

**UNIVERSITA'
DEL SALENTO**

COSTRUZIONI IDRAULICHE



LEZIONE 9. Elementi di IDROLOGIA – parte I

Felice D'Alessandro



I compiti dell' idrologia

Il compito dell'Idrologia è semplice e affascinante: studiare il ciclo dell'acqua sulla terra per contribuire alla definizione delle politiche di intervento necessarie:

- a soddisfare i fabbisogni di acqua per la vita, per la salute, per lo sviluppo,
- a prevenire la distruzione degli ecosistemi,
- a ridurre gli effetti dei disastri naturali.

Problemi di straordinaria rilevanza che si aggravano nel tempo con la diminuzione quantitativa e qualitativa della risorsa acqua, l'aumento esponenziale del territorio antropizzato da sviluppare, risanare, difendere dai fenomeni naturali. La forbice tra bisogni e disponibilità si amplia sempre di più.

L'idrologo deve fornire gli strumenti predittivi necessari per decidere la gestione delle risorse idriche, la tutela della loro qualità, gli interventi di mitigazione del rischio. Deve perciò capire e conoscere i fenomeni nel maggior dettaglio possibile. Deve saperli descrivere con la maggiore precisione possibile. Deve essere in grado di riprodurre e simulare i fenomeni che si sviluppano a scala di versante e a scala di bacino sia quelli naturali sia quelli condizionati o comunque influenzati dall'azione dell'uomo.





I compiti dell' idrologia

Hydrology 1 / Idrologia 1

Applications of Hydrology / Applicazioni dell'Idrologia 10

- Providing drinking water. / Approvvigionamento di acqua potabile.
- Designing dams for water supply or hydroelectric power generation. / Progettazione di dighe per approvvigionamento idrico e generazione di energia idroelettrica.
- Designing bridges. / Progettazione di ponti.



Grand Coulee Dam, USA



Three Gorges Dam, China



Pavia (Italy), Ponte Coperto, flood event of October 2000





I compiti dell' idrologia

Hydrology 1 / Idrologia 1

Applications of Hydrology / Applicazioni dell'Idrologia 11

- Designing sewers and urban drainage system. / Progettazione di condotti fognari e di sistemi fognari.


Milano (Italy), sewers confluence above Via Ponzio, next to Politecnico main campus

Milano (Italy), egg-shaped sewer in the Baggio district
- Analyzing the impacts of antecedent moisture on sanitary sewer systems. / Analisi dell'impatto delle precipitazioni sulla qualità delle acque in fognatura.


Sanitary problems after flooding



Moveable weir for sewer overflow regulation clogged by materials transported by sewage



I compiti dell' idrologia

Hydrology 1 / Idrologia 1

Applications of Hydrology / Applicazioni dell'Idrologia 12

- Predicting geomorphological changes, such as erosion or sedimentation. / Previsione dei fenomeni geomorfologici, quali erosione e sedimentazione.

Flow pattern
Zone of converging flow
Escarpment
Undercut bank

0 2 4 6 8 10m

Low gradient, tidal island river

Low sinuosity, downstream migrating river

High sinuosity, laterally meandering river

Elevation (m)

20
15
10
5
0
-5

W

Lobith

E

Mean sea level

Holocene clays

Pleistocene gravels and sands





I compiti dell' idrologia

Hydrology 1 / Idrologia 1

Applications of Hydrology / Applicazioni dell'Idrologia 13

- Assessing the impacts of natural and anthropogenic environmental change on water resources. / Valutazione dell'impatto dei cambiamenti ambientali naturali e antropici sulle risorse idriche.

A Chronology of Change
Natural and Anthropogenic Factors Affecting Lake Chad

1963 1973 1987

1997 2001

Water
Former shoreline
Vegetation

This collection of maps has been sourced from a series of satellite images provided by NASA Goddard Space Flight Center.
<http://www.gis.nasa.gov/arcserve/arcserve/arcserve.html>

PHOTO REPRODUCTION
MIT 2002





I compiti dell' idrologia

Hydrology 1 / Idrologia 1

Applications of Hydrology / Applicazioni dell'Idrologia 14

- Assessing contaminant transport risk and establishing environmental policy guidelines. / Valutazione del rischio del trasporto di inquinanti e messa a punto di linee-guida di politica ambientale.

Example: Coverage with improved sanitation (i.e: hygienical separation of excreta from human contact), 2002 /
Esempio: Copertura dei trattamenti sanitari (cioè separazione igienica degli escrementi dal contatto umano), 2002

Percentage of population using improved sanitation

Less than 50%
50 - 75%
76 - 90%
91 - 100%
missing data





Hydrology 1 / Idrologia 1	
Purposes / Obiettivi	15
<p>Municipal and industrial water supply:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Surface water exploitation,▪ Groundwater exploitation,▪ Water desalination; <p>Irrigation:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Crop growth,▪ Land reclamation,▪ Salinity control; <p>Hydropower generation:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Run-of-river,▪ Storage projects,▪ Hydropower from pumped storage,▪ Tidal power;	<p>Approvvigionamento acqua per centri urbani e industria:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Sfruttamento acque superficiali,▪ Sfruttamento acque sotterranee,▪ Desalinizzazione acque; <p>Irrigazione:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Crescita colture,▪ Bonifica terreni,▪ Controllo salinità; <p>Generazione energia idroelettrica:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Ad acqua fluente,▪ A serbatoio,▪ A serbatoio con ripompaggio,▪ Energia dalle maree;





Hydrology 1 / Idrologia 1	
Purposes / Obiettivi	16
<p>Flood control:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Reservoirs and detention basins,▪ Embankments or dikes,▪ Flood diversion,▪ River channel improvements,▪ Watershed management,▪ Flood zoning,▪ Flood forecasting and warnings; <p>Water transport:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Navigation,▪ Port and harbour; <p>Soil conservation:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Erosion control,▪ Sedimentation control,▪ Watershed management;	<p>Controllo piene:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Serbatoi e vasche di laminazione,▪ Argini o argini trascinabili,▪ Deviazione piene,▪ Miglioramento alveo fluviale,▪ Gestione bacino imbrifero,▪ Zonazione possibili allagamenti,▪ Previsione piene e preannuncio; <p>Trasporto via acqua:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Navigazione,▪ Porti marittimi e interni; <p>Conservazione suolo:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Controllo erosione,▪ Controllo sedimentazione,▪ Gestione bacino imbrifero;





Hydrology 1 / Idrologia 1	
Purposes / Obiettivi	17
<p>Pollution control:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Prevention of saltwater intrusion,▪ Wastewater dilution; <p>Scenic preservation:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Fish and wildlife,▪ Recreation,▪ Public health and sanitation.	<p>Controllo inquinanti:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Prevenzione intrusioni saline,▪ Diluizione acque reflue; <p>Preservazione del paesaggio:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Pesci e vita naturale,▪ Finalità ricreative,▪ Salute pubblica e trattamenti sanitari.





Hydrology 1 / Idrologia 1	
Brief history of Hydrology / Breve storia dell'Idrologia	18
<p>Hydrology has been a subject of investigation and engineering for millennia. For example:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ In about 4000 B.C. the Nile was dammed to improve agricultural productivity of previously barren lands.▪ Mesopotamian towns were protected from flooding with high earthen walls.▪ Magnificent aqueducts were built by the Greeks and the Romans, some parts of them still working.▪ The Chinese built irrigation and flood control works.▪ The ancient Sinhalese used hydrology to build complex irrigation works of Sri Lanka, known for invention of the valve pit which allowed construction of large reservoirs and canals which still function.	<p>L'Idrologia è stata oggetto di studi e di applicazioni ingegneristiche per millenni. Per esempio:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Nel 4000 A.C. circa, il Nilo fu imbrigliato per migliorare la produzione agricola di terre precedentemente aride.▪ Le città Mesopotamiche erano protette dalle piene con enormi muri in terra.▪ Magnifici acquedotti furono costruiti da Greci e Romani, e alcune parti di essi sono tuttora in esercizio.▪ I Cinesi costruirono opere per l'irrigazione e il controllo delle piene.▪ Gli antichi Cingalesi usavano l'idrologia per costruire complessi sistemi d'irrigazione in Sri Lanka, noti per l'invenzione dei pozzetti con valvole che permisero la costruzione di grandi invasi e canali tuttora in funzione.





Hydrology 1 / Idrologia 1	
 Brief history of Hydrology / Breve storia dell'Idrologia	19
<p>In the first century B.C., Marcus Vitruvius described a philosophical theory of the hydrologic cycle, in which precipitation falling in the mountains infiltrate the earth's surface and led to streams and springs in the lowlands.</p> <p>In the Renaissance Age, adopting a more scientific approach, Leonardo da Vinci and Bernard Palissy independently reached an accurate description of the hydrologic cycle.</p>	<p>Nel primo secolo A.C., Marco Vitruvio descrisse una teoria filosofica sul ciclo idrologico, secondo la quale le precipitazioni cadono nelle montagne e s'infiltrano nella superficie del suolo per poi dare vita alle sorgenti e ai corsi d'acqua.</p> <p>Nel Rinascimento, adottando un approccio più scientifico, Leonardo da Vinci e Bernard Palissy raggiunsero indipendentemente l'uno dall'altro un'accurata descrizione del ciclo idrologico.</p>





Nevertheless, it was not until the 17th century that hydrologic variables began to be quantified. Pioneers of the modern science of Hydrology include Pierre Perrault, Edme Mariotte, and Edmund Halley:

- By measuring rainfall, runoff and drainage area, Perrault showed that rainfall was sufficient to account for flow of the Seine.
- Mariotte combined velocity and river cross-section measurements to obtain discharge, again in the Seine.
- Halley showed that the evaporation from the Mediterranean Sea was sufficient to account for the outflow of rivers flowing into the sea.

Cionondimeno fu solo nel XVII secolo che si cominciò a misurare le grandezze idrologiche. Fra i pionieri dell'Idrologia moderna vi sono Pierre Perrault, Edme Mariotte, ed Edmund Halley:

- Per mezzo di misure di pioggia, deflusso e aria drenata, Perrault mostrò che le piogge erano in grado di spiegare i deflussi nella Senna.
- Mariotte abbinò misure di velocità e di area trasversale nelle sezioni fluviali per misurare la portata nella Senna.
- Halley dimostrò che l'evaporazione dal Mar Mediterraneo era coerente con le portate immesse in tale mare dai fiumi che vi sfociano.





Hydrology 1 / Idrologia 1	
	Brief history of Hydrology / Breve storia dell'Idrologia 21
<p>Advances in the 18th century included:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ the Bernoulli piezometer and Bernoulli's equation,▪ the Pitot tube,▪ the Chézy formula. <p>The 19th century saw development in groundwater hydrology, including:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ the Darcy's law,▪ the Dupuit-Thiem well formula,▪ Hagen-Poiseuille's capillary flow equation.	<p>I progressi nel XVIII secolo compresero:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ il piezometro di Bernoulli e l'equazione di Bernoulli,▪ il tubo di Pitot,▪ la formula di Chézy. <p>Il XIX secolo vide lo sviluppo dell'idrologia delle acque sotterranee, comprendendo:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ la legge di Darcy,▪ la formula di Dupuit-Thiem per i pozzi.▪ l'equazione del moto capillare di Hagen-Poiseuille





In the 20th century, rational analyses began to replace empiricism while governmental agencies began their own hydrological research programs. Of particular importance were:

- Sherman's unit hydrograph,
- the infiltration theory of Horton,
- Theis's equation describing well hydraulics.

Since the 1950s, Hydrology has been approached with a more theoretical basis than in the past, facilitated by advances in the physical understanding of hydrological processes and by the advent of computers.

Nel XX secolo, l'analisi razionale cominciò a prendere il posto dell'empirismo mentre le agenzie governative iniziarono proprie programmi di ricerca idrologica. Di particolare importanza:

Di particolare importanza:

- l'idrogramma unitario di Sherman,
- la teoria dell'infiltrazione di Horton,
- l'equazione di Theis che descrive l'idraulica dei pozzi.

A partire dal 1950, l'approccio all'Idrologia ha cominciato a basarsi su fondamenti teorici più che in passato, facilitata dai progressi nella comprensione fisica dei singoli processi idrologici e dall'avvento dei computers.





Il ciclo idrologico

La nozione di ciclo idrologico è di fondamentale importanza in idrologia.

Il *ciclo idrologico* (o ciclo dell'acqua) rappresenta l'insieme di tutti i fenomeni legati all'acqua nel suo naturale movimento sulla superficie terrestre. Nel termine ciclo è insita l'idea di un meccanismo di ricircolo come è ben evidenziato nella frase di Leonardo da Vinci:

".....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"

Il ciclo idrologico mette in comunicazione l'atmosfera, le terre emerse e gli oceani. Ad ogni ciclo la molecola d'acqua viene sottoposta ad almeno due cambiamenti di stato: da vapore a liquido o solido e nuovamente a vapore. Durante il corso l'enfasi verrà posta sui processi che si verificano sul suolo o al suo interno, trascurando i processi di trasporto nell'atmosfera o negli oceani.





Il ciclo idrologico

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 dalla 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** verso valle dagli strati più superficiali del terreno, ove vi sia un adeguato gradiente topografico, ed in parte andrà a ricaricare le falde sottostanti.





Il ciclo idrologico

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 ed 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.



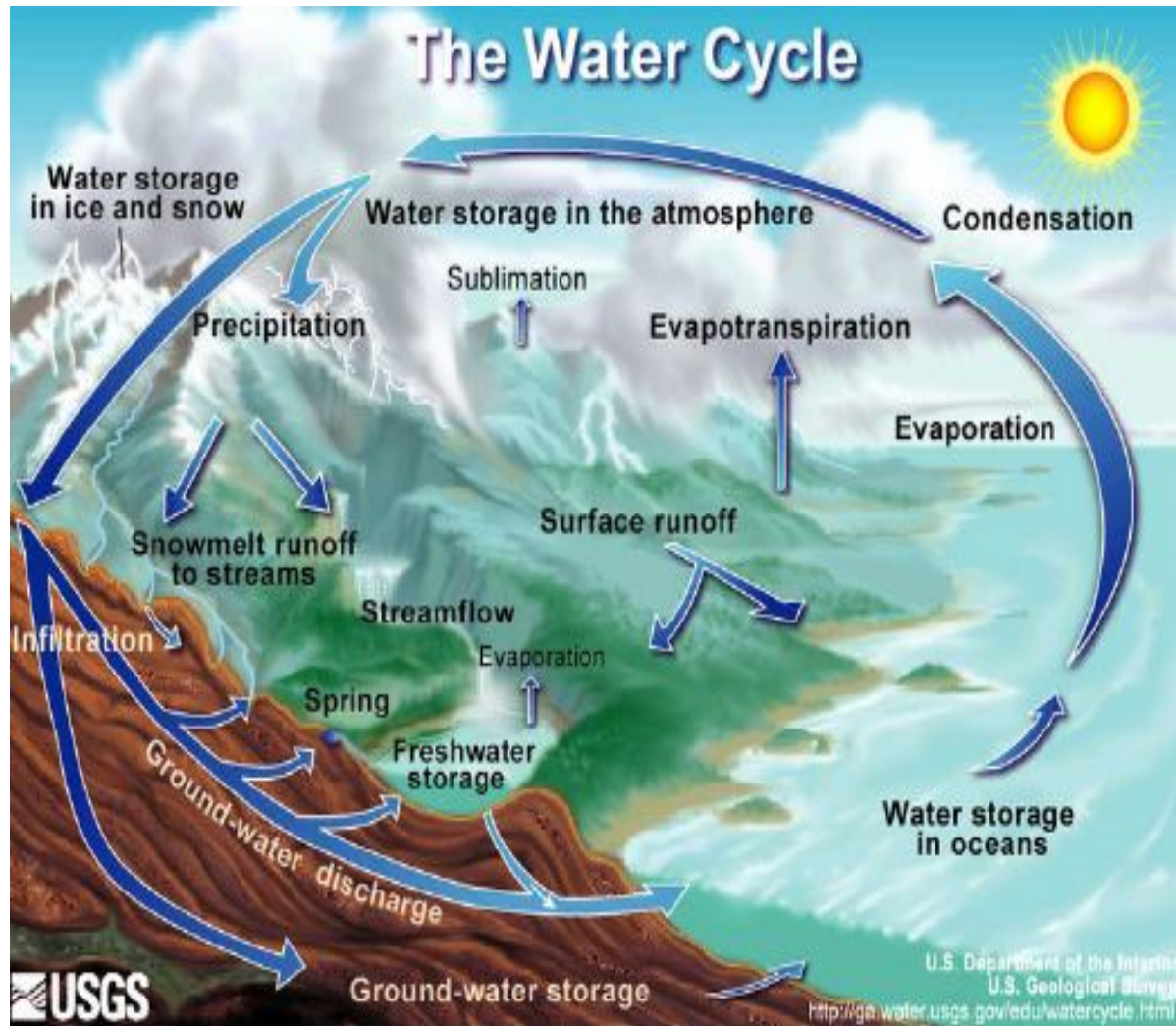


Il ciclo idrologico



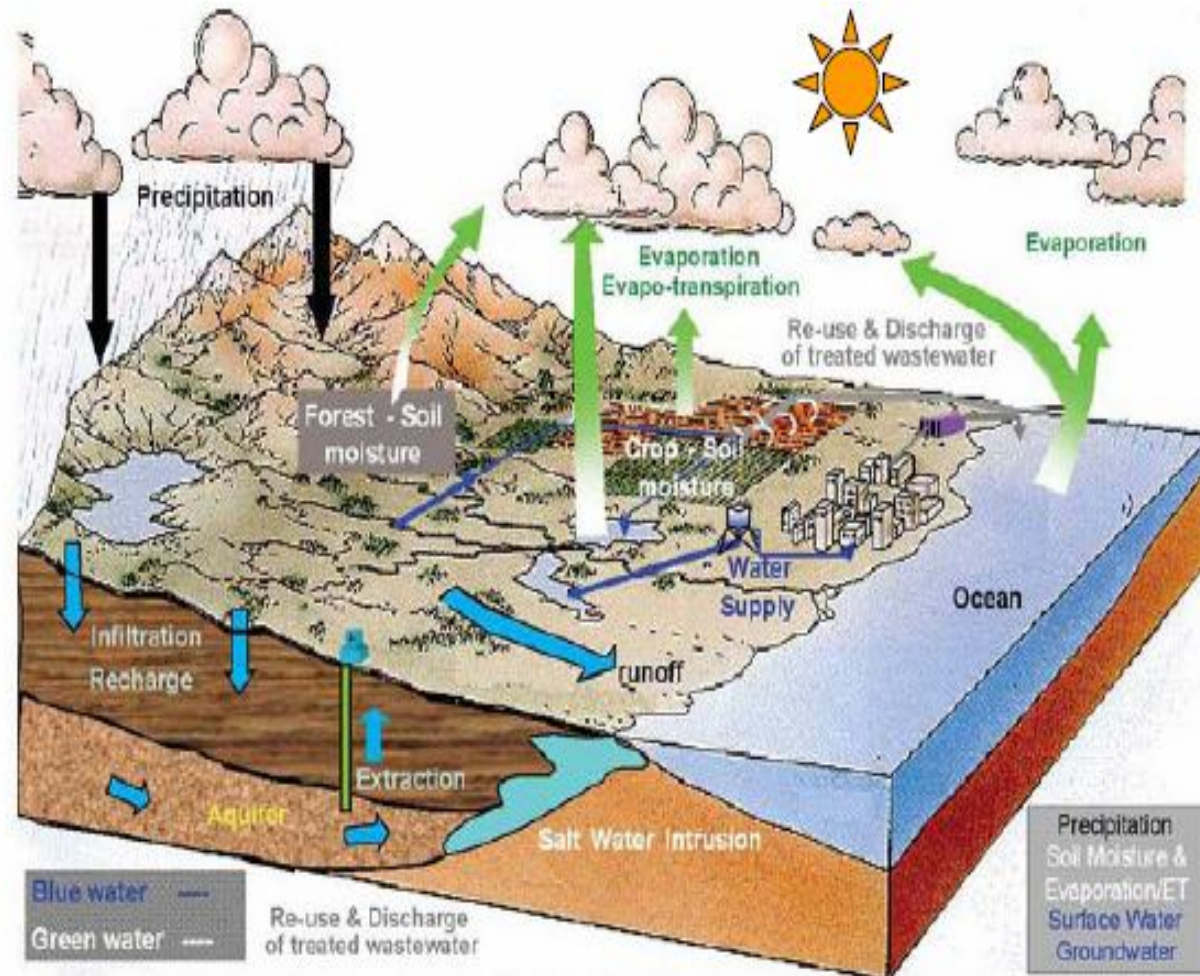


Il ciclo idrologico





Il ciclo idrologico





Bilancio idrologico

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

Quantitativamente si applica, quindi, il principio di conservazione della massa, tramite il quale è possibile impostare un *bilancio idrologico*. Il bilancio può essere formulato con riferimento ad un qualsiasi "volume di controllo" ovvero un elemento tridimensionale attraverso il quale avvengono i flussi in ingresso ed uscita.

L'equazione generale del principio di conservazione della massa per il bilancio idrologico, applicabile ad ogni volume di controllo è la seguente:

"la variazione nel tempo della massa d'acqua (M) corrispondente alla fase assegnata è pari alla differenza fra il flusso entrante (input) e quello uscente (output)"

I = flusso entrante o input del sistema

O = flusso uscente o output del sistema

t = tempo

$$\frac{dM}{dt} = I - O$$





Bilancio idrologico

Quando si effettua un bilancio idrologico è necessario fissare il volume di controllo e il periodo di riferimento.

volume di controllo = ?

In relazione agli obiettivi dell'indagine, il volume di controllo può essere costituito da una particella di terreno o da un versante, ma l'unità territoriale più conveniente per l'indagine idrologica è quella del **BACINO IDROGRAFICO**.

(Bilancio idrologico a scala di bacino)

t = ?

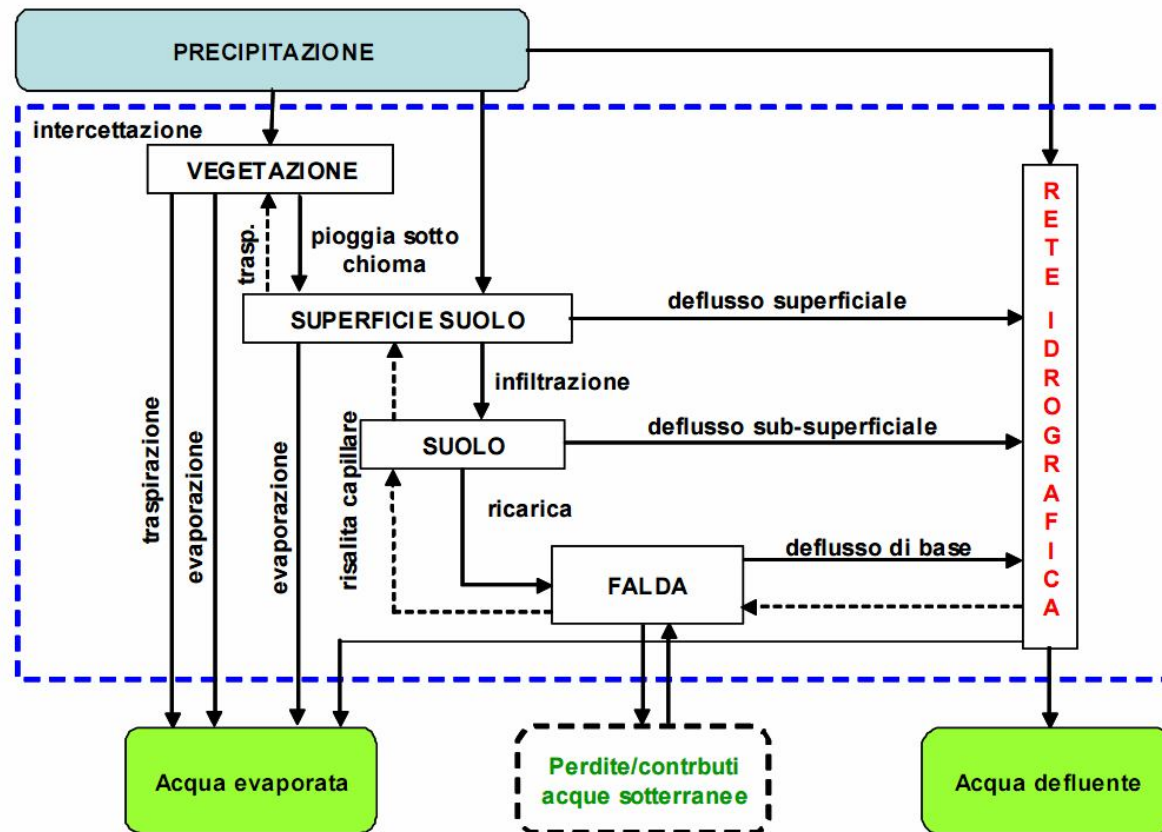
Altrettanto importante è il periodo di riferimento nel quale effettuare il bilancio idrologico.

- Scala temporale mensile;
- Scala temporale stagionale;
- Scala temporale annuale;
- Scala temporale pluriennale.



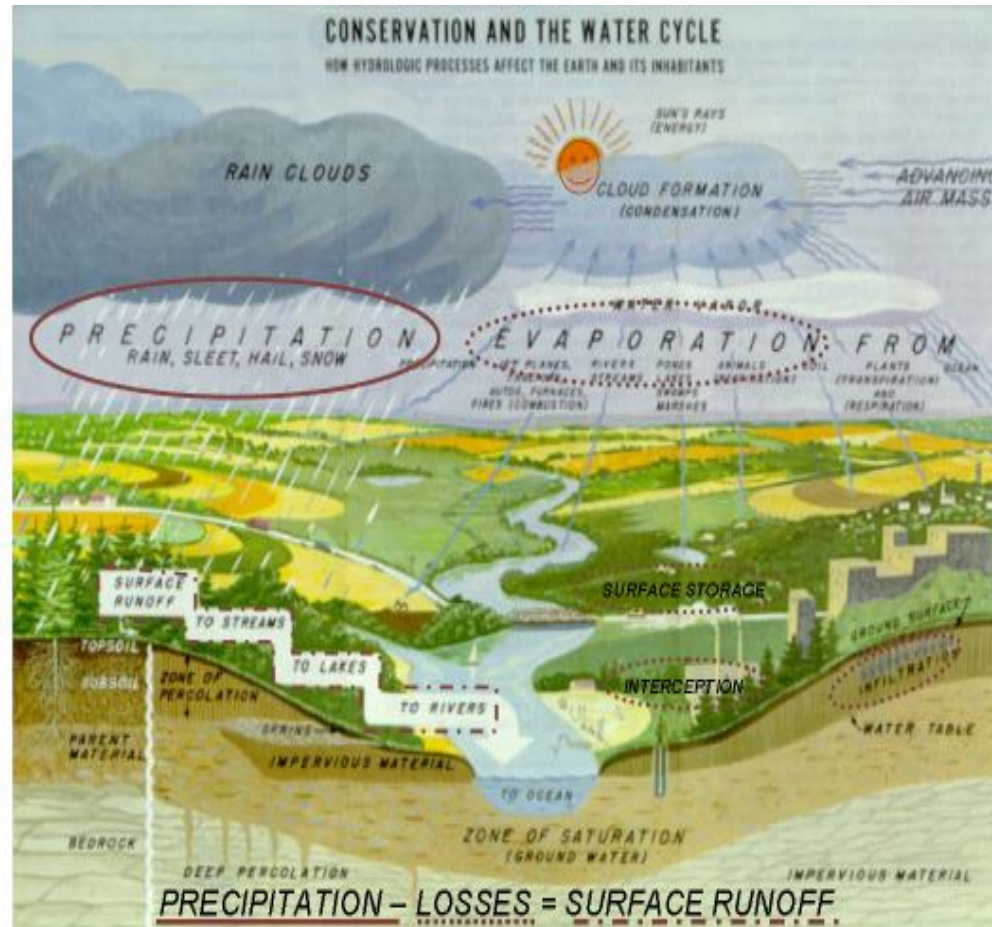


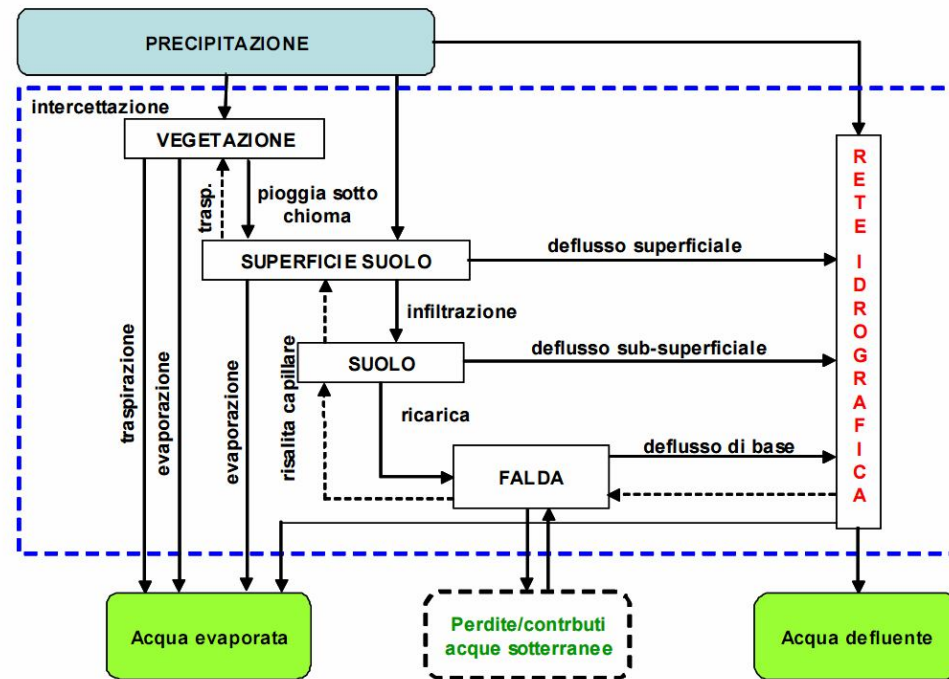
Bilancio idrologico a scala di bacino





Bilancio idrologico a scala di bacino



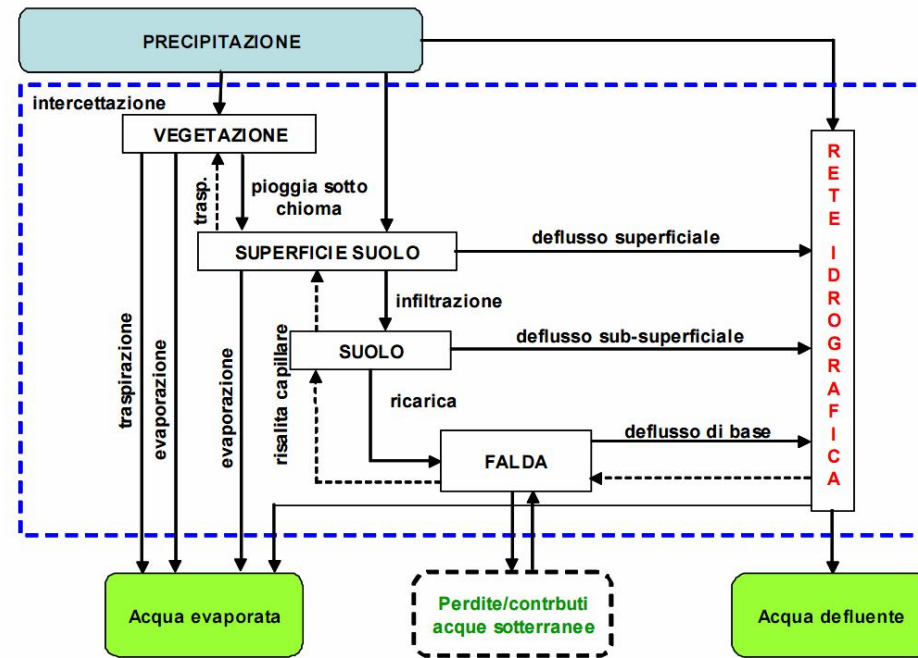


La precipitazione P va in gran parte ai blocchi che rappresentano la superficie del bacino (inclusa la copertura vegetale):

- vegetazione
- superficie suolo

ed in piccola parte direttamente a quello che rappresenta la rete drenante del bacino:

- rete idrografica



I tre blocchi che rappresentano:

- la superficie del bacino
- la rete idrografica
- la copertura vegetale

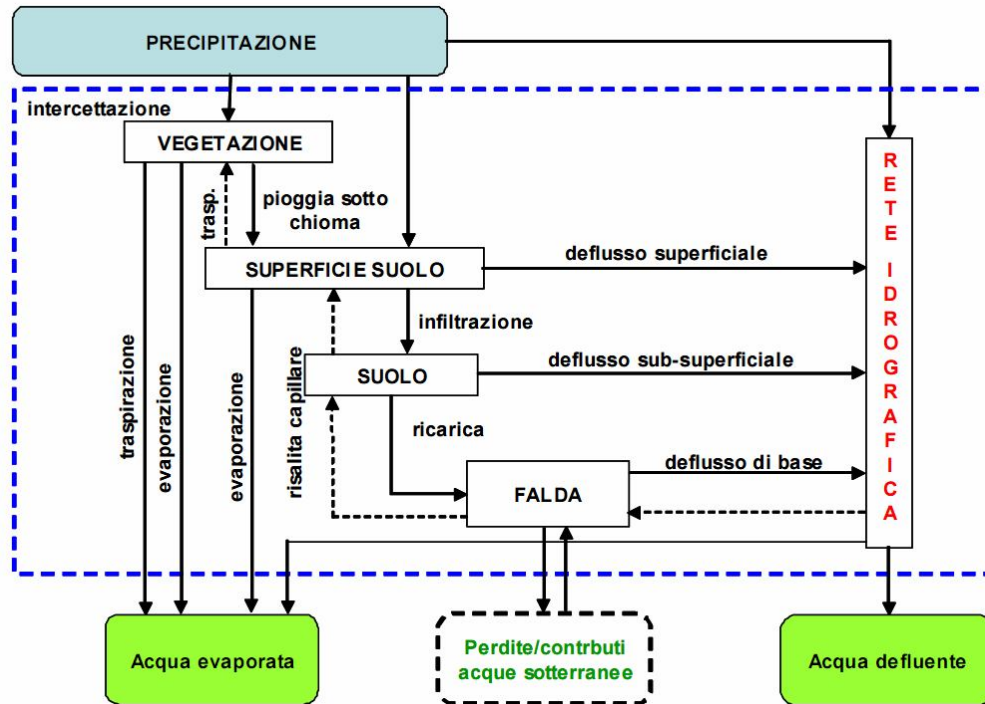
alimentano l'evaporazione attraverso la quale si ha ritorno dell'acqua nell'atmosfera.

In particolare, l'evaporazione comprende:

- evaporazione dell'apparato fogliare
- evaporazione del velo d'acqua che copre il terreno durante la pioggia
- evaporazione dagli specchi d'acqua e dal terreno umido



Bilancio idrologico a scala di bacino



Il blocco che rappresenta la superficie alimenta:

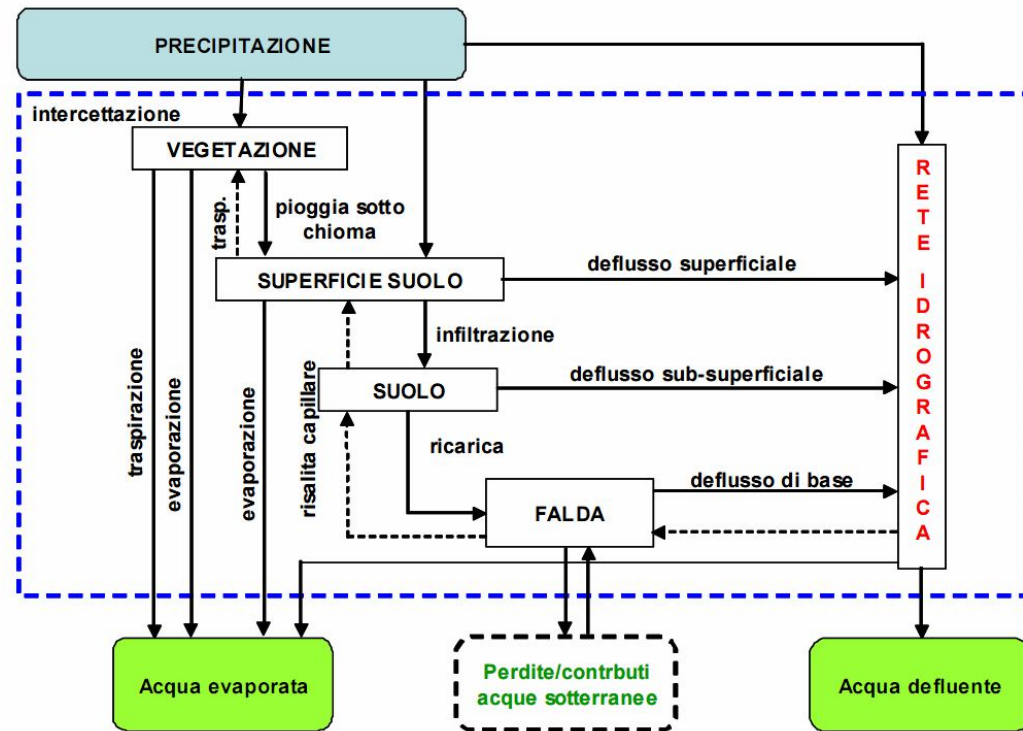
- infiltrazione nel suolo
- componente del deflusso superficiale, Q_s

Il blocco che rappresenta il suolo alimenta:

- lo scorrimento sub-superficiale, Q_i
- ricarica degli acquiferi

Il blocco che rappresenta gli acquiferi (falda) alimenta:

- scorrimento profondo, che si suddivide in due parti:
 - deflusso di base, Q_b
 - scorrimento verso gli strati più profondi, Q_u . Esso rappresenta una perdita nell'ambito del bilancio di bacino



Dal blocco che rappresenta la rete idrografica esce infine il deflusso totale Q alla sezione di chiusura del bacino dato dalla somma:

$$Q = Q_s + Q_i + Q_b$$





Principio di conservazione della massa applicato a tutto il volume di controllo (equazione di continuità globale)

EQUAZIONE DI BILANCIO IDROLOGICO DEL BACINO

$$P = ET + Q + \Delta V$$

La precipitazione è pari alla somma delle perdite per EVAPOTRASPIRAZIONE (ET), del DEFLUSSO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (Q) e dell'incremento (ΔV) del VOLUME D'ACQUA IMMAGAZZINATO in varie forme all'interno del volume di controllo assunto a rappresentare il bacino nel tempo di riferimento considerato.





EVAPOTRASPIRAZIONE

$$ET = ?$$

$$ET = E_{a1} + E_{a2} + E_t + E_v + T$$

- E_{a1} = Quantità d'acqua evaporata dalla rete idrografica o da altri specchi d'acqua come i laghi
- E_{a2} = Quantità evaporata dal velo d'acqua che copre la superficie del suolo durante e poco dopo la precipitazione
- E_t = Quantità d'acqua evaporate dalla strato aerato del terreno
- E_v = Quantità d'acqua evaporata dalla copertura vegetale durante e poco dopo la precipitazione
- T = Quantità d'acqua traspirata dalla vegetazione





$$\Delta V = ?$$

$$\Delta V = \Delta V_v + \Delta V_s + \Delta V_u + \Delta V_a + \Delta V_r$$

- ΔV_u = Incremento del volume d'acqua immagazzinato dalla vegetazione in gran parte dovuto al fenomeno di intercezione vegetale
- ΔV_s = Incremento del volume d'acqua immagazzinato nelle depressioni superficiali
- ΔV_u = Incremento del volume d'acqua immagazzinato come umidità nello strato del suolo aerato
- ΔV_a = Incremento del volume d'acqua immagazzinato negli acquiferi
- ΔV_r = Incremento del volume d'acqua immagazzinato nella rete idrografica del bacino





VOLUME DI CONTROLLO

STRATO PIÙ SUPERFICIALE DI TERRENO



$$P = ET + Q_s + F + I + \Delta V_s$$

LA **PIOGGIA EFFICACE** È LA FRAZIONE DI PIOGGIA CHE RIESCE EFFETTIVAMENTE A RAGGIUNGERE IL SUOLO DOPO LA PERDITA PER INTERCEZIONE DOVUTA ALLA COPERTURA VEGETALE.

LA QUANTITÀ DI PIOGGIA EFFICACE, DEPURATA DELLE ALTRE PERDITE, CHE EFFETTIVAMENTE ALIMENTA IL DEFLUSSO SUPERFICIALE, È CHIAMATA **PIOGGIA NETTA**





METODO DEL CURVE NUMBER (CN)

Messo a punto nel 1972 dal Soil Conservation Service (United States Department of Agriculture), considera il deflusso superficiale come la differenza fra precipitazioni e perdite, dove in queste ultime si inglobano oltre alle perdite per infiltrazione anche quelle per intercettazione da parte delle piante, per accumulo sulle depressioni superficiali e per l'imbibimento iniziale del terreno.

I parametri di tale modello non sono stati calibrati solo in base ai dati di infiltrazione, ma anche a quelli relativi a prove di laboratorio e a misure di campo di un enorme numero di bacini di varie dimensioni negli Stati Uniti, messi in relazione con i tipi podologici e di uso del suolo di ciascun bacino.

L'ipotesi di base del metodo è che il rapporto tra il volume defluito ed il volume di pioggia depurato delle perdite iniziali rimanga, in ogni istante, uguale al rapporto tra il volume infiltrato ed il volume massimo teorico delle perdite:

$$\frac{P_e}{P - I_a} = \frac{F_a}{S} \quad (1)$$

- P = precipitazione cumulata lorda
- P_e = precipitazione efficace o volume specifico di deflusso
- I_a = perdite iniziali (tiene conto di tutte le perdite che avvengono prima che il deflusso ha inizio)
- F_a = volume specifico infiltrato
- S = volume specifico di saturazione del terreno





Metodo del Curve Number (CN)

Equazione di continuità

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2)$$

Sostituendo la F_a ottenuta dall'equazione di continuità (2) nel rapporto (1), si ottiene l'espressione della precipitazione efficace:

$$\frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad (3)$$





Il volume specifico di saturazione **S** dipende da:

- Natura del terreno
- Uso del suolo

...e la sua valutazione può essere ricondotta a quella dell'indice CN secondo la seguente relazione:

$$S = S_o \frac{100}{CN} - 1 \quad (4)$$

dove:

$S_o = 254$ se [mm]

$S_o = 10$ se [in]

L'indice CN è adimensionale ed è un fattore decrescente della permeabilità, varia tra $CN = [0 - 100]$ con:

- $CN = 0$ (superficie totalmente permeabile)
- $CN = 100$ (superficie completamente impermeabile)

Il CN risulta legato a:

- tipologia litologica del suolo
- uso del suolo
- grado di umidità del suolo prima dell'evento meteorico esaminato
- stagione vegetativa





Metodo del Curve Number (CN)

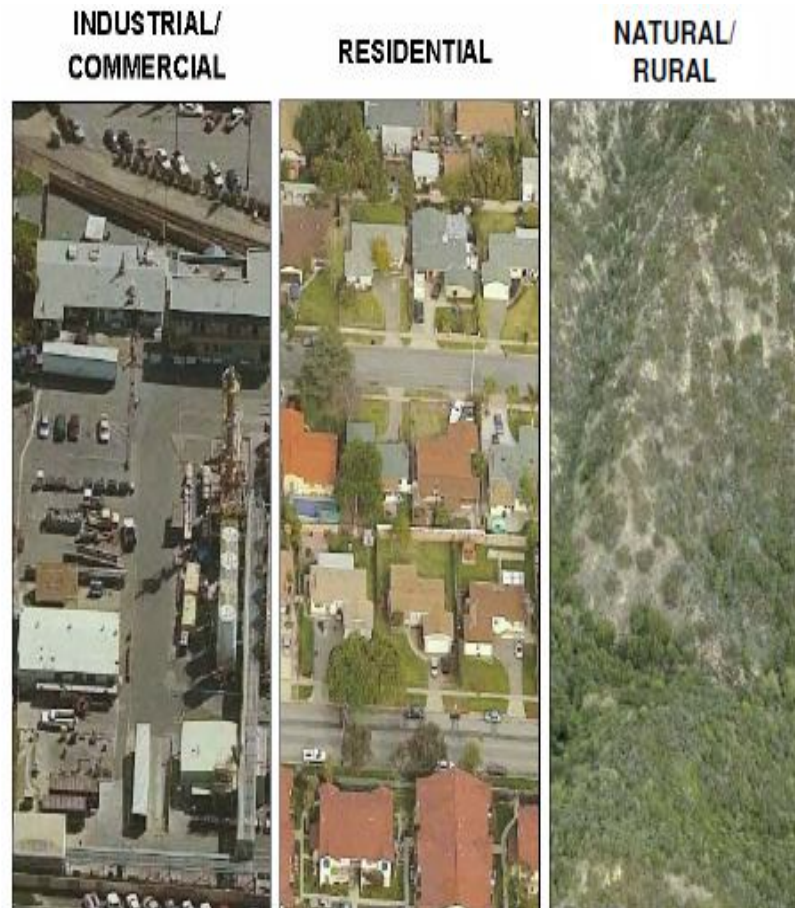
Per quanto riguarda la tipologia litologica del suolo, l'SCS ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi, riportati nella tabella seguente, sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di un prolungato adacquamento.

In relazione all'uso del suolo, sono state individuate un numero piuttosto elevato di classi che, incrociate con i quattro tipi di suolo, permettono di individuare un valore di CN.





Metodo del Curve Number (CN)





Il bacino idrografico o imbrifero

Questa nota è dedicata alla caratterizzazione *geomorfica* del bacino idrografico attraverso la descrizione di parametri che ne descrivono la planimetria e l'altimetria, dei principali criteri di classificazione del reticolo idrografico e delle leggi morfologiche usate come indicatori della organizzazione dei bacini fluviali.

Fissata una sezione del corso d'acqua, che si indica come *sezione di chiusura* del bacino, si definisce *bacino idrografico* o *imbrifero* relativo alla sezione considerata, il luogo dei punti della superficie terrestre che raccoglie le acque che scorrendo in superficie raggiungono tale sezione. La delimitazione del bacino si effettua individuando su una carta topografica base il cosiddetto *spartiacque* sotteso dalla sezione di chiusura. Lo spartiacque individua il luogo dei punti da cui hanno origine le linee di massima pendenza che finiscono per raggiungere la sezione di chiusura e si traccia in base alle isoipse e alle teste dei canali del reticolo imponendo il passaggio per le vette e le selle.

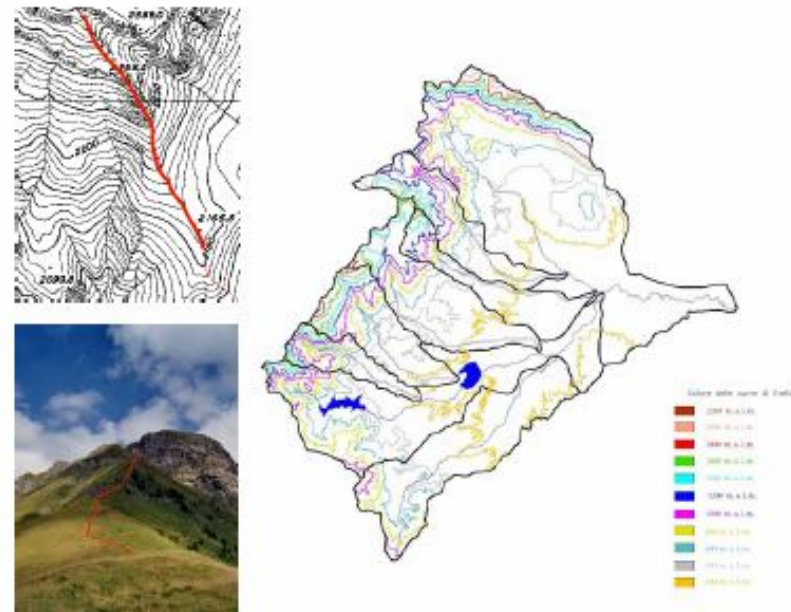


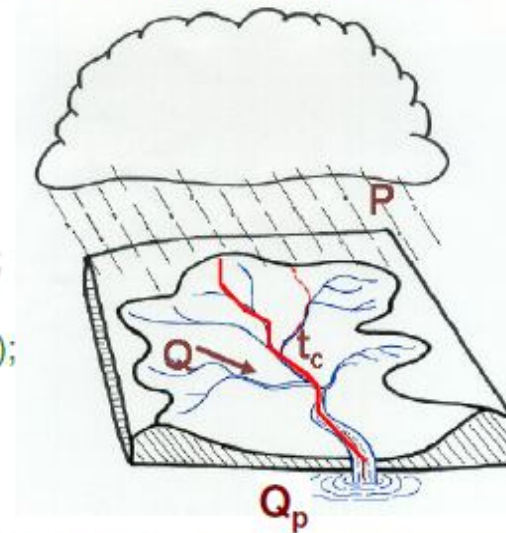
Figura 1 – Bacino del fiume Cosile (e sottobacini principali) alla confluenza con il Crati.





A catchment (also called basin or, in American English only, watershed) is an area of land that drains to a single outlet and is separated from other catchments-watersheds-basins by a divide /
Un bacino è un'area che drena verso una singola uscita ed è separata dagli altri bacini da un perimetro denominato spartiacque o dislivello.

- Related terms / Termini correlati:
 - Drainage area / Area drenata:
 - Subcatchment / Sottobacino,
 - Subwatershed / Sottobacino,
 - Subbasin / Sottobacino;
 - Drainage network / Rete di drenaggio;
 - Downstream section (outlet) / Sezione di valle (di chiusura, di uscita);
 - Time of concentration t_c / Tempo di corrivazione t_c .





La nozione di bacino idrografico, introdotta con riferimento allo scorrimento superficiale, si può estendere al caso dello scorrimento sotterraneo. In questo caso lo spartiacque non coincide sempre con quello identificato sulla base della topografia, ma è necessario considerare il moto di filtrazione, prevalentemente orizzontale, dell'acqua nella zona satura al di sopra di uno strato di fondo impermeabile. Il bacino idrogeologico risulta ovviamente più difficoltoso da delimitare.

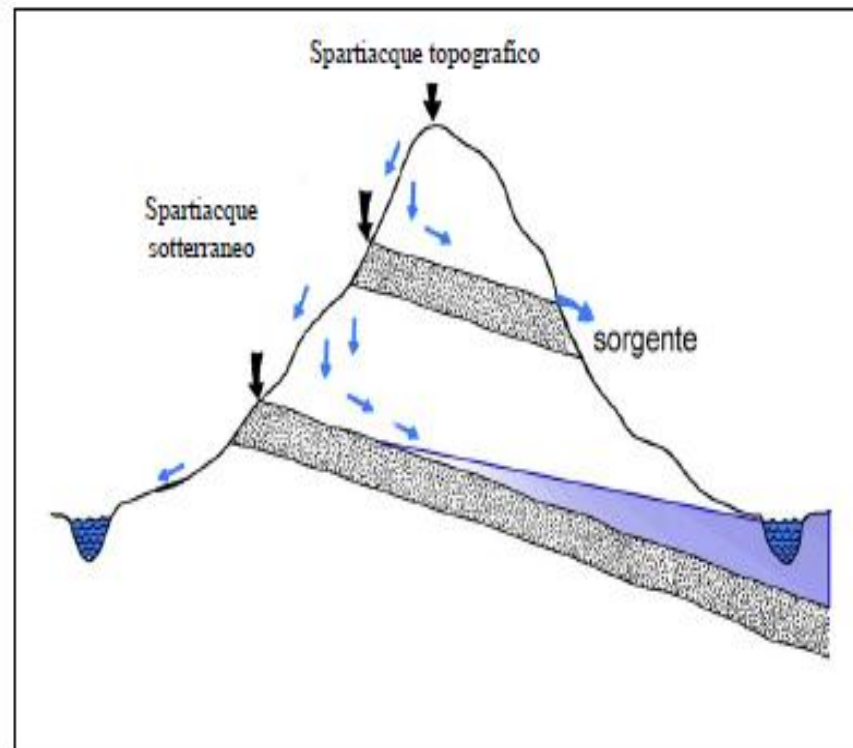


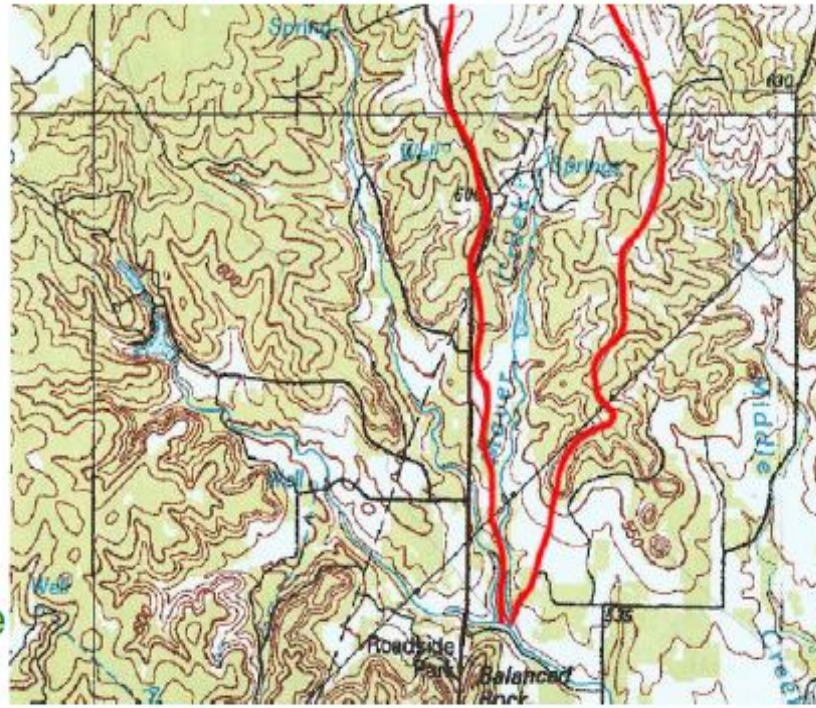
Figura 2 – Spartiacque topografico e spartiacque sotterraneo.





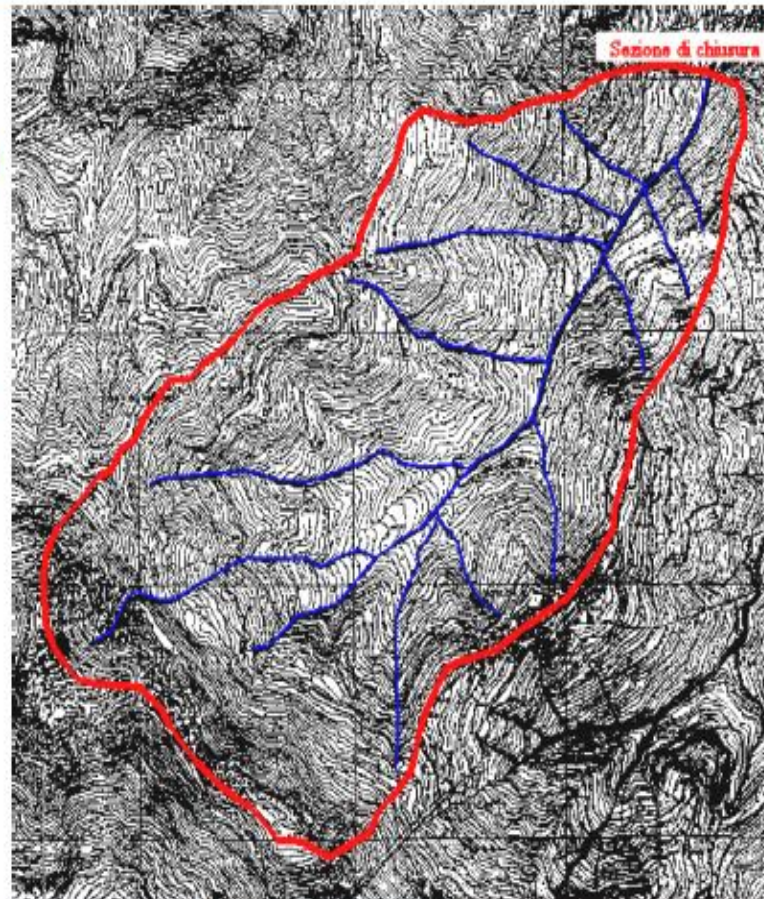
The old way is to use topographic maps and their elevation contours to find the watershed divide / Il modo tradizionale è usare le mappe topografiche e le loro curve di livello per individuare lo spartiacque.

The new way is to use computer modelling (like Digital Elevation Models - DEM) / Un approccio più moderno consiste nell'usare tecniche di modellazione assistite dal computer (quali i modelli digitali delle quote o DEM, dall'acronimo del termine in lingua inglese).





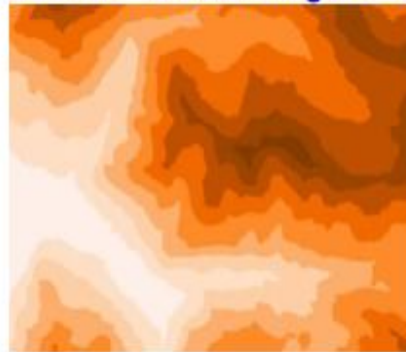
Example of traditional use of topographic maps and their elevation contours to find the watershed divide / Esempio di approccio tradizionale che si basa su mappe topografiche e curve di livello per individuare lo spartiacque.





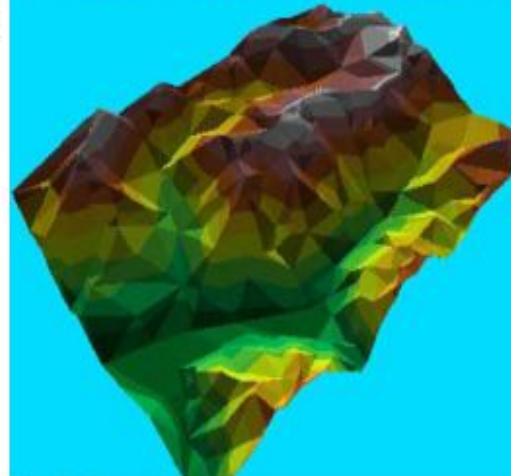
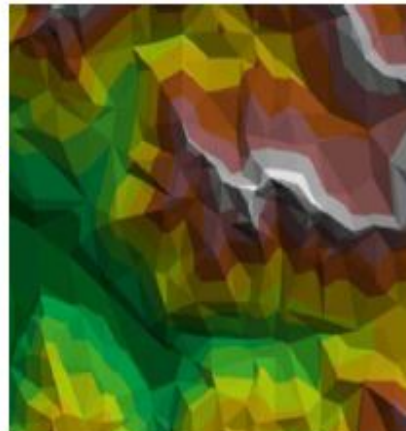
DEMs are a particular kind of Digital Terrain Models (DTMs)

DEM grid /
DEM a griglia



DEM TIN
(irregular triangles)

DEM TIN
(reti a triangoli
irregolari)





Curva ipsografica

L'andamento altimetrico del bacino è descritto dalla *curva ipsografica*: si ottiene riportando, in un diagramma cartesiano, dei punti le cui ordinate rappresentano la quota, riferita generalmente alla sezione di chiusura, e le ascisse indicano l'area del bacino che si trova al di sopra di tale quota (o al di sotto). La differenza tra la quota del punto più elevato dello spartiacque e quella della sezione di chiusura è un parametro caratteristico del bacino che prende il nome di rilievo del bacino.

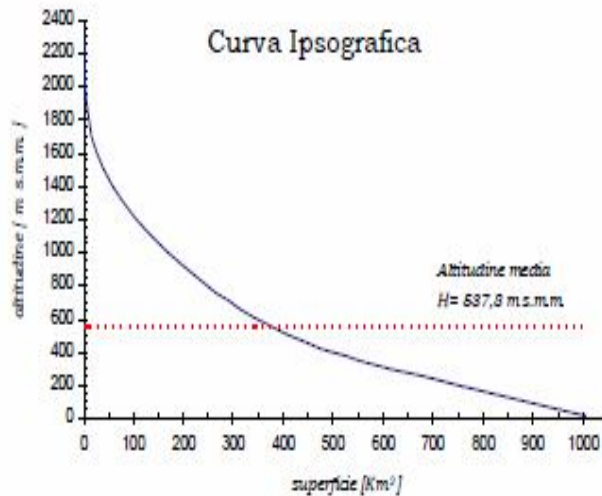


Figura 3 - Curva ipsografica del bacino del fiume Coscile

Dalla curva ipsografica si ricava facilmente l'altezza media del bacino definita come:

$$\bar{h} = \frac{1}{A} \int_0^A h dA$$

La retta tracciata nella figura 3 in corrispondenza dell'altezza media coincide con la linea di compenso della curva ipsografica. Il rettangolo di base A ed altezza \bar{h} ha area equivalente a quella sottesa dalla curva ipsografica.





TEMPI CARATTERISTICI DEL BACINO

Sono stati introdotti anche dei tempi caratteristici che contribuiscono a definire le modalità di risposta di un bacino idrografico e sono:

- il *tempo di corrivazione*;
- il *tempo di ritardo* del bacino.

E' possibile associare ad ogni punto del bacino un tempo di corrivazione inteso come il tempo impiegato da una goccia di acqua per raggiungere la sezione di chiusura, scorrendo sempre in superficie. Tra questi il maggiore viene indicato come il tempo di corrivazione del bacino. Il tempo di corrivazione del bacino rappresenta il tempo che una goccia d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del bacino a partire dal punto idraulicamente più lontano da essa.

La formula più comunemente usata per la stima del tempo di corrivazione di un bacino t_c è la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{z}}$$

in cui t_c è misurato in ore, A è l'area del bacino in km^2 , L la lunghezza dell'asta principale in km e \bar{z} l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura misurata in metri.

