

a cura di S. Furlani

# FORME E PROCESSI FLUVIALI



L'ordine dei corsi d'acqua

# I CORSI D'ACQUA

# TORRENTE ROSANDRA

- ✘ Molti sono i fattori che influenzano lo sviluppo dei corsi d'acqua. Il più importante è la struttura geologica
- ✘ Nella maggior parte dei casi il percorso della corrente (*stream*) è guidato e modellato in modo sostanziale dall'assetto del substrato geologico



# REGIME DEI CORSI D'ACQUA

# REGIME DEI CORSI D'ACQUA

- ✘ Corsi effimeri: I corsi d'acqua effimeri trasportano acqua solo per un breve tempo, durante o subito dopo una pioggia
- ✘ Corsi intermittenti: o torrenti, trasportano acqua solo nella stagione piovosa
- ✘ Corsi perenni: o fiumi, trasportano acqua durante tutto l'anno



# I PROCESSI FLUVIALI

---

- ✘ I processi fluviali si possono dividere in:
  - + Acque correnti superficiali incanalate (corsi d'aqua)
  - + Acque superficiali non incanalate (ruscellamento)

# RUSCELLAMENTO SUPERFICIALE



# RUSCELLAMENTO E FORME CALANCHIVE

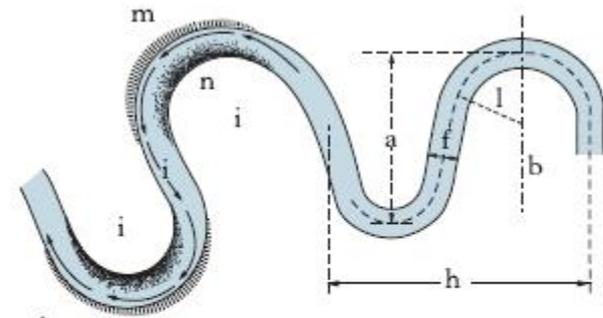
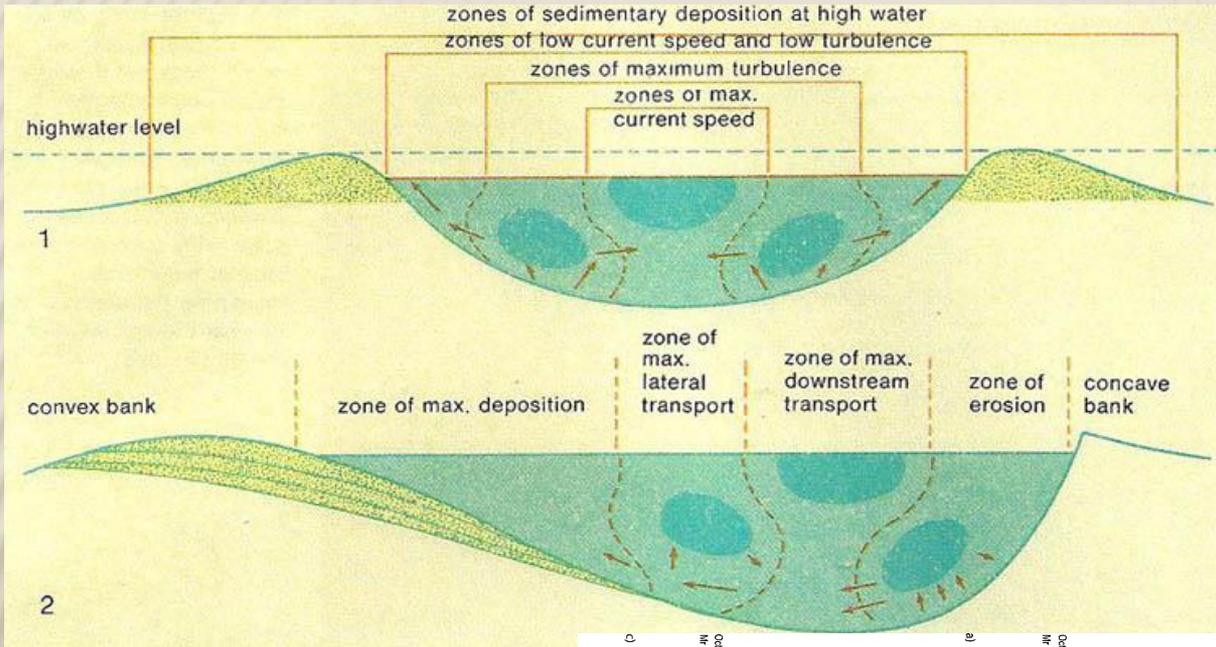


# CORRENTI INCANALATE

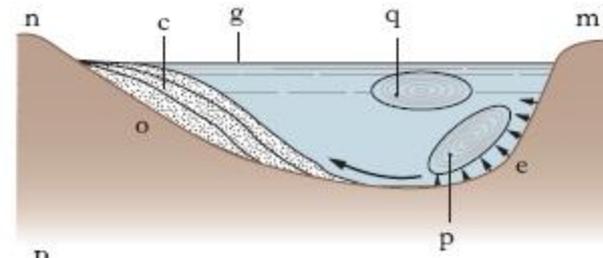
---

- ✘ A differenza del ruscellamento di versante, i corsi d'acqua sono confinati all'interno di canali (alvei)
- ✘ Anche con pendenze, e quindi gradienti, debolissimi, la gravità riesce a superare gli attriti e muovere le acque verso il basso
- ✘ Tranne in rare circostanze, il movimento è irregolare e variabile, con velocità e direzioni variabili nelle varie parti del corso d'acqua, a causa dell'attrito

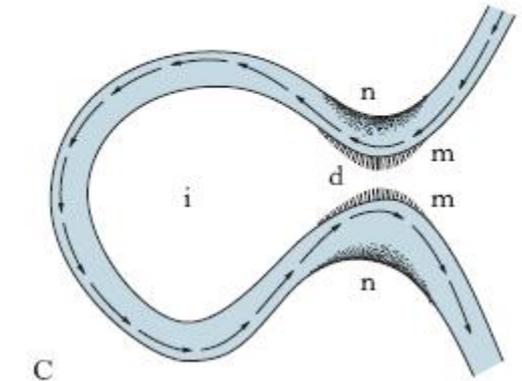
# VELOCITÀ DELLA CORRENTE



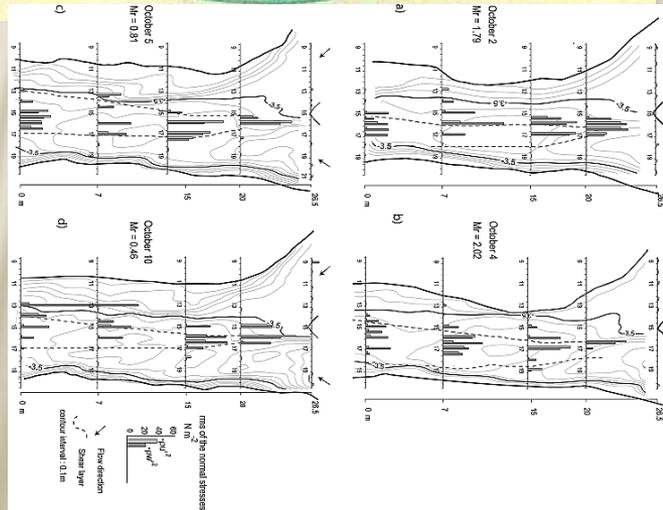
A



B

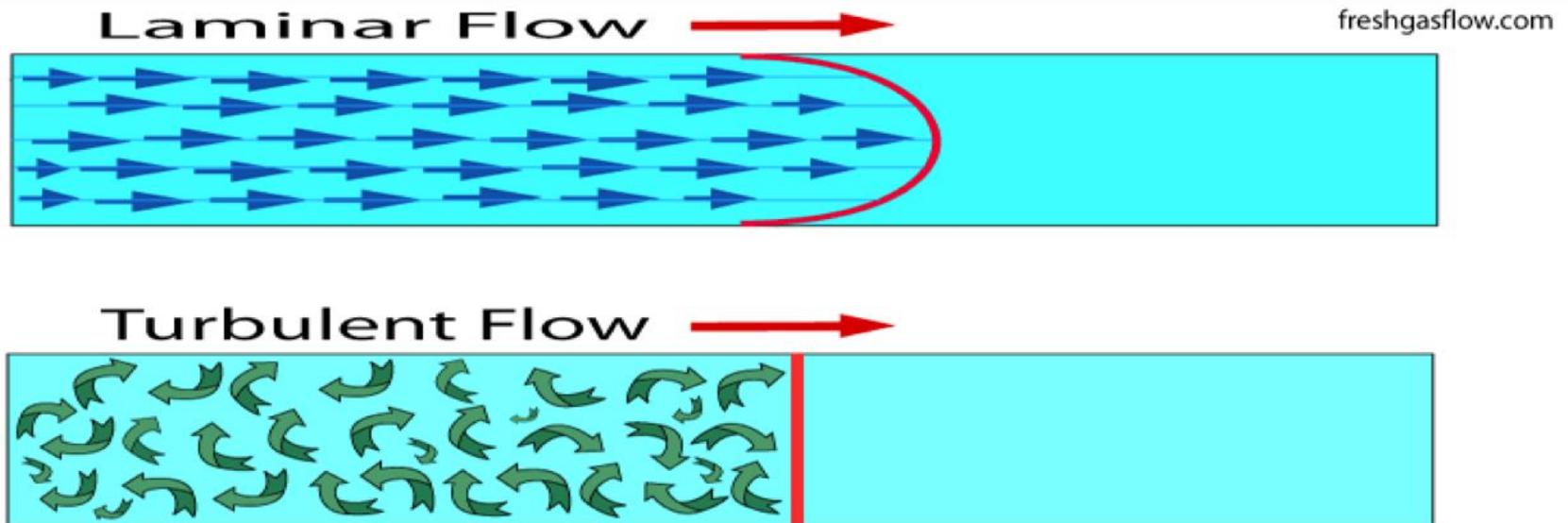


C

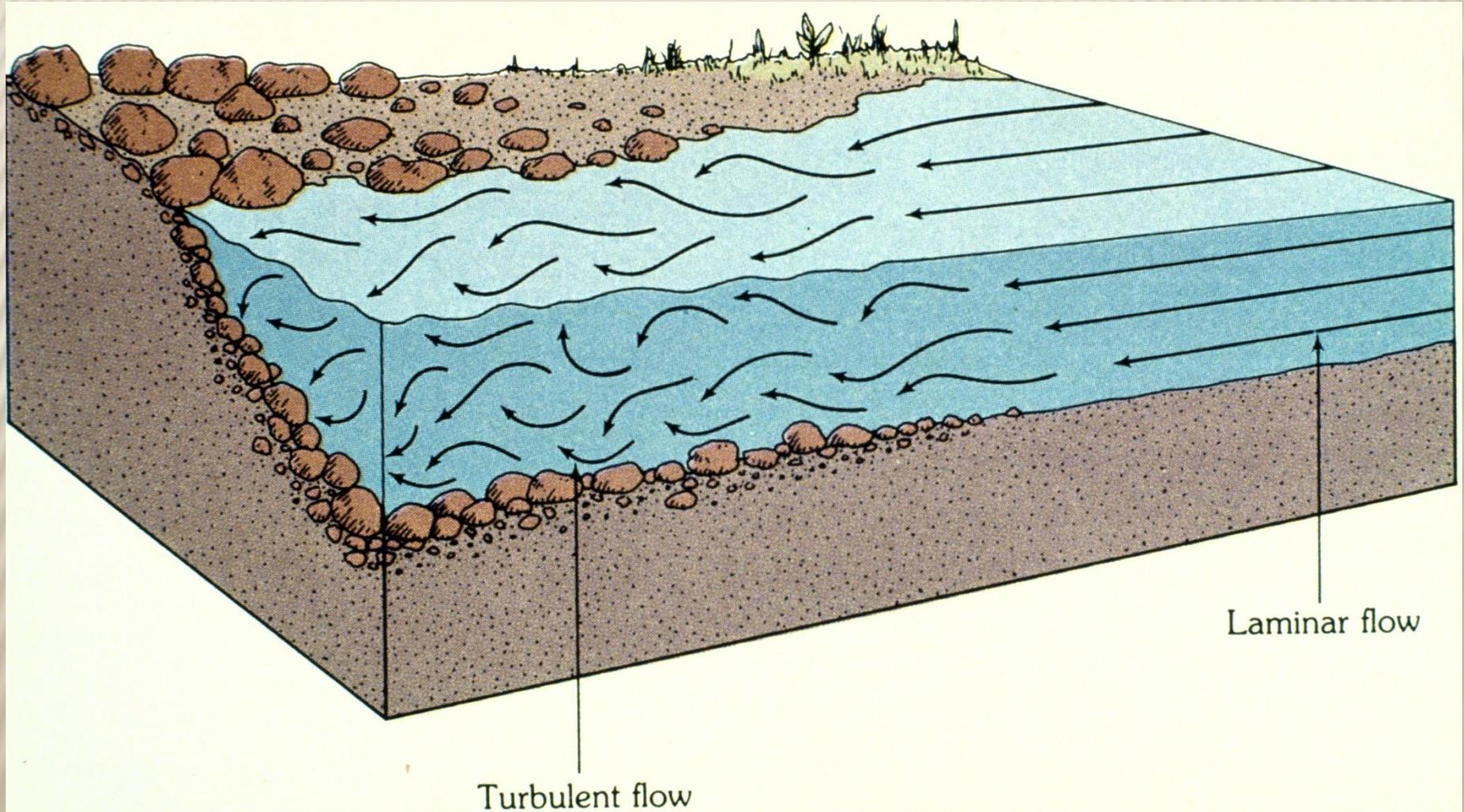


# LA TURBOLENZA

- ✘ In un flusso turbolento, il movimento verso valle è interrotto da irregolarità sia nella direzione che nella velocità
- ✘ Tali irregolarità producono correnti interne momentanee che possono muoversi in qualsiasi direzione
- ✘ E' provocata dall'attrito, dalla rugosità del letto, dagli sforzi di taglio e dalla velocità della corrente
- ✘ Si creano mulinelli, vortici, rapide



# FLUSSO LAMINARE E TURBOLENTO



# FLUSSI VORTICOSI

---



# TIPI DI ALVEI

# FORMA DEGLI ALVEI

---

- ✘ I corsi d'acqua riassetano continuamente il loro carico sedimentario in funzione delle variazioni di velocità e di portata
- ✘ Durante le piene, il corso erode il suo letto, rimuovendo e spostando a valle i sedimenti. Durante le magre, il flusso rallenta ed i sedimenti si depositano riempiendo il canale

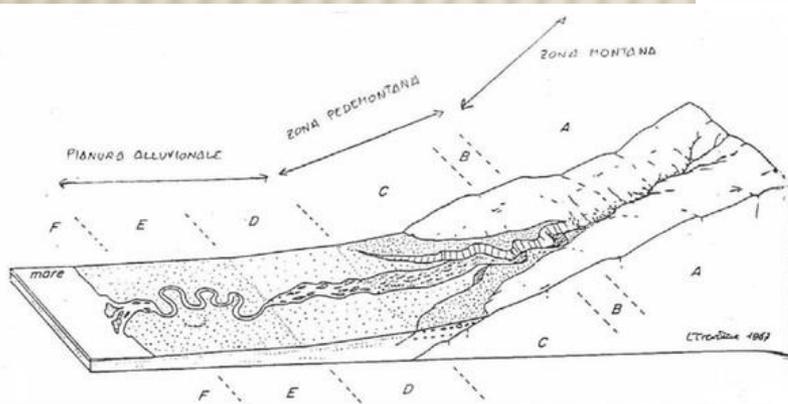
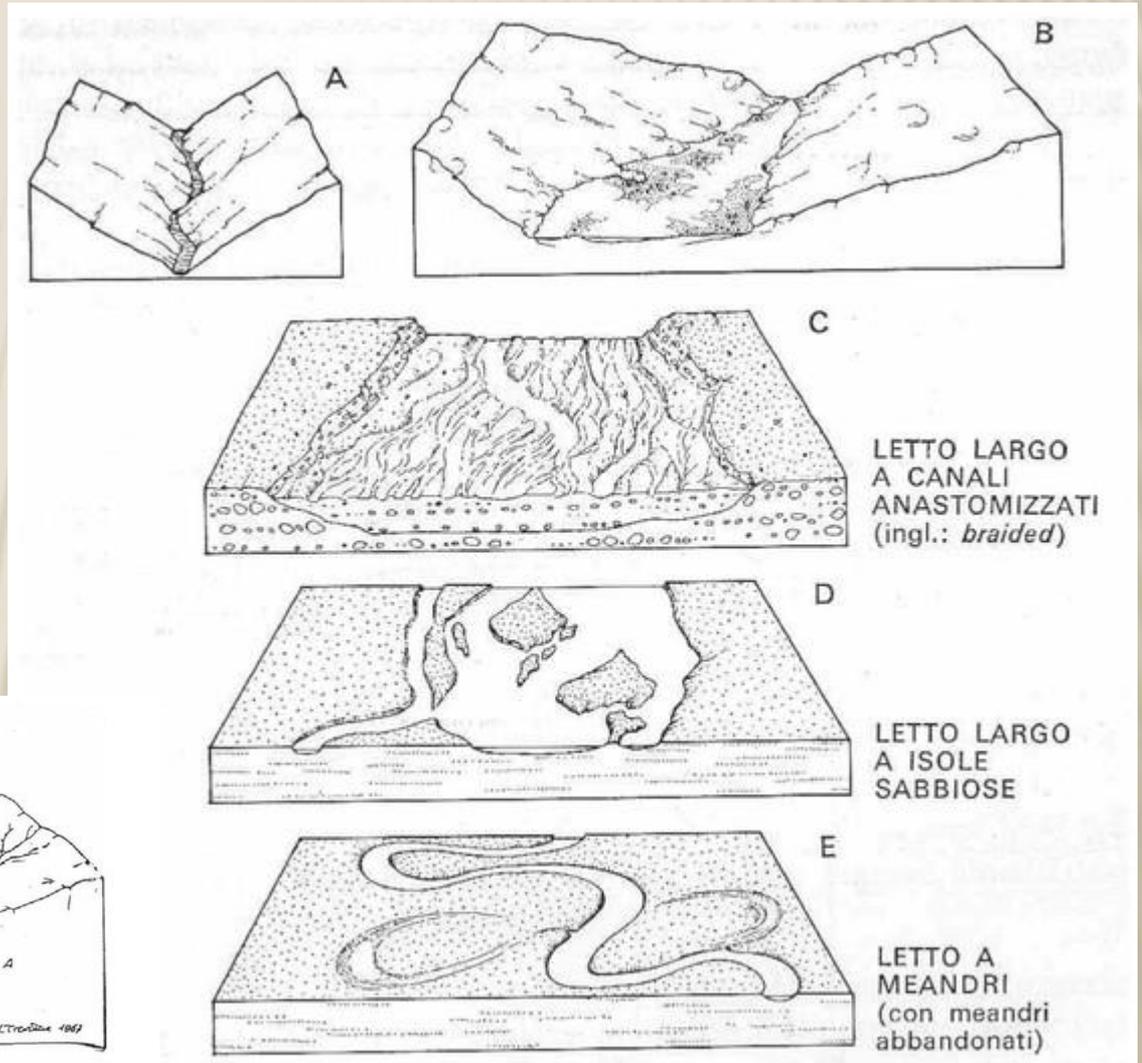
# FORMA DEGLI ALVEI

---

- ✘ Se il flusso fosse tranquillo e costante, gli alvei sarebbero rettilinei ed uniformi
- ✘ Di solito però essi serpeggiano seguendo percorsi particolarmente sinuosi, molte volte anche a causa della sottostante struttura geologica
- ✘ Ma anche in aree perfettamente uniformi, il corso d'acqua è sinuoso (meandro)

# TIPI DI ALVEI

- ✗ Rettilinei
- ✗ Sinuosi
- ✗ A meandri
- ✗ Intrecciati



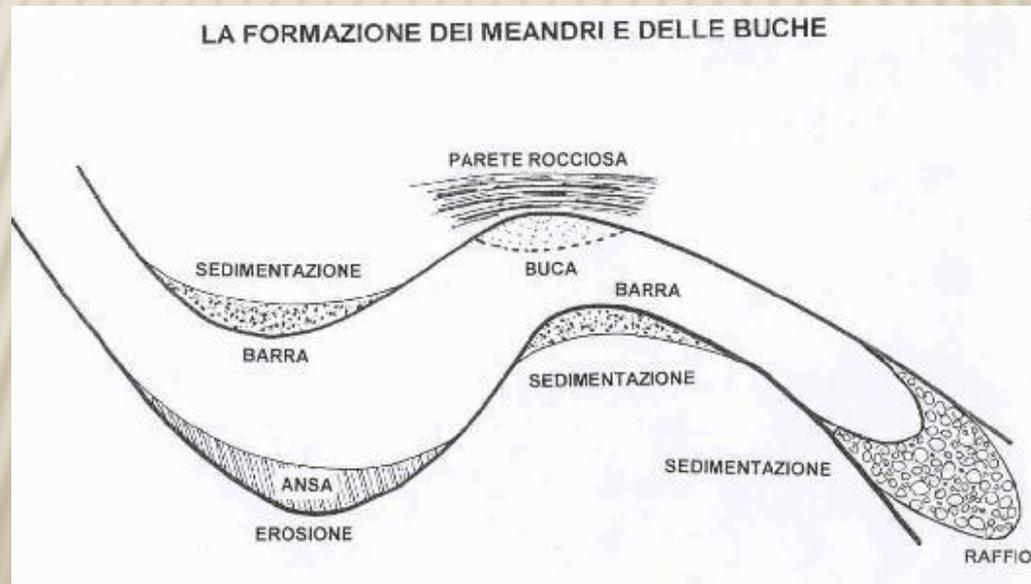
# ALVEI RETTILINEI

- ✘ Sono poco comuni, brevi e denotano un forte controllo strutturale
- ✘ I flussi non sono necessariamente rettilinei. La linea di flusso che corre nella porzione più profonda (ted: *thalweg*) tende a divagare, con al formazione di piccoli depositi alluvionali

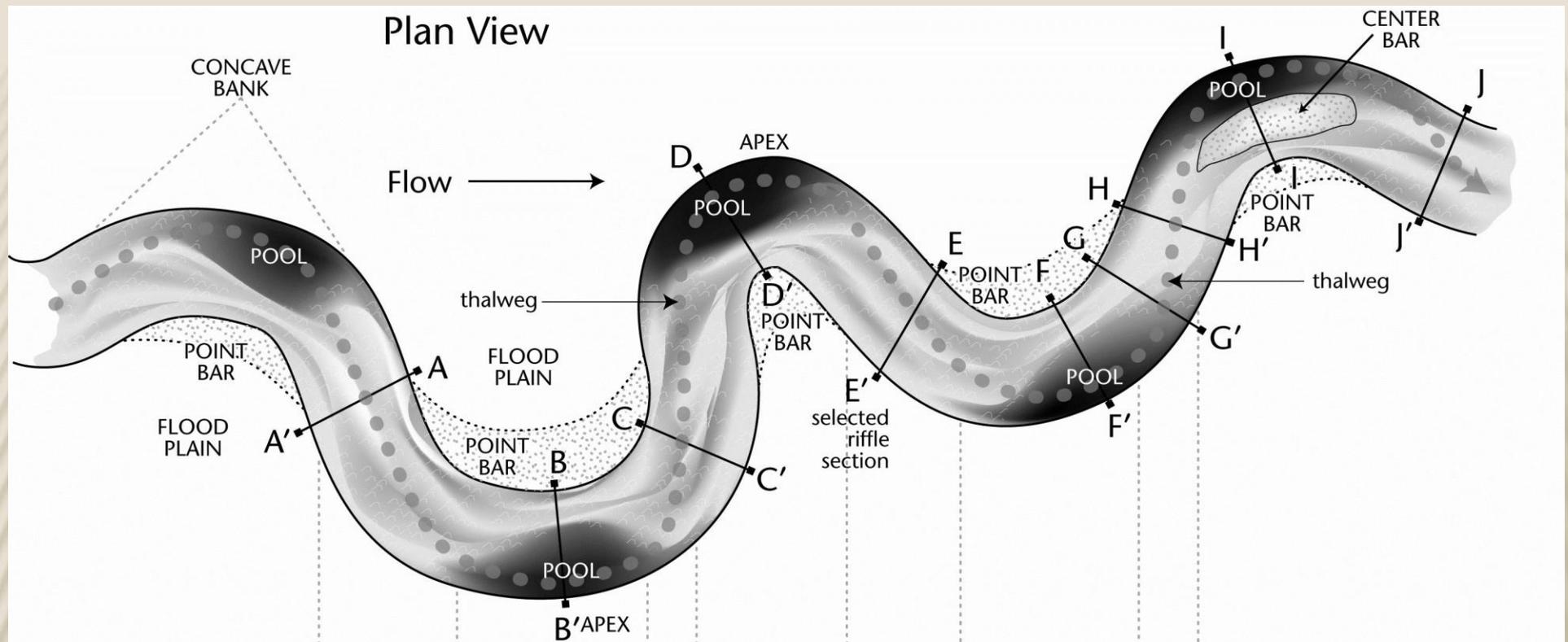


# ALVEI SINUOSI

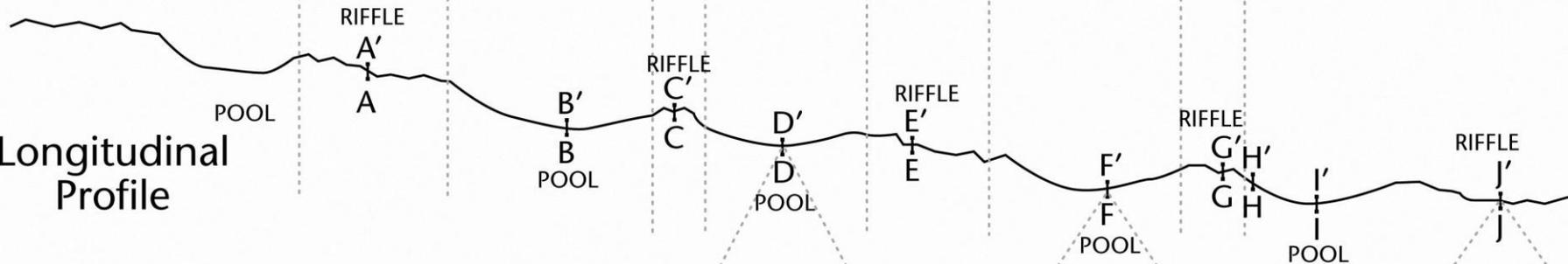
- ✘ Gli alvei sinuosi hanno un percorso con curvature dolci e regolari. Si formano più abbondanti accumuli sottocorrente



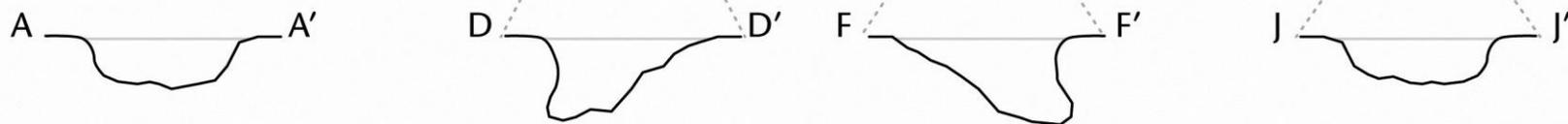
# Plan View



## Longitudinal Profile



## Cross-Sections



# ALVEI INTRECCIATI, ANASTOMIZZATI (*BRAIDED*)

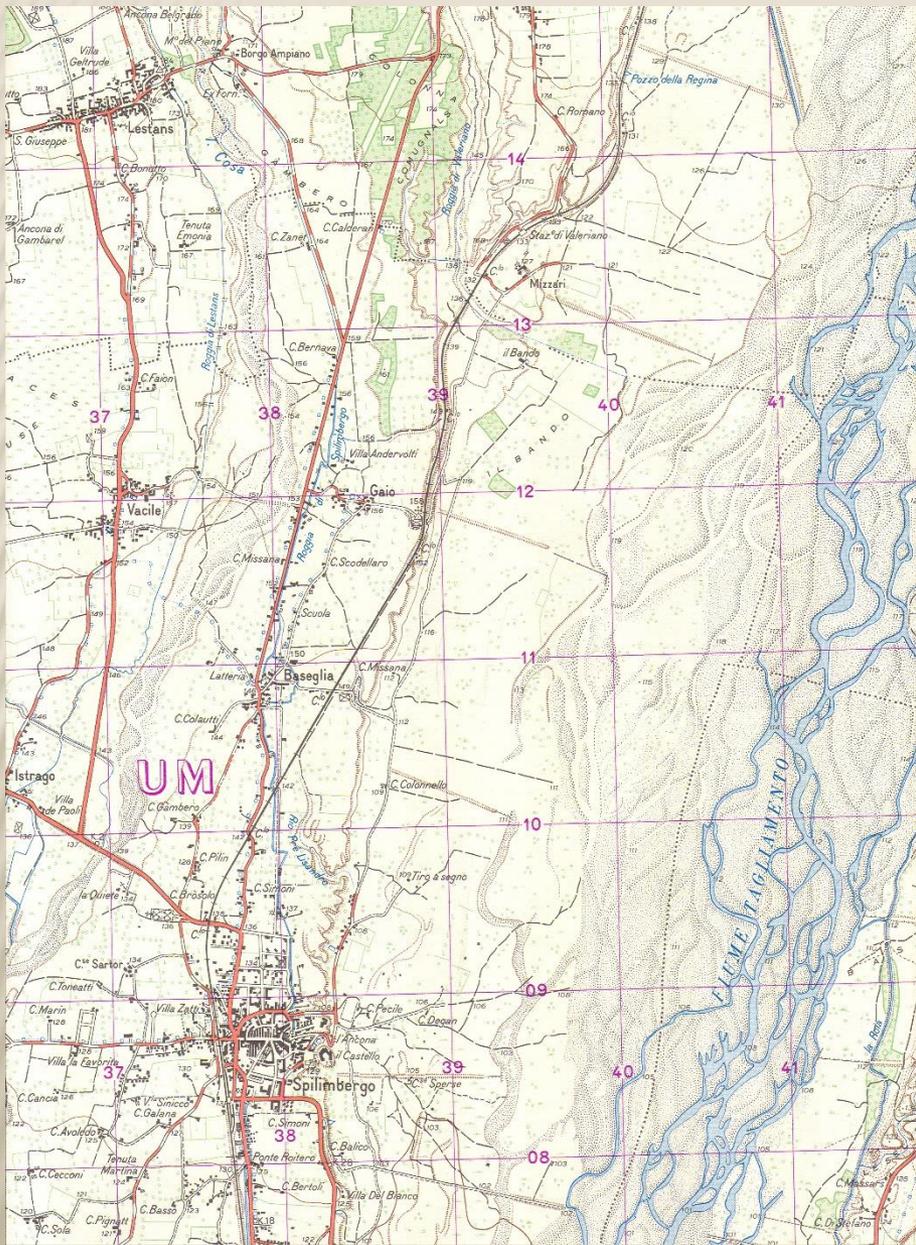
- ✘ Sono caratterizzati da molti canali interconnessi, separati da piccole barrre, o isole di sabbia, ciottoli e altri depositi
- ✘ Si formano quando un corso d'acqua dal gradiente molto ridotto trasporta un abbondante carico di sedimenti
- ✘ I canali attivi possono coprire meno di un decimo dell'intero sistema di drenaggio, ma in un singolo anno, tutti i sedimenti possono essere rimaneggiati dalla migrazione laterale dei canali

# TRATTO «BRAIDED»





(USA)



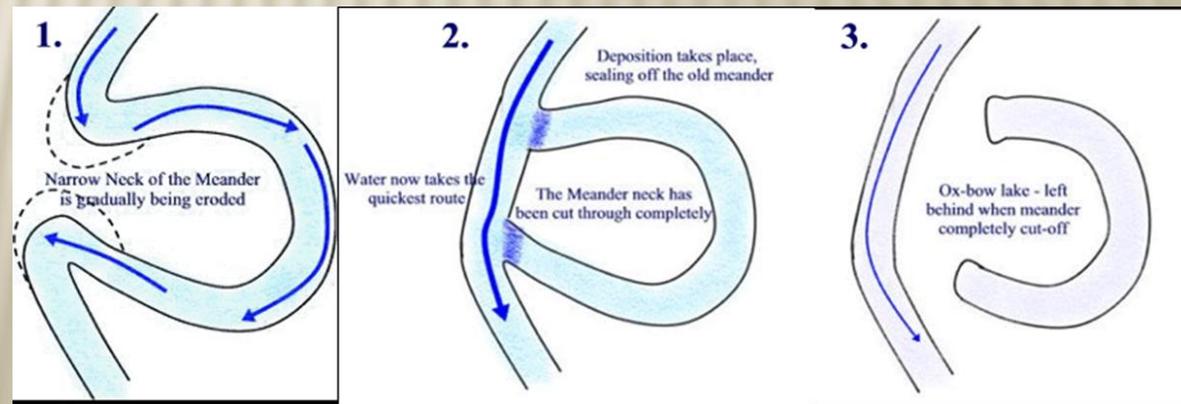
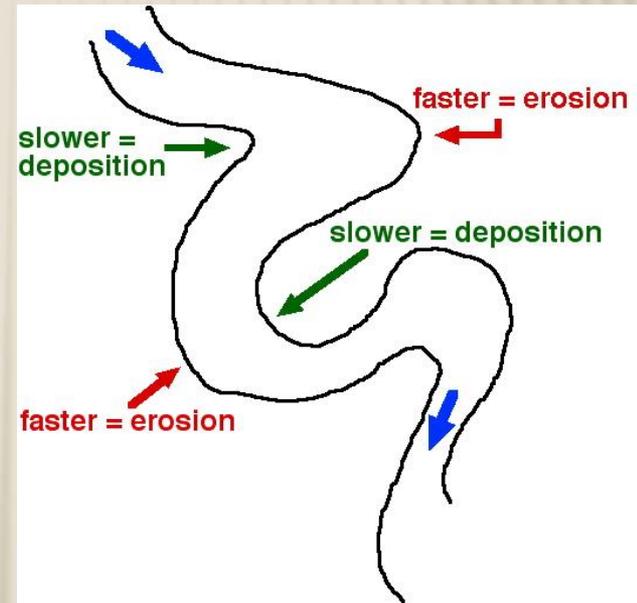
# ALVEI A MEANDRI

---

- ✘ Mostrano configurazioni molto complesse del percorso fluviale, in cui il corso d'acqua si contorce fino a chiudersi ad anello ed abbandonare il vecchio percorso (meandro abbandonato)
- ✘ Si formano generalmente in aree pianeggianti in corsi d'acqua che, pur avendo flussi poco veloci, si muovono sufficientemente da erodere le rive e trasportare sedimenti

# EVOLUZIONE DEI MEANDRI

- ✘ Lo sviluppo di un meandro porta alla formazione di un «collo» che può essere tagliato dal fiume
- ✘ In corrispondenza del taglio rimane un meandro morto, che trattiene l'acqua in una sorta di lago di meandro, almeno fino a che il bacino non viene completamente riempito da sedimenti (palude di meandro, meandro relitto)







# ANSE E MEANDRI



Il livello di base

# IL MODELLAMENTO DELLE VALLI FLUVIALI

# VALLE FLUVIALE

---

✖ Essa comprende:

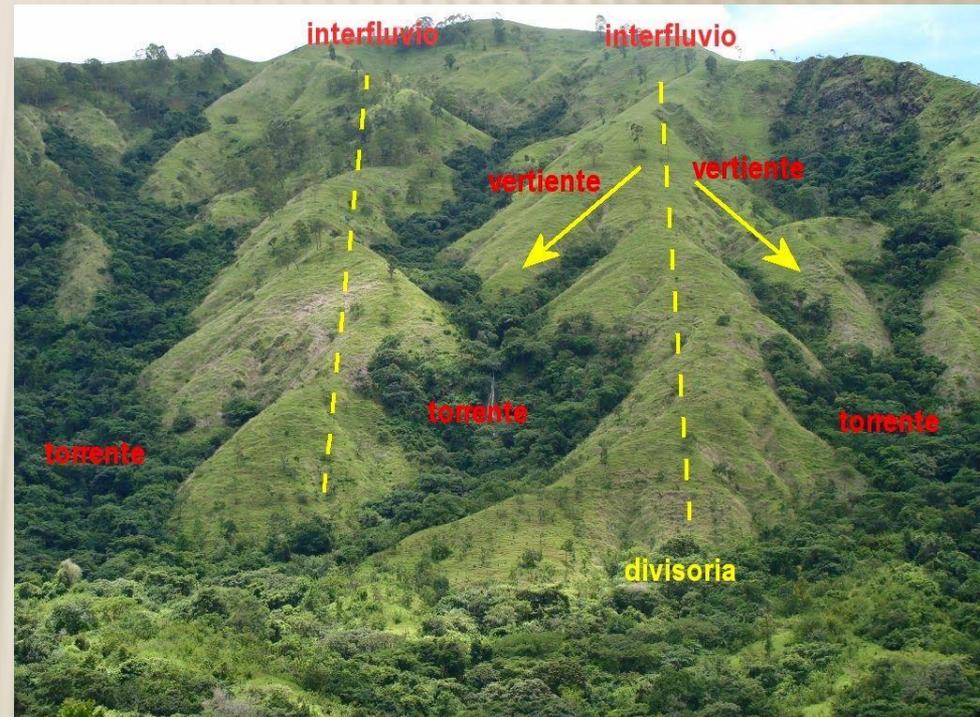
- + Il fondovalle: la parte più bassa e piatta del tutto o in parte occupata dal corso d'acqua
- + I fianchi vallivi, o versanti, più o meno inclinati che si elevano su entrambi i lati

In alcuni casi il fondovalle può essere stretto, allungato e di estensione limitata, in altri ampio ed esteso. I fianchi possono essere ripidi o dolci

**Il limite della valle può essere definito come il limite superiore dei versanti, al di sopra del quale le vie di drenaggio sono assenti o indistinte**

# VALLI E INTERFLUVI

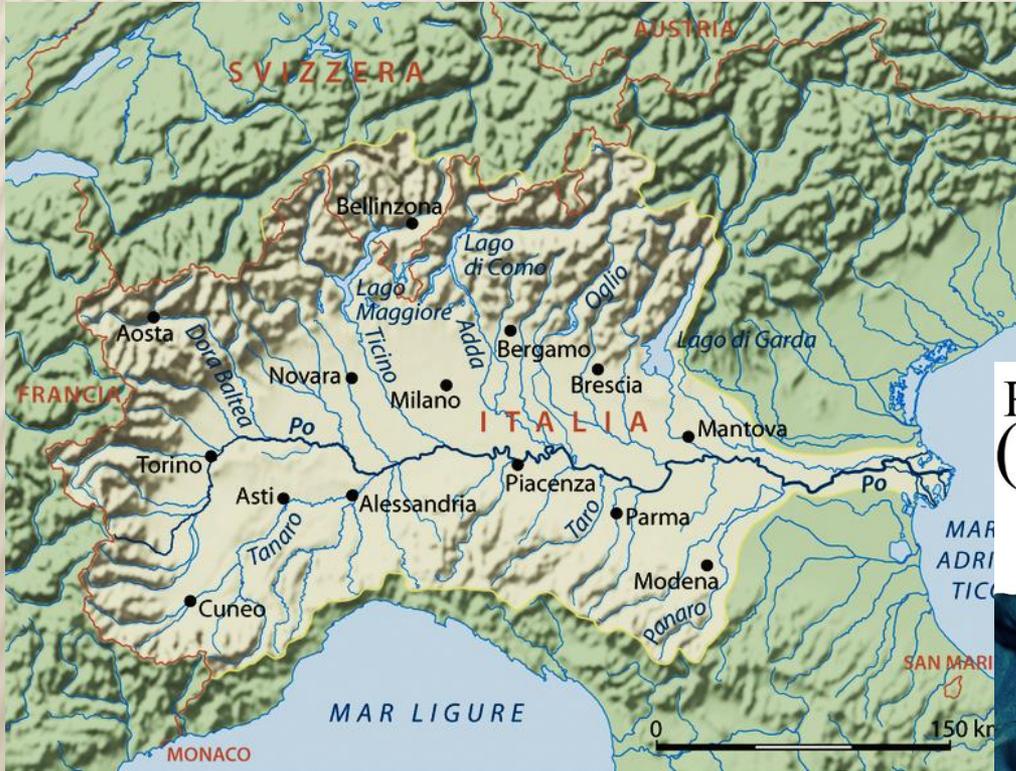
- ✘ Il modellamento dell'acqua corrente si realizza a partire dagli interfluvi (confini tra bacini idrografici diversi), ma agisce soprattutto nelle valli, ad opera delle forte correnti incanalate
- ✘ Le modificazioni morfologiche delle forme vallive producono continue variazioni sull'equilibrio dei sistemi di drenaggio



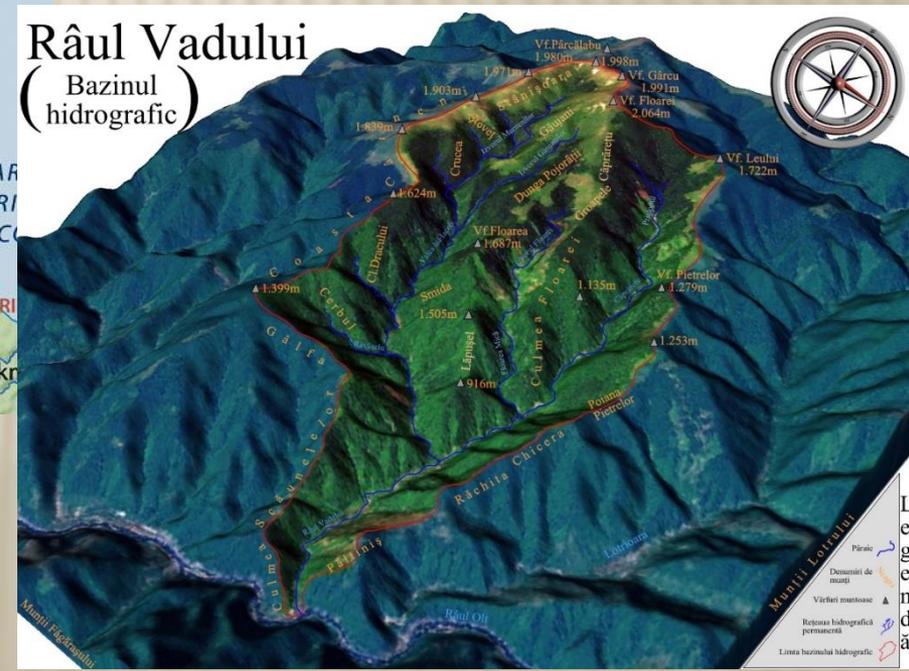
# VALLI E INTERFLUVI NELLA REALTÀ

- ✘ Questo dualismo tra valli e interfluvi è in realtà più complesso, nel senso che esistono elementi che non fanno parte di nessuna delle due categorie:
  - + Paludi e stagni, non avendo una direzione precisa di deflusso, non sono definibili direttamente nelle due categorie
  - + Forme costiere, legate all'azione del mare

# SCHEMA DEI BACINO



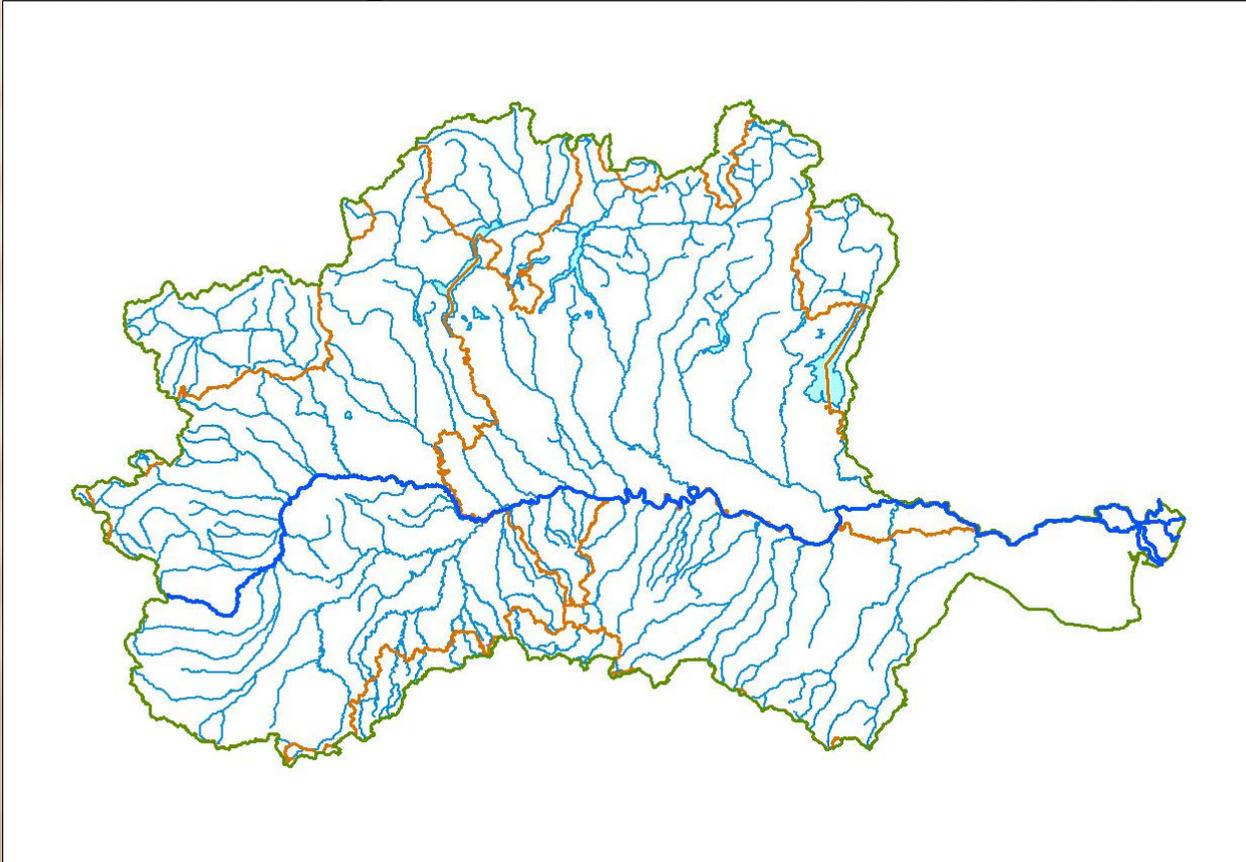
## Râul Vadului (Bazinul hidrografic)



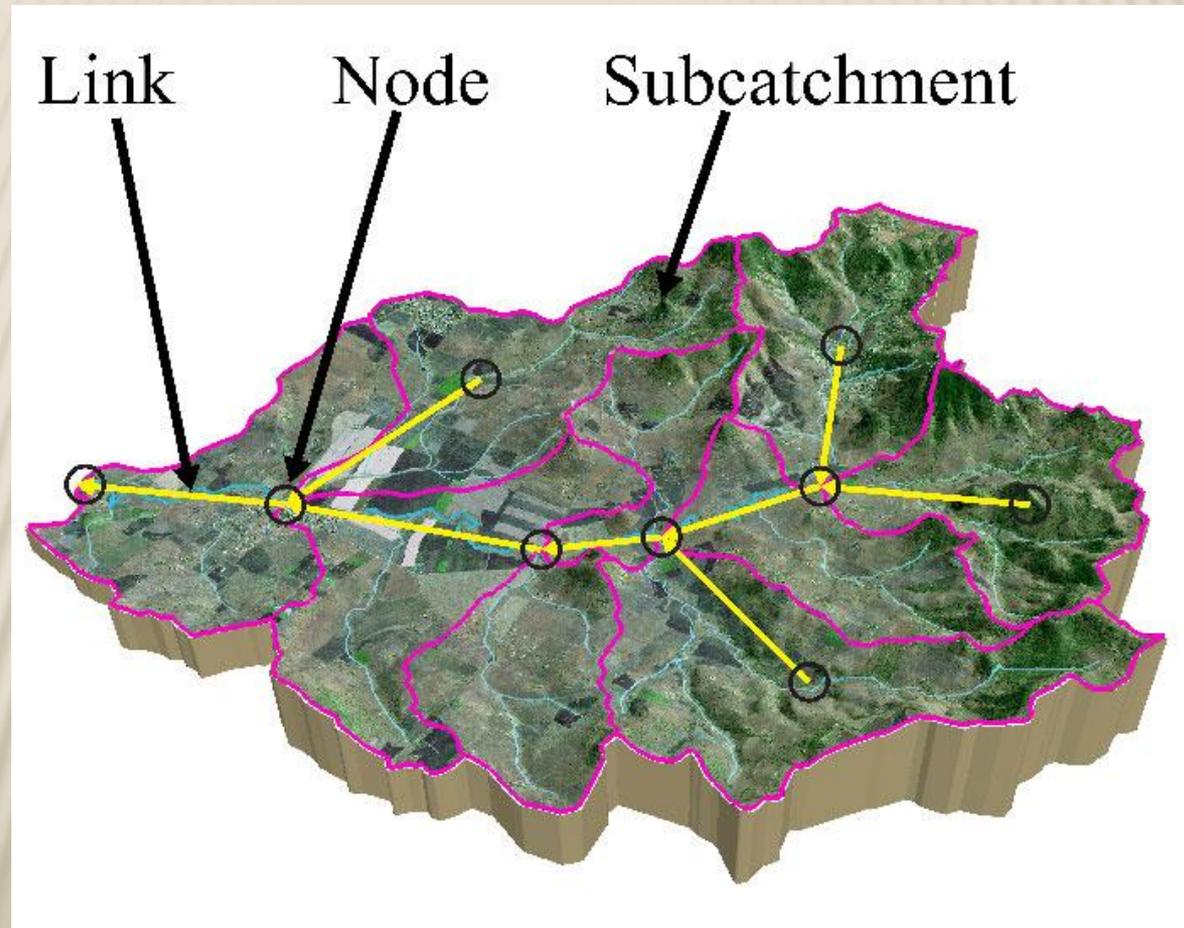
# LO SPARTIACQUE

---

- ✖ Lo spartiacque è la linea di separazione tra le acque che scendono nel bacino di drenaggio e quelle che si dirigono verso un bacino adiacente

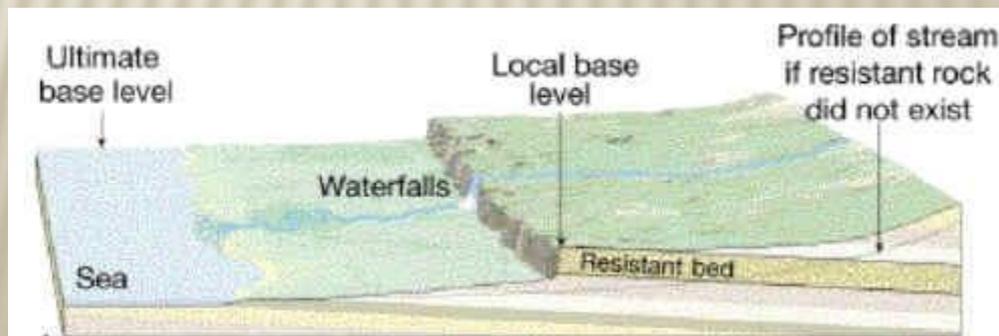


# GERARCHIA DEI CORSI D'ACQUA



# LIMITE DI INCISIONE VERTICALE DI UN CORSO D'ACQUA

- ✘ Il limite più basso di incisione è detto «**livello di base**» (Powell, 1875; Davis, 1902)
- ✘ Si tratta di una superficie immaginaria che si estende sotto ai continenti, a partire dal livello del mare presso la costa, con una lieve inclinazione in modo da mantenere il deflusso verso mare
- ✘ Il livello del mare è il *livello di base assoluto*, o limite inferiore di approfondimento dell'incisione fluviale
- ✘ Esistono diversi livelli di base: livello di base ultimo, temporaneo, locale, superficie livellata (Chorley and Beckinsale, 1968)

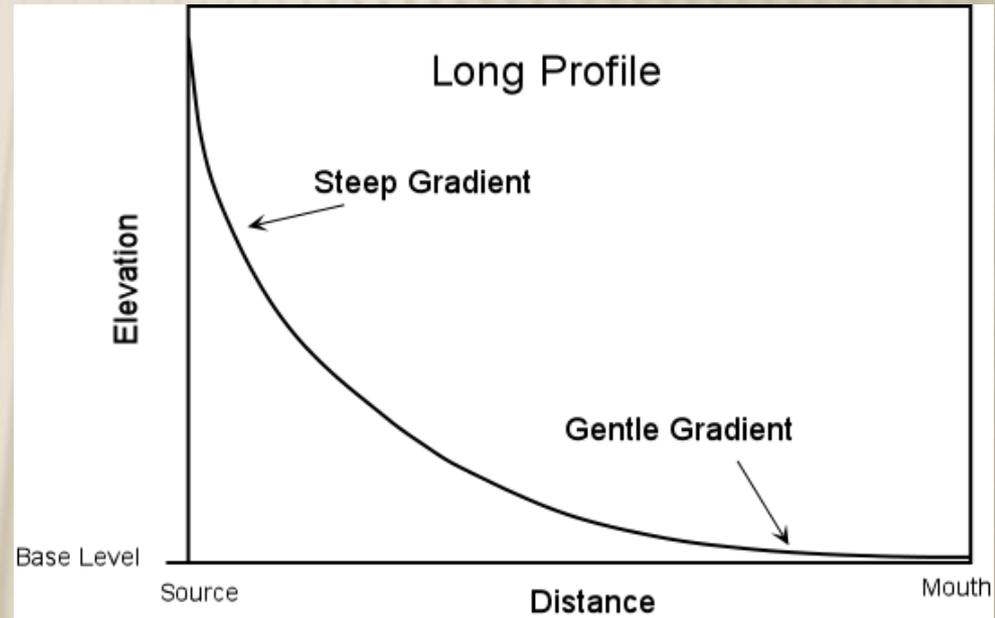


# SCHEMA DI PROFILO DI EQUILIBRIO

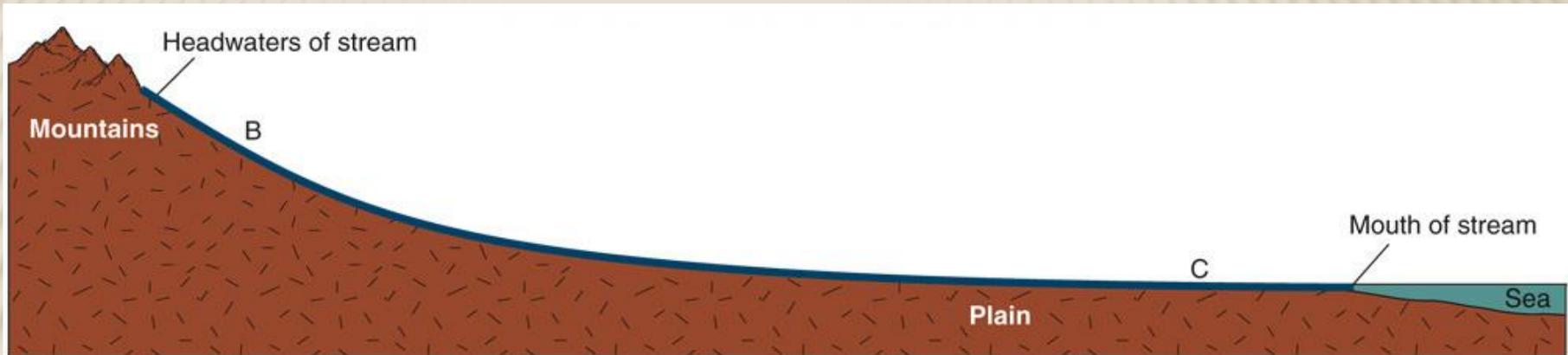
Il profilo longitudinale di un corso d'acqua , ovvero la variazione di quota del fondovalle dalla sorgente alla foce, è vincolato dal livello di base

La tendenza generale a lungo termine è la realizzazione di un profilo dolce, in cui i fattori si equilibrano

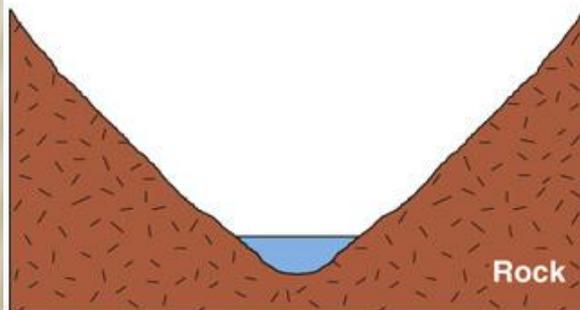
Questa condizione ipotetica è definita come quella in cui il gradiente permette appena all'acqua di trasportare il suo carico



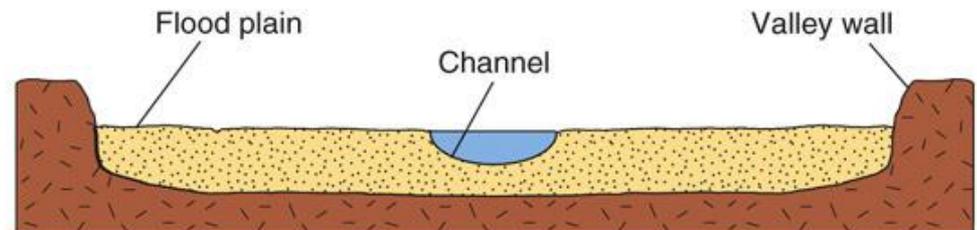
# SEZIONE E PROFILO FLUVIALE



**A** Longitudinal profile (dark blue line) of a stream beginning in mountains and flowing across a plain into the sea.



**B** Cross section of the stream at point B. The channel is at the bottom of a V-shaped valley cut into rock.



**C** Cross section at point C. The channel is surrounded by a broad flood plain of sediment.

# L'APPROFONDIMENTO DELLE VALLI

- ✘ Un corso d'acqua con una velocità relativamente elevata e/o una portata relativamente grande, spende molta della sua energia nell'attività di incisione
- ✘ L'incisione si verifica più frequentemente nelle parti **più a monte** del corso d'acqua, dove il gradiente è più alto
- ✘ L'effetto finale è la creazione di una **valle** profonda con fianchi molto inclinati e forma a **V**

# VALLE FLUVIALE



# L'AMPLIAMENTO DELLE VALLI FLUVIALI

- ✘ Con un gradiente elevato e il canale molto più alto del livello di base, l'erosione lineare è dominante
- ✘ L'allargamento della valle è quindi relativamente modesto, in quanto è legato esclusivamente all'alterazione meteorica, ruscellamento e movimenti di massa dal versante
- ✘ L'approfondimento termina quando il fiume raggiunge il profilo di equilibrio
- ✘ Da quel momento, l'energia della corrente viene impiegata nell'andamento meandriforme

# AZIONE DEI FIUMI

# L'AZIONE DEI FIUMI

---

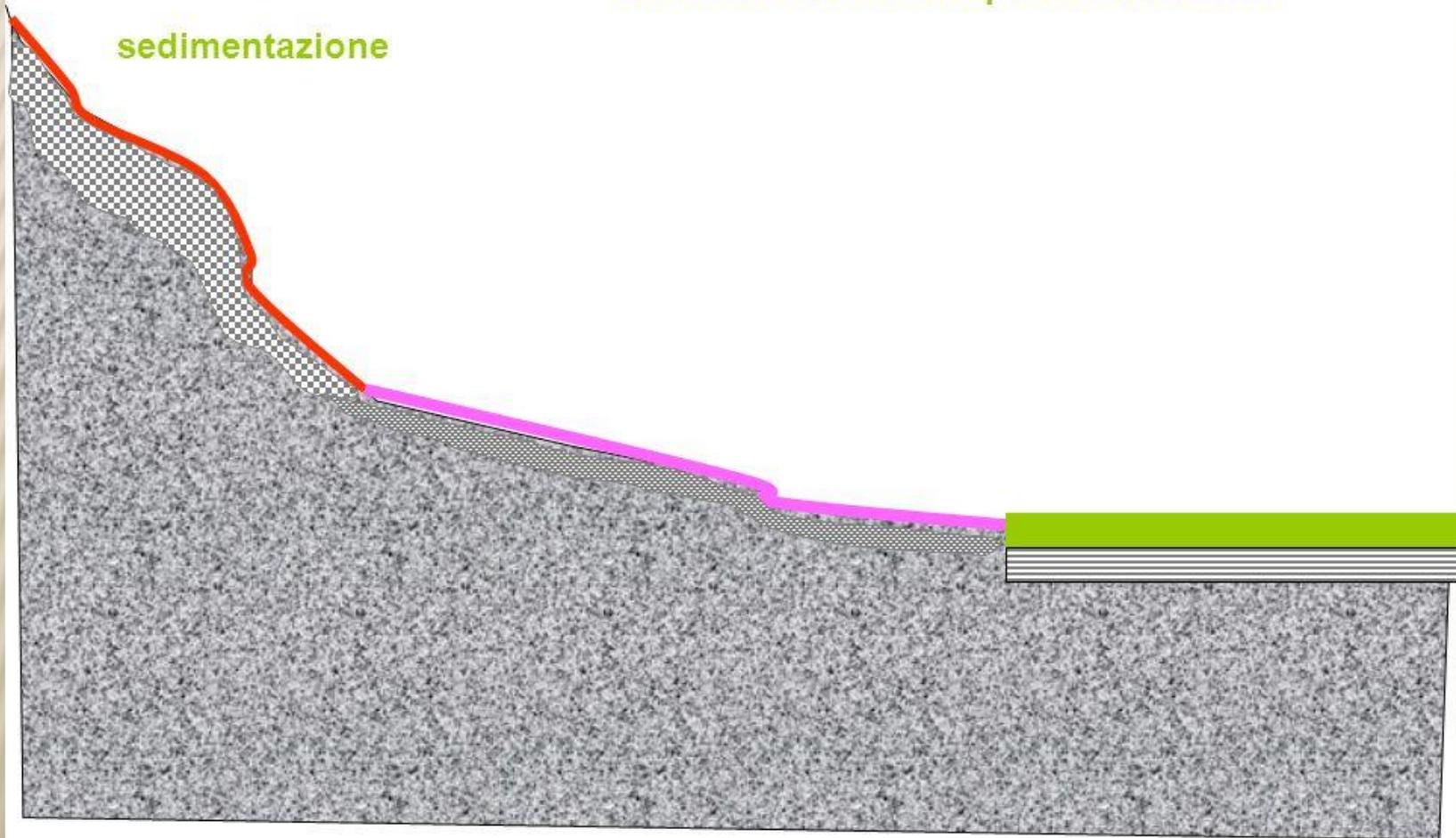
- ✘ L'azione corrente delle acque sulla superficie terrestre si esplica attraverso processi di ***erosione, trasporto e sedimentazione***.
- ✘ Assieme all'azione del vento, dei ghiacci e del mare, i processi fluviali costituiscono i ***processi esogeni***.
- ✘ Il modellamento dei corsi d'acqua è forse il processo più ubiquitario ed intenso tra i processi esogeni.

**erosione e trasporto**

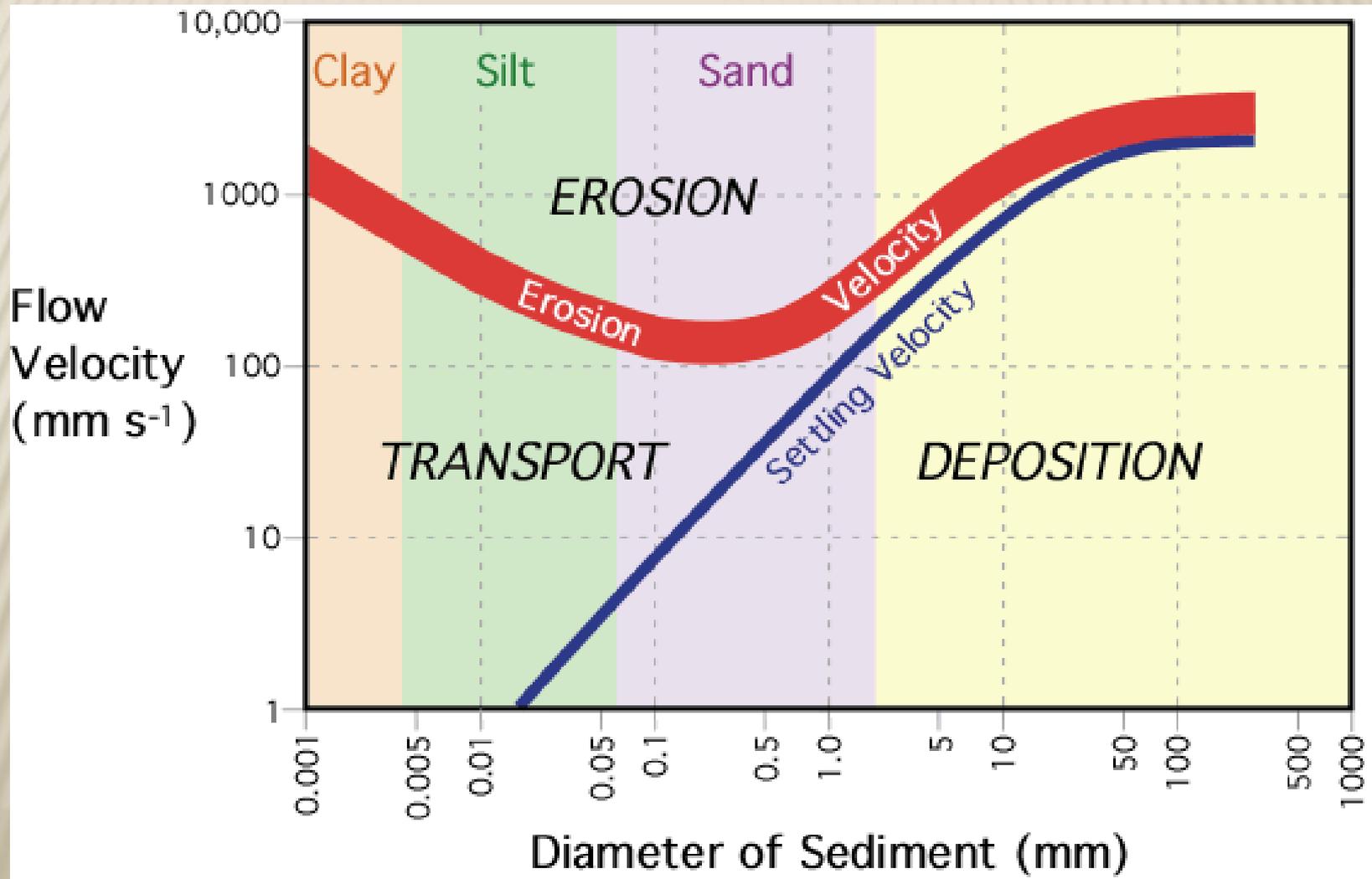
**trasporto ed erosione**

**sedimentazione**

**Il regime idrico varia in funzione della pendenza**  
**erosione e trasporto in zone a maggior pendenza**  
**trasporto e ancora erosione con pendenza media**  
**sedimentazione con pendenza minima**



# DIAGRAMMA DI HJULSTROM



# DEPOSITO, SEDIMENTAZIONE

---

- ✘ I materiali presi in carico dai corsi d'acqua, alla fine, verranno depositati, quindi l'erosione è seguita inevitabilmente dalla sedimentazione
- ✘ L'acqua corrente si muove verso la destinazione finale, che può essere il mare, un lago, un altro corso d'acqua, un bacino interno

# EROSIONE FLUVIALE



# TRASPORTO



# SEDIMENTAZIONE



# SEDIMENTI FLUVIALI



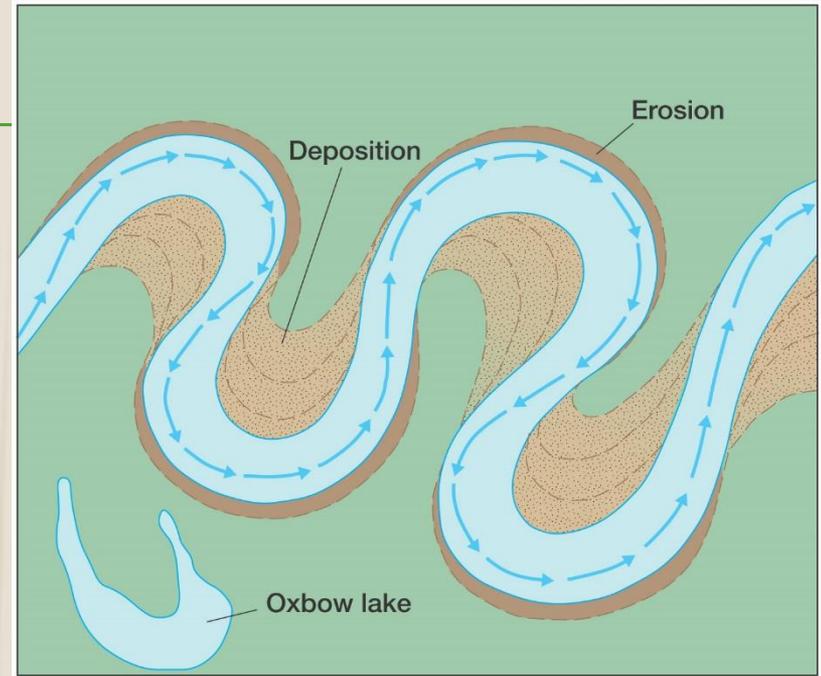
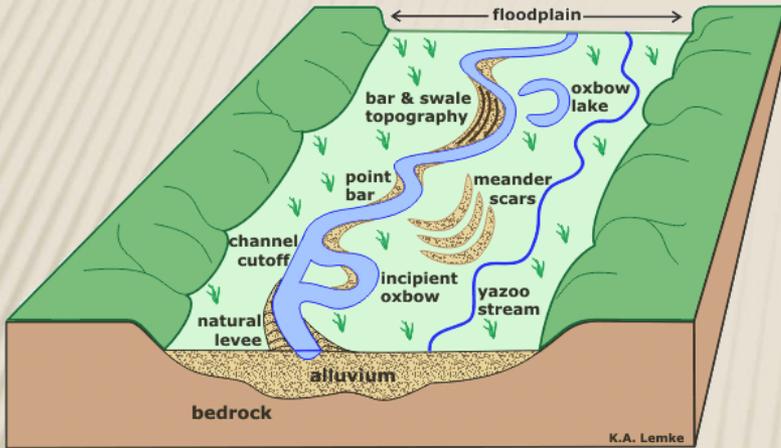
# DEPOSITI ALLUVIONALI (*ALLUVIAL DEPOSITS*)

- ✘ Un deposito alluvionale indica l'insieme dei materiali deposti dai corsi d'acqua. Nei depositi alluvionali, in generale:

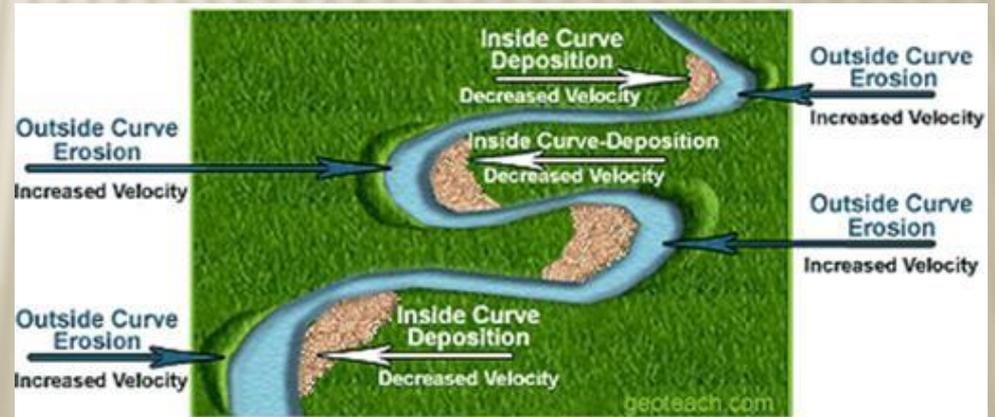
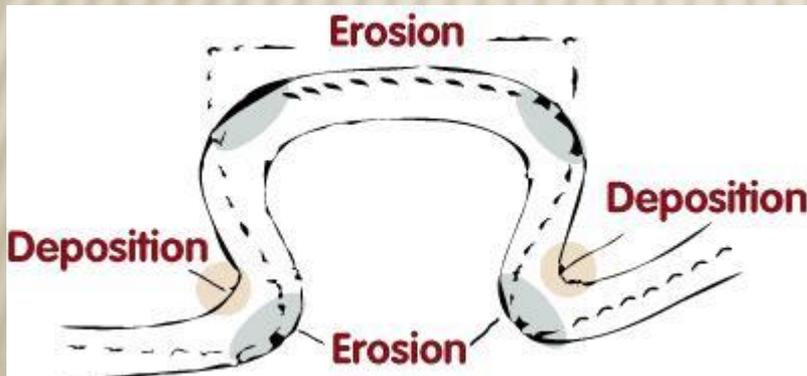
## **MOLTO IMPORTANTE**

- + Si nota una selezione delle particelle in base alle loro dimensioni
- + Le particelle più fini sono generalmente trasportate più lontano di quelle più grossolane
- + Il materiale alluvionale è tipicamente levigato ed arrotondato

# AMBIENTI DI DEPOSITO



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



# DEPOSITO ALLUVIONALE

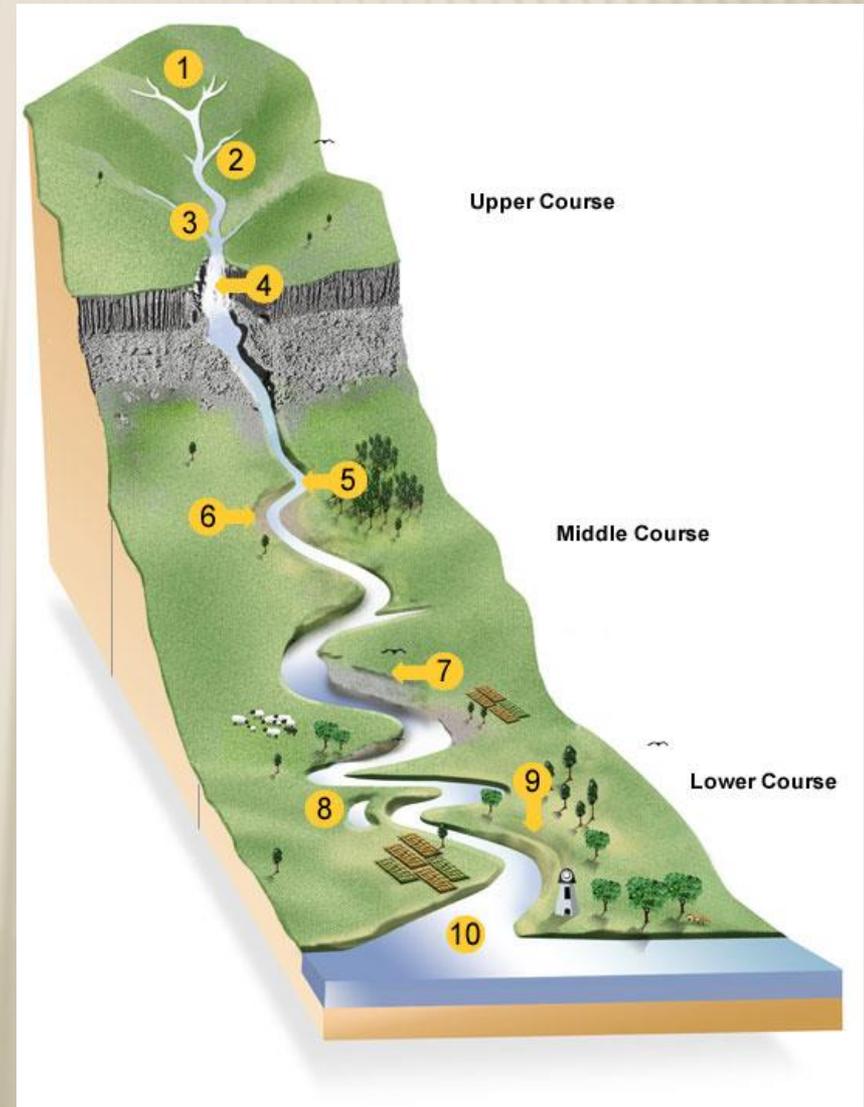
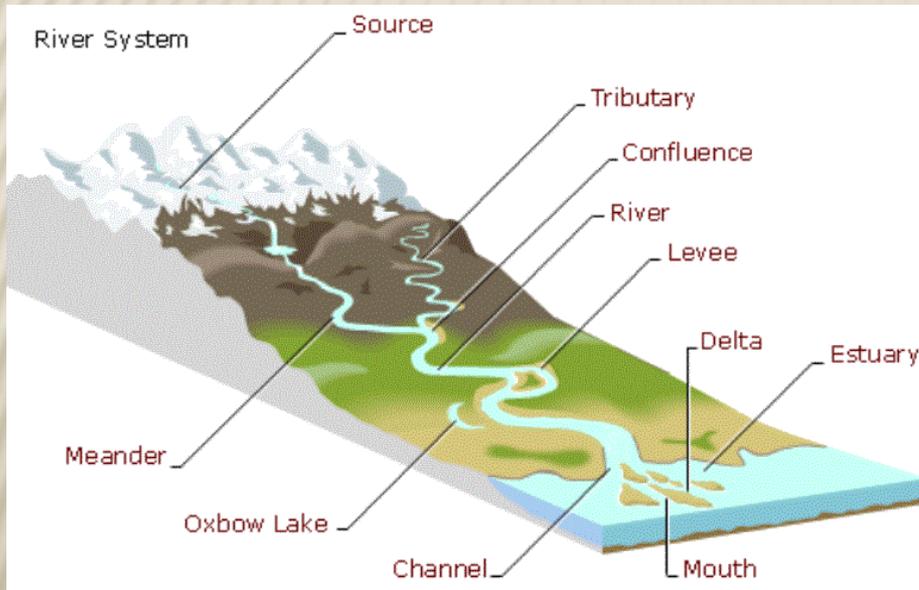


Aradetis Orgora, fiume Kura (Georgia)

# FORME FLUVIALI

---

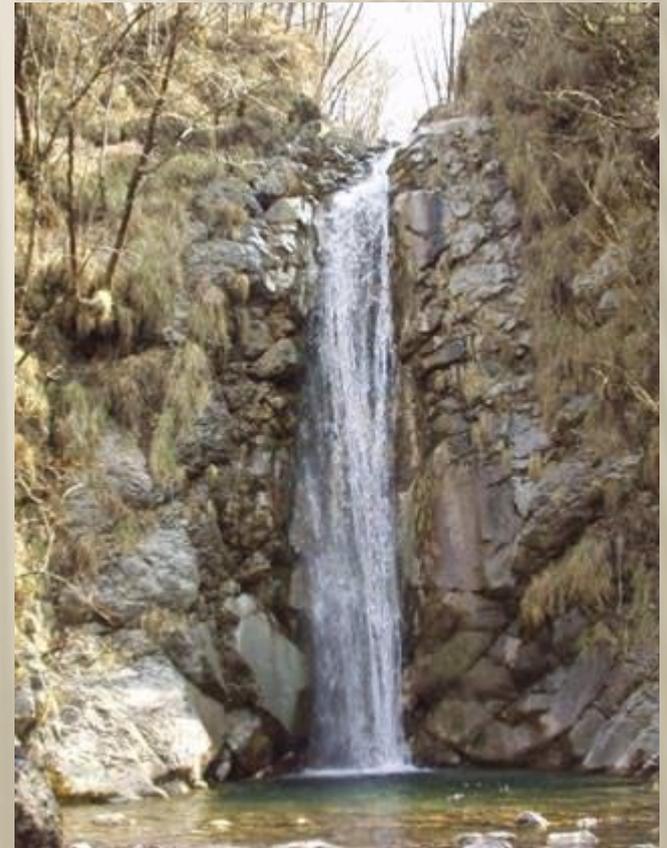
# DALLA SORGENTE ALLA FOCE



# CORSI D'ACQUA MONTANI

# CORSI D'ACQUA MONTANI

- ✘ Sono caratterizzati da **acque** molto fredde, portata in genere ridotta, elevate pendenze ed elevata velocità dell'**acqua**.





<https://www.gazzettadellevalli.it/attualita/val-senales-ruscelli-montani-eletti-tipologia-fluviale-del-2018-175558/>



I processi di ringiovanimento fluviale

# IL TERRAZZI ALLUVIONALI E MEANDRI INCASSATI

# RINGIOVANIMENTO

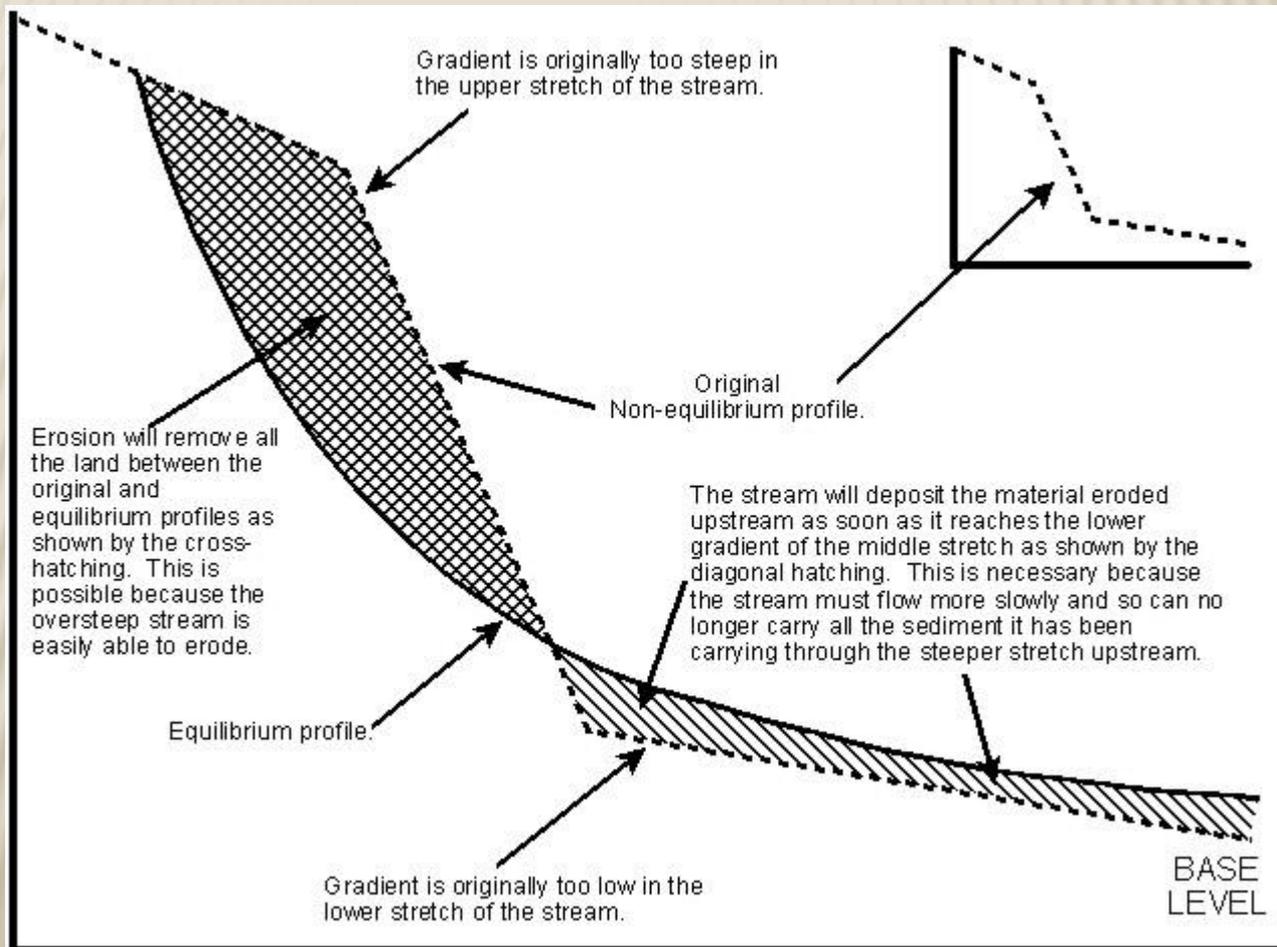
---

- ✘ Le superfici continentali sono soggette a variazioni di quota rispetto al livello del mare
- ✘ Possono essere indotte dalle variazioni del livello marino o dal sollevamento di carattere tettonico
- ✘ Quando accade questo, si ha un ringiovanimento del corso d'acqua, perché aumenta l'energia per l'incisione verticale

# AZIONE DELL'ACQUA

---

- ✘ L'acqua corrente tende ad addolcire le irregolarità della superficie su cui scorre.
- ✘ Fondamentalmente l'acqua spiana i rilievi e riempie le depressioni
- ✘ L'acqua può scavare profonde gole (forre, gorges) con versanti molto ripidi



# TERRAZZI FLUVIALI

---

- ✘ Un fiume che scorreva su un'ampia pianura alluvionale, si approfondisce scavando le sue stesse alluvioni
- ✘ Questo implica che quella pianura non sarà soggetta agli alluvionamenti, ma si troverà ad una quota più alta
- ✘ Questo relitto di un precedente fondovalle è detto *terrazzo alluvionale, o fluviale*

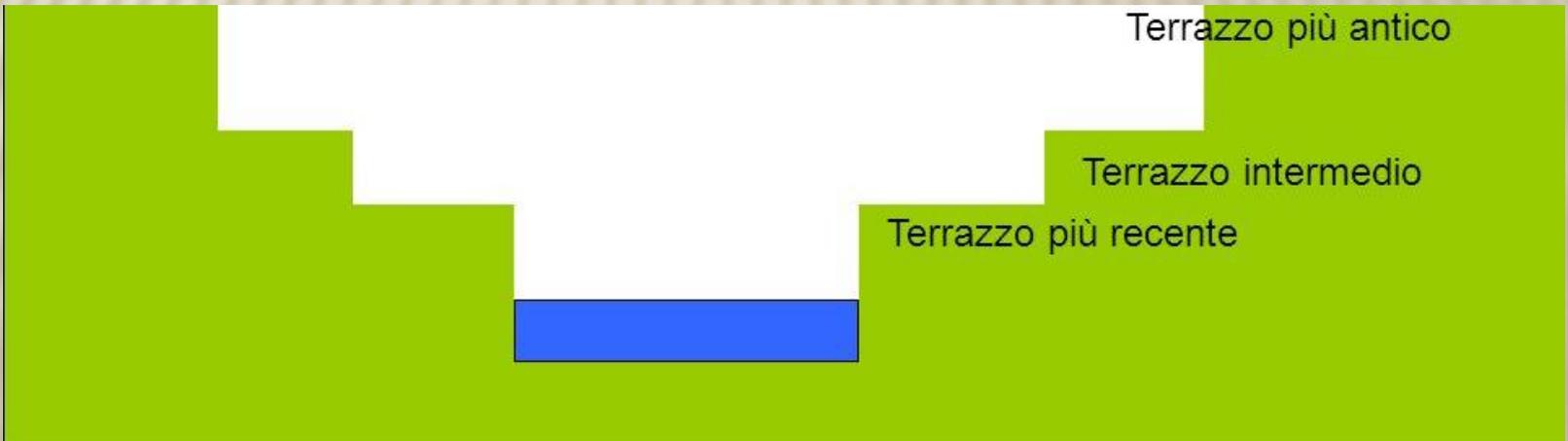
# TERRAZZI ALLUVIONALI



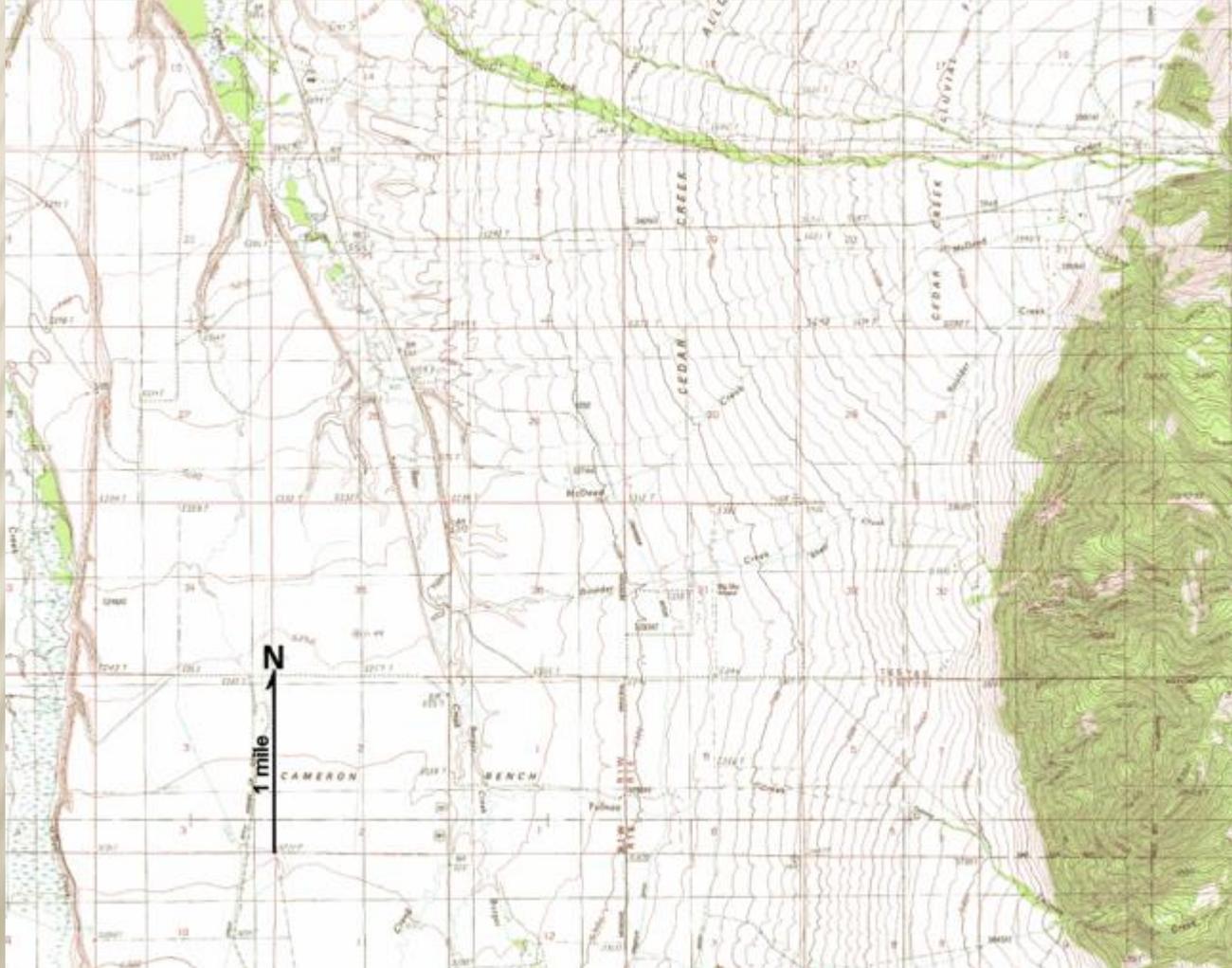
Terrazzo più antico

Terrazzo intermedio

Terrazzo più recente



# TERRAZZO ALLUVIONALE DEL F. MADISON (USA)

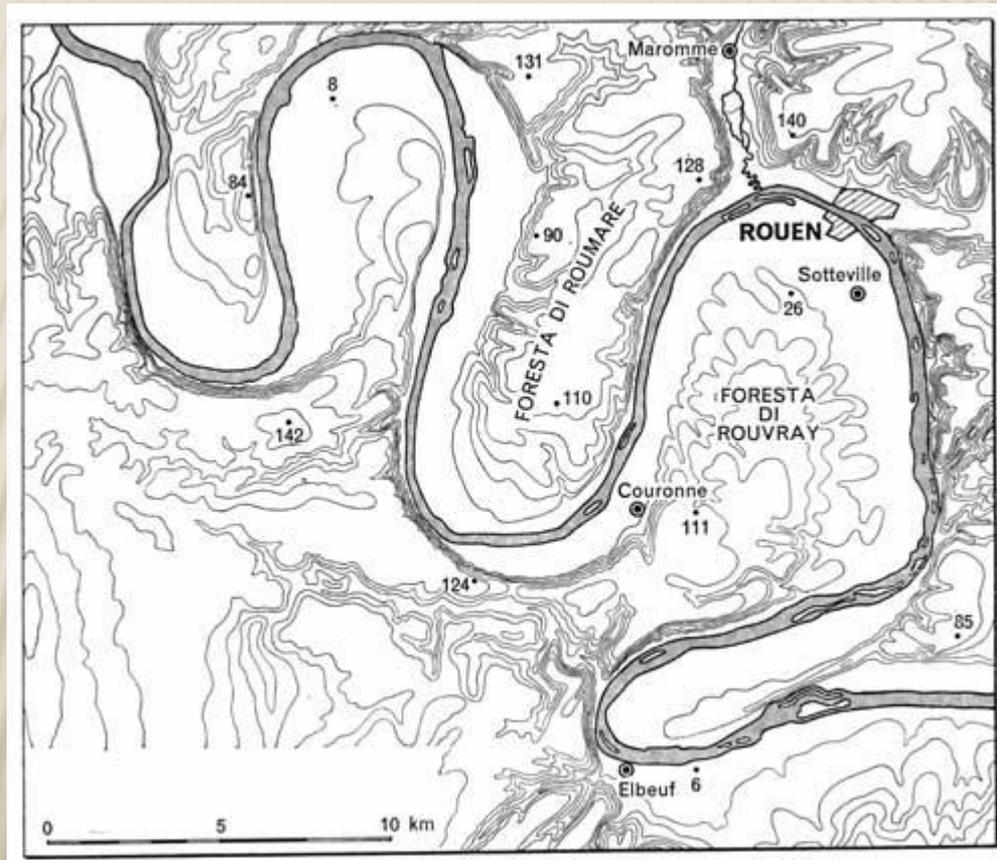


# MEANDRI INCASSATI

---

- ✘ Il ringiovanimento può sollevare aree in cui si trovavano meandri
- ✘ Se una piana viene sollevata, il corso d'acqua è costretto ad approfondire il suo letto, mantenendo invariato il percorso precedente e formando *meandri incassati*

# MEANDRO INCASSATI



Depression

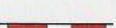
Contour lines

Index contour

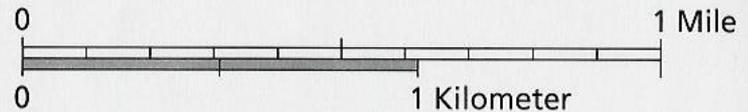
Hilltop

V-shaped contours

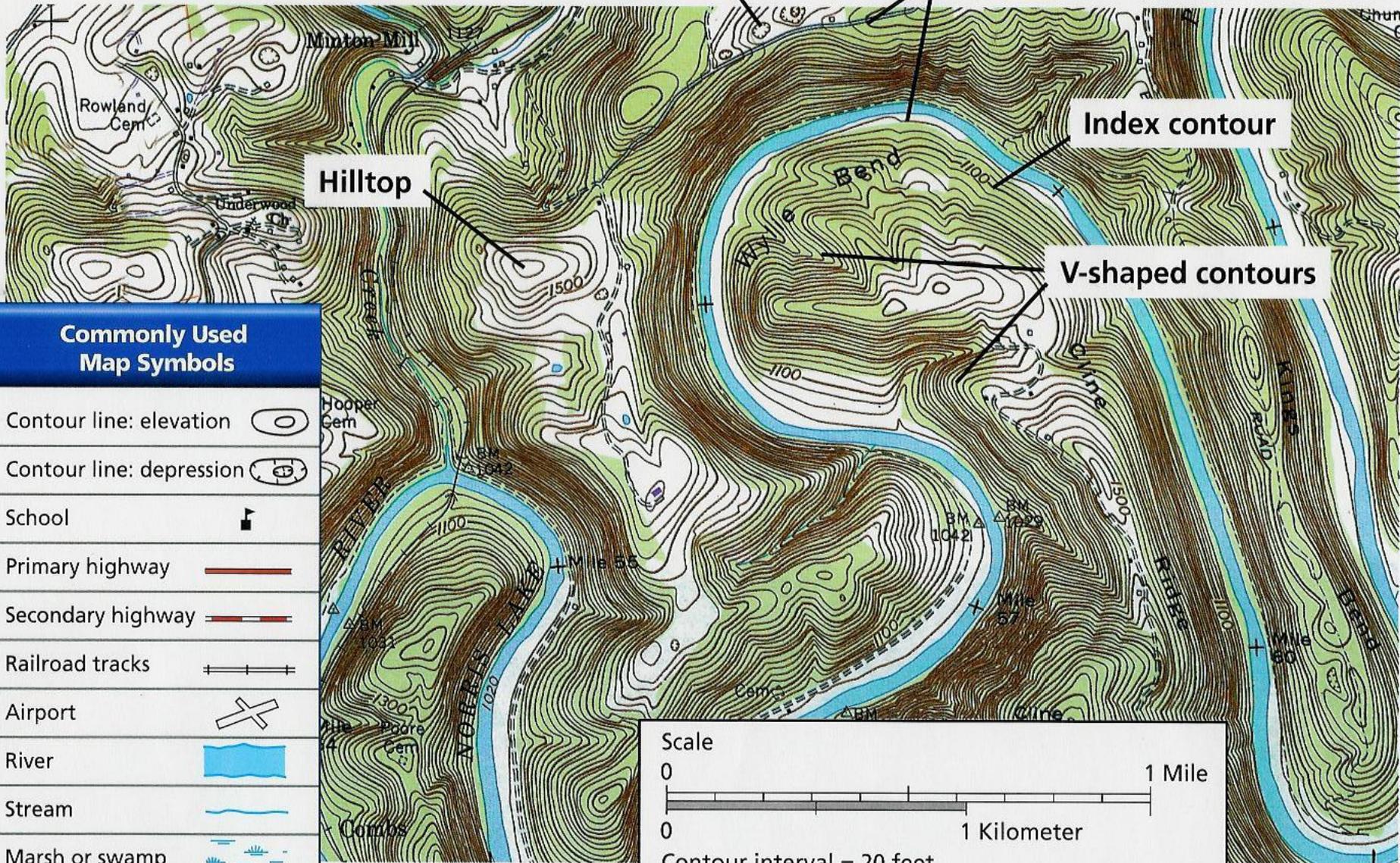
### Commonly Used Map Symbols

Contour line: elevation	
Contour line: depression	
School	
Primary highway	
Secondary highway	
Railroad tracks	
Airport	
River	
Stream	
Marsh or swamp	

Scale



Contour interval = 20 feet



# ARGINI NATURALI

---

- ✘ La pianura alluvionale è leggermente rialzata ai bordi per la presenza di argini naturali costituiti da materiale più grossolano
- ✘ Si formano durante le piene, quando le acque fuoriescono dall'alveo subiscono un rallentamento tale per cui depositano tutto il materiale più grossolano

Alluvial fans

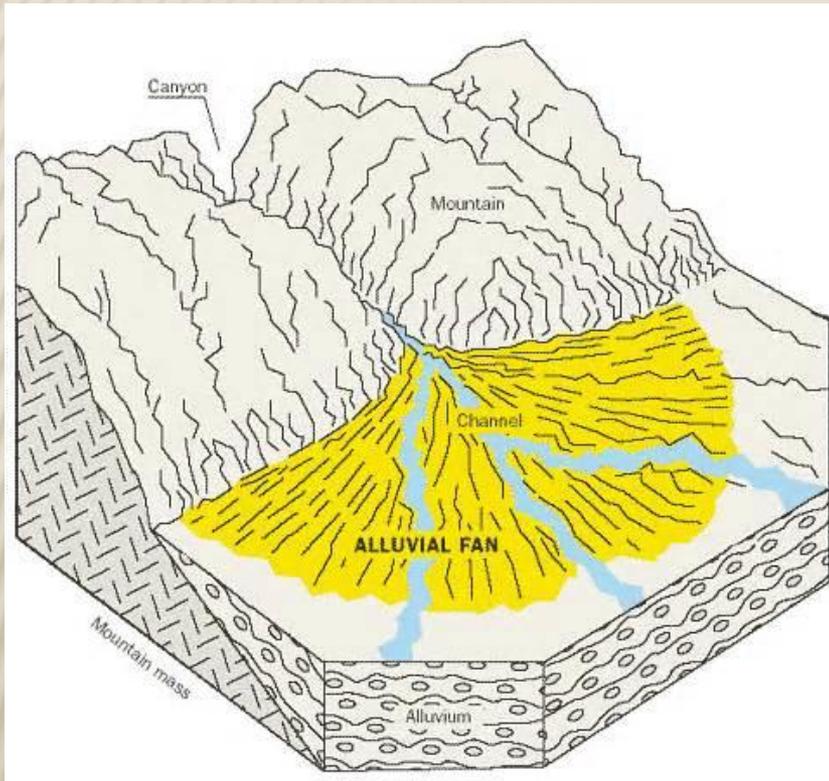
# CONOIDI ALLUVIONALI

- 
- ✘ Quando la velocità diminuisce, il carico detritico verrà depositato

La velocità può calare per riduzione del gradiente, ma anche per allargamento della sezione del corso d'acqua

- ✘ I depositi si trovano solitamente allo sbocco delle valli, nelle anse dei fiumi e nelle pianure alluvionali

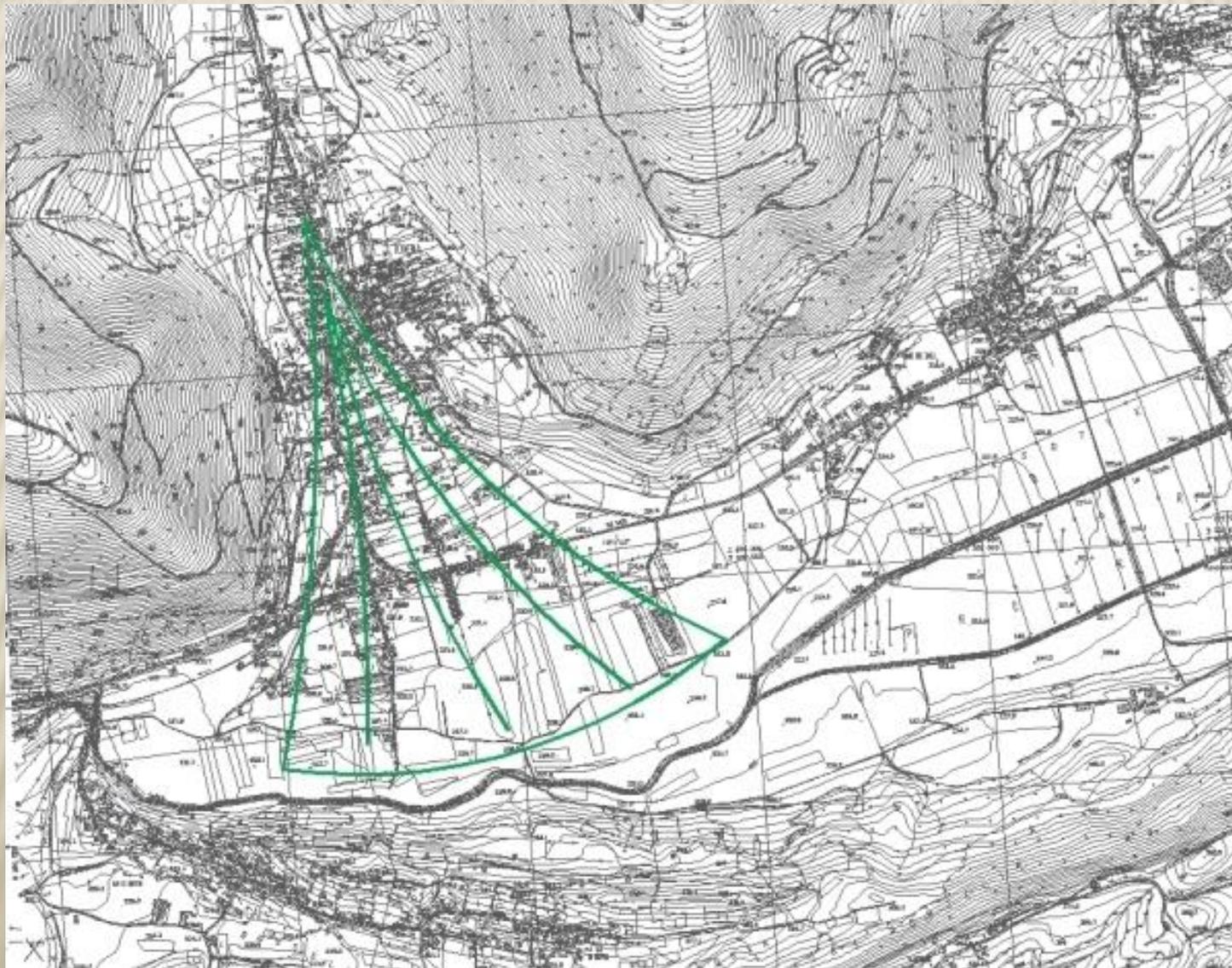
# SCHEMA DI UN ALLUVIAL FAN

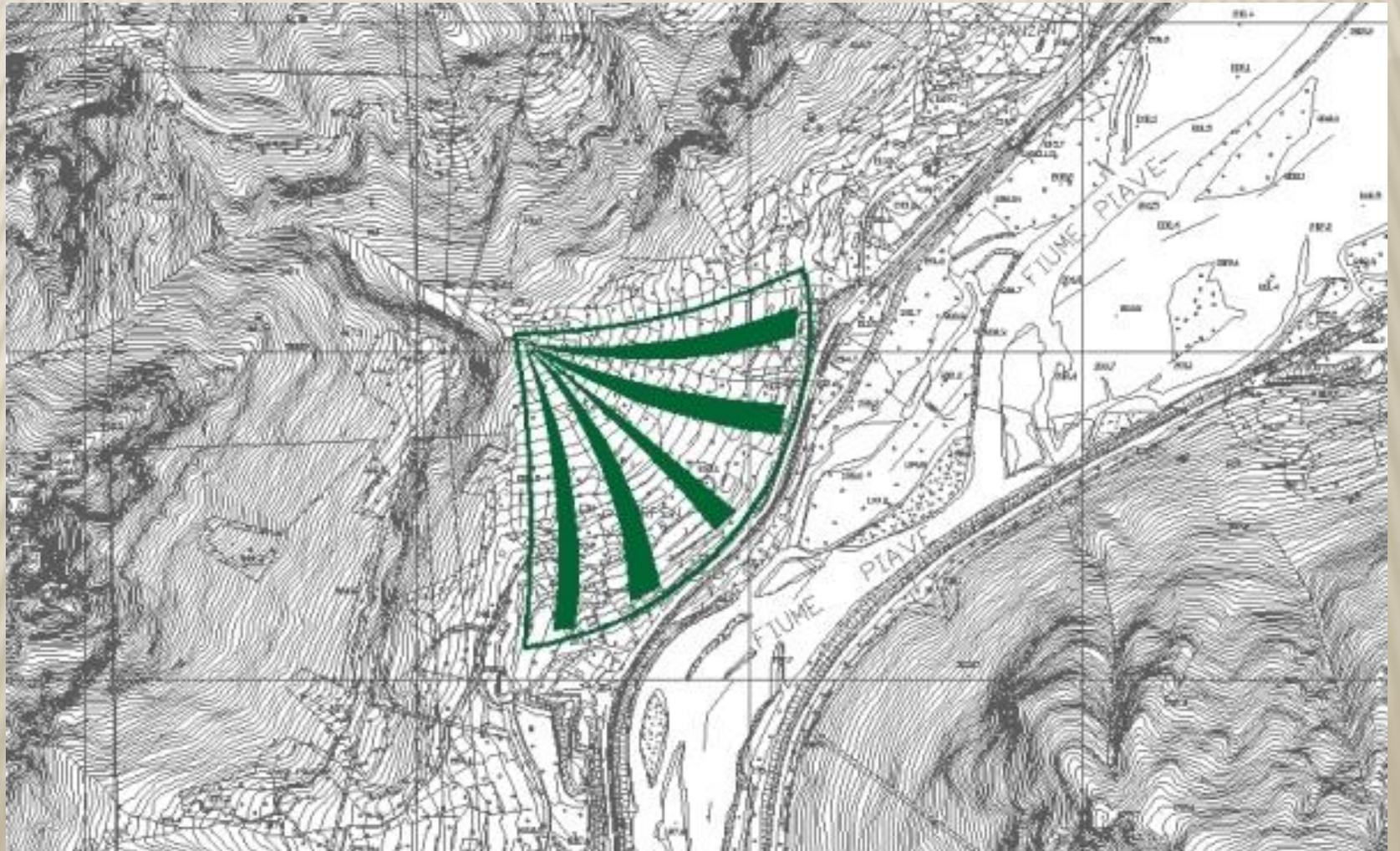




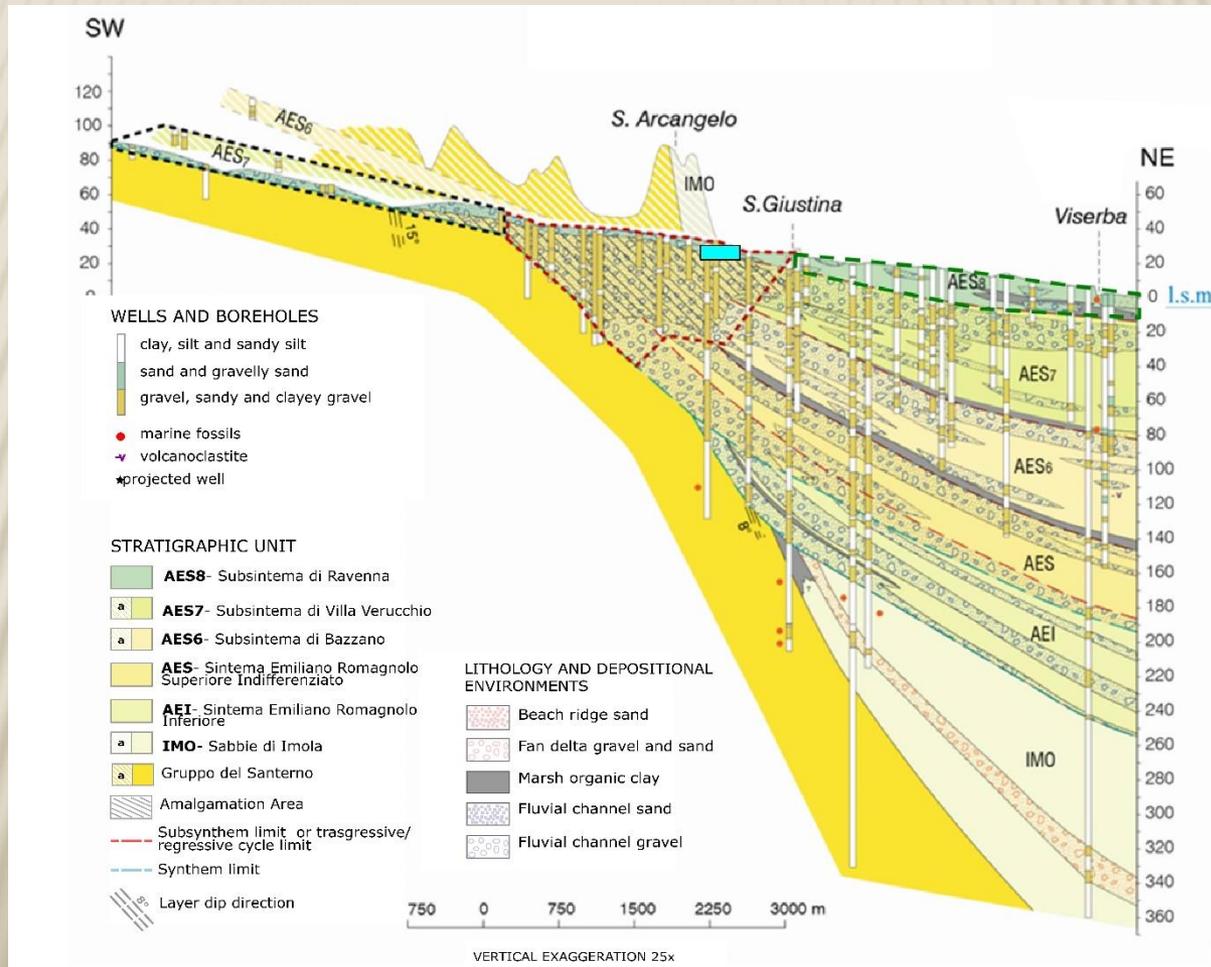


# CONOIDI E CARTOGRAFIA





# SCHEMA DI CONOIDE (FIUME MARECCHIA)



# LE PIANE ALLUVIONALI

# LA PIANA ALLUVIONALE

---

- ✖ Solitamente il fiume occupa solo parte della piana fluviale. Durante le piene invece l'intero fondovalle può essere inondato, cosicché lo si chiama *piana alluvionale*
- ✖ Il limite può anche essere la scarpata di un terrazzo alluvionale

# PIANA ALLUVIONALE



# LA SEDIMENTAZIONE VALLIVA

---

- ✘ I depositi fluviali possono comprendere tutti i tipi di detrito roccioso, ma le particelle più piccole ne costituiscono la maggior parte
- ✘ I sedimenti superficiali sono infatti costituiti primariamente da limo e argilla. Inoltre, nel trasporto a valle, le particelle diventano via via più piccole a causa degli urti

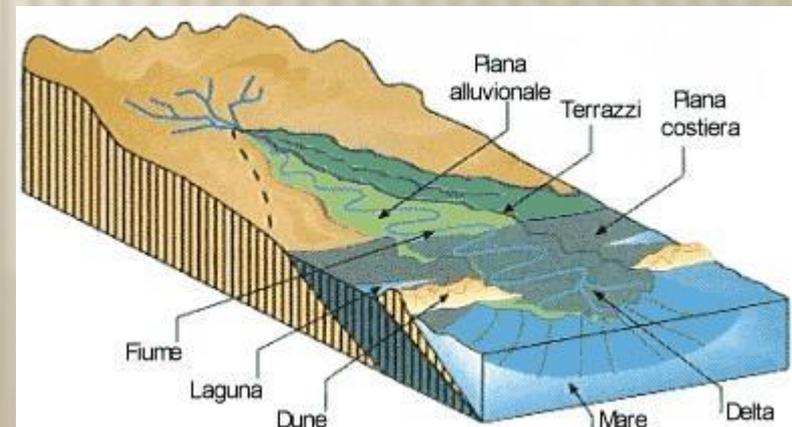
# AGGRADAZIONE

---

- ✘ A causa delle variazioni di flusso e turbolenza, i depositi alluvionali possono depositarsi ovunque nel fondovalle
- ✘ Dopo lunghi periodi di piena o con forte alimentazione dal versante, i depositi si possono accumulare sul letto del corso d'acqua, provocando un innalzamento del livello (*aggradazione*)

# LE PIANURE ALLUVIONALI

- ✖ E' la forma deposizionale più importante del sistema fluviale
- ✖ Si sviluppa a seguito dei processi precedentemente studiati
- ✖ Sono formate dai meandri



Lo sbocco del corso d'acqua in mare

# DELTA ED ESTUARI

# FORMAZIONE DEI DELTA FLUVIALI

- ✘ Allo sbocco del corso d'acqua in un altro fiume, lago o nel mare, l'acqua rallenta la sua velocità e deposita il suo carico
- ✘ La maggior parte dei sedimenti è deposta proprio alla foce, generando un accumulo detto delta
- ✘ La forma dei delta dipende dallo squilibrio tra sedimenti depositati e sedimenti rimossi dalle onde e dalle correnti costiere

# DELTA E CANALI DISTRIBUTORI

---

- ✘ I delta sono normalmente costituiti da un insieme di canali grossomodo paralleli, detti *distributori*.
- ✘ La continua deposizione innalza la superficie del delta facendola parzialmente emergere sopra il livello del mare
- ✘ La combinazione di sedimenti alluvionali e abbondanza di acqua favorisce l'insediamento della vegetazione, che provoca un'ulteriore espansione del delta verso mare

# I DELTA

---

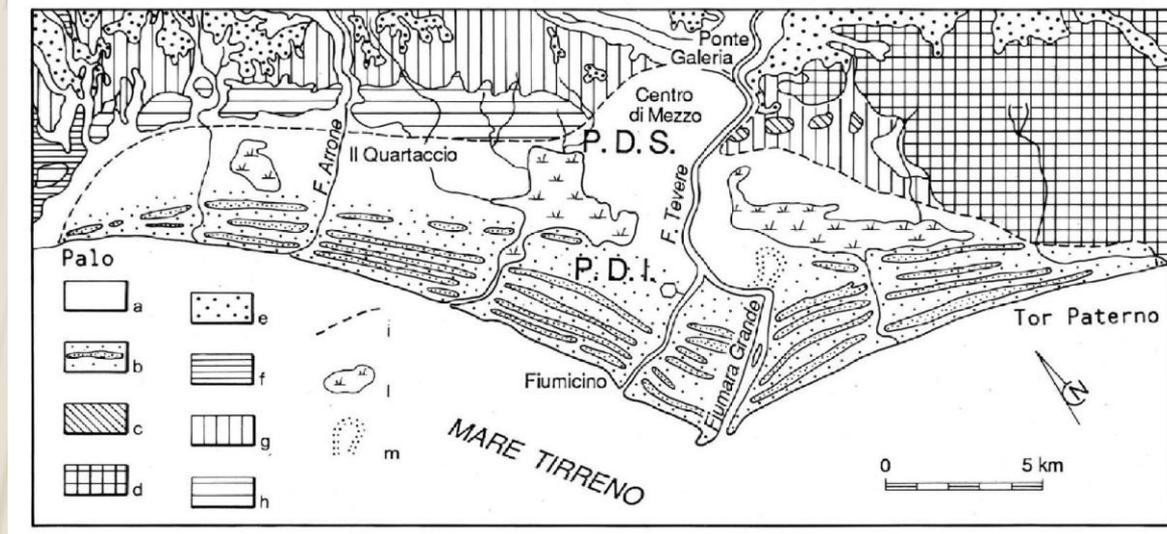
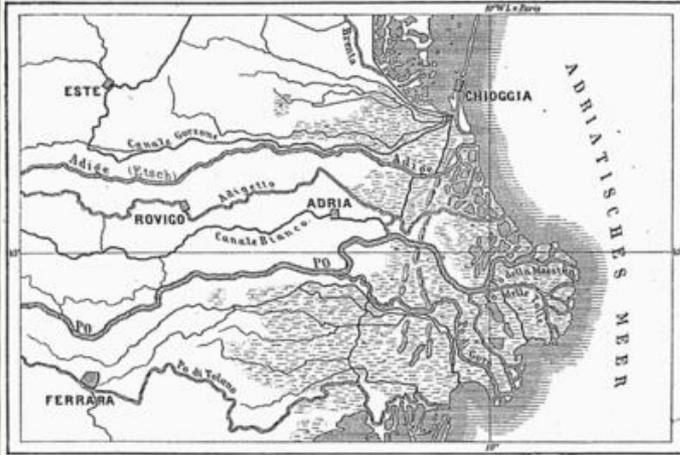
Deposito attivo di sedimenti fluviali e fluviomarini, tale da far avanzare la linea di costa verso il mare

- ✗ Lobati
- ✗ Cuspidati
- ✗ Digitati

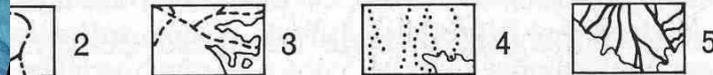
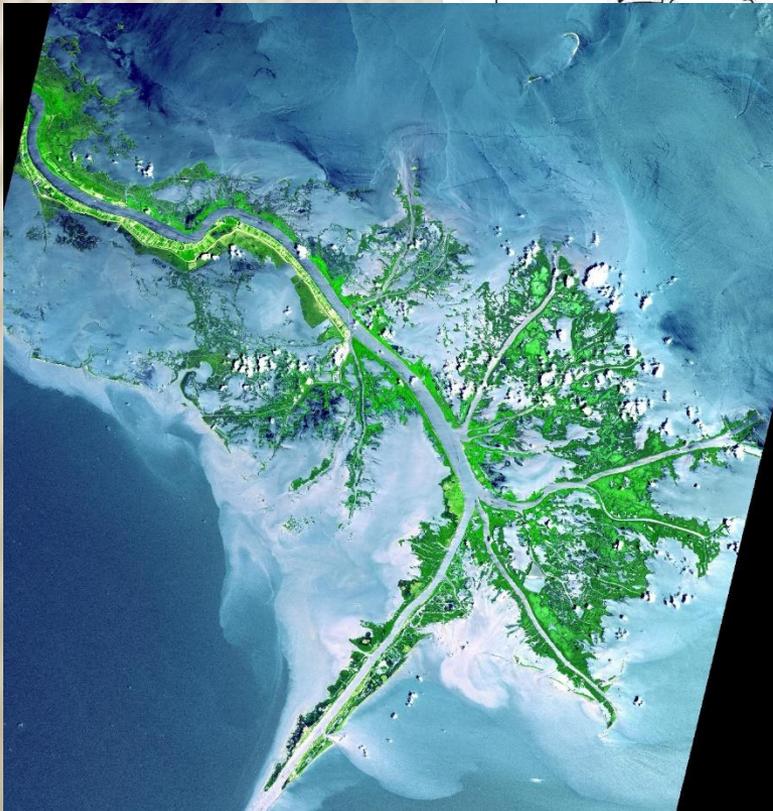
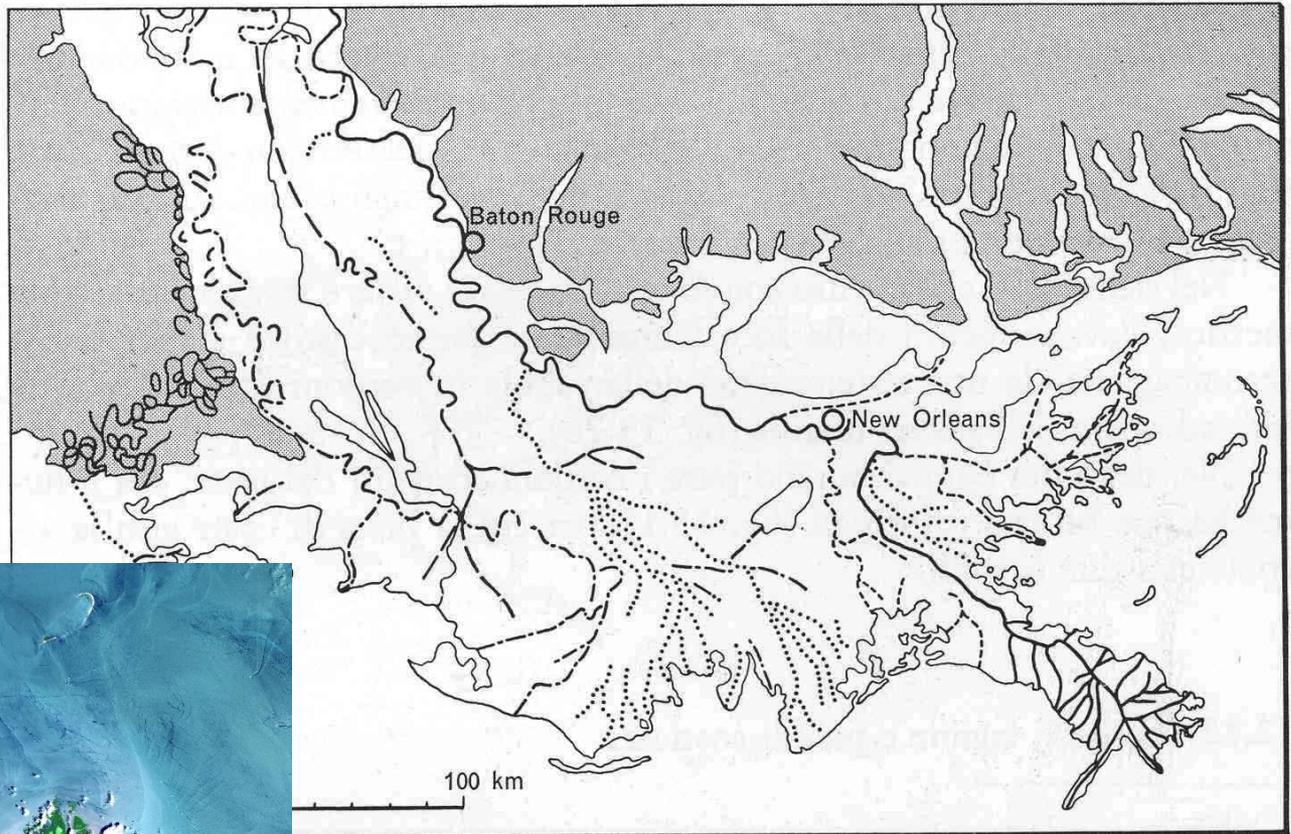
## Depositi

- + Depositi ricchi di sabbia presso i rami fluviali (argini fluviali)
- + Depositi fangosi, di palude o di laguna tra un ramo e l'altro, dove rimangono spazi d'acqua stagnante, con vegetazione palustre
- + Depositi sabbiosi di spiaggia e di duna sui cordoni litoranei costruiti dall'azione marina
- + Depositi prevalentemente siltosi e argillosi nei fondali marini antistanti (prodelta)

# CARTOGRAFIE DI DELTA



# Delta digitato del Mississippi



del Mississippi, esempio di delta digitato a rapido accrescimento, formato secondo R. J. LE BLANC, in *The Quaternary of the United States*, a cura e D. G. FREY, copyright (c) Princeton Univ. Press 1965, riprod. col permesso dell'University Press, ridis. e semplif.).

Il processo di formazione del delta digitato è avvenuta nell'Olocene, negli ultimi 3000-5000 anni, in acque profonde di circa 100 m. *In grigio*: terreni pleistocenici e terziari; nella parte occidentale sono visibili i canali a meandri su un delta interglaciale. *In bianco*: pianura alluvionale e il vecchio delta del «Maringouin»; 2. Vecchio delta del Teche; 3. Subdelta del ramo Loutre; 4. Subdelta del ramo La Fourche (e rami coevi); 5. Subdelta attivo,

# Delta digitato del Mississippi

15 Nov, 2014 9:07:27 am

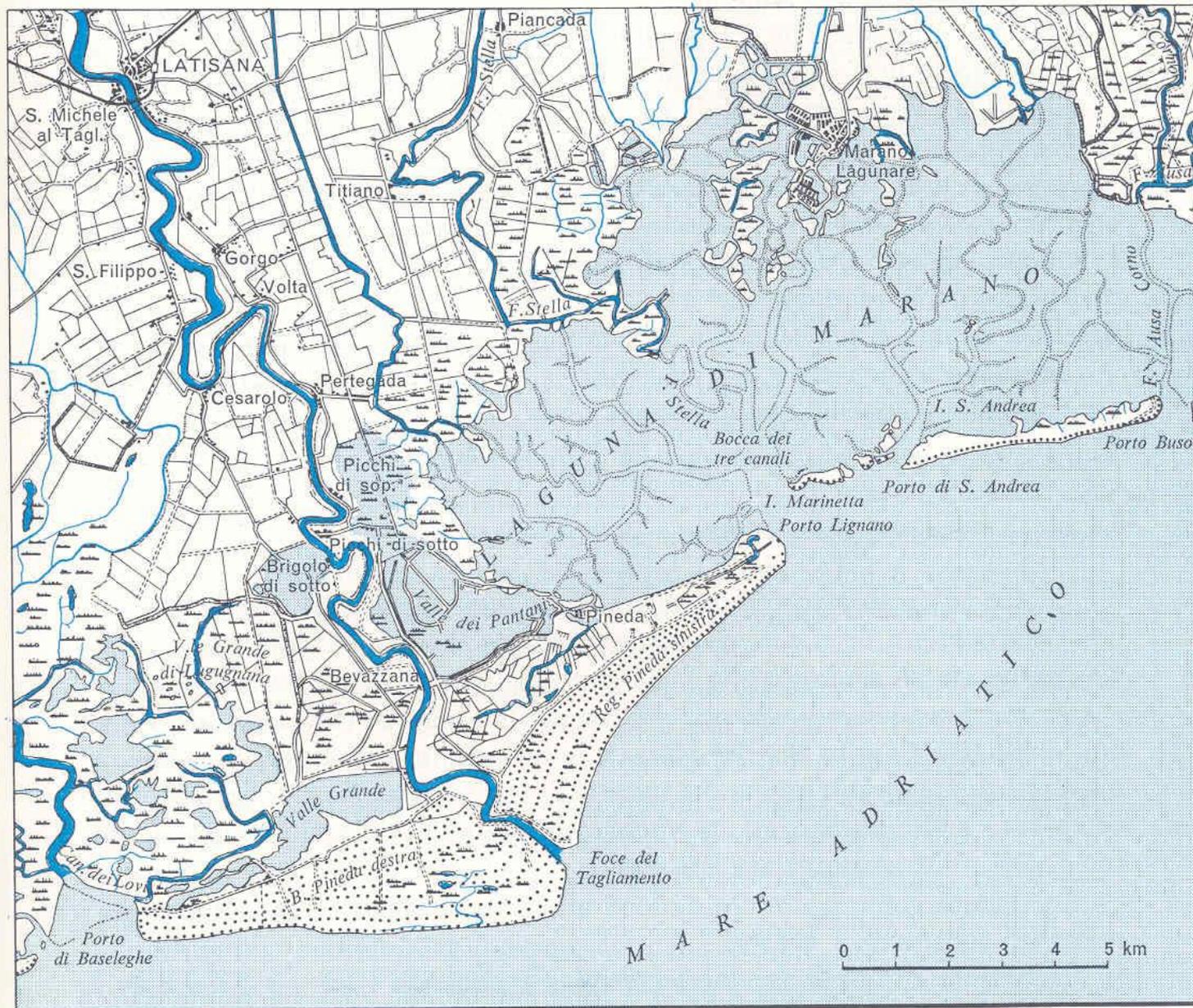


Image Landsat

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

©2010 Google

Delta  
cuspidato  
bialare del  
Tagliamento



13.26. La laguna di Marano, in Friuli, e il delta del Tagliamento, com'era alla fine del secolo scorso, prima che venisse compiuta la bonifica delle paludi retrostanti il delta. Esempio di delta triangolare bialare a sviluppo lento. I cordoni sabbiosi sono indicati con puntini.

# ESTUARIO

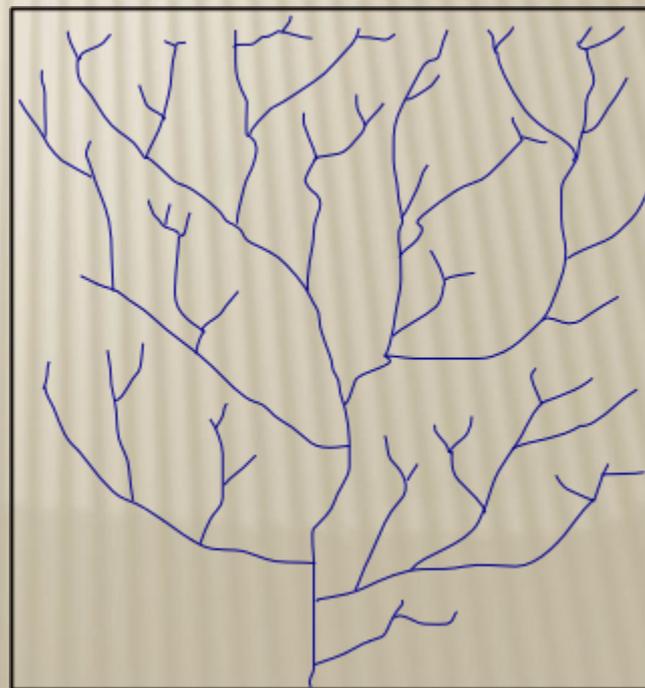


I reticoli idrografici

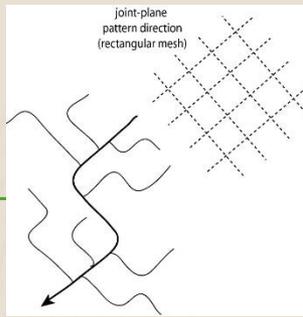
# MODELLI DI BACINO DI DRENAGGIO

# I RETICOLI DI DRENAGGIO (*DRAINAGE PATTERNS*)

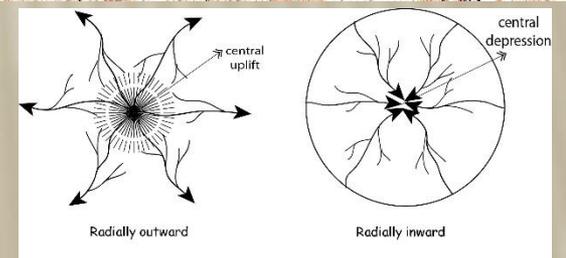
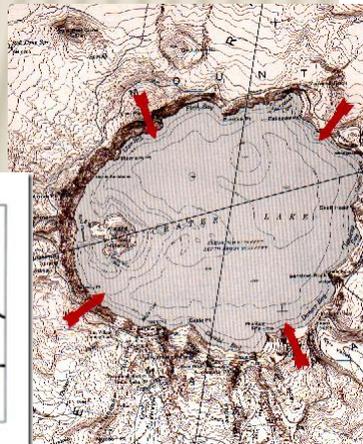
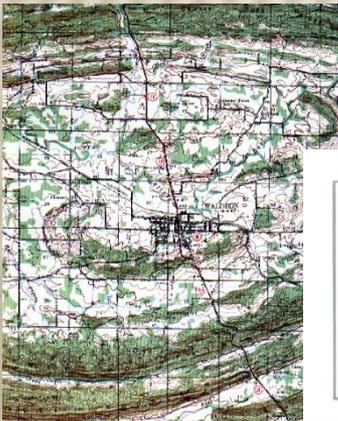
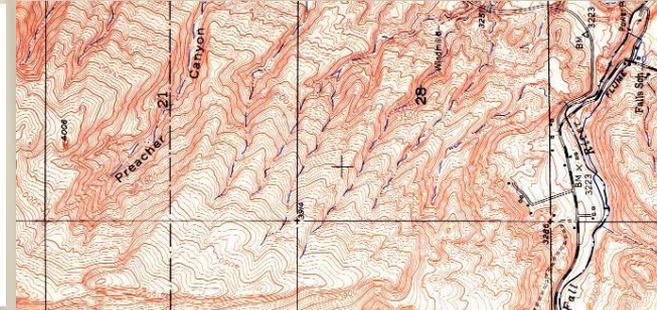
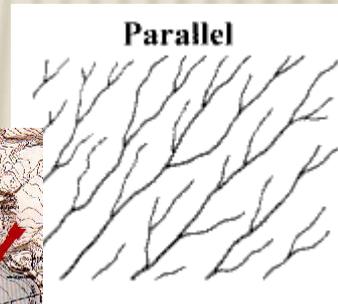
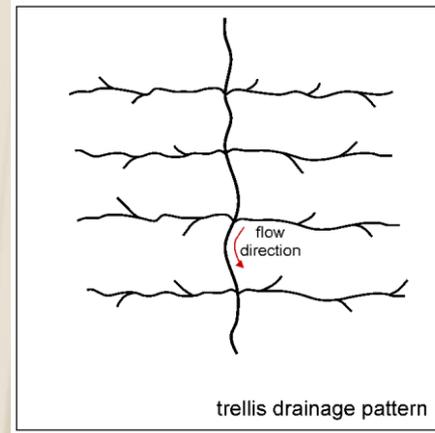
- ✘ I sistemi idrografici hanno solitamente una disposizione ordinata, quindi gli assi di scorrimento dei corsi d'acqua si sviluppano secondo direzioni ben precise
- ✘ Il reticolo idrografico si sviluppa in risposta alla struttura geologica sottostante
- ✘ i corsi d'acqua confluiscono con angoli minori di  $90^\circ$ . L'assetto ricorda i rami di un'albero. E' il modello più diffuso



# I RETICOLI FLUVIALI



- ✖ Reticolo dendritico
- ✖ Reticolo a traliccio
- ✖ Reticolo parallelo
- ✖ Reticolo radiale
- ✖ Reticolo centripeto
- ✖ Reticolo anulare
- ✖ Reticolo strutturale



# TEORIA DELL'EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA

# IL RILIEVO

---

- ✘ Gli studi sui pendii, che sono gli elementi fondamentali del rilievo terrestre, riguardano la comprensione di come la loro forma varia nel tempo
- ✘ Sul lungo termine essi sono in continua evoluzione
- ✘ La comprensione dei meccanismi evolutivi del rilievo si fonda sulle capacità di capire il tipo, l'estensione e le cause di questi cambiamenti

# LA GEOMORFOLOGIA

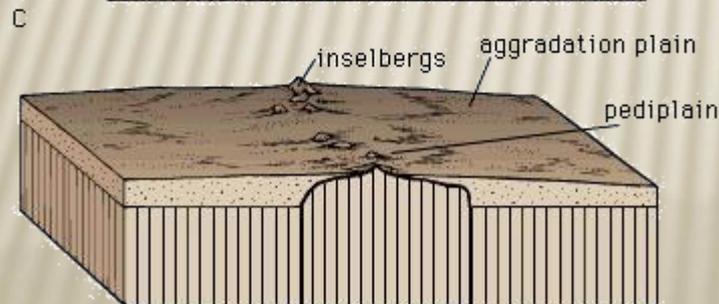
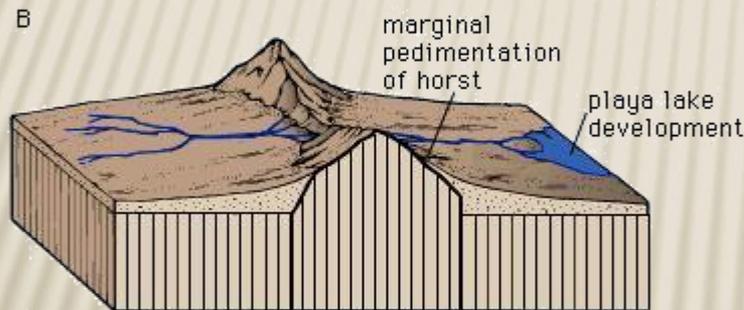
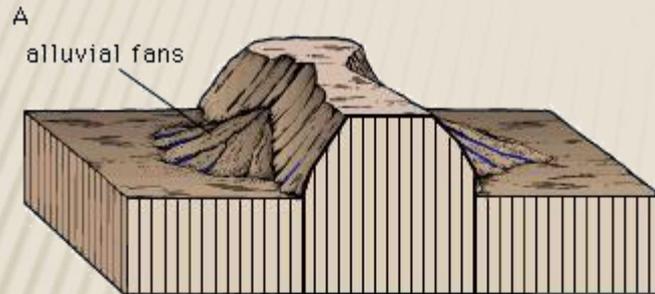
---

- ✘ I processi esogeni ed endogeni operano sulla superficie terrestre e producono una varietà enorme di forme
- ✘ La geomorfologia ha catalogato queste forme ed ha proposto teorie e modelli in grado di spiegare il loro sviluppo

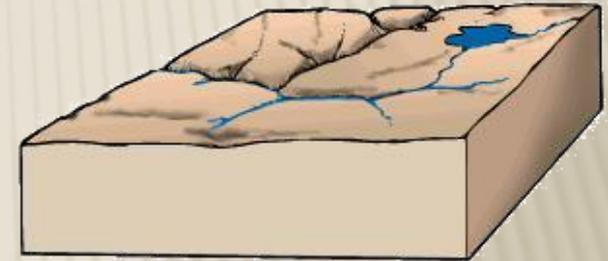
# IL CICLO GEOMORFICO – MODELLO DI DAVIS

- ✘ Il modello proposto da Davis ai primi del '900 prevede che la superficie topografica sia sottoposta ad una sequenza evolutiva continua
- ✘ Una superficie relativamente pianeggiante viene sollevata, incisa e modellata dall'erosione fluviale e quindi denudata fino a tornare ad una superficie sub-pianeggiante
- ✘ La sequenza è divisa in più stadi: *superficie iniziale, giovinezza, maturità, vecchiaia, peneplanazione*

# CICLO GEOMORFICO DI DAVIS



©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.



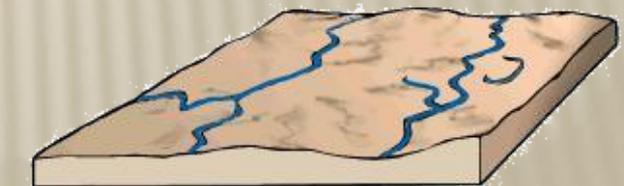
A Youth

V-shaped valleys, few or no floodplains, extensive interfluvies, many falls and rapids plus some lakes and swamps; incising watercourses



B Maturity

well-drained terrain, all in slopes except floodplains; trunk and some tributary streams meander; maximum relief



C Old Age

broad, open valleys with widely meandering streams, indistinct divides, erosion remnants of resistant lithologies, surface near erosional base level

©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.