

## 1.7. Ciclul și componentele scurgerii

Ciclul scurgerii la scara unui bazin de recepție este repartiția dinamică continuă a **precipitațiilor** între diferitele componente ale **scurgerii**, din momentul căderii lor la suprafața terenului până când apa respectivă a ajuns în **rețeaua hidrografică** sau în **atmosfera**, ca o consecință a **evaporării**, **transpirației** sau **infiltrației**.

Proporțiile în care se face distribuția precipitațiilor între componentele scurgerii depind de:

- durata, intensitatea și cantitatea precipitațiilor;
- particularitățile morfologice ale bazinului hidrografic;
- acoperirea vegetală a bazinului hidrografic;
- litologia formațiunilor acoperitoare;
- temperatura aerului, nebulozitatea atmosferei, viteza vântului etc.

Cu excepția precipitațiilor interceptate **direct** de oglinda apelor de suprafață (râuri, lacuri, mări, oceane), apele provenind din precipitații ajung în rețeaua hidrografică pe trei căi distincte:

- **scurgere de suprafață**;
- **scurgere hipodermică**;
- **scurgere subterană**.

**Scurgerea de suprafață** se datorează deplasării gravitaționale, pe suprafața topografică, a acelei părți din apele meteorice care n-a fost supusă **infiltrării**, **evapotranspirației** sau **retenției superficiale** a bazinului hidrografic.

Factorii care determină cantitativ scurgerea de suprafață sunt caracteristicile precipitațiilor, ale solului și ale formațiunilor geologice care aflăsează.

Solul intervine prin morfologie, natură litologică, înveliș vegetal și grad de umiditate. O precipitație scurtă și cu intensitate moderată pe un teren foarte permeabil și cu un grad de umiditate foarte redus va da naștere unei scurgeri de suprafață nesemnificative, în timp ce în condițiile unui teren impermeabil sau saturat de averse anterioare, aceeași precipitație va genera o scurgere de suprafață cu un debit relativ important.

În cadrul **scurgerii de suprafață** trebuie să se distingă **scurgerea pe versanți** (fenomenul de **șiroire**), care se referă la deplasarea apelor imediat după precipitație fără a urma un traseu bine individualizat, și **scurgerea în albiile elementare**.

**Scurgerea directă de pe versanți** (șiroirea) reprezintă afluxul dirijat pe drumul cel mai scurt ( $L_v$ , paralelă cu linia de cea mai mare pantă) către ramificațiile rețelei hidrografice. Lungimea minimă necesară pentru formarea acesteia este  $L_v = 22 \div 28m$  (Izzard, 1946; I.Vladimirescu, 1978).

**Scurgerea hipodermică** reprezintă o parte, de regulă redusă, a apelor infiltrate care circulă cvasi-orizantal în zona de aerare. Mărima debitului scurgerii hipodermice depinde

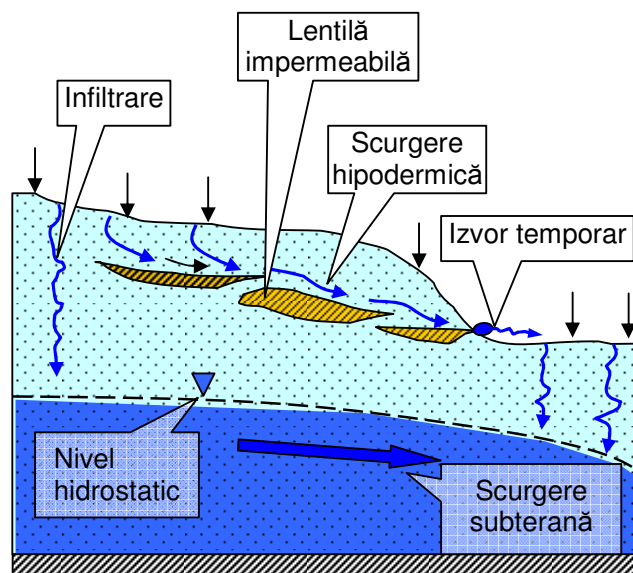
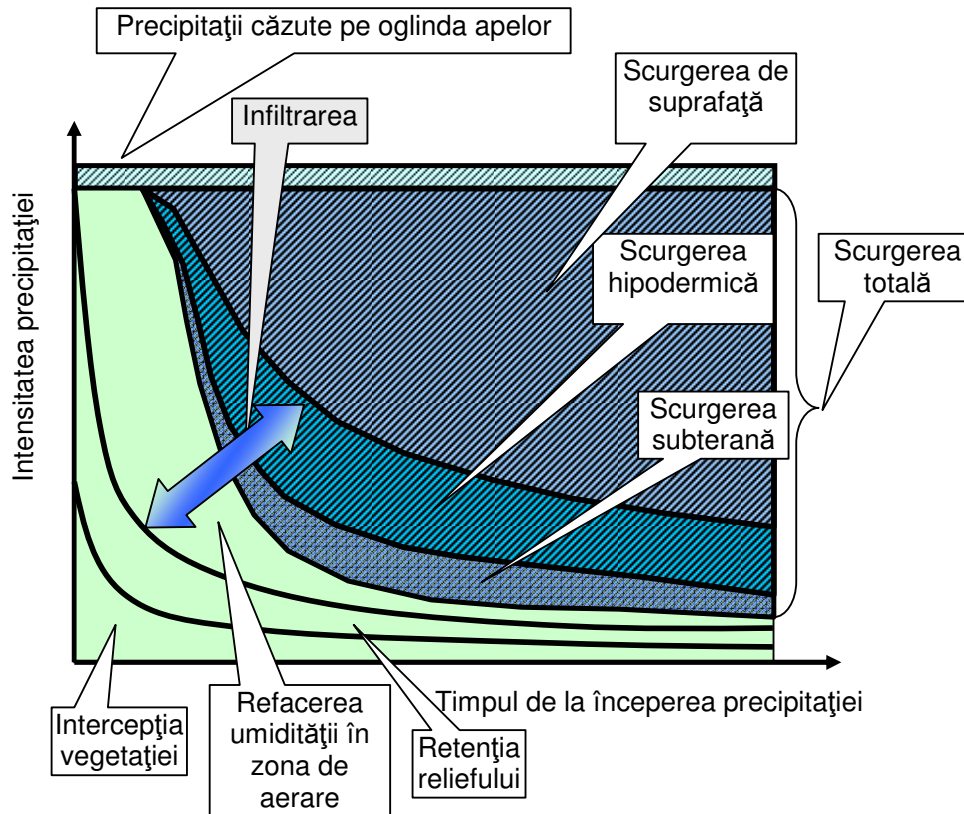


Fig.1.17. Formarea scurgerii hipodermice

de structura litologică a zonei de aerare care poate prezenta la adâncimi reduse niveluri impermeabile sau o succesiune orizontală de lentile impermeabile. Această scurgere este în detrimentul alimentării acviferelor, dând naștere, în perioadele ploioase, la mici izvoare temporare care apar în micro-depresiunile reliefului (Fig.1.17).

**Scurgerea subterană** apare atunci când zona de aerare are o umiditate suficientă pentru a permite unei părți din apa infiltrată să alimenteze acviferele freatice. Valoarea acestui aport depinde de structura litologică, de permeabilitatea și gradul de saturare al zonei de aerare, precum și de intensitatea precipitației.

Precipitațiile slabe, practic, nu au nici o influență asupra acviferelor care sunt alimentate numai de precipitațiile cu durată mare și intensitate moderată. Datorită vitezelor de curgere reduse în cadrul acviferelor, durata scurgerii subterane (timpul de la infiltrarea în acvifer până la atingerea cursului de apă drenant) este cea mai mare în raport cu celelalte componente ale scurgerii totale (excluzând regiunile carstice). Se apreciază că pentru un bazin de dimensiuni și caracteristici medii, durata scurgerii subterane este mai mare de o lună. Datorită acestei situații, aportul apelor subterane la debitul total al unui curs de apă este totdeauna gradat și nu intervine decât cu o foarte mică fracțiune la debitele maxime. Aportul subteran poate furniza totalitatea debitului cursului de apă în intervalul de timp care separă două episoade ploioase consecutive.



**Fig.1.18.** Repartiția schematică a apelor meteorice în cazul unei precipitații de intensitate constantă (după Linsley)

În afară de cele patru componente care formează **scurgerea totală**, o precipitație mai generează și trei tipuri de acumulări de apă în bazinul hidrografic (Fig.1.18) și anume:

- **refacerea umidității din zona de aerare**, atunci când precipitația urmează după o perioadă secetoasă;

- **retenția reliefului**, în cazul existenței unor depresiuni morfologice;
- **intercepția învelișului vegetal**, în cazul existenței acestuia.

Scurgerea hipodermică, cea subterană și refacerea umidității constituie **infiltrarea** (totală), iar retenția reliefului și intercepția vegetației formează **retenția superficială** a bazinului hidrografic, care în cea mai mare parte este transformată în vapori prin evapotranspirație.

Din evoluția în timp a componentelor unei precipitații uniforme (**Fig.1.18**) se mai poate remarca faptul că la o intensitate mare și durată mică a precipitației, scurgerea subterană este practic nulă, în timp ce o intensitate moderată și durată mare a precipitației conduce la o scurgere subterană importantă.

Un ciclu complet al scurgerii trebuie studiat în toate fazele sale (faza premergătoare precipitației, începutul precipitației, faza de maxim al precipitației și faza de încetare a precipitației), deoarece în fiecare fază componentele scurgerii au o altă valoare.

### 1.8. Bazinul de recepție

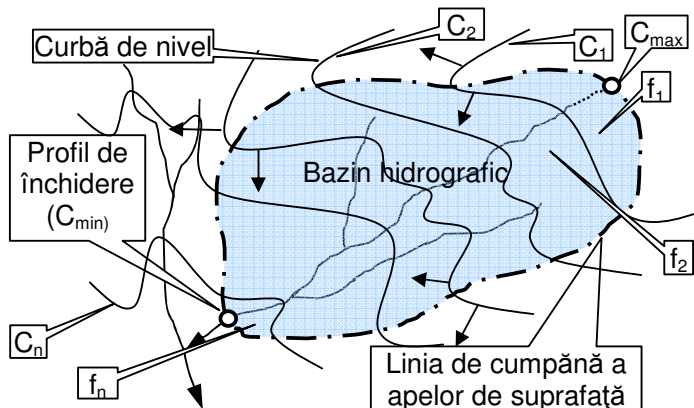
Evaluarea resurselor de apă, **regenerabile pe cale naturală**, este legată de noțiunea de **domeniu hidrologic**. Din acest punct de vedere se pot deosebi două domenii hidrologice principale, **bazinul hidrografic** și **bazinul hidrogeologic**, care reunite formează **bazinul de recepție** al unui curs de apă.

#### 1.8.1. Bazinul hidrografic

**Bazinul hidrografic** reprezintă domeniul de suprafață de pe care toată scurgerea de suprafață este colectată de un singur curs de apă. Este delimitat de **linia de cumpănă a apelor de suprafață** care reprezintă linia celor mai înalte cote din bazinul hidrografic.

De o parte și de alta a liniei de cumpănă a apelor de suprafață apele se scurg în sensuri opuse (**Fig.1.19**).

Delimitarea bazinului hidrografic se face cu ușurință prin trasarea **liniilor de cumpănă a apelor de suprafață** pe baza **hărților topografice**. Forma liniilor de cumpănă se modifică în timp datorită proceselor geomorfologice.



**Fig.1.19.** Delimitarea bazinului hidrografic pe hartă.

Elementele necesare caracterizării unui bazin hidrografic și evaluării resurselor de apă regenerabile pe cale naturală sunt:

- suprafața bazinului hidrografic;
- forma geometrică a bazinului hidrografic;
- curba hipsometrică și altitudinea medie a bazinului hidrografic;
- panta medie a bazinului hidrografic;
- învelișul vegetal al bazinului hidrografic;
- formațiunile geologice din bazinul hidrografic.

### 1.8.1.1. Suprafața bazinului hidrografic

**Suprafața** bazinului hidrografic se exprimă în  $km^2$  sau  $ha$  și este asociată obligatoriu cu denumirea cursului de apă sau poziția **secțiunii de închidere** a liniei de cumpănă a apelor de suprafață (exemplu: suprafața bazinului hidrografic al Dunării la Sulina este de 817000  $km^2$ ).

Suprafața bazinului hidrografic se evaluează prin planimetrare și crește pe măsură ce secțiunile de închidere se plasează către avalul cursului de apă. În Atlasul Apelor de Suprafață, suprafețele bazinelor hidrografice sunt calculate pentru cursurile de suprafață, până la ordinul șase, la confluența cu cursurile de ordin superior.

### 1.8.1.2. Forma bazinului hidrografic

**Formele geometrice** variate ale bazinelor hidrografice pot fi înscrise cu anumite aproximații în forme geometrice regulate (cerc, elipsă) sau cuantificate prin:

- **lățimea medie a bazinului hidrografic** ( $B$ ):

$$B = \frac{F}{\lambda} \quad (1.21)$$

în care

$F$  - suprafața bazinului hidrografic;

$\lambda$  - lungimea pe axul median;

- **coeficientul de formă a bazinului hidrografic** ( $\beta$ ) care exprimă abaterea de la forma circulară:

$$\beta = 4 \cdot \pi \cdot \frac{F}{L^2} \quad (1.22)$$

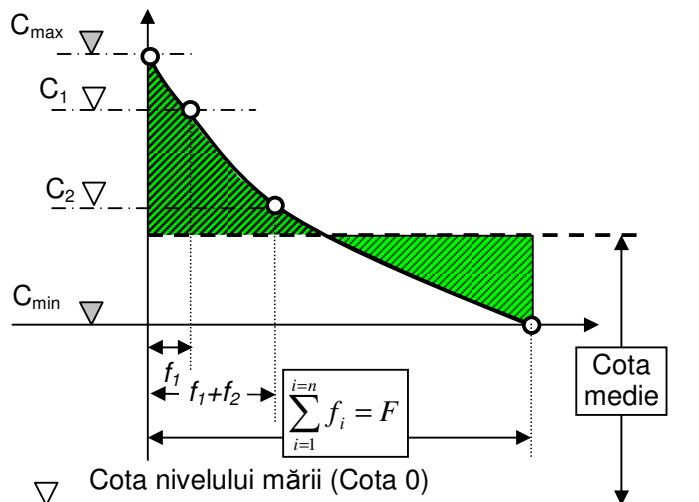
în care

$L$  - lungimea totală a liniei de cumpănă a apelor de suprafață care delimitează bazinul hidrografic.

### 1.8.1.3. Curba hipsometrică și altitudinea medie a bazinului hidrografic

**Curba hipsometrică** exprimă repartiția cotelor suprafeței bazinului hidrografic (**Fig.1.20**) și permite evaluarea rapidă a **cotei medii** a bazinului hidrografic și a **suprafețelor** aflate deasupra sau sub anumite cote.

Ordonatele curbei hipsometrice reprezintă **cotele curbelor de nivel** ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ; **Fig.1.19**) iar abscisele **suprafețele**



**Fig.1.20.** Curba hipsometrică a bazinului hidrografic

**cumulate** ale bazinului hidrografic determinate de două curbe de nivel succesive ( $f_1, f_2, \dots, f_n$ ; **Fig.1.19**).

**Cota medie** a bazinului hidrografic se calculează prin echivalarea ariei determinate de curba hipsometrică, cu aria unui dreptunghi având baza egală cu suprafața totală a bazinului hidrografic. **Suprafețele** aflate deasupra anumitor cote se citesc direct pe curba hipsometrică (**Fig.1.20**).

#### 1.8.1.4. Panta medie a bazinului hidrografic

**Panta medie** a bazinului hidrografic ( $\bar{i}$ ) se estimează pe baza pantei dintre fiecare două curbe de nivel consecutive ( $i_i$ ):

$$\bar{i} = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} i_k \cdot f_k}{F} = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} \frac{C_k - C_{k-1}}{b_k} \cdot f_k}{F} \quad (1.23)$$

în care

$C_k$  - cota curbei de nivel  $k$  ;

$b_k$  - lățimea medie dintre curbele de nivel  $C_k$  și  $C_{k-1}$ ;

$f_k$  - suprafața bazinului hidrografic dintre curbele de nivel  $C_k$  și  $C_{k-1}$ ;

$F$  - suprafață totală a bazinului hidrografic.

#### 1.8.1.5. Învelișul vegetal al bazinului hidrografic

**Învelișul vegetal** al bazinului hidrografic reprezentat de păduri, livezi, culturi cerealiere și pășuni intervine cu o pondere importantă în reglarea scurgerii de suprafață prin:

- reținerea parțială a apei din precipitații;
- frânarea mișcării apelor din precipitații;
- atenuarea scurgerilor torențiale provenite din ploi și topirea zăpezilor (în special pădurile cu existență multianuală);
- reducerea efectului de eroziune produs de scurgerea de suprafață prin fixarea solului cu sistemul radicular.

**Gradul de împădurire** ( $\alpha_p$ ) al bazinului hidrografic se exprimă prin raportul dintre suprafața împădurită ( $F_p$ ) și suprafața totală a bazinului hidrografic ( $F$ ):

$$\alpha_p = \frac{F_p}{F} \quad (1.24)$$

#### 1.8.1.6. Formațiunile geologice din bazinul hidrografic

**Formațiunile geologice** care afloră în bazinul hidrografic condiționează infiltrarea precipitațiilor și reducerea scurgerii de suprafață. Într-o estimare globală se poate aprecia că pentru:

- zonele muntoase cu roci cristaline fără păduri, infiltrația este neglijabilă;
- zonele carstice, infiltrația reprezintă 30-80% din cantitatea de apă de suprafață;

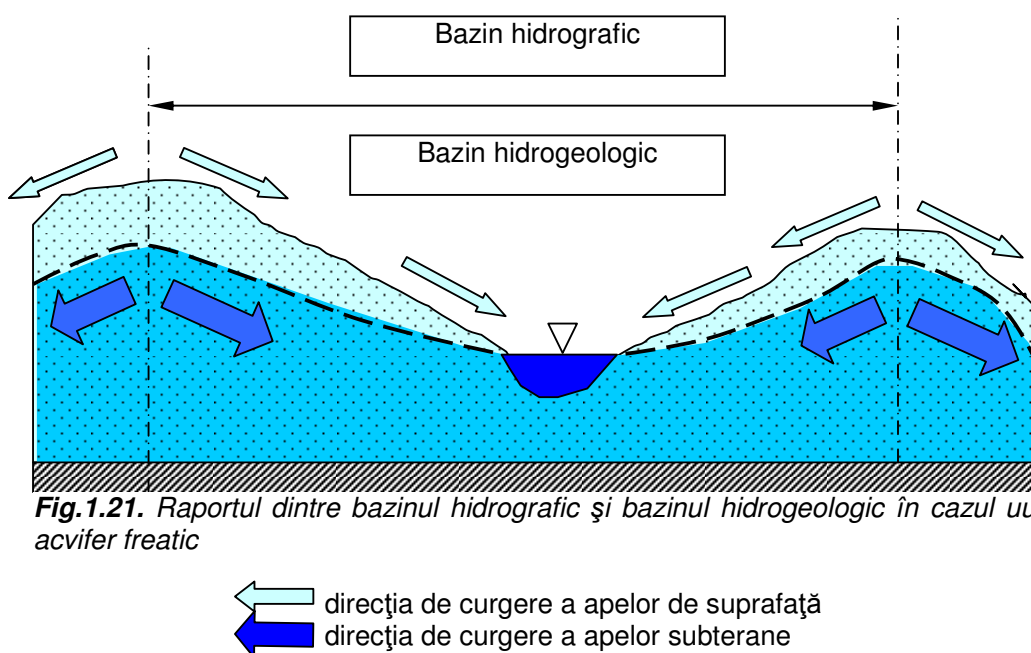
- zonele cu nisipuri și pietrișuri, infiltrația reprezintă 40-70% din cantitatea de apă superficială;
- zonele cu marne și argile, infiltrația reprezintă 10-20% din cantitatea de apă superficială.

### 1.8.2. Bazinul hidrogeologic

**Bazinul hidrogeologic** reprezintă domeniul acvifer (subteran), simplu sau complex, în care apele subterane curg către același element de drenaj de suprafață, care poate fi un curs de apă sau o linie de izvoare.

În plan orizontal bazinul hidrogeologic este delimitat de **linia de cumpănă a apelor subterane** care reprezintă secțiunea verticală cu cote maxime ale nivelului piezometric. De la secțiunea de cumpănă, apele subterane curg divergent.

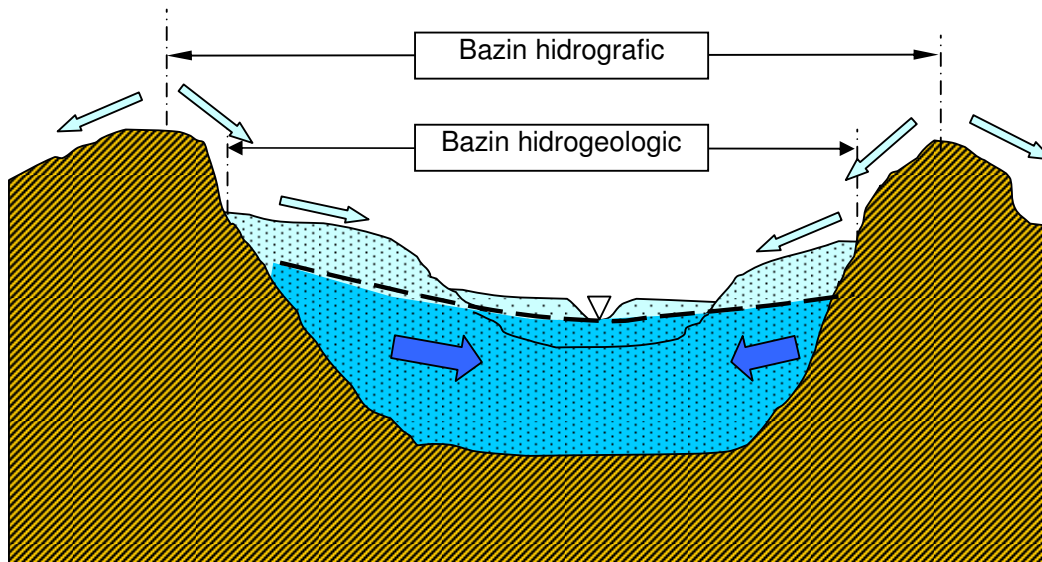
Delimitarea unui bazin hidrogeologic cu ajutorul liniei de cumpănă a apelor subterane este o lucrare dificilă și costisitoare, ea bazându-se, în principal, pe execuția unei rețele de piezometre în care se determină **cota nivelului piezometric**.



**Fig.1.21.** Raportul dintre bazinul hidrografic și bazinul hidrogeologic în cazul unui acvifer freatic

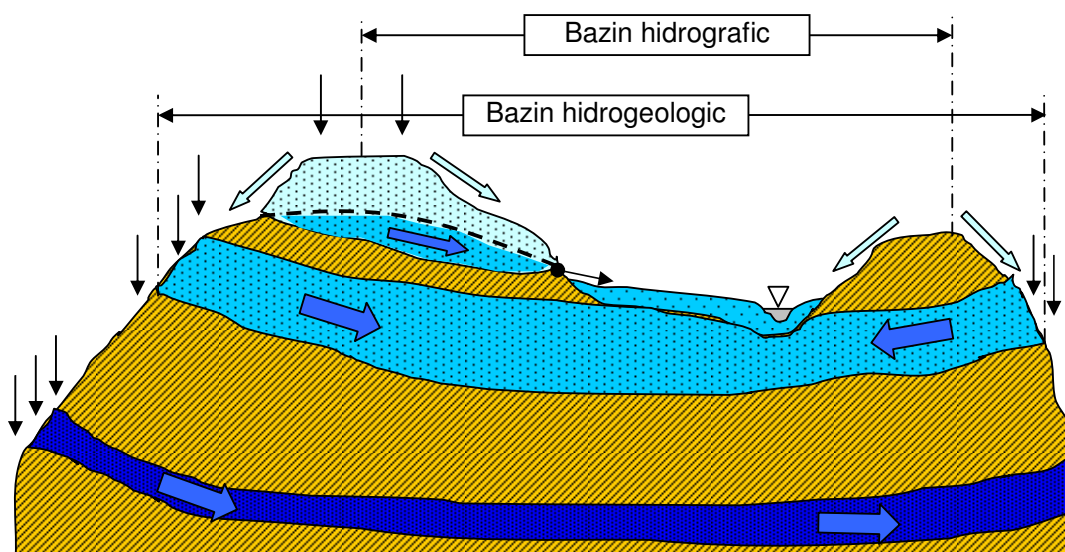
Foarte rar se întâmplă ca bazinul **hidrografic** și cel **hidrogeologic** să aibă aceeași extindere în plan orizontal:

- în cazul acviferelor freactice acumulate în structuri geologice simple (culcuș impermeabil orizontal) constituite din depozite permeabile omogene, bazinul hidrografic poate coincide cu cel hidrogeologic (**Fig.1.21**);
- morfologia formațiunilor impermeabile din culcușul acviferelor freactice poate determina o extindere mai redusă a bazinului hidrogeologic în raport cu cel hidrografic (bazinul hidrogeologic coincide cu extinderea teraselor aluviale și luncii în secțiunea din **Fig.1.22**);
- când cursul de apă se găsește în zona axială a unui sinclinal, bazinul hidrogeologic este mai mare ca cel hidrografic (**Fig.1.23**). De notat că acviferul inferior aparține unui bazin hidrogeologic învecinat, partea de apă infiltrată în acest acvifer (și care constituie o pierdere pentru bazinul de recepție respectiv) reprezintă o componentă separată a bilanțului și anume **infiltrarea profundă**.



**Fig.1.22.** Raportul dintre bazinul hidrografic și bazinul hidrogeologic în cazul unei hidrostructuri din lunca unui râu

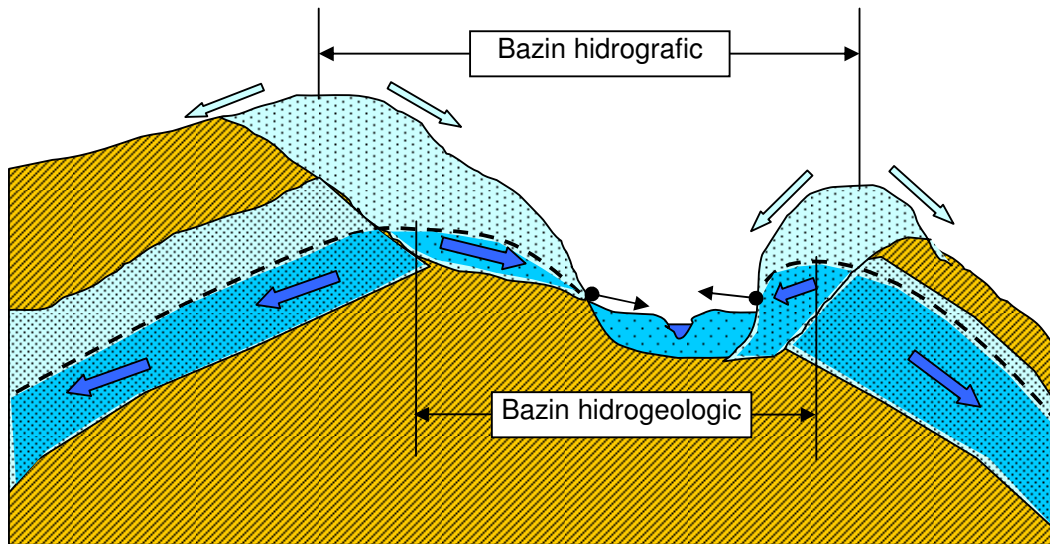
- ← direcția de curgere a apelor de suprafață
- ← direcția de curgere a apelor subterane



**Fig.1.23.** Raportul dintre bazinul hidrografic și bazinul hidrogeologic în cazul unei structuri sinclinale

- ← direcția de curgere a apelor de suprafață
- ← direcția de curgere a apelor subterane

- când cursul de apă se află în zona axială a unui anticlinal (**Fig.1.24**), bazinul hidrogeologic respectiv are o extindere redusă; prezența formațiunilor deluviale permeabile constituie un factor favorabil în acest sens.



**Fig.1.24.** Raportul dintre bazinul hidrografic și bazinul hidrogeologic în cazul unei structuri anticlinale

- ← direcția de curgere a apelor de suprafață  
 ← direcția de curgere a apelor subterane

În cadrul studiilor hidrologice, hidrogeologice și de bilanț este necesar să se țină seama de raporturile dintre cele două bazine. Chiar dacă nu există posibilitatea unor cercetări hidrogeologice corespunzătoare, schițarea bazinului hidrogeologic se poate face pe baza unei analize a structurii geologice a formațiunilor.

### 1.9. Elemente de hidrologie a cursurilor de apă

Apa din precipitații, care nu a fost transformată în vapori prin **evapotranspirație** și nu s-a **infiltrat** în formațiunile permeabile, este drenată de **rețeaua hidrografică** formând **scurgerea totală** a acesteia.

**Scurgerea totală** se evaluează într-o anumită secțiune a rețelei hidrografice și este debitul de apă care traversează acea secțiune.

Evaluarea corectă a regimului debitelor cursurilor de apă este determinată în principal de cunoașterea a două categorii de informații:

- morfometria rețelei hidrografice;
- hidrometria rețelei hidrografice.

Complexitatea morfologiei rețelei hidrografice și variabilitatea factorilor care determină debitul cursurilor de apă sunt cuantificate prin intermediul unor parametri care au ca obiectiv principal reducerea gradului de incertitudine al estimării regimului debitelor cursurilor de apă de suprafață.

#### 1.9.1. Morfometria rețelei hidrografice

Caracteristicile morfometrice ale rețelei hidrografice sunt exprimate prin:

- **profilul transversal al albiei;**
- **profilul longitudinal al albiei;**
- **densitatea rețelei hidrografice.**



### 1.9.1.1. Profilul transversal al albiei

**Profilul transversal al albiei** cursului de apă se referă la partea cea mai coborâtă a văii, ocupată permanent sau temporar de apă și separată în:

- **albia minoră**, care corespunde cursului de apă permanent sau existent cea mai mare parte a anului;
- **talvegul**, care reprezintă linia adâncimilor maxime ale albiei minore, linie trasată de-a lungul profilului longitudinal al cursului de apă;
- **albia majoră**, care cuprinde albia minoră și zonele de luncă și corespunde porțiunii ocupate de apă la debite maxime; în funcție de asigurările de depășire a acestor debite se poate calcula lățimea corespunzătoare a albiei majore.

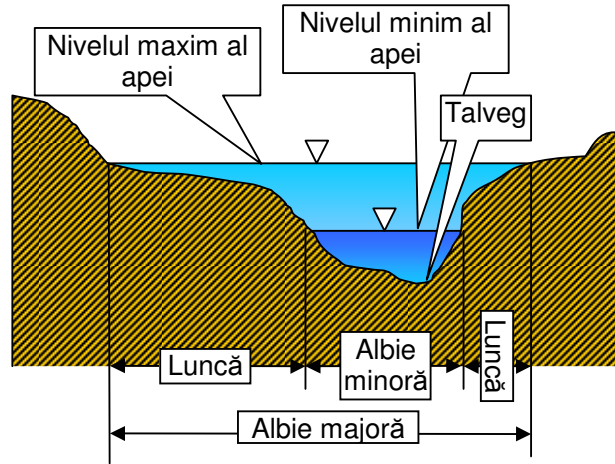


Fig.1.25. Profil transversal prin albia unui râu.

Din punct de vedere hidrogeologic este necesar să se delimiteze aceste elemente morfologice care condiționează, în timp și spațiu, existența sau absența **legăturilor hidraulice ale cursului de apă cu acviferele freatice** localizate în luncă și terase.

**Lățimea** ( $B$ ) și **adâncimea medie** ( $Y_{med}$ ) a unui profil transversal în formațiuni aluvionare sunt condiționate de mărimea debitului cursului de apă ( $Q$ ) și pot fi evaluate cu formule semiempirice (Blench):

$$B = \left( \frac{\alpha}{\beta} \cdot Q \right)^{1/2}; \quad Y_{med} = \left( \frac{\beta^2}{\alpha} \cdot Q \right)^{1/3} \quad (1.25)$$

în care  $\alpha$  și  $\beta$  sunt parametrii stabiliți în funcție de granulozitatea aluviunilor și forma profilului transversal.

Linia oglinzii apei din profilul transversal, a cărei poziție condiționează legăturile hidraulice cu acviferele, nu este riguros orizontală, fiind:

- convexă pe sectoare rectilinii în perioada creșterii debitului;
- concavă pe sectoare rectilinii în perioada reducerii debitului;
- înclinată pe sectoare curbe ( $R$  - raza medie de curbură a sectorului), cu cote mai mari pe malul concav și mai mici la cel convex, diferența de cotă ( $\Delta y$ ) evaluându-se cu relația:

$$\Delta y = \frac{B}{R} \cdot \frac{v^2}{g} \quad (1.26)$$

în care:

$v$  - viteza medie a curentului în profilul transversal;

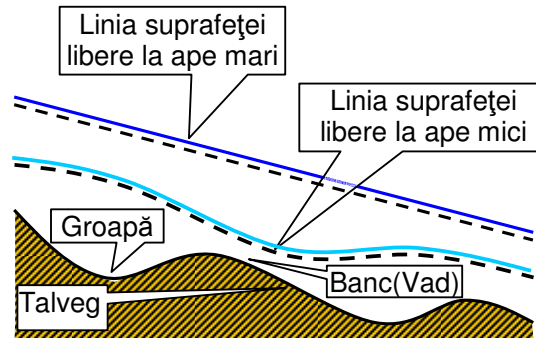
$g$  - accelerația gravitațională.

### 1.9.1.2. Profilul longitudinal al albiei

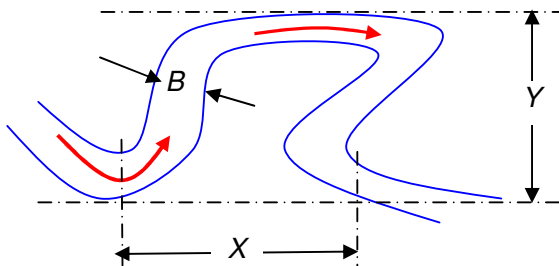
**Profilul longitudinal al albiei** este o reprezentare în plan vertical a liniei talvegului și a liniilor suprafeței libere la anumite asigurări (**Fig.1.26**). Morfologia talvegului în profil longitudinal este cu pante abrupte în sectoarele muntoase, unde coeficientul scurgerii medii atinge valori de până la 0,9, și cu pante din ce în ce mai reduse în zonele deluroase și de câmpie.

În sectoarele aluvionare se creează o interdependență între profilul longitudinal și forma în plan a traseului râului (**Fig.1.26**):

- apariția **gropilor** în sectoarele meandrate, acolo unde este accelerată eroziunea;
- apariția **bancurilor** (vadurilor) în sectoarele de inflexiune a traseului râului.



**Fig.1.26.** Profilul longitudinal a unui râu



**Fig.1.27.** Elementele morfologice ale unei meandre

Denivelările din plan vertical ale talvegului produc pante variabile ale suprafeței libere la debite mici ale râului, pante care se egalizează la debite mari.

Morfologia în plan orizontal a meandrelor din zonele aluvionare este estimată pe baza relațiilor empirice în care debitul cursului de apă ( $Q$ ) este factorul determinant (**Fig.1.27**):

$$X = 10 \cdot \sqrt{Q} ; Y = 29 \cdot \sqrt{Q} ; B = 1,6 \cdot \sqrt{Q} \quad (1.27)$$

**Stabilitatea** morfologiei în profilul longitudinal este variabilă de-a lungul cursurilor de apă:

- în sectorul montan, datorită durtății formațiunilor geologice, morfologia profilului este stabilă;
- în sectorul premontan și deluros, unde apa circulă pe propriile aluviuni, crește instabilitatea, formându-se mai multe albii "mobile";
- în sectorul de câmpie se formează o singură albie majoră ale cărei meandre se deplasează lent spre aval;
- în sectorul de deltă instabilitatea constă într-o continuă formare de albii secundare.

Pentru realizarea măsurătorilor sistematice de **debite** și **niveluri** pe sectoarele instabile se recurge la lucrări hidrotehnice speciale care asigură stabilitatea necesară atât pentru profilul longitudinal cât și pentru profilul transversal al văilor.

### 1.9.1.3. Densitatea rețelei hidrografice

**Densitatea rețelei hidrografice** ( $D$ ) condiționează capacitatea râurilor de colectare și drenare a apelor din precipitații precum și a celor subterane. Densitatea rețelei hidrografice este determinată de:

- diferența între altitudinea maximă și minimă din bazinul hidrografic ( $\Delta A$ );
- densitatea apei scurse pe versanți ( $\rho$ );
- vâscozitatea apei scurse pe versanți ( $\mu$ );
- debitul specific al apei scurse pe versanți ( $q$ );
- accelerația gravitațională ( $g$ );
- factorul de eroziune al formațiunilor geologice ( $k$ ).

Toți acești factori pot fi integrați într-o relație de forma:

$$D = \frac{1}{\Delta A} \cdot \varphi \left( q \cdot k, \frac{q \cdot \rho \cdot \Delta A}{\mu}, \frac{q^2}{g \cdot \Delta A} \right) \quad (1.28)$$

în care

$\varphi(\ )$  - funcție scalară care pentru o rețea hidrografică este studiată pe baza variabilelor componente și prin calare pe modelul de estimare a densității:

$$D = \frac{L}{S} \quad (1.29)$$

$L$  - lungimea tuturor ramificațiilor unei rețele hidrografice;

$S$  - suprafață care înscrie rețeaua hidrografică.

**Densitatea rețelei hidrografice** este cu atât mai mică cu cât terenurile sunt mai dure și mai rezistente la eroziune (granite, gnaise etc.), în timp ce pentru terenuri slabe (argile) este suficient un debit redus pentru a se dezvolta o rețea de drenaj cu densitate mare. Terenurile foarte permeabile (nisipuri, pietrișuri) condiționează o densitate redusă a rețelei hidrografice datorită infiltrării rapide, în timp ce terenurile practic impermeabile determină o valoare mare a densității acesteia.

### 1.9.2. Hidrometria rețelei hidrografice

**Datele hidrometrice**, obținute cu ajutorul unor metode și tehnici specifice, sunt reprezentate prin:

- nivelul curenților de suprafață;
- vitezele în curenții de suprafață;
- debitul curenților de suprafață.

Măsurătorile necesare obținerii acestor date se realizează în secțiuni caracteristice ale rețelei hidrografice, unde sunt instalate **stații** sau **posturi hidrometrice**, care se constituie într-o **rețeaua hidrometrică**.

#### 1.9.2.1. Nivelul curenților de suprafață

Prin **nivel** în hidrologie se înțelege cota (absolută sau relativă) suprafeței libere a apei din profilul transversal al unui curs de apă. Această măsurătoare se realizează cu ajutorul **mirei hidrometrice**, care poate avea diverse configurații.

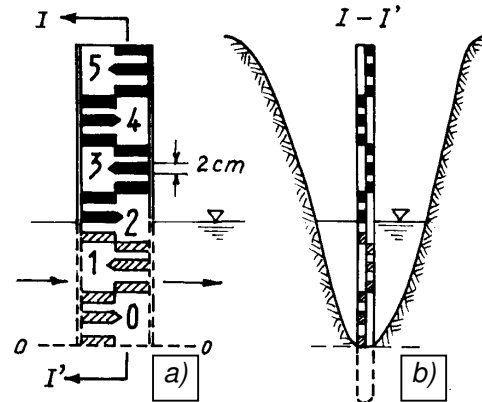
**Mira hidrometrică** clasică este de tipul mirelor de nivelment topografic (**Fig.1.28**), fixată pe un suport rezistent și gradat (de regulă din 2 în 2 cm.), astfel încât zero al plăcii să fie sub cel mai scăzut nivel al apei (**nivelul de etiaj**), iar gradația maximă, deasupra nivelului maxim al apei în secțiunea respectivă.

Înregistrarea continuă a variației nivelului apei se face cu ajutorul **limnigrafului**. Aparatul urmărește direct oscilațiile nivelului suprafeței libere a apei într-o secțiune a râului printr-un **plutitor** și le transmite la un sistem de înregistrare grafică sau electronică.

Reprezentarea grafică a variației în timp a nivelurilor măsurate la un punct hidrometric constituie un **hidrograf de nivel**. Datorită variabilității mari a nivelului, pentru analiza regimului respectiv se calculează următoarele **niveluri caracteristice**:

- **nivelul maxim anual** /multianual;
- **nivelul mediu anual** /multianual;

Cu ajutorul valorilor caracteristice anuale se calculează nivelurile cu diferite **grade de asigurare**.



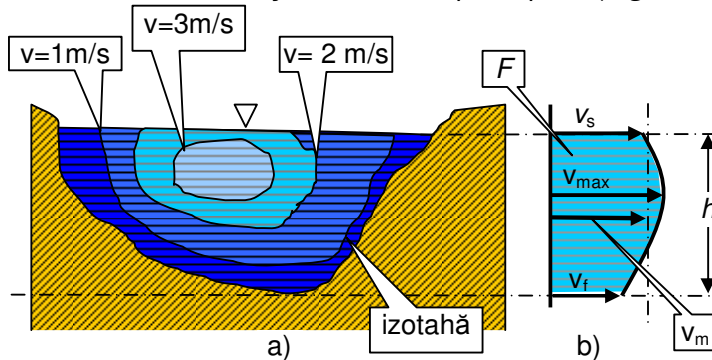
**Fig.1.28.** Mira hidrometrică simplă (a) și amplasarea ei într-o secțiune transversală a unui râu (b)

În paralel cu cota nivelului suprafeței libere se măsoară și **adâncimea apei** în secțiunea postului hidrometric fie pentru urmărirea schimbării morfologice a albiei (prin depuneri sau eroziune), fie pentru determinarea secțiunii de curgere. În acest scop, pe lățimea secțiunii transversale se măsoară adâncimile pe mai multe verticale, obținându-se în final **profilul hidrotopometric**.

### 1.9.2.2. Vitezele în curenții de suprafață

Viteza apei în secțiunea de curgere prezintă o mare variație de valori datorată rugozității și configurației albiei, precum și a altor factori precum: pod de gheață, prag, vânt etc.

Distribuția vitezelor în secțiunea transversală se reprezintă cu ajutorul **izotahelor** iar în secțiune verticală prin epure (**Fig.1.29**).



**Fig.1.29.** Distribuția vitezelor în secțiunea transversală a unui curs de suprafață (a) și pe o verticală (b)

Se remarcă faptul că **vitezele minime** se înregistrează în vecinătatea fundului albiei ( $v_f$ ), datorită rugozității terenului, iar pe epura vitezelor, **valoarea maximă** ( $v_{max}$ ) apare la o adâncime redusă sub nivelul apei.

În cadrul metodelor directe de

măsurare a vitezei apei pe râuri, o largă aplicabilitate o au **morișca hidrometrică** și **metoda flotorilor**.

**Morișca hidrometrică** (**Fig.1.30**) este prevăzută cu o elice cu ax orizontal care se rotește sub acțiunea curențului de apă.

Între viteza de rotație a elicei și viteza apei se stabilește o relație exprimată grafic printr-o diagramă, pentru fiecare aparat. Viteza de rotație se poate măsura cu ajutorul unei instalații electrice care acționează un sistem de semnalizare sonor sau

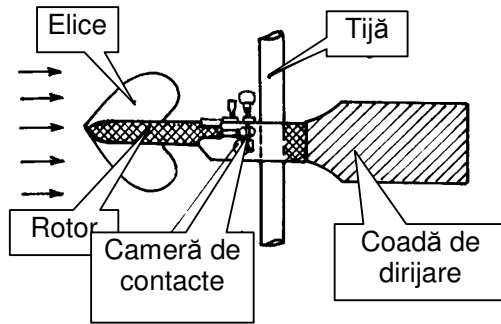


Fig.1.30. Morișca hidrometrică

luminos. Măsurarea vitezelor se face pe câteva verticale într-o secțiune transversală, iar pe fiecare verticală numărul și poziția punctelor de măsură sunt în funcție de adâncimea apei.

**Viteza medie** pe verticală ( $v_m$ ) se poate obține ca raport între suprafața delimitată de epura vitezelor ( $F$ ) și adâncimea apei ( $h$ ) (Fig.1.29b):

$$v_m = \frac{F}{h} \quad (1.30)$$

**Flotorii** de suprafață sunt corpuri plutitoare din lemn care sunt lansate la suprafața curentului de apă și iau viteza acestuia. Viteza medie a curentului ( $\bar{v}$ ) se aproximează cu relația:

$$\bar{v} = K\bar{v}_s = K \frac{v_{1s} + v_{2s} + v_{3s}}{3} \quad (1.31)$$

în care

$\bar{v}_s$  - viteza medie la suprafața curentului;

$v_{1s}, v_{2s}, v_{3s}$  - viteze măsurate la suprafața curentului de apă, în mijlocul și pe marginile albiei, cele trei viteze de suprafață determinându-se cu ajutorul flotorului pe sectoare rectilinii ale cursului de apă;

$K$  - coeficient de corecție (egal cu 0,8-0,85 pentru cursurile naturale de apă) pentru transformarea vitezei medii de suprafață în viteza medie a curentului.

Debitul total al cursului de apă ( $Q$ ) se calculează cu relația:

$$Q = \bar{v} \cdot \Omega \quad (1.32)$$

în care  $\Omega$  este secțiunea transversală a curentului obținută prin planimetrare.

### 1.9.2.3. Debitul curentilor de suprafață

**Debitul unui curs de apă** reprezintă volumul total de apă care traversează secțiunea normală de curgere într-un interval de timp determinat. **Debitul instantaneu** este debitul calculat pe baza măsurătorilor realizate la un moment dat.

Dacă vitezele au fost măsurate cu morișca hidrometrică, debitul total ( $Q$ ) se calculează printr-un procedeu grafo-analitic (Fig.1.31) finalizat prin următoarea formulă care ia în considerare variația debitului elementar pe suprafața secțiunii de curgere:

$$Q = \int_{x=0}^l q(x) dx \approx \frac{1}{3} q_1 b_{0-1} + \frac{q_1 + q_2}{2} b_{1-2} + \dots + \frac{q_{n-1} + q_n}{2} b_{(n-1)-n} + \frac{1}{3} q_n b_{n-l} \quad (1.33)$$

**Debitul elementar** ( $q$ ) corespunde unei lățimi unitare a curentului, adică:

$$q = v_m \cdot h \cdot 1 \quad [\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}] \quad (1.34)$$

unde

$v_m$  - viteza medie pe o fâșie verticală cu lățimea unitară;  
 $h$  - adâncimea curentului.

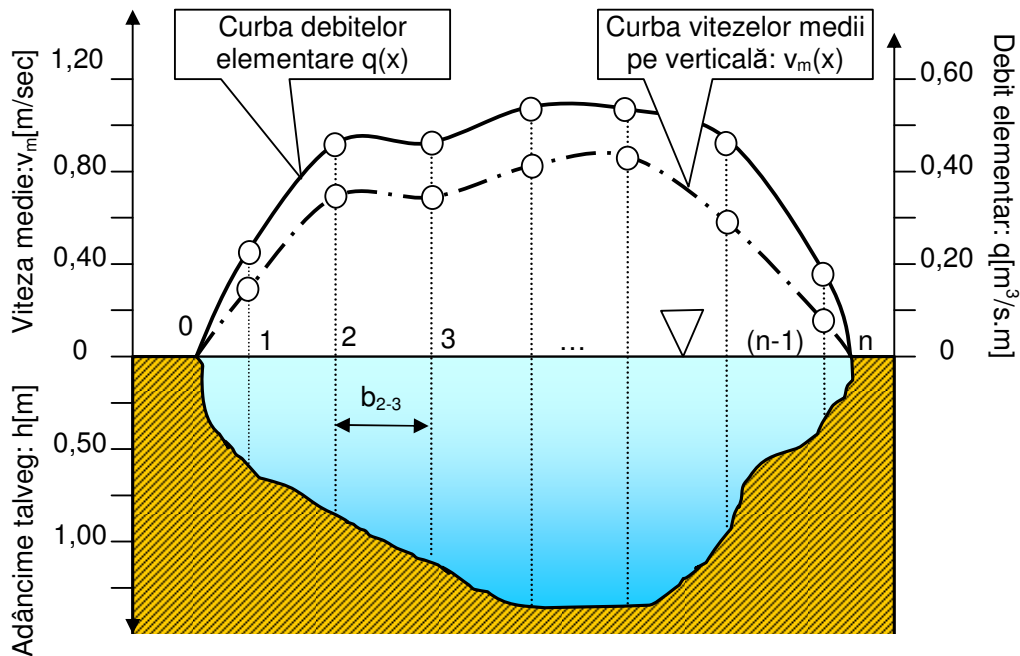


Fig.1.31. Calculul debitului râului prin procedeul grafo-analitic.

**Cheia limnometrică** sau **curba nivel-debit** reprezintă o corelație a doi parametri ( $Q=f(H)$ ) în care:

- nivelul apei ( $H$ ) este citit pe mira hidrometrică;
- debitul total ( $Q$ ) este calculat în secțiunea mirei hidrometrice (Fig.1.32).

Prin această corelație, exprimată grafic sau analitic, oricărei valori a nivelului apei ( $H$ ) îi corespunde un anumit debit ( $Q$ ). Datorită modificărilor în timp a formei secțiunii albiei (prin eroziune sau depunere), periodic este necesară corectarea cheii limnometrice.

**Hidrografal debitelor** reprezintă variația debitului cursului de apă la un post hidrometric, pe o anumită perioadă.

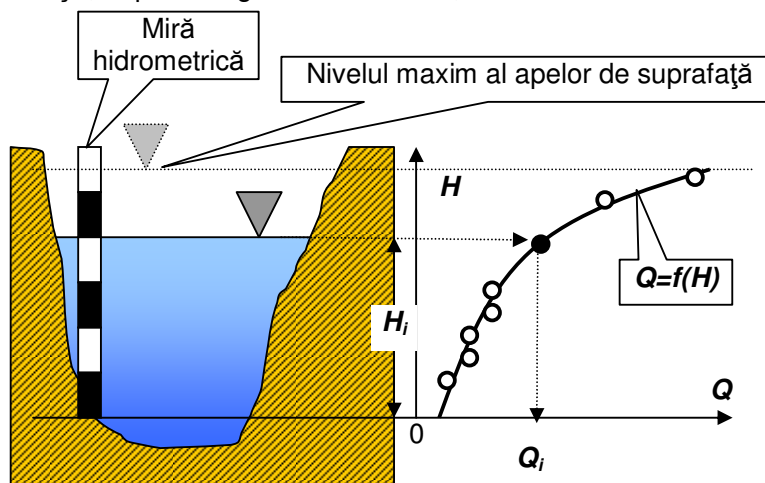


Fig.1.32. Construcția grafică a cheii limnometrice

Pentru **hidrograful anual** debitele caracteristice ale unui curs de apă (scurgerea totală) sunt:

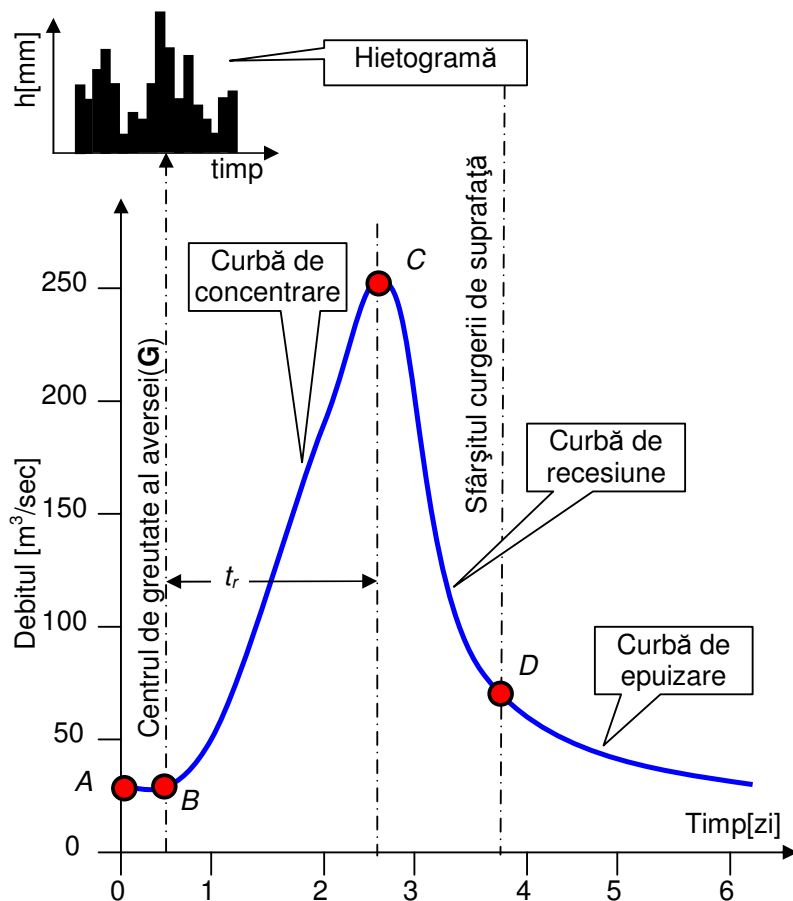
- **debitul maxim anual ( $Q_{max}$ );**
- **debitul minim anual ( $Q_{min}$ );**
- **debitul mediu anual ( $Q_m$ ).**

În cazul unui **hidrograf multianual**, debitele multianuale respective vor fi  $\bar{Q}_{max}$ ,  $\bar{Q}_{min}$ ,  $Q_0$ , ultimul fiind **debitul normal** sau **modul**, calculat ca o medie aritmetică a debitelor medii anuale, pe o perioadă mai mare de ani consecutivi (de regulă minimum 30 de ani). Ca și în cazul nivelurilor, se pot calcula **debite asigurate**, pe baza eșantionului de valori ale debitelor caracteristice anuale. Din punct de vedere hidrogeologic interesează în mod deosebit debitele minime și anume:

- **debitul de etiaj ( $Q_e$ )** care este asigurat 355 de zile, deci numai 10 zile din an debitul cursului de apă va fi mai mic decât  $Q_e$ ;
- **debitul minim minimorum ( $Q_{min.min}$ )** care reprezintă valoarea cea mai redusă înregistrată într-o perioadă multianuală.

Aceste debite sunt asigurate în totalitate de **scurgerea subterană**.

**Hidrograful elementar** este înregistrat la o stație hidrometrică, pe durata unei averse sau a unor averse grupate. Un astfel de hidrograf elementar sintetizează toate caracteristicile precipitațiilor și ale bazinului hidrografic iar structura sa geometrică reflectă variația în timp a **scurgerii de suprafață**, **hipodermice** și **subterane**. Un hidrograf elementar are forma unei curbe asimetrice cu un singur vârf



**Fig.1.33.** Caracteristicile unui hidrograf simplu

(Fig.1.33), pe care se pot separa mai multe elemente:

- **curba de concentrare (BC)** - care corespunde timpului de creștere a debitului și depinde de caracteristicile precipitației, de geomorfologia bazinului hidrografic și de condițiile inițiale de umiditate ale acestuia;
- **maxima hidrografului (C)** corespunde concentrării maxime a scurgerii și apare, de obicei, în momentul încetării precipitației sau după aceasta;
- **timpul de răspuns ( $t_r$ )** al unui bazin reprezintă decalajul în timp între centrul de greutate al *hietogramei (G)* și momentul de atingere a debitului maxim al cursului de apă;
- **curba de recesiune (CD)**, cu timpul corespunzător de descreștere ( $t_d$ ), sintetizează cele trei forme de scurgere care alimentează simultan cursul de apă (scurgerea de suprafață, cea hipodermică și cea subterană); ea depinde de volumul de apă acumulat în bazinul de recepție al cursului de apă după încetarea precipitației;
- **momentul încetării scurgerii de suprafață (D)**, după care singura sursă de alimentare a râului o constituie scurgerea subterană și eventual scurgerea hipodermică;
- **curba de epuizare** (a acviferelor) apare după punctul *D* și este cunoscută în hidrologie și sub denumirea de **curba de secare**.

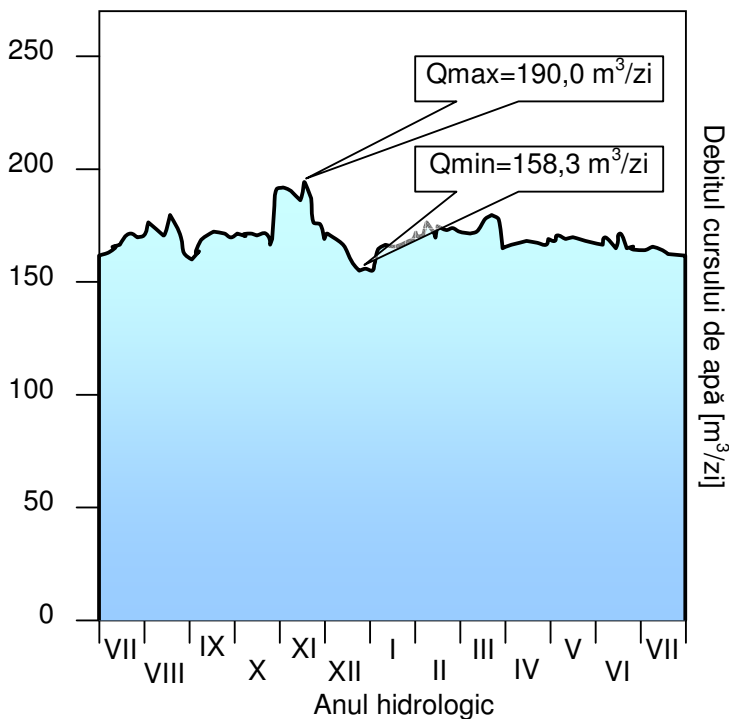
### Hidrografele

**complexe**, cu două sau mai multe maxime, sunt rezultatul distribuției spațio-temporare neuniforme a precipitațiilor, precum și caracteristicilor morfometrice și hidrogeologice ale bazinului de recepție.

Influența determinantă a litologiei și gradului de permeabilitate asupra formei hidrografului debitelor scurgerii (râurilor) este evidentă în două bazine de recepție vecine (din Congo), cu regim pluviometric similar și suprafețe identice ca extindere. Diferența foarte mare de

permeabilitate a terenurilor se reflectă foarte bine în cele două hidrografe ale debitelor. În bazinul foarte permeabil, *capacitatea de retenție și de regularizare hidrogeologică* reduce foarte mult variația debitelor în timpul anului hidrologic (Fig.1.34). Bazinul foarte slab permeabil are un hidrograf cu variații foarte mari ale debitului (Fig. 1.35).

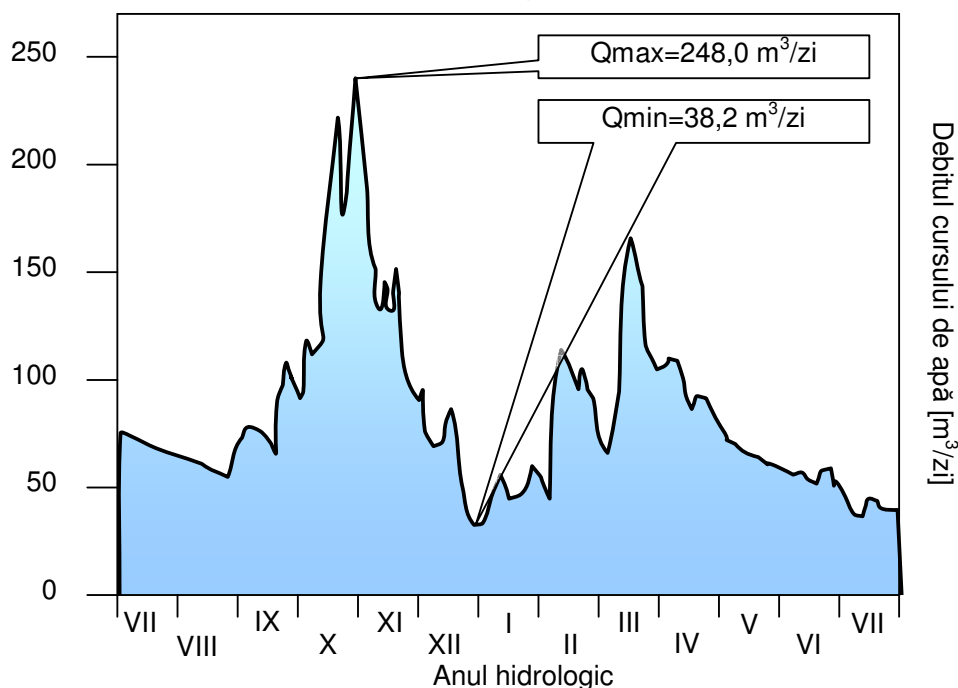
**Variabilitatea în timp** a debitului râurilor (scurgerea totală) impune condiții drastice în proiectarea barajelor și digurilor de protecție la inundație, motiv pentru



**Fig.1.34.** Regimul hidrologic al unui bazin hidrografic în formațiuni foarte permeabile (formațiuni nisipoase)



care este obligatorie evaluarea a trei valori caracteristice pentru debitul scurgerii totale: **scurgerea medie**, **scurgerea maximă** și **scurgerea minimă**.



**Fig.1.35.** Regimul hidrologic într-un bazin hidrografic în formațiuni slab permeabile (formațiuni argiloase)

**Scurgerea medie** se estimează pentru intervalele de timp standard: lună, sezon, an și interval multianual (10 sau 30 de ani). Debitul mediu lunar, pe sezon și anual, se determină cu ajutorul hidrografului (raportându-se volumul total al scurgerii la perioada de calcul respectivă), iar debitul mediu multianual se calculează ca o medie aritmetică a debitelor medii anuale.

**Scurgerea maximă** a râurilor este mai dificil de evaluat deoarece măsurătorile de debite la ape mari sunt greu de efectuat. În lipsa datelor hidrometrice, debitele maxime se evaluează și cu ajutorul formulelor empirice care conțin parametri climatici și morfometrici. Debitul maxim corespunde perioadelor de ape mari și viiturilor și se calculează pentru asigurări cuprinse între 1 și 10%.

**Scurgerea minimă** a râurilor este asigurată exclusiv pe seama rezervelor de ape subterane și apare în perioadele de secetă atmosferică, evoluția ei în timp fiind determinată de legea de epuizare a acviferului. Evoluția debitelor minime este influențată de condițiile hidrogeologice și geomorfologice ale văii respective.

În funcție de drenarea completă sau parțială a rezervelor de ape subterane (ale acviferului sau acviferelor care alimentează râul) de către râuri, acestea se împart în trei categorii:

- râuri cu scurgere permanentă, care nu seacă nici în perioadele secetoase;
- râuri cu scurgere semipermanentă, care seacă în anii excesiv de secetoși;
- râuri cu scurgere intermitentă, care seacă în fiecare an.

Datorită variației condițiilor hidrogeologice, în profilul longitudinal al cursurilor de apă importante pot apărea sectoare cu grade diferite de secare.

În afară de debitul mediu minim în problemele de gospodărire a apelor este necesar să se calculeze și debitele minime pentru diverse asigurări de depășire (de regulă pentru 80%, 90% și 95%). Din punct de vedere hidrogeologic, scurgerea minimă este echivalentă cu scurgerea subterană în perioada de epuizare a acviferelor, perioadă definită pe hidrograf după momentul epuizării scurgerii de suprafață (după momentul la care e plasat punctul *D*; **Fig.1.33**).

