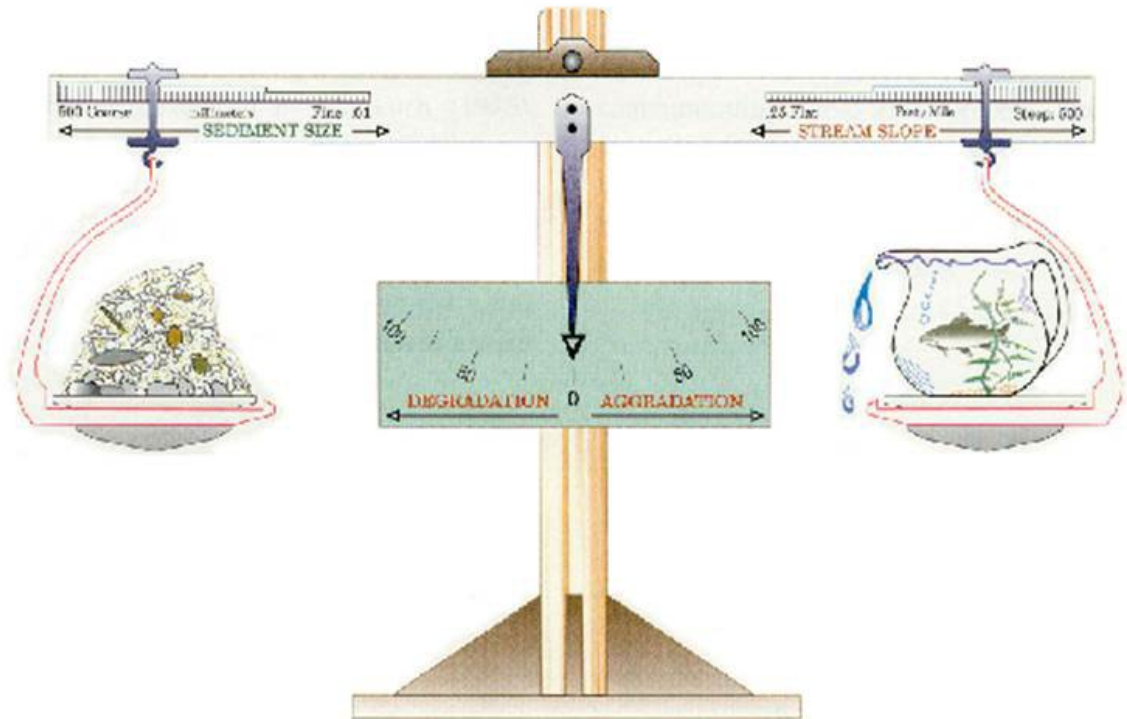


TRASPORTO DI FONDO

trasporto

CONDIZIONE DI EQUILIBRIO

La conoscenza dei percorsi delle acque di ruscellamento è importante perché da questi dipende la velocità del flusso d'acqua, la variabilità della portata e i carichi di sedimenti e soluti trasportati dalle acque

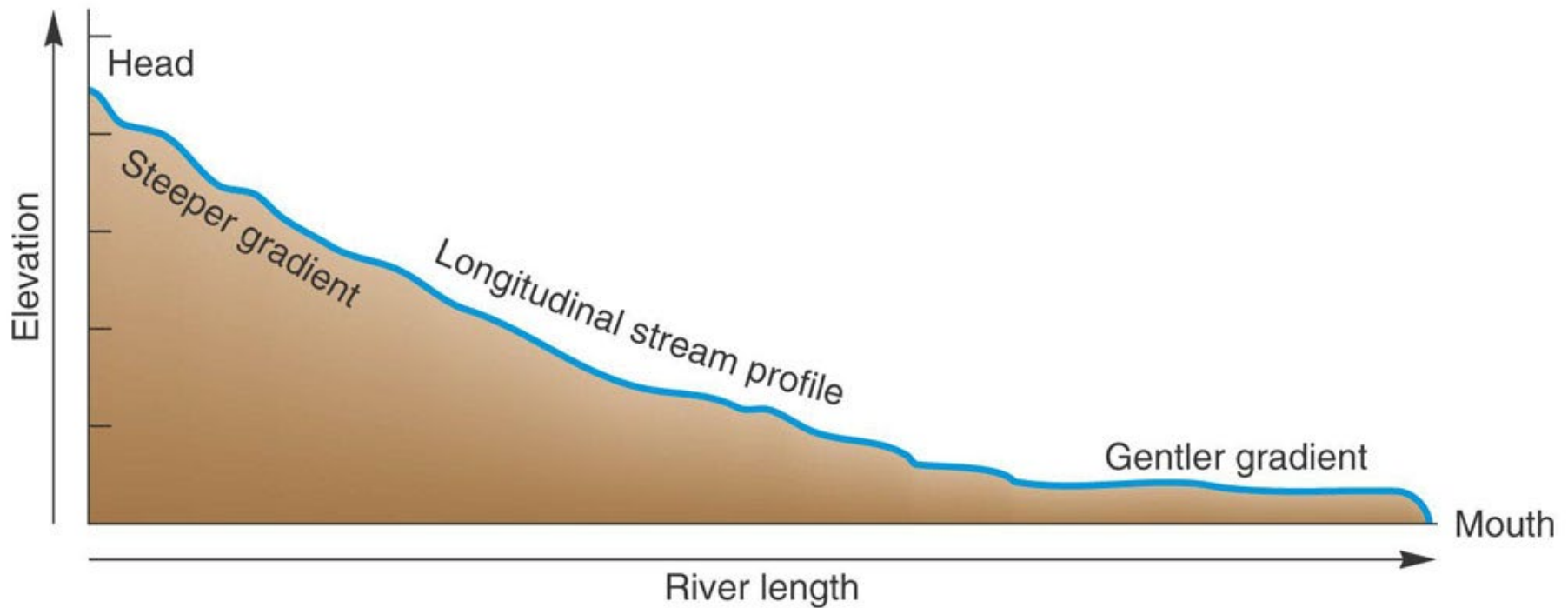


$$Q S \propto Q_s D_{50}$$

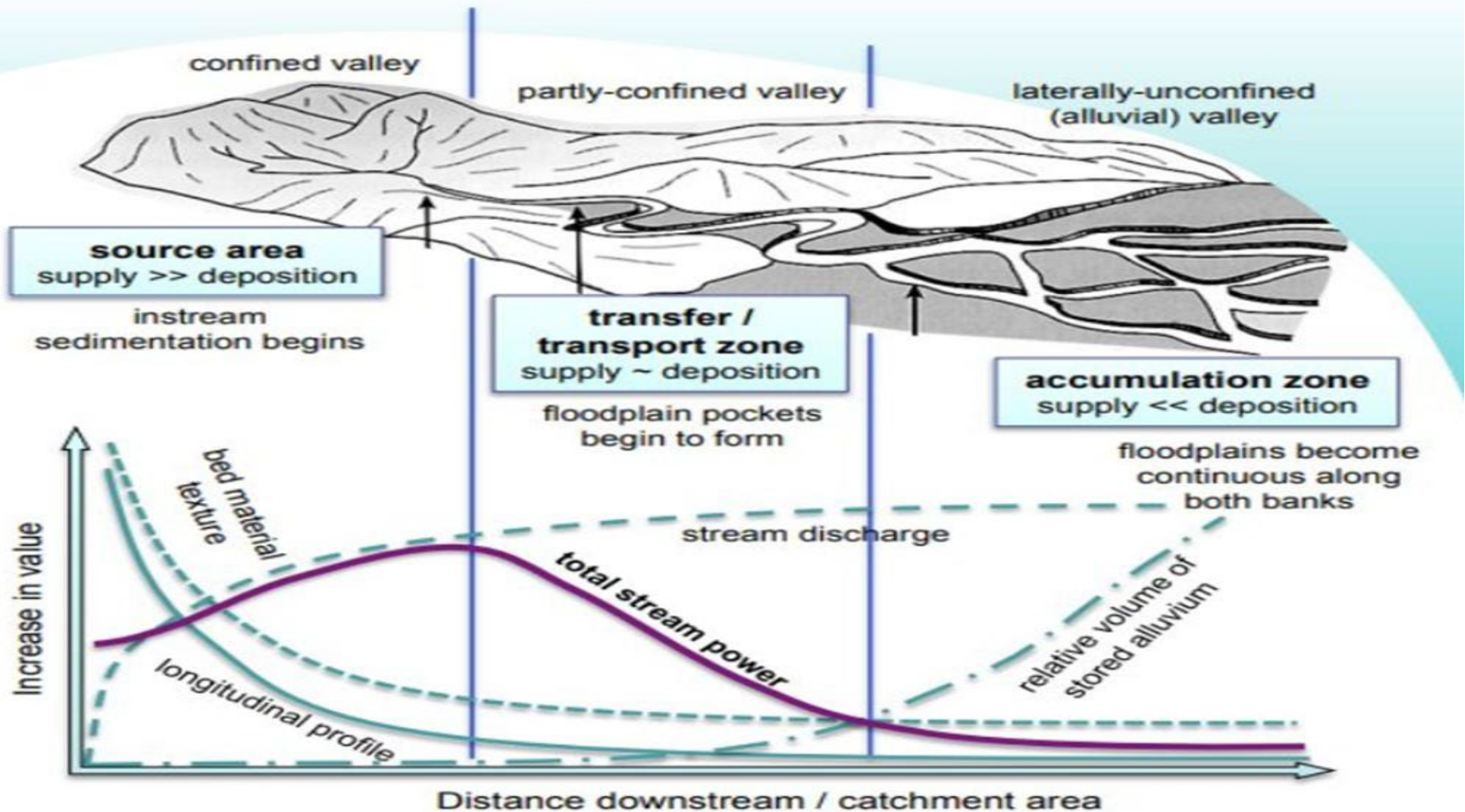
PORTATA LIQUIDA x PENDENZA $\propto$ PORTATA SOLIDA x DIAMETRO SEDIMENTI

Equazione di Lane)

PROFILO LONGITUDINALE DEL FIUME: CONDIZIONE DI EQUILIBRIO



VARIAZIONI LONGITUDINALI

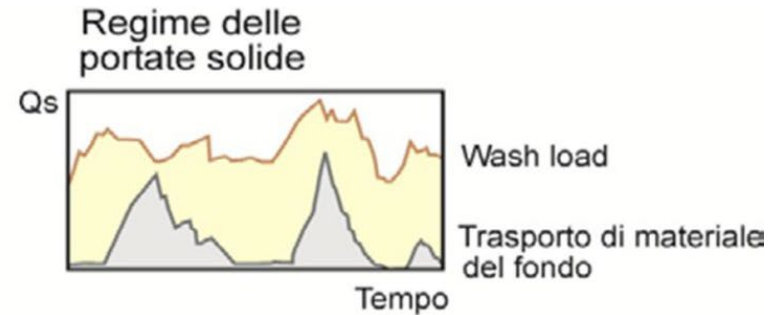
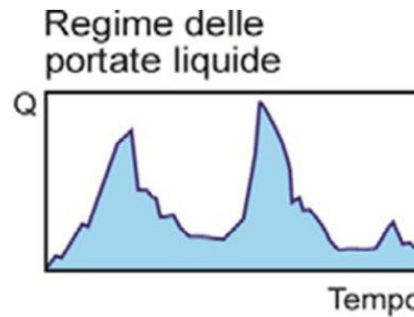


Three longitudinal profile zones. Channel and floodplain characteristics change as river travel from headwaters to mouth.

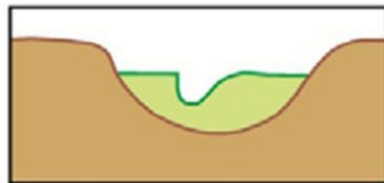
Morfologia dei fiumi

$$E_t = QV^2$$

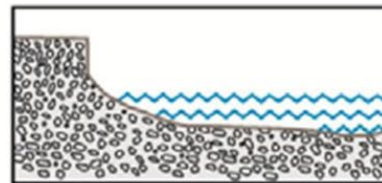
Variabili guida



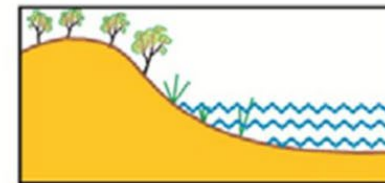
Condizioni al contorno



Pendenza e topografia della valle

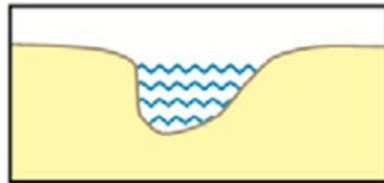


Sedimenti del fondo e delle sponde

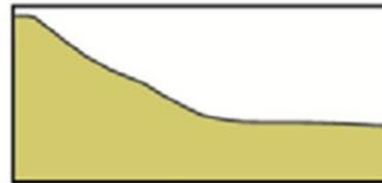


Vegetazione riparia

Forma dell'alveo



Geometria della sezione (larghezza, profondità)



Profilo longitudinale (pendenza del fondo)



Forma planimetrica

IL FIUME CAMBIA DA MONTE A VALLE

- Pendenza dell'alveo ▼
- Portata ▲
- Velocità della corrente ▼
- Larghezza dell'alveo ▲
- Profondità dell'acqua ▲
- Temperatura dell'acqua ▲
- Parametri chimici delle acque ▲
- Diametro Sedimenti ▼
- Torbidità ▲

LE BARRE FLUVIALI

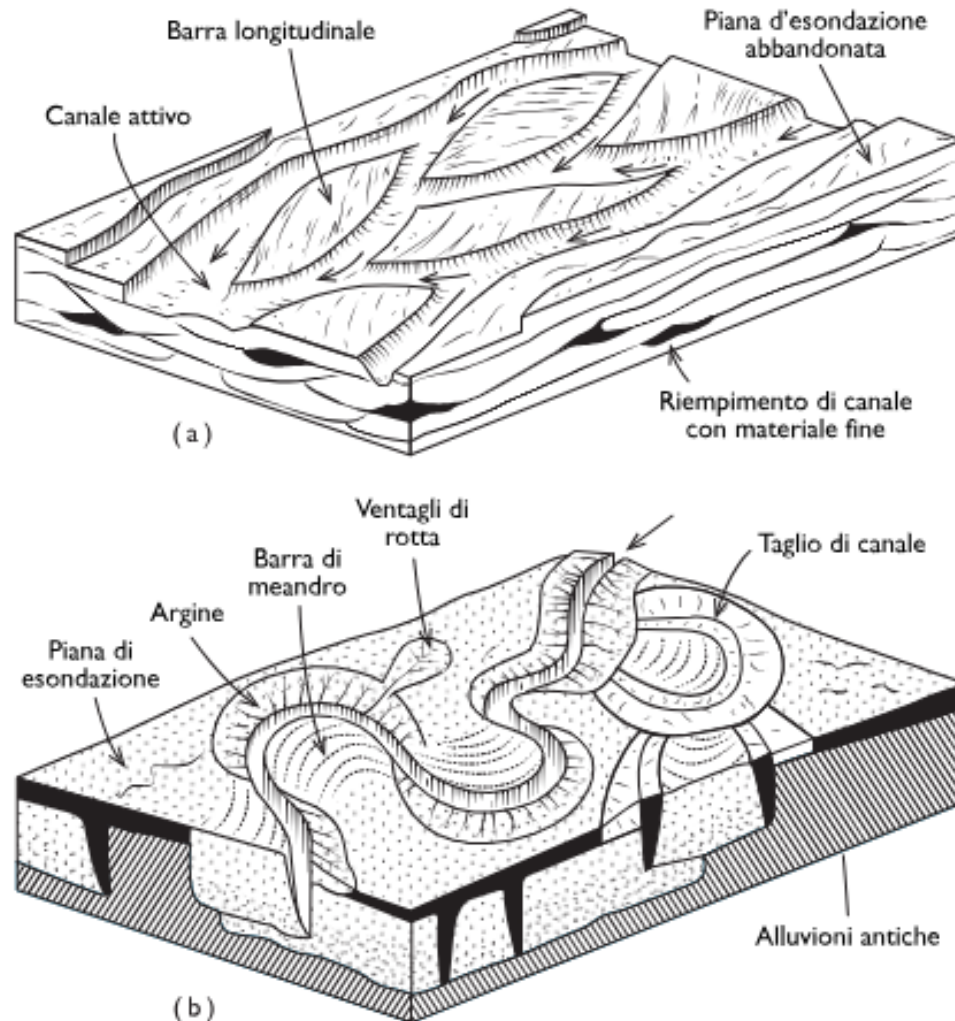
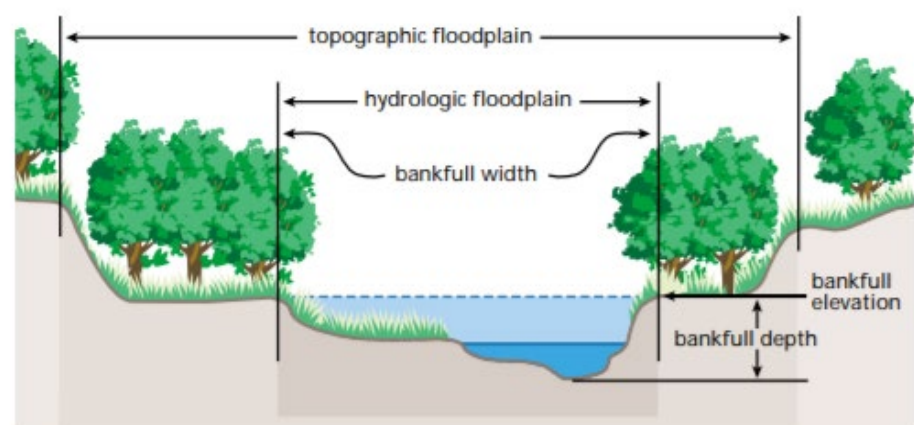


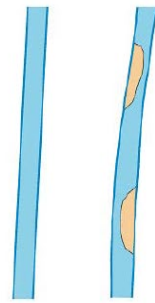
Figura 4.2 Caratteristiche superficiali e natura dei depositi formati in (a)

IL FIUME e il suo territorio: condizione di riferimento

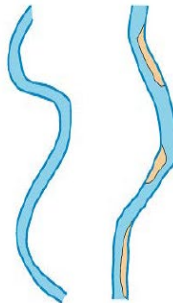
Alveo a canale singolo



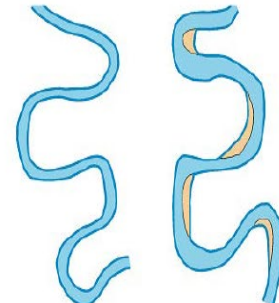
1 - Rettilineo (R)



2 - Sinuoso (S)



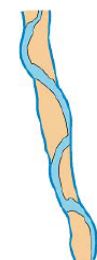
3 - Meandriforme (M)



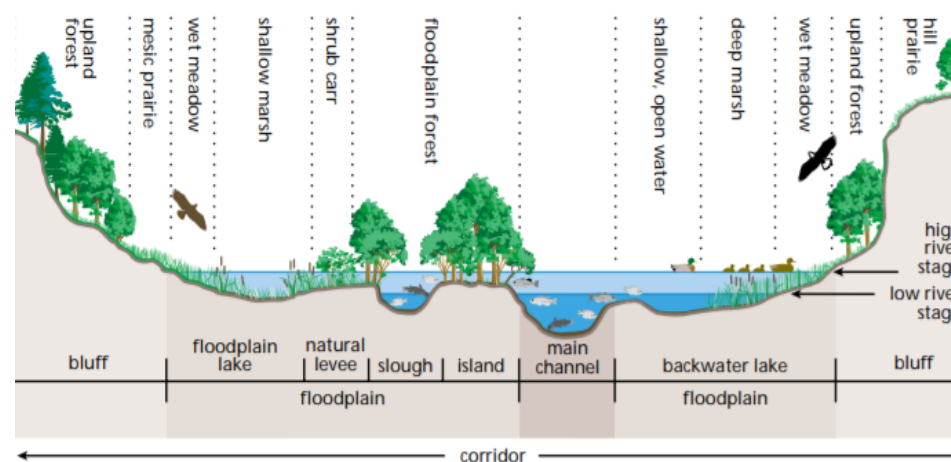
TRANSIZIONALE

4 - Sinuoso a barre alternate (SBA)

5 - Wandering (W)

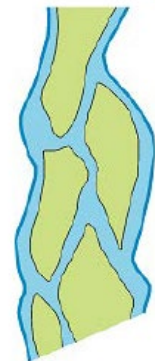
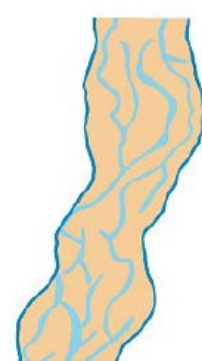


Alveo a canale multiplo



6 - Canali intrecciati (CI)

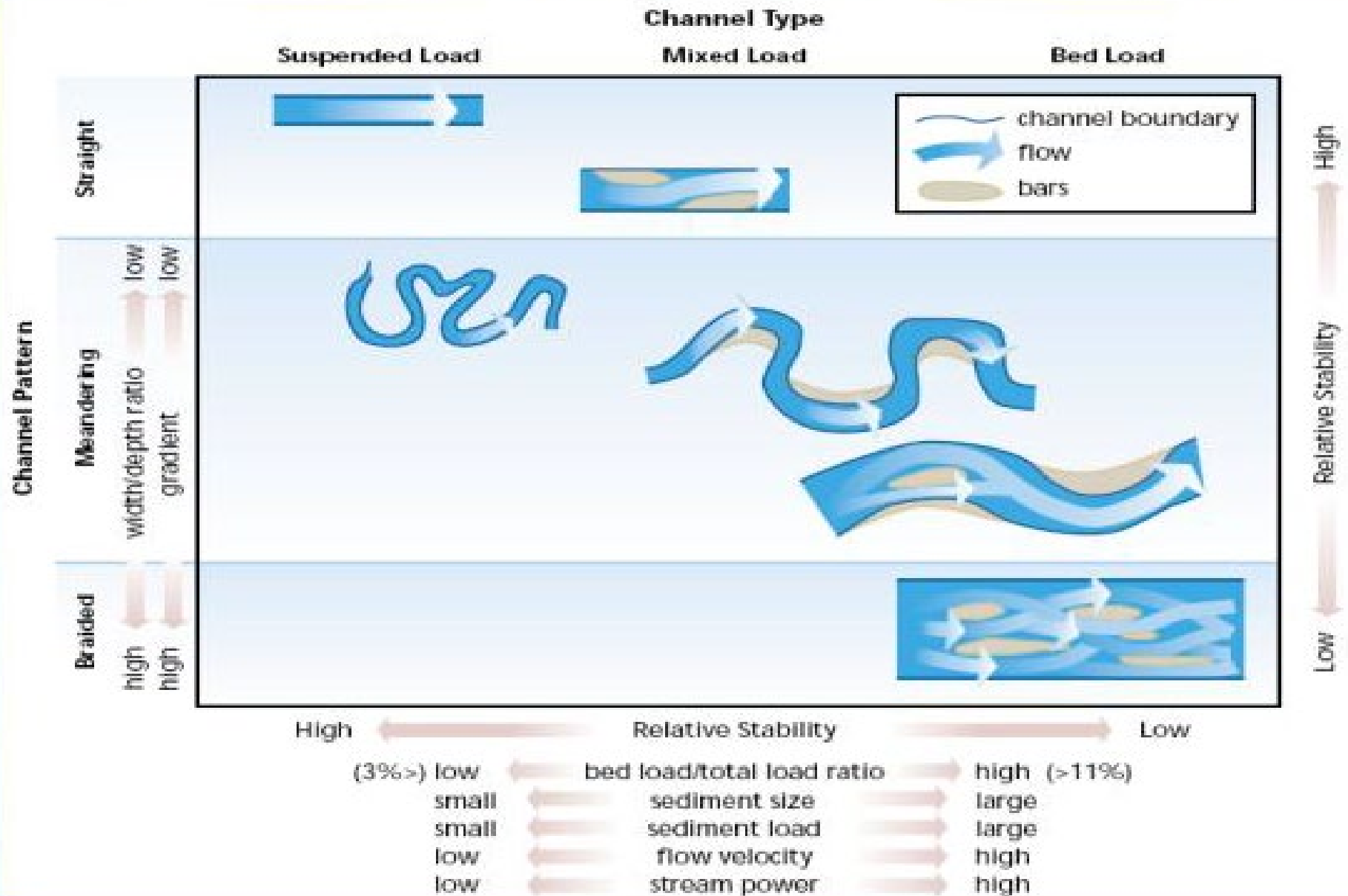
7 - Anabranching (A)



$$I_i \geq 1.5 \text{ e } I_a < 1.5$$

$$1 \leq I_i \leq 1.5 \text{ e } I_a \geq 1.5$$

Stream Types: Schumm



TORRENTI DI MONTAGNA



Sinuoso non confinato



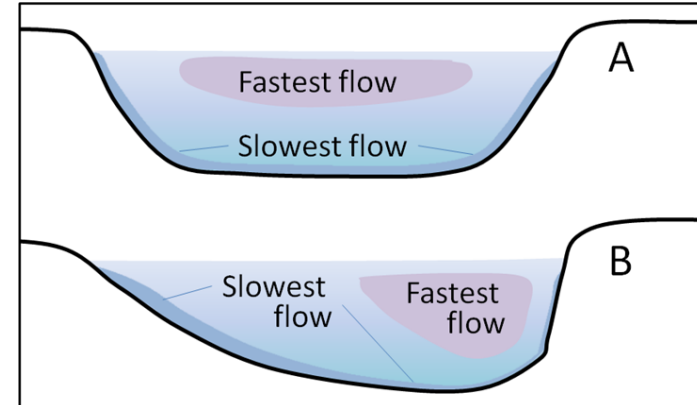
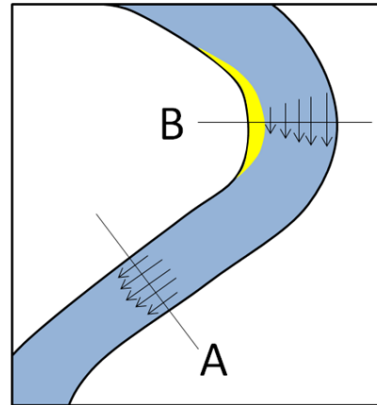
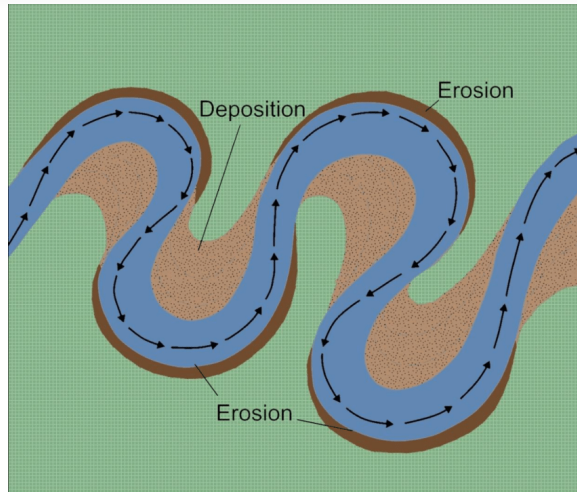
Rettilineo confinato

CANALI INTRECCITI : conoide



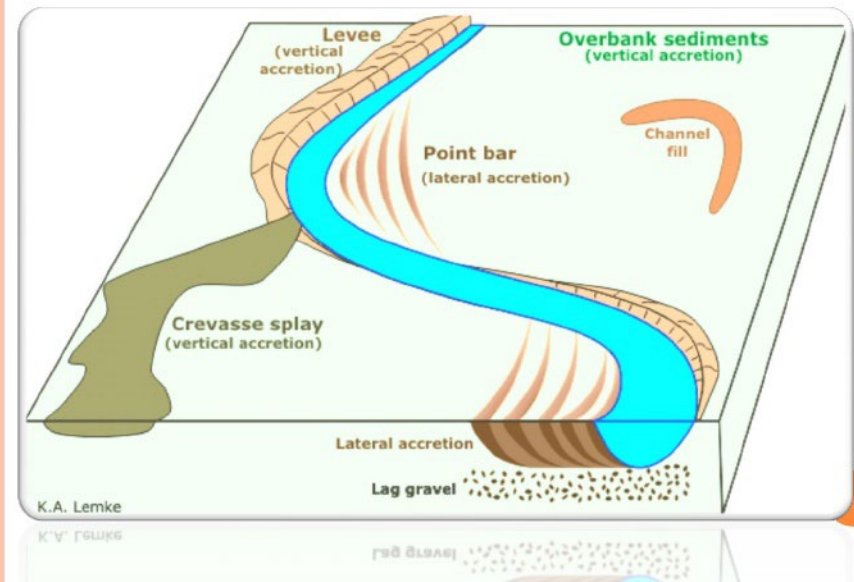
Un conoide alluvionale è un deposito di sedimenti a forma di cono o ventaglio attraversato e accumulato da corsi d'acqua. Se un cono è accumulato da flussi detritici, viene propriamente chiamato cono detritico o conoide colluviale. Questi flussi provengono da un'unica sorgente puntiforme all'apice del conoide e, nel tempo, si spostano per occupare molte posizioni sulla superficie del conoide. I conoidi si trovano in genere dove un canyon che drena da un terreno montuoso emerge su una pianura più piatta e, in particolare, lungo fronti montuosi delimitati da faglie.<https://youtu.be/nUQLFTtFFgg> video Tagliamento

FIUMI MEANDRIFORMI



In natura non abbiamo fiumi rettilinei, se non in brevi tratti montuosi che scorrono in piccole rocce erodibili. Piccoli cambiamenti di pendenza, rugosità ed erodibilità del letto del fiume sono sufficienti a creare sinuosità.

DEPOSITS OVERVIEW



FIUMI MEANDRIFORMI

Lanca

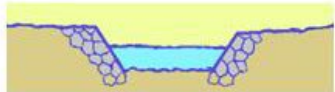


IL DEGRADANO DEI FIUMI

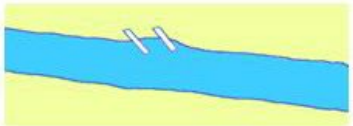
Far arrivare
velocemente l'acqua al
mare!!!



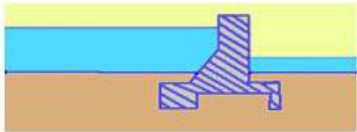
Rettificazione/canalizzazioni



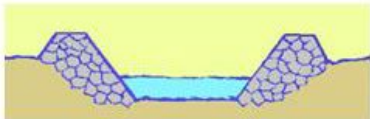
Consolidamento sponde



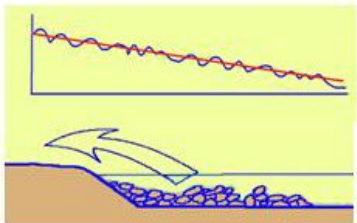
Pennelli



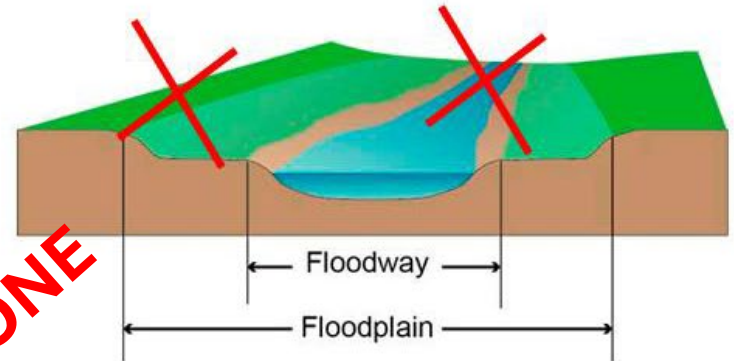
Briglie



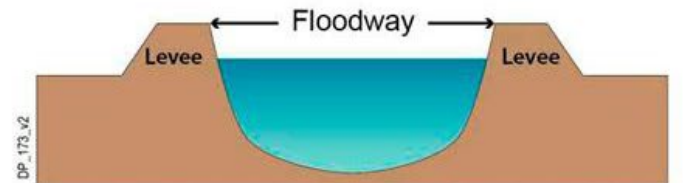
Argini



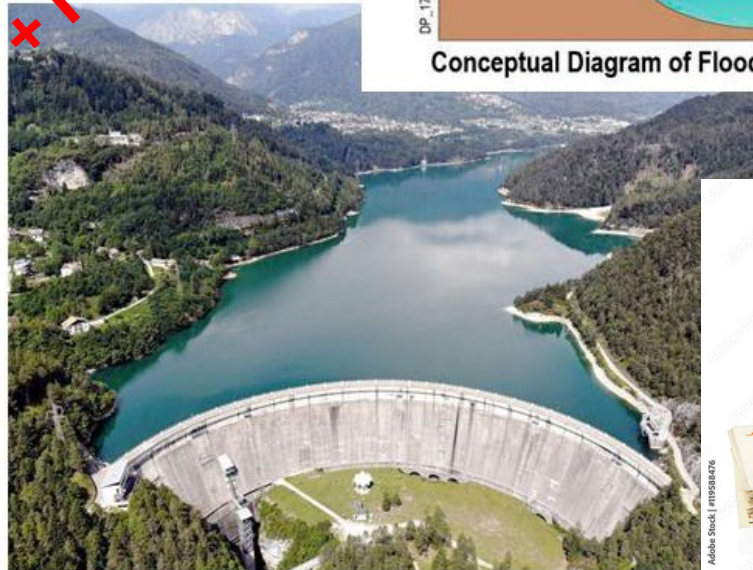
Dragaggi



Conceptual Diagram of a Floodway within a Floodplain



Conceptual Diagram of Floodway within a Leveed Channel



+ MANUTENZIONE

RIDUZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

L'approccio tradizionale ha notevolmente alterato se non addirittura interrotto il funzionamento degli ecosistemi di acqua dolce, determinando il declino della biodiversità su scala globale e la perdita dei **Servizi ecosistemici**.

Servizi ecosistemici

SUPPORTO

- Ciclo dei nutrienti
- Ciclo dell'acqua
- Formazione del suolo
- Biodiversità e habitat
- NPP
- Impollinazione
- ...

APPROVVIGIONAMENTO

- Cibo
- Acqua potabile
- Legname e fibra
- Materie prime
- Risorse genetiche
- Principi farmaceutici

REGOLAZIONE

- Clima
- Depurazione acqua
- Attenuazione dei fenomeni estremi o regolazione del disturbo

VALORI CULTURALI

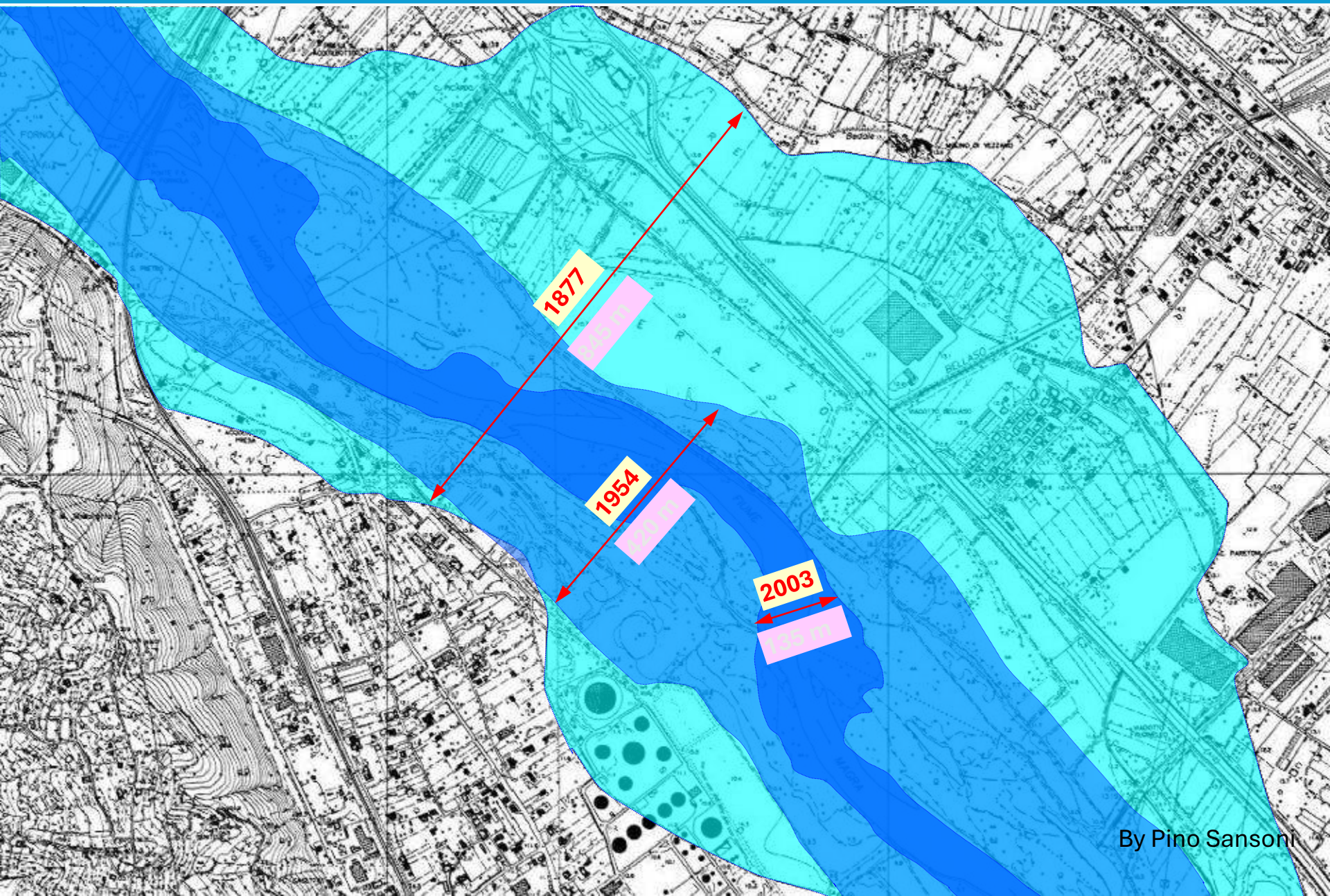
- Salute
- Educativo
- Wellbeing
- estetico

Tra i servizi ecosistemici forniti da corsi d'acqua naturali uno dei principali è la mitigazione del rischio alluvioni!



Restringimento es. Fiume Magra: Ponzano, Arcola

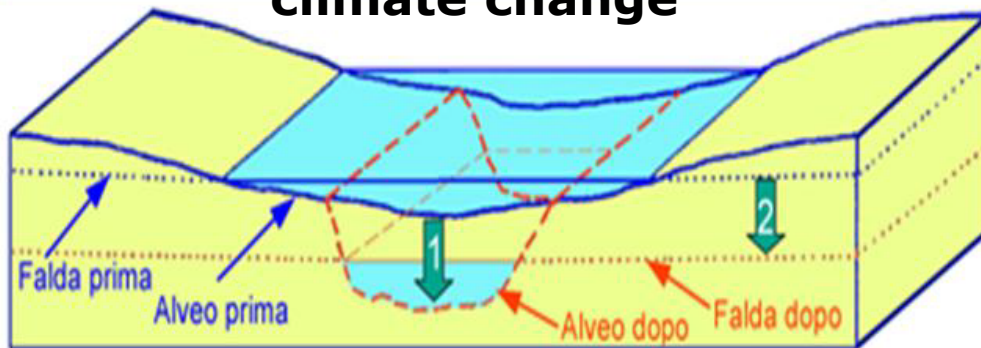
AdB Magra, studio M. Rinaldi, Univ. Firenze, 2005



By Pino Sansoni

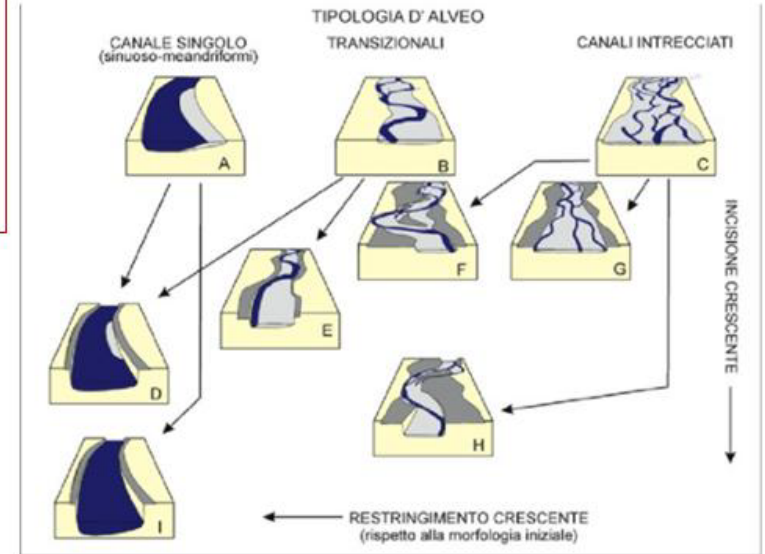
INCISIONE DEI FIUMI

Estrazioni di inerti (dal 50 all'80)
Dighe e briglie,
consolidamenti di sponda etc. **CAUSE**
La mancanza di sedimenti e il
restringimento dei fiumi ha fortemente
accentuato l'erosione verticale
climate change



EFFETTI

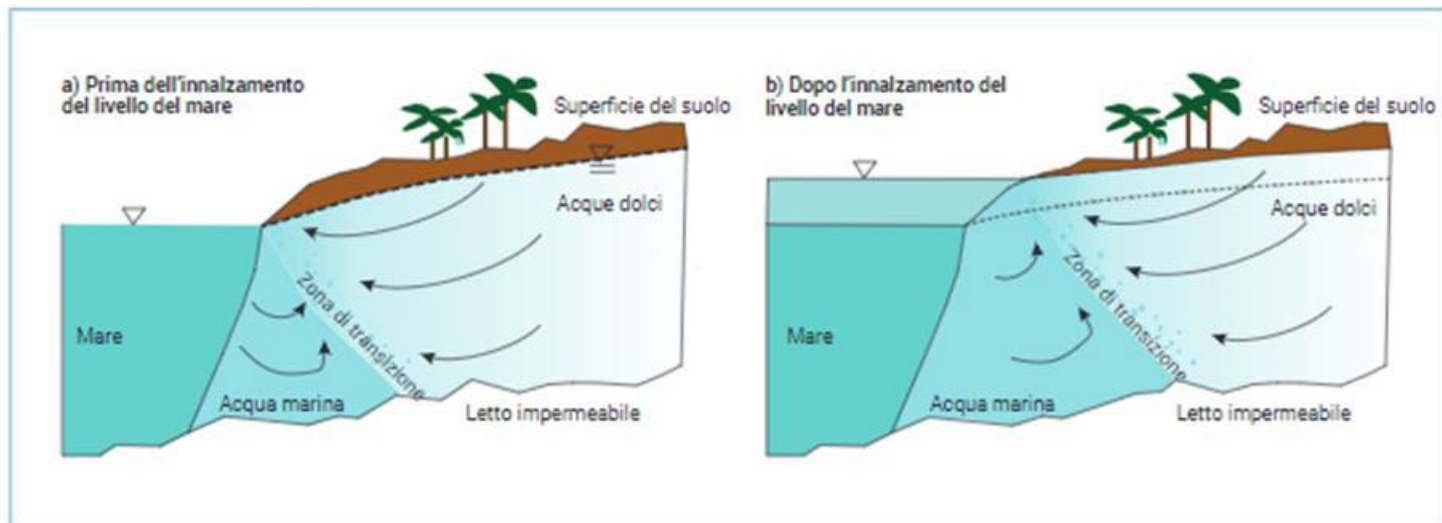
- Abbassamento della falda
- **Meno acqua dolce disponibile**
- Danneggiamenti alle strutture
- Modifica della vegetazione riparia
- Intrusione salina
- Erosione delle spiagge



Alcuni effetti dell'incisione



L'INTRUSIONE SALINA

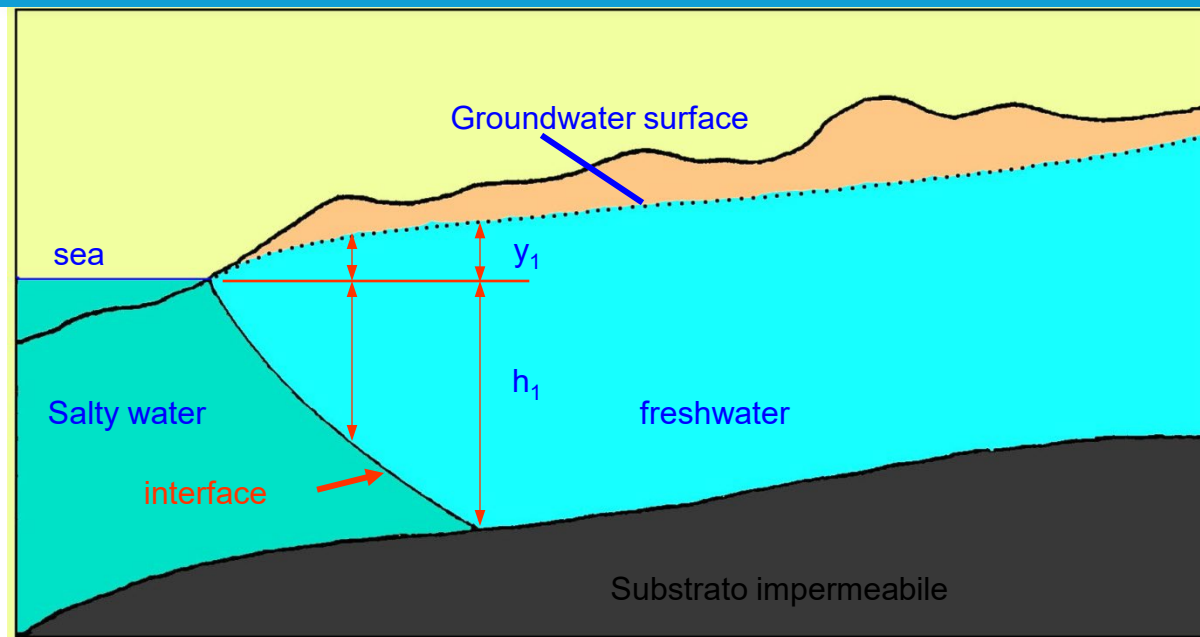


Fonte: autori, adattato da Ketabchi et al. (2016).

DANNI ALLE STRUTTURE



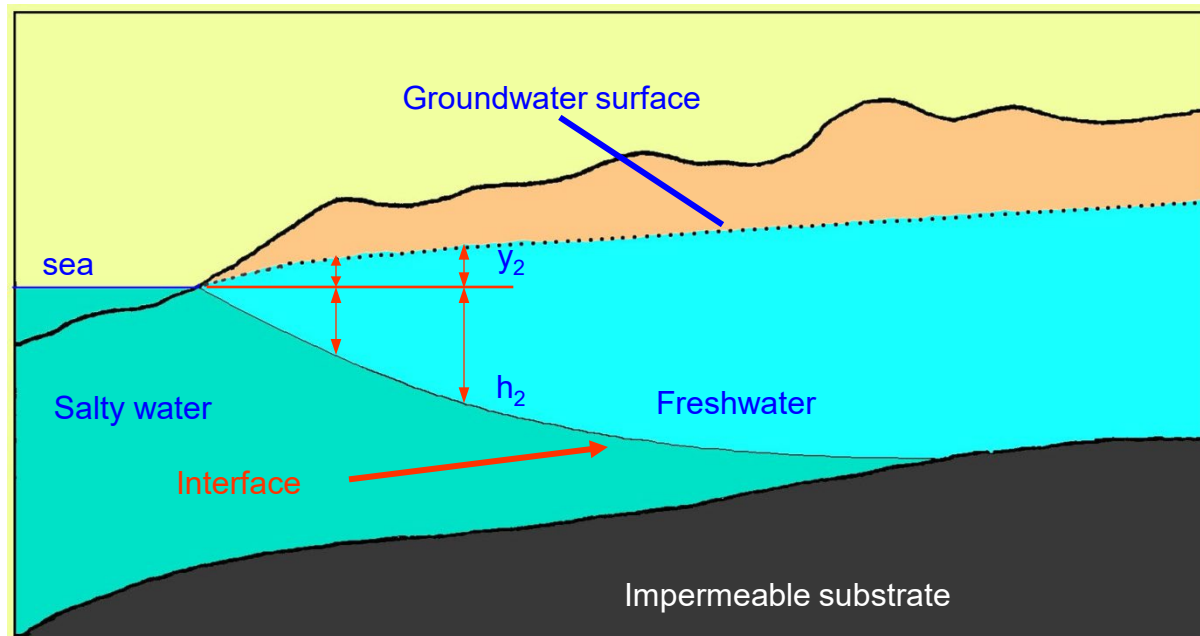
INTRUSIONE DEL CUNEO SALINO



$$h = \frac{y}{d_s - d_d}$$

$$d_s = 1,035$$
$$d_d = 1,001$$

Nella zona costiera, la posizione dell'interfaccia sotterranea tra acqua dolce e acqua salata è determinata dalla pressione idrostatica esercitata dall'acqua dolce



Abbassamento falda 1 m



Aumento interfaccia di 30 m



<https://www.youtube.com/watch?v=WkMdkgavIVQ>

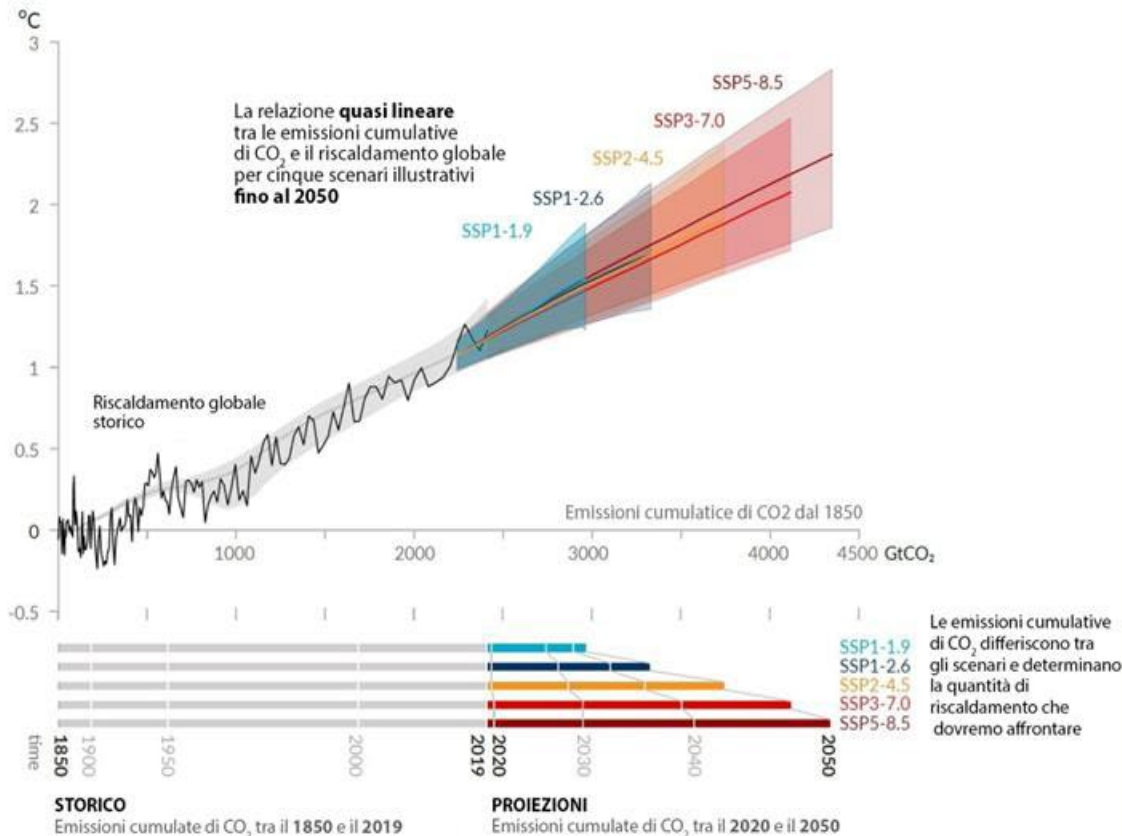
CAUSE DELLA SICCITA' E DELLE PIENE

CAMBIAMENTI CLIMATICI

GESTIONE ANTROPICA DEL TERRITORIO

Ogni tonnellata di CO₂ emessa aumenta il riscaldamento globale

Aumento della temperatura superficiale globale dal 1850-1900 (°C) in funzione delle emissioni cumulative di CO₂ (GtCO₂)



Non è più emergenza
ma sistema cronico
2003, 2007, 2012,
2017 che va
accentuandosi e
quindi va affrontata

CAMBIAMENTO CLIMATICO = INCERTEZZA



Numero eventi per tipologia

211

Allagamenti
da piogge
intense

193

Danni alle
infrastrutture

123

Trombe
d'aria

75

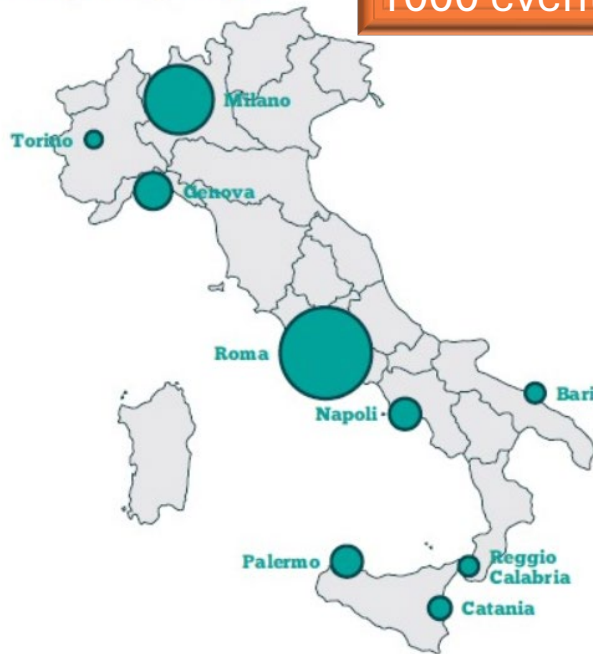
Esondazioni
fluviali

20

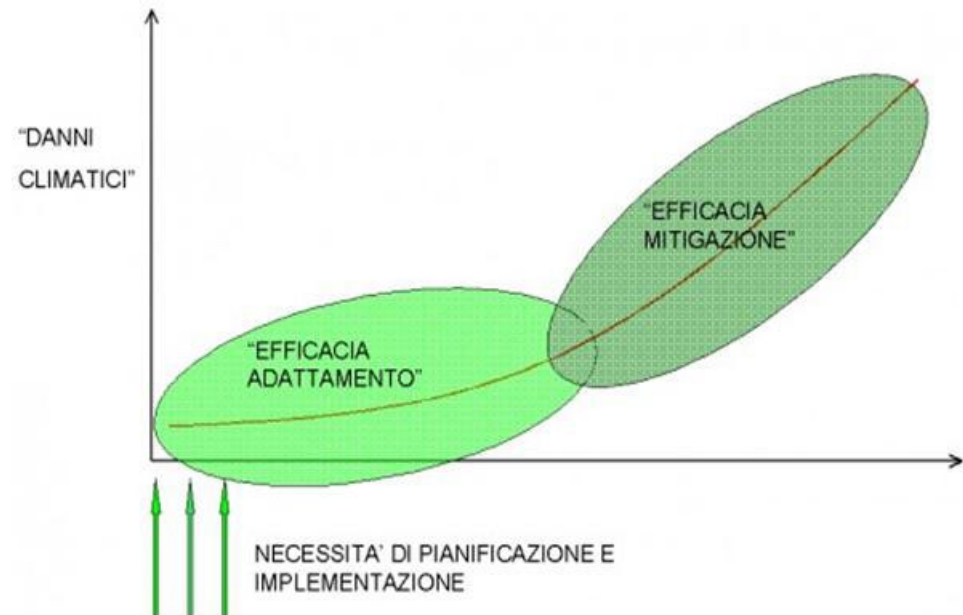
Frane da
piogge
intense

14

Danni al
patrimonio
da piogge
intense



1000 eventi estremi in 10 anni in Italia



Gli eventi meteorologici estremi che hanno colpito l'Italia tra il 2010 e il 2018 (fonte: Lei)

Resilienza e Cambiamento Climatico

Gli approcci ingegneristici tradizionali alla gestione delle risorse idriche avevano l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni cercando di mantenere una condizione statica (riferimento ai tempi di ritorno).

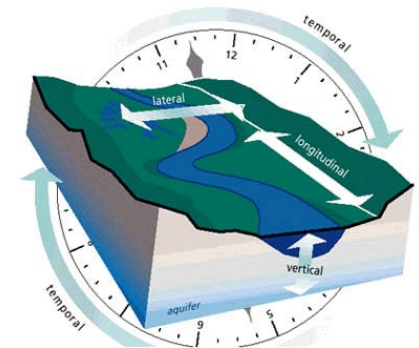


**La profonda
incertezza e l'entità
del cambiamento
climatico aumenta
la probabilità di
disallineamenti
clima-infrastruttura**

E' NECESSARIO UN NUOVO APPROCCIO

Nella Gestione delle acque è quindi necessario esplorare approcci alternativi potenzialmente più compatibili con le esigenze degli ecosistemi di acqua dolce.

La resilienza ecologica può essere analizzata sul mantenimento di 4 dimensioni che interagiscono fra di loro
(*Grantham et al, 2019 in WATER SECURITY ELSEVIER*)



1 - Gestione a scala di bacino,

2 - eterogeneità spaziale

3 -connettività idrologica,

4 - variabilità temporale.

GRAZIE

bruna.gumiero@unibo.it
www.osservatoriocitizenscience.org

