

Fondamenti di idrologia

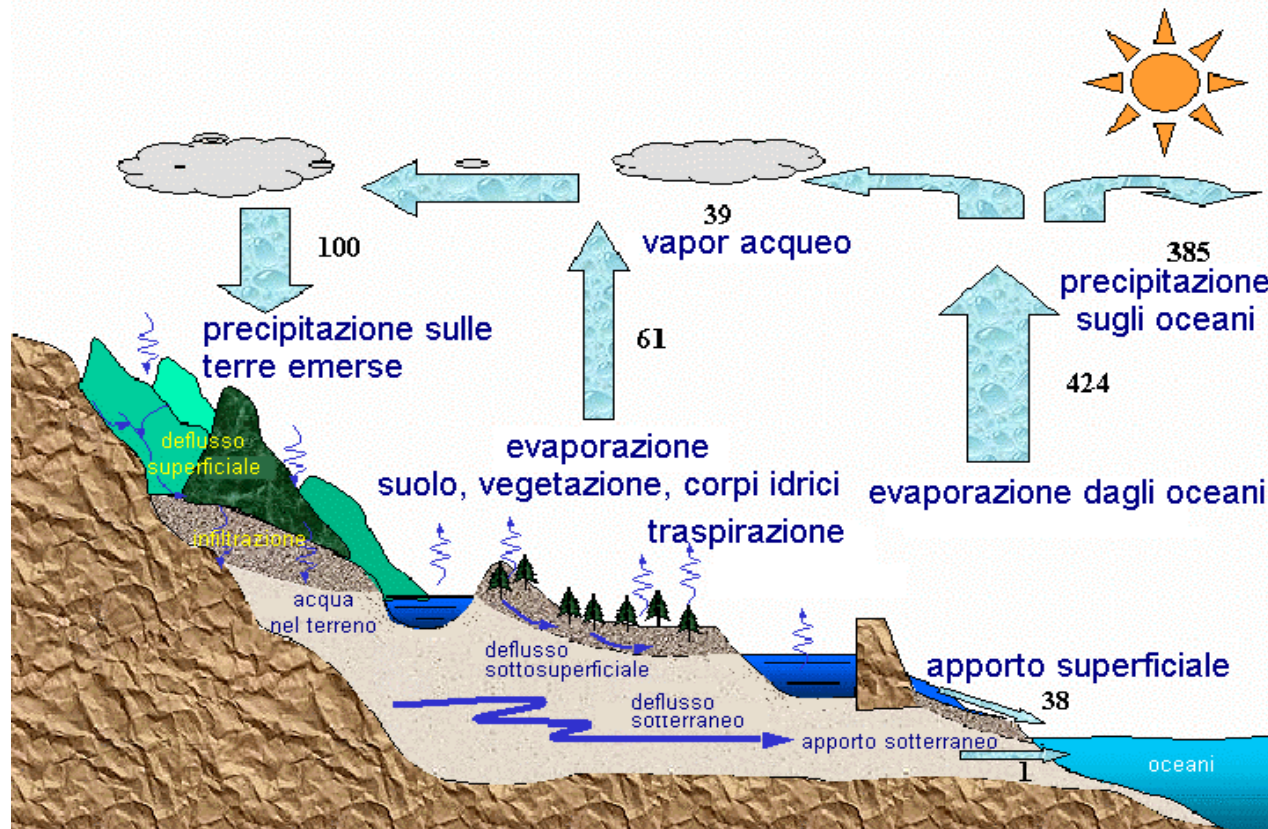
ciclo idrologico - bilancio - bacino

Giancarlo Dalla Fontana
Università di Padova

A.A. 2013/2014

Il ciclo idrologico

"..... da cui si può concludere come l'acqua vada dai fiumi al mare e dal mare ai fiumi, quindi costantemente circolando e tornando e come tutti i mari e i fiumi siano passati infinite volte dalla foce del Nilo" **L. Da Vinci**



La figura rappresenta i flussi del ciclo idrologico. Le unità sono in termini relativi alla precipitazione media annua sulla superficie terrestre ($100 = 119.000 \text{ km}^3 \text{ anno}^{-1} = 800 \text{ mm anno}^{-1}$)

il ciclo idrologico (o ciclo dell'acqua) rappresenta l'insieme di tutti i fenomeni legati all'acqua nel suo naturale movimento sulla superficie terrestre.

L'acqua evapora, sotto l'azione della radiazione solare, a partire dal terreno, dalla vegetazione e dagli specchi d'acqua, per poi essere trasportata, sotto forma di nubi di vapor d'acqua, dal movimento dell'atmosfera. Le nubi, in particolari condizioni di temperatura e pressione, tendono quindi a ricondensarsi precipitando nuovamente al suolo o sugli specchi d'acqua sotto forma di piccole goccioline d'acqua o cristalli di neve.

Se la precipitazione è solida tenderà ad accumularsi sulla superficie fintanto che le condizioni di temperatura e radiazione non ne consentano la fusione o la sublimazione. Se invece la precipitazione è liquida si innesca un fenomeno piuttosto complesso che permette ai suoli di trattenere temporaneamente tutta o parte della precipitazione e che dipende da natura dei suoli, dalla vegetazione presente, dalle condizioni di umidità iniziale e dalle condizioni meteorologiche.

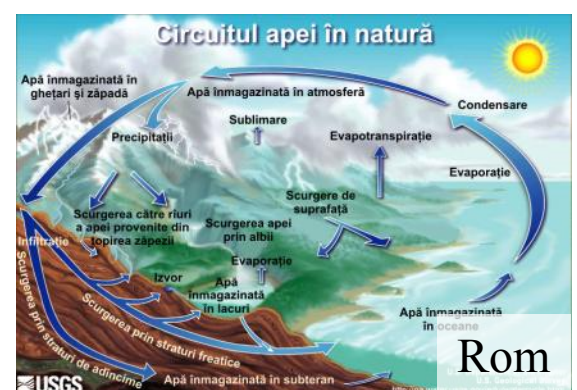
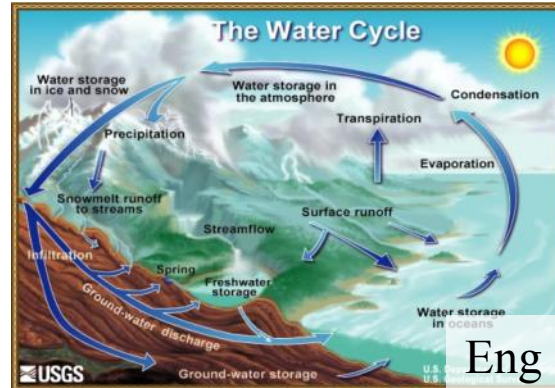
L'acqua infiltrata al suolo verrà in parte richiamata dalle radici delle piante e rilasciata in atmosfera sotto forma di traspirazione, in parte drenata dal terreno verso valle ove vi sia un adeguato gradiente topografico, ed in parte andrà a ricaricare le falde sottostanti.

La componente della precipitazione non infiltrata, dopo aver riempito le buche e gli avvallamenti superficiali tenderà a scorrere lungo le superfici e i piani inclinati fino a raggiungere un reticolo di rivoli e canaletti inizialmente effimeri ed intermittenti che si raccolgono via via in canali di dimensione sempre maggiore. L'insieme di tutti questi canali viene chiamato rete drenante.

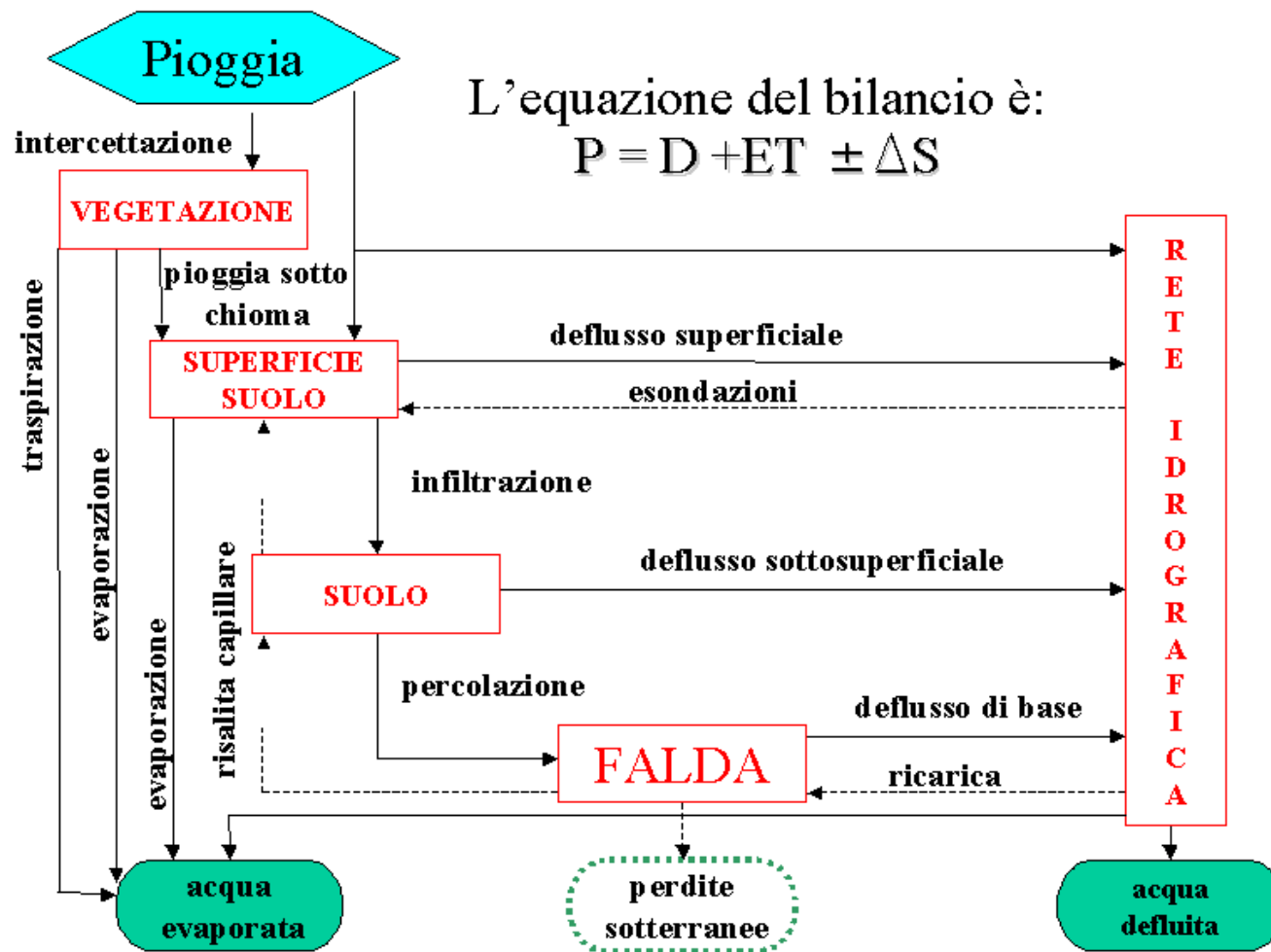
Ai volumi transitanti nella rete drenante vengono poi a sommarsi, in tempi più o meno lunghi e in funzione della permeabilità dei suoli incontrati, i volumi di drenaggio provenienti dai suoli non saturi in forma di deflusso ipodermico e dalle zone giunte a saturazione sotto forma di deflusso di falda.

La rete drenante convoglia quindi le acque in canali, torrenti, fiumi sempre più grandi fino a finire nuovamente a valle verso i mari e gli oceani a chiusura del ciclo.

Il ciclo idrologico è cosmopolita



Il ciclo idrologico



Il ciclo idrologico può essere descritto in termini sistemici analizzando i flussi in ingresso, quelli in uscita, le trasformazioni e i vari livelli di immagazzinamento.

Il bilancio idrologico

$$\text{Precipitazione} = \text{Evapotraspirazione} + \text{Deflusso} \pm \Delta.\text{Immagazzinamento}$$

Sul lungo periodo la differenza di immagazzinamento diventa trascurabile.

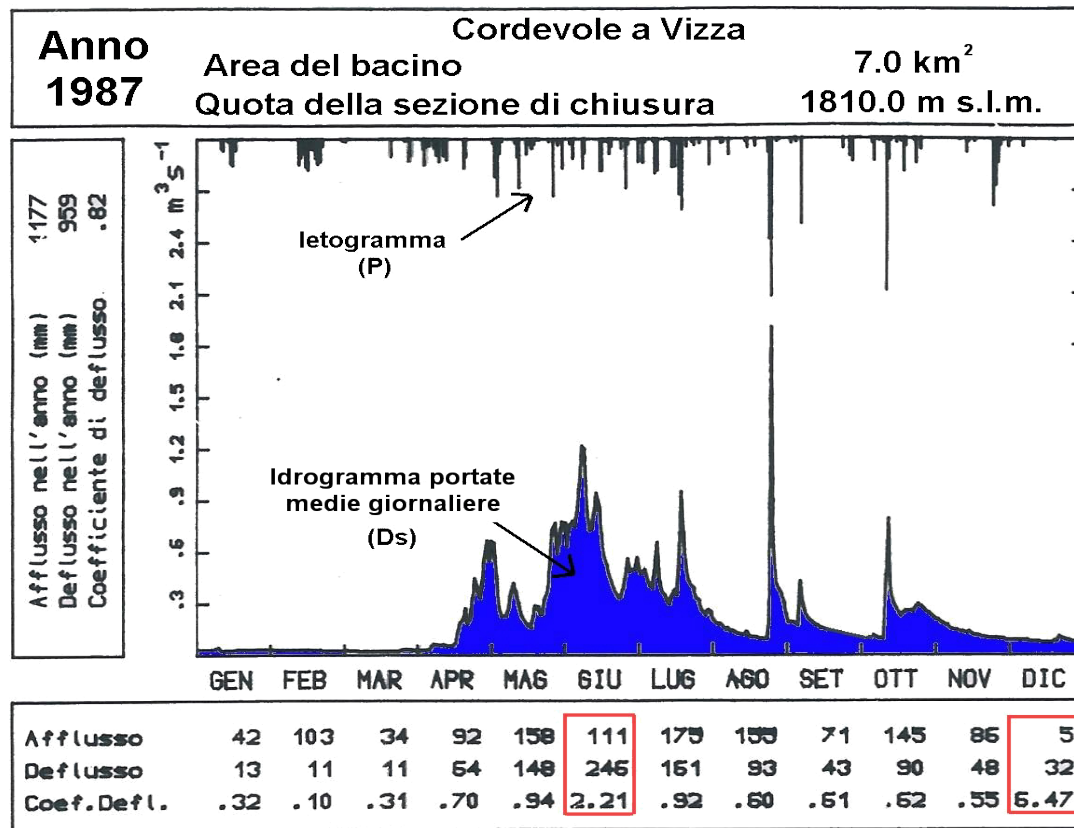
Bilancio annuo a scala globale

	Oceani		Continenti	
Area (km²)	361,126,222		148,939,063	
	km ³ /yr	mm/yr	km ³ /yr	mm/yr
Precipitazione	458,000	1,270	119,000	800
Evaporazione	505,000	1,400	72,000	485
Deflusso agli oceani	-47,000	-130	47,000	315
Fiumi			44,700	
Acquiferi			2,300	

nota: 130 = 315 x 148.9 / 361.1

Il deflusso globale costituisce la frazione di acqua che può, potenzialmente, essere sfruttata. Si tratta della reale riserva di acqua dolce.

Il bilancio idrologico

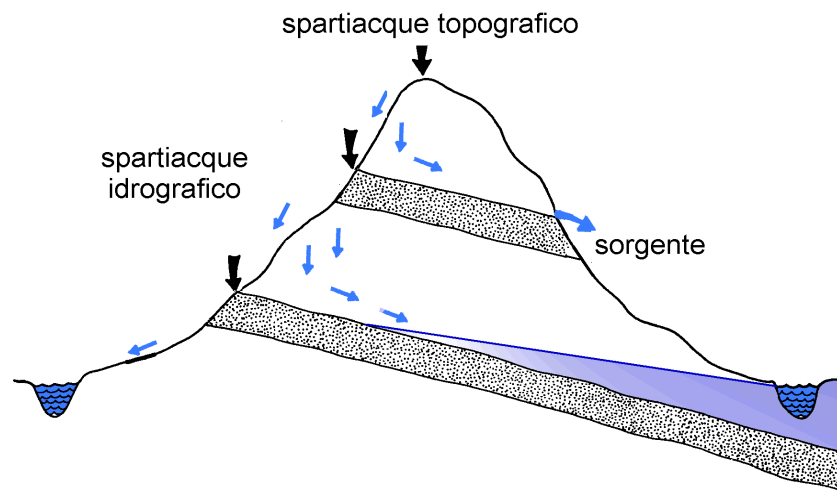
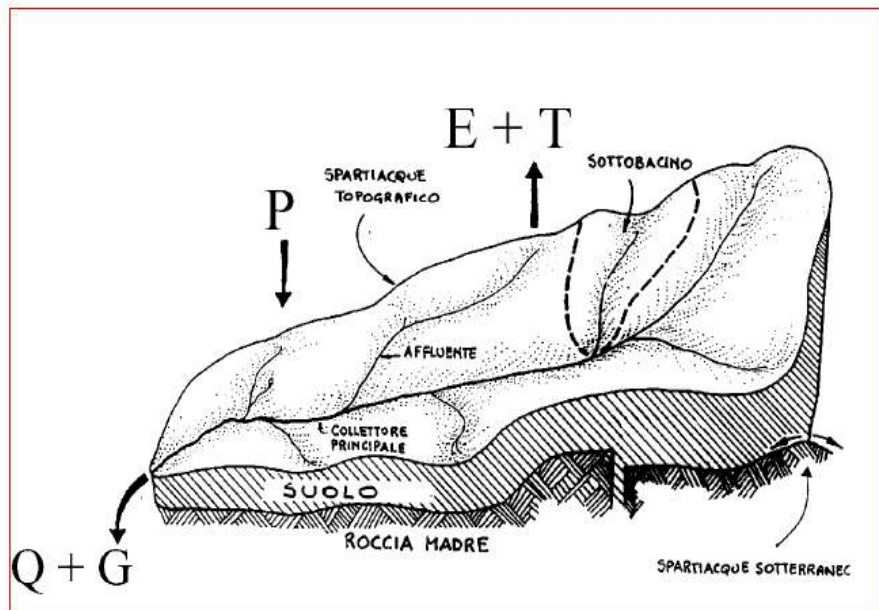


L'immagine rappresenta una sintesi delle osservazioni di pioggia e portata misurate nel bacino. Si evidenziano alcune particolarità riguardanti l'andamento climatico, in particolare il regime pluviometrico della stazione, con un massimo di pioggia in estate-inizio autunno e un minimo invernale. L'input al sistema è rappresentato dalle precipitazioni (Afflusso), l'output dalle portate transitate alla sezione di chiusura (Deflusso)

Il **coefficiente di deflusso** ($C = \text{deflussi}/\text{afflussi}$), teoricamente variabile tra 0 e 1, risulta maggiore di 1 nei mesi di giugno e dicembre. Tale particolarità può essere spiegata ricordando che nei bacini alpini, spesso estesi ad altitudini medie anche elevate (> 2000 m), i deflussi non sono alimentati solo dalle precipitazioni liquide (pioggia), ma anche da precipitazioni solide (neve). C'è quindi un accumulo di acqua sotto forma di neve durante l'inverno e suo conseguente scioglimento primaverile (aprile-giugno).

Il bacino idrografico

Per **bacino idrografico** si intende quella porzione di territorio dalla quale le acque di pioggia (o di fusione della neve) defluendo per via superficiale si raccolgono in uno stesso corso d'acqua chiamato collettore.



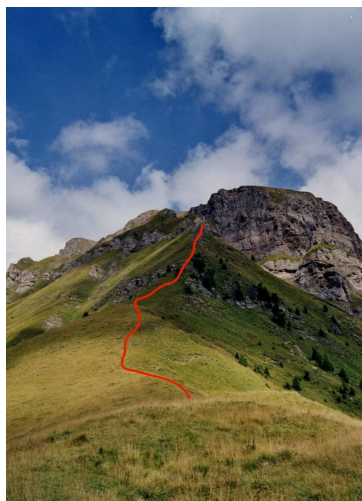
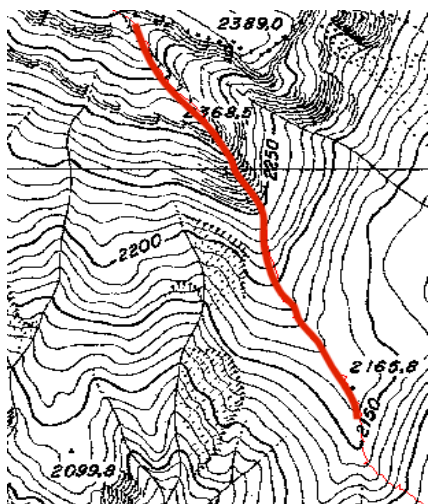
Spesso viene usato il termine di **bacino topografico o orografico**, ossia quella superficie racchiusa entro due linee di dislivello che si congiungono in un certo punto (sezione di chiusura del bacino)

La nozione di bacino idrografico, introdotta in origine con riferimento allo scorrimento superficiale, si può estendere al caso dello scorrimento sotterraneo. Al di sotto degli ammassi permeabili, che permettono all'acqua di infiltrarsi e di percolare verticalmente, esiste sempre uno strato di fondo impermeabile, sopra il quale si ha una zona satura, in cui il moto di filtrazione dell'acqua è prevalentemente orizzontale. Il **bacino idrografico sotterraneo** si può definire facendo riferimento al rilievo del fondo impermeabile. L'individuazione dello spartiacque sotterraneo è tuttavia molto incerta.

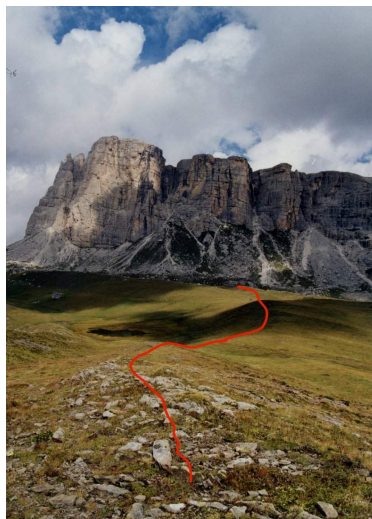
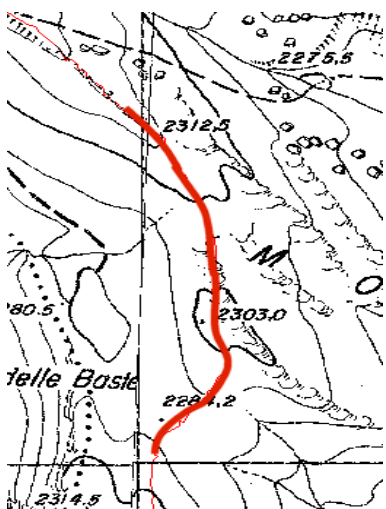


Il bacino idrografico

La delimitazione su carta topografica del bacino si esegue individuando la linea spartiacque, che delimita il luogo dei punti da cui hanno origine linee di massima pendenza che finiscono tutte con il raggiungere la sezione di chiusura



L'identificazione della linea di spartiacque è immediata (coincide con la linea di cresta), il riscontro in campo è evidente.

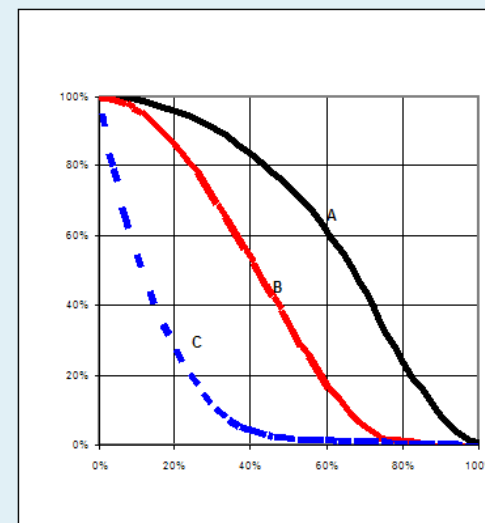
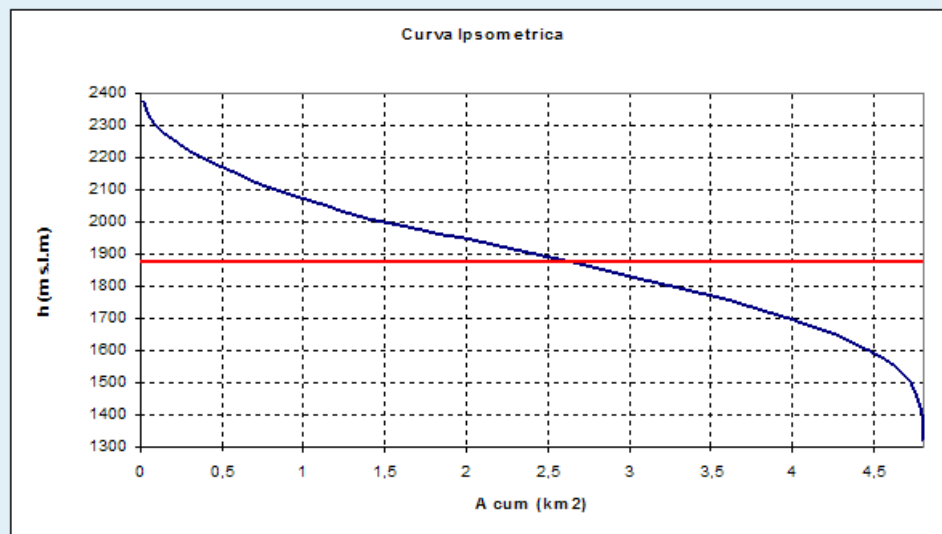


L'identificazione dello spartiacque è meno agevole. Il riscontro in campo può essere di grande aiuto.

Caratteristiche morfometriche del bacino idrografico

L'**area** di un bacino viene definita come superficie della proiezione orizzontale dello stesso

L'andamento della **quota** in un bacino viene studiato mediante la curva ipsometrica



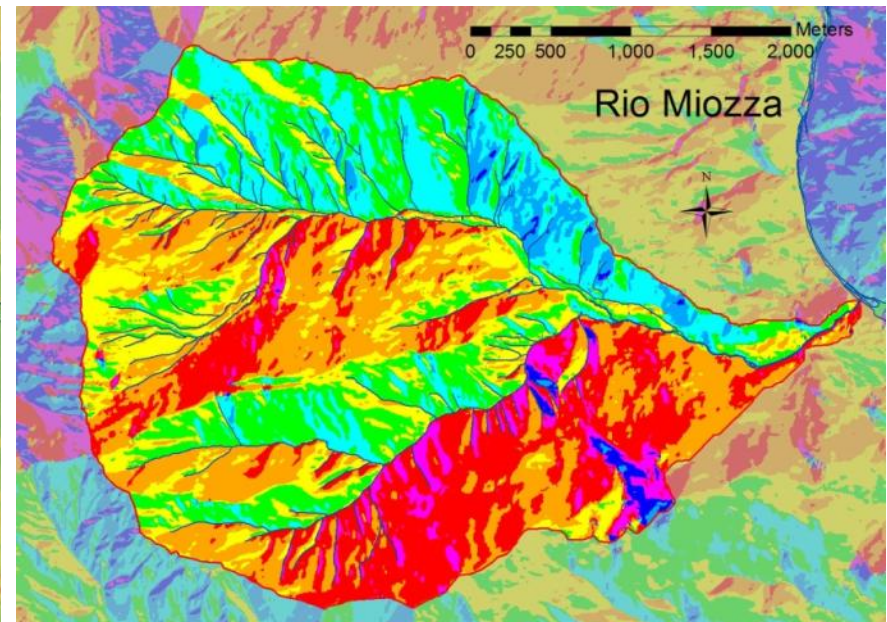
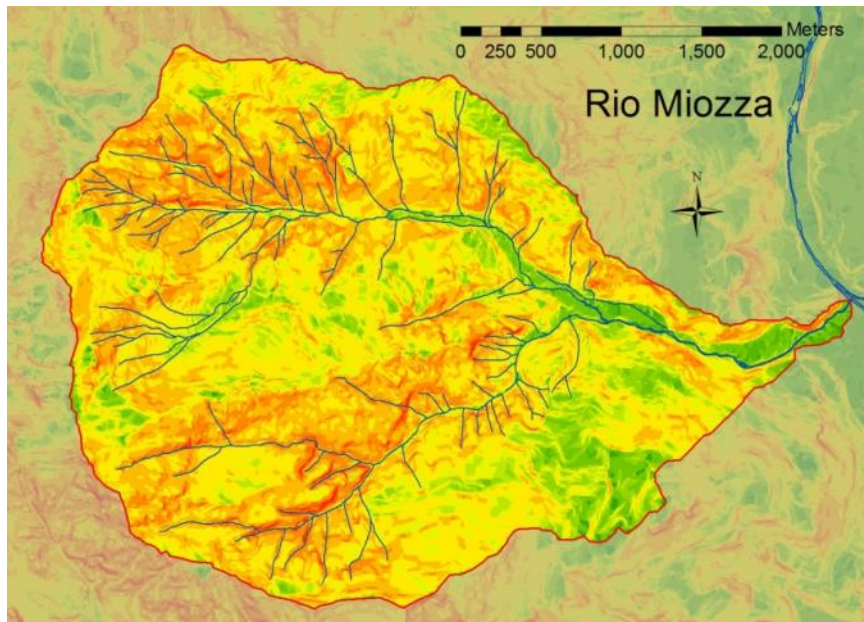
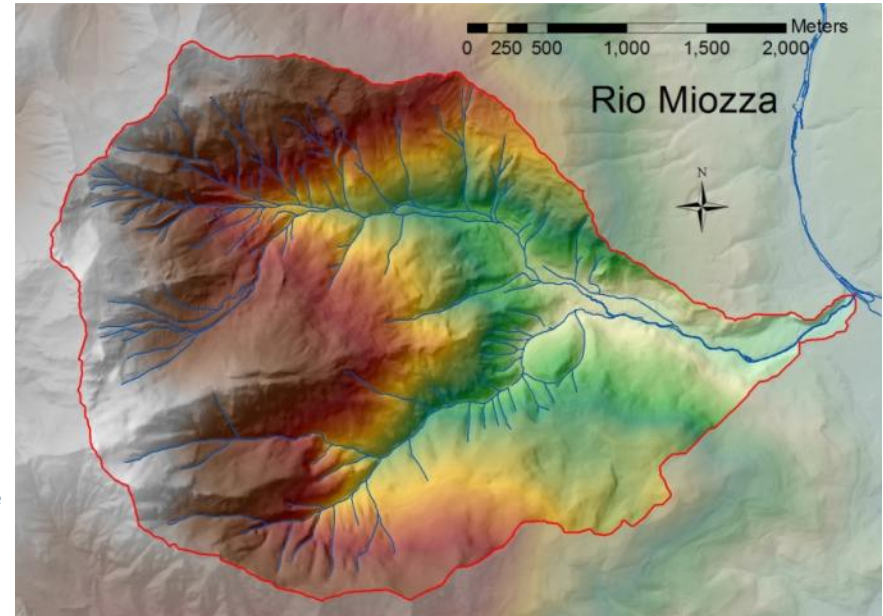
Curve ipsometriche adimensionali

La **pendenza** dei versanti di un bacino, espressa in percentuale o come numero puro, gioca un ruolo fondamentale nella formazione dei deflussi che risultano più accelerati in presenza di un forte gradiente topografico.

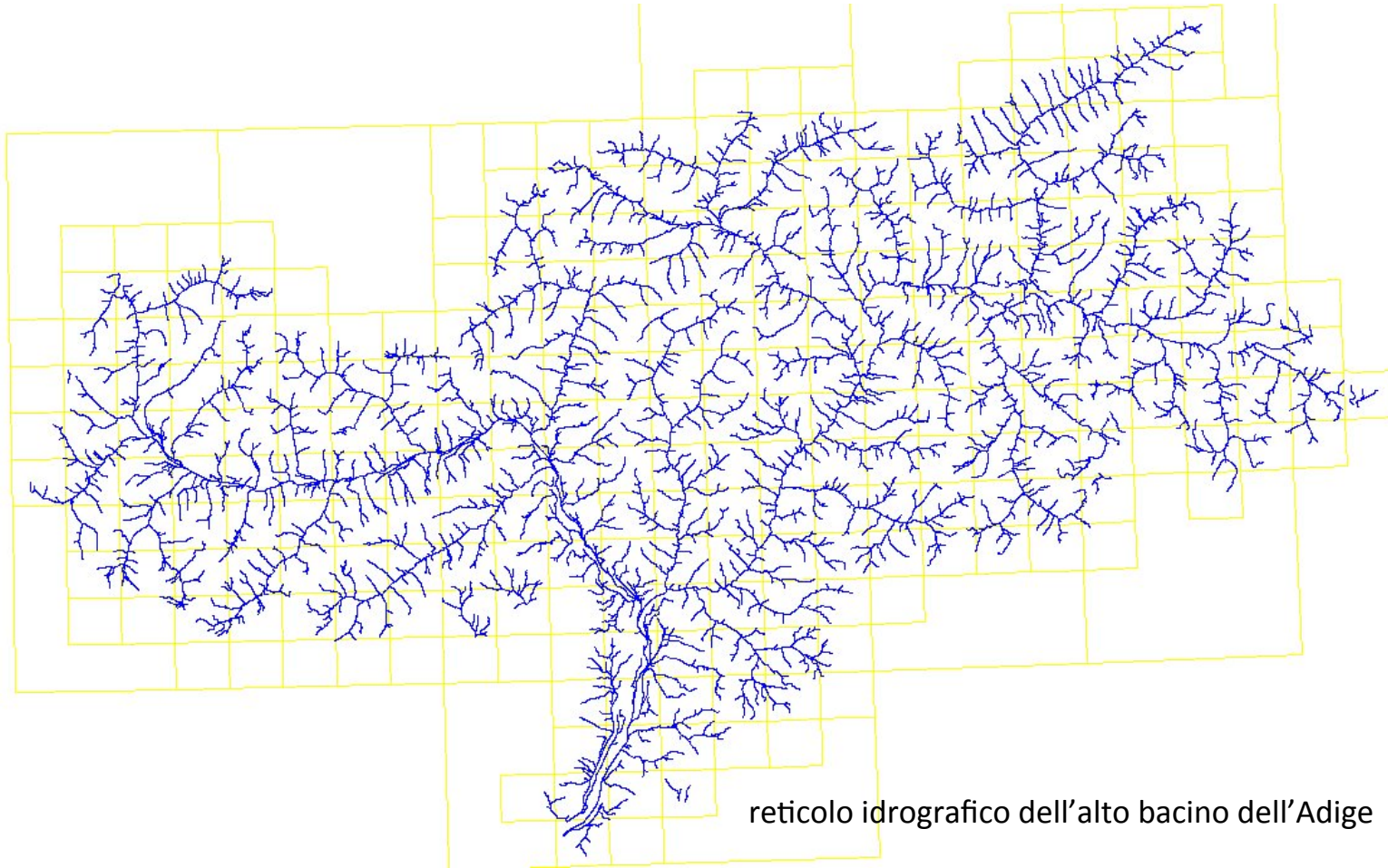
Il calcolo della quota media e della pendenza media richiedono la misura delle superfici tra ciascuna coppia di curve di livello e della lunghezza delle isoipse stesse. L'operazione è lunga e complessa ed è stata diffusamente sostituita dall'uso di tecniche digitali di analisi morfometrica.

Tecniche digitali di analisi morfometrica

Nell'ambito di un Sistema Informativo Geografico (GIS) si utilizzano rappresentazioni numeriche delle caratteristiche del territorio compreso nel bacino idrografico, con enormi vantaggi legati alla comodità di archiviazione, alla semplicità di aggiornamento e alla possibilità di manipolare le informazioni con facilità.



Il reticolo idrografico



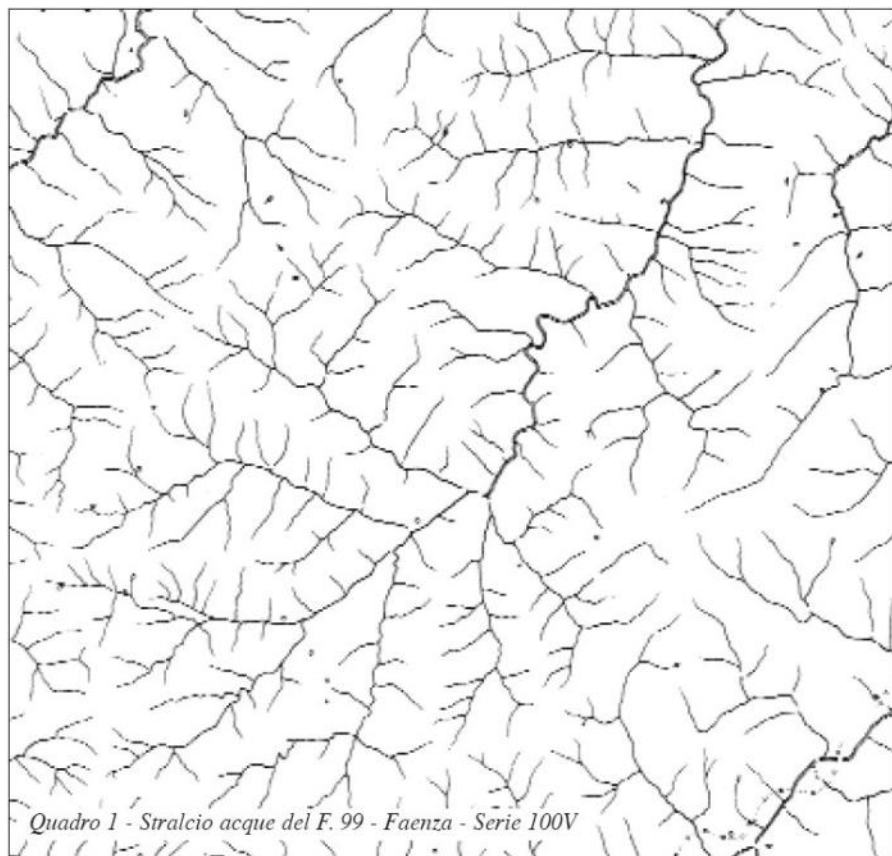
Lo sviluppo e le caratteristiche della rete idrografica presente in un bacino sono in stretta relazione con i processi idrologici che in esso hanno luogo.

Il reticolo idrografico

In assenza di condizionamenti passivi da parte delle strutture geologiche il reticolo tende ad organizzarsi topologicamente secondo criteri di minima dissipazione energetica

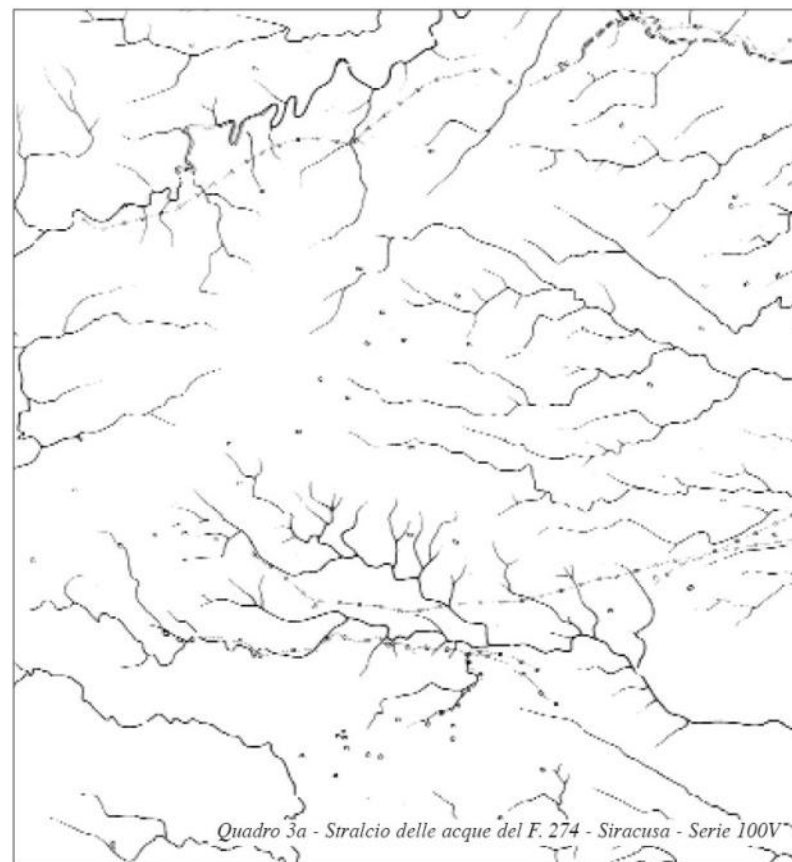
DENDRITICO

Tipico di stratificazioni orizzontali



A CANDELABRO

Controllo strutturale unidirezionale



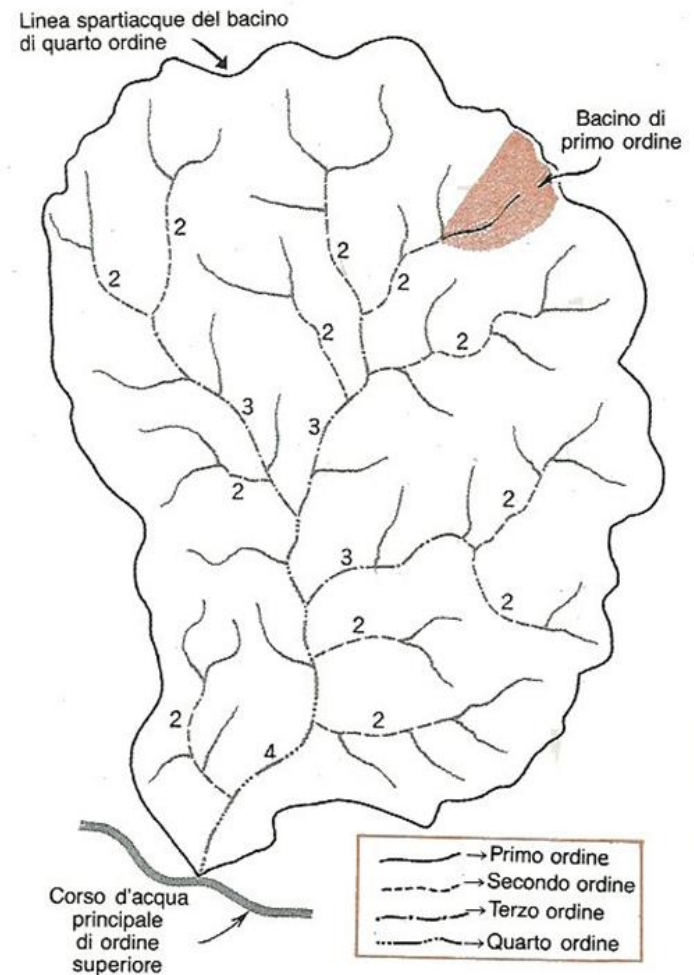
Il reticolo idrografico - geomorfologia quantitativa

Horton, RE (1945) *Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrological approach to quantitative geomorphology*. Bull. Geolo. Soc. Am., 56, 275-370.

Densità di drenaggio

Classificazione gerarchica

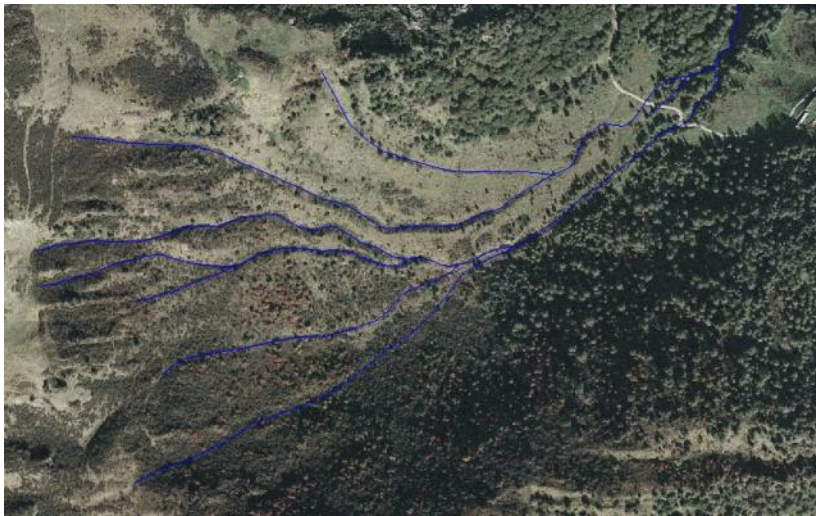
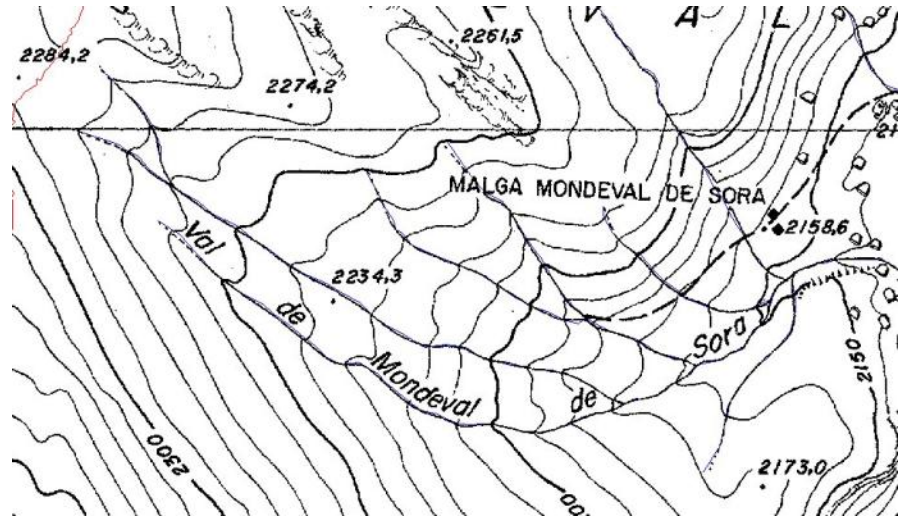
- frequenza dei segmenti fluviali
- lunghezza dei segmenti fluviali
- aree drenate dei bacini sottesi



Identificazione del reticolo idrografico

Fonte ?

Cartografia
Foto aeree
Satellite



Scala di dettaglio ?

permanente
effimera
impluvi

Dove comincia il reticolo ?

Cosa determina la transizione versante/canale ?



Channel heads

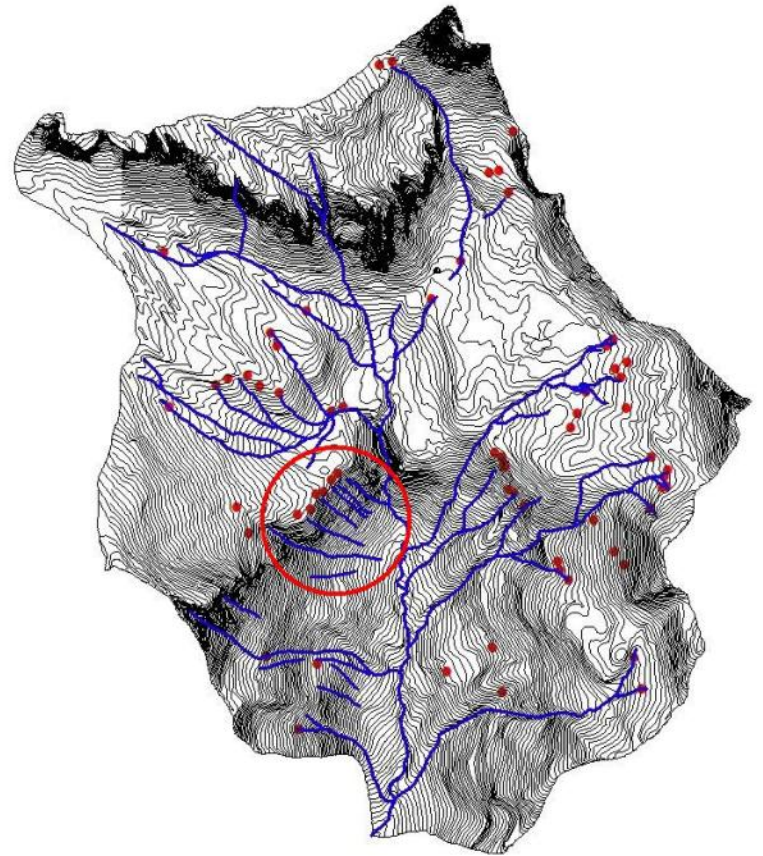
L'inizio di un collettore è generalmente interpretato come un fenomeno di “soglia” che vede il verificarsi di una concentrazione di deflusso tale da dare origine ad una forma di incisione nella quale siano trasportati tra due sponde riconoscibili deflussi solidi e liquidi



La concentrazione dei deflussi può avvenire per aggregazione dei rigagnoli superficiali fino a quando la forza erosiva della corrente non è in grado di incidere stabilmente il canale oppure per via sottosuperficiale provocando per saturazione il collasso di una porzione di versante, l'emersione del deflusso sottosuperficiale e quindi l'inizio del canale. Non mancano ovviamente varianti e forme intermedie.

Channel heads

Ma quando si va in campo



Channel heads

Uno specifico interesse nell'identificazione dei “*channel heads*” è riconducibile alle esigenze legate all'estrazione della rete idrografica sintetica a partire dal modello digitale delle quote

