

## Capitolul 4 – Hidroenergia

### 1. Aspecte generale

Energia cinetică a cursurilor de apă a fost folosită încă din antichitate pentru obținerea de energie mecanică necesară unor activități meșteșugărești. În prezent, această formă de hidroenergie este folosită aproape exclusiv pentru producerea de energie electrică, făcând parte din categoria surselor convenționale.

Potențial energetic prezintă și apele oceanului planetar sub diferite forme: energia mecanică a mareelor, a valurilor și curenților marini ca și energia termică înmagazinată în apă. În prezent această energie este însă utilizată în prezent în proporții neînsemnate, fiind astfel o sursă neconvențională.

Originea energiei hidrosferei în ansamblu, o constituie energia solară. Transformată prin absorbție de către suprafața pământului, uscat și ape, în energie termică, aceasta întreține circuitul apei în natură. Astfel hidroenergia este inepuizabilă, având un ciclu anual de refacere a potențialului.

### 2. Potențialul hidroenergetic

Se exprimă în mod cantitativ prin energia potențială gravitațională a unui stoc de apă, calculată în raport cu un nivel de referință. Se poate clasifica după cum urmează:

- **potențialul teoretic:**
  - al precipitațiilor;
  - de scurgere;
  - liniar;
- **potențialul amenajabil:**
  - tehnic;
  - economic;

#### A. Potențialul teoretic

Reprezintă energia potențială a stocului de apă fără a lua în considerare randamentul amenajării, în condițiile utilizării integrale a acestui stoc.

**a) Potențialul teoretic al precipitațiilor** reprezintă energia potențială a volumului de apă provenit din precipitații pe o suprafață într-o anumită perioadă timp (un an de zile), în raport cu un nivel de referință (nivel mării, altitudinea la frontiera statului, etc.).

Valoarea acestui potențial se calculează conform relației:

$$W_p = k\rho g \sum S_i \Delta h_i x_i \quad (1)$$

în care:

- $k$  este o constantă pentru conversia unităților de măsură, ce permite exprimarea rezultatului în TWh/an ( $k = 2.778 \cdot 10^{-13}$ );

- $\rho$  este densitatea apei ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ),
- $g$  este accelerația gravitațională ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ),
- $S_i$  este suprafața de teren a zonei cu precipitații considerate ( $\text{km}^2$ ),
- $\Delta h_i$  este diferența de nivel dintre altitudinea medie a suprafeței  $S_i$  și nivelul de referință (m)
- $x_i$  este grosimea stratului de apă provenit din precipitații pe durata unui an (mm),

În țara noastră, pentru un an normal din punct de vedere al precipitațiilor, valoarea potențialului teoretic al precipitațiilor este de 240 TWh.

b) **Potențialul teoretic de scurgere** reprezintă energia potențială a volumului de apă care se scurge pe suprafața unui teritoriu, până la un nivel de referință stabilit, într-un interval de timp standard. Pentru calcul se poate folosi relația:

$$W_S = k\rho g \sum (1-s)S_i\Delta h_i x_i \quad (2)$$

în care mărimile au aceeași semnificație precum cele din relația (1), iar  $s$  este coeficientul de infiltrare al apei în sol, pentru a lua astfel în considerare doar volumul de apă care se scurge pe suprafața solului. Mărimea acestui coeficient depinde atât de tipul reliefului, structura solului, cât și de caracterul precipitațiilor (torențiale, moderate, zăpezi acumulate iarna sau persistente, etc).

Pentru teritoriul României valoarea acestui potențial este de 81 TWh/an, ceea ce reprezintă practic 33,75 % din potențialul teoretic al precipitațiilor.

c) **Potențialul teoretic liniar** se determină luând în considerare doar volumul de apă ce se scurge în mod organizat pe cursurile de apă permanente (fluvii, râuri, etc.), într-un anumit interval de timp, până la un nivel de referință adoptat.

Deoarece debitele cursurilor de apă variază de-a lungul acestora, de la izvor până la vărsare, pentru calcule, traseul râului se împarte în sectoare omogene din acest punct de vedere (cel mai frecvent, sectoarele sunt delimitate de punctele de confluență).

Valoarea acestui potențial se calculează cu expresia:

$$W_L = k_1 T \rho g \sum Q_{mi} \Delta h_i \quad (3)$$

în care:

- $k_1$  este o constantă egală cu  $10^{-12}$ , necesară pentru exprimarea potențialului în TWh/an;
- $T$  este durata intervalului considerat (1 an = 8760 ore),
- $Q_{mi}$  este debitul mediu multianual pe sectorul considerat ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),
- $\Delta h_i$  este diferența de nivel pe sectorul considerat (m).

În țara noastră valoarea acestui potențial este de 70 TWh/an, ceea ce reprezintă 29,16 % din  $W_P$ , respectiv 86,4 % din  $W_S$ .

## B. Potențialul amenajabil

Se exprimă prin producția de energie electrică a tuturor amenajărilor hidroenergetice realizabile pe cursurile de apă de pe un teritoriu, într-un anumit interval, de timp. Se calculează ținând seama de pierderile care apar cu ocazia realizării amenajărilor și în procesul de conversie a energiei potențială a apei în energie electrică.

a) **Potențialul tehnic amenajabil** reprezintă partea din potențialul teoretic liniar, care poate fi cuprinsă în schemele de amenajare hidroenergetică. Se poate calcula cu următoarea expresie:

$$W_{ta} = \varphi \varepsilon \eta_h \eta_T \eta_G W_L \quad (4)$$

în care:

- $\varphi$  - coeficient ce ține seama de utilizarea incompletă a potențialului ca urmare a unor restricții (existența unor localități, obiective industriale, structură geologică inadecvată);
- $\varepsilon$  – coeficient ce ține seama de utilizarea incompletă a debitelor excepționale ce apar o dată la mai mulți ani și care nu pot fi reținute în lacurile de acumulare;
- $\eta_h$  – randamentul hidraulic al amenajării care ține seama de pierderile ce apar la curgerea apei prin canalele și conductele de până la intrarea în turbina hidraulică;
- $\eta_T$  – randamentul turbine hidraulice;
- $\eta_G$  – randamentul generatorului electric;
- $W_L$  – potențialul teoretic liniar.

În țara noastră valoarea potențialului tehnic amenajabil este de 36,1 TWh/an, din care 13,3 TWh/an revine Dunării.

b) **Potențialul economic amenajabil** reprezintă acea parte a potențialului tehnic amenajabil ce poate fi exploatată în condiții de eficiență economică, prin prisma strategiei energetice adoptate.

Mărimea acestui potențial este variabilă, în general în continuă creștere, pe măsura creșterii prețului electricității. Deși prețul energiei produse de hidrocentrale este cel mai coborât în raport cu alte surse de electricitate, costurile amenajărilor hidroenergetice, raportate la 1 kW putere instalată sunt, comparativ foarte mari.

### 3. Amenajarea resurselor hidroenergetice

Relieful și regimul hidrologic al cursurilor de apă sunt cei mai importanți un factori ce trebuie avuți în vedere la proiectarea unei amenajări hidroenergetice. Ca urmare, există o mare diversitate a schemelor de amenajare, principalele elemente ale acestora fiind:

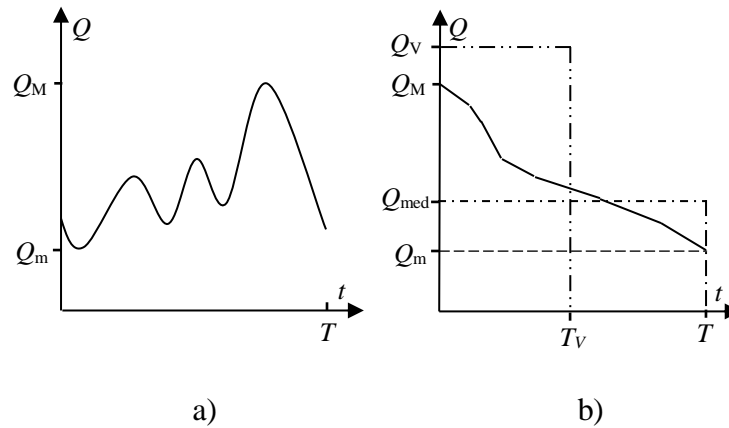
- acumulările de apă;
- sistemul hidrotehnic de conducere a apei către turbine;
- uzina hidroelectrică;
- sistemul de evacuare a apei din uzină.

Lacul de acumulare este un element nelipsit din orice schemă de amenajare hidroenergetică, acesta îndeplinind următoarele funcții:

- concentrarea, cu ajutorul unui baraj, a diferenței de nivel (a căderii) de pe un sector de râu în amonte de acesta;
- utilizarea optimă a stocului de apă acumulat pentru producerea de electricitate în funcție de cerere.

Pe lângă acestea, acumulările îndeplinesc și alte funcții precum: prevenirea inundațiilor, transportul pe apă, piscicultură, turism etc.

Cursurile de apă au debit variabil, în funcție de sursa lor alimentare, care poate fi permanentă sau sezonieră. Curba de variația a debitului unui curs de apă pe o anumită perioadă de timp se numește hidrograf. Pe baza hidrografului se poate întocmi curba clasată a debitelor, reprezentând debitul cursului de apă în ordine descrescătoare, ținând seama de durata de existență a fiecărei valori în decursul anului (fig.4.1).



**Fig.4.1.** Hidrograful (a) și curba clasată a debitelor (b)

Suprafața cuprinsă între curbe și axe reprezintă stocul anual de apă al râului considerat. Fără o acumulare se poate utiliza în mod permanent numai partea din stocul de apă ce corespunde debitului minim ( $Q_m$ ). În prezența acumulării, hidrocentrala poate avea o putere instalată asociată unui debit mediu ( $Q_{med}$ ), ce asigură o funcționare permanentă (T). Dimensionarea hidrocentralei pentru o putere mai mare (debit  $Q_V$ ), folosind același stoc anual de apă asigură funcționarea la puterea nominală doar pe o durată limitată de timp ( $T_V$ ).

Acumulările de apă se pot clasifica în funcție de gradul de regularizare pe care îl asigură, acestea fiind:

- **acumulări mici** – care asigură regularizarea zilnică;
- **acumulări mijlocii** – permit regularizarea saptamânală și zilnică prin acumularea apei în zilele nelucrătoare și redistribuirea ei în celelalte zile;
- **acumulări mari** – pentru o regularizare sezonier-anuală, și care permit și redistribuirea debitelor mari din sezonul ploios în sezonul de iarnă;
- **acumulări foarte mari** – pentru regularizarea super-anuală a debitelor, care permite redistribuirea stocului de apă între anii ploioși și secetoși.

Acumulările de apă existente pe teritoriul țării pot realiza cel mult compensarea sezonier-anuală a variațiilor debitelor. Realizarea acumulărilor foarte mari implică ocuparea unor mari suprafețe de teren ce ar trebui astfel retrase de la alte utilizări, teritoriul României nefiind destul de mare în acest sens.

#### 4. Principii de amenajare hidroenergetică

Proiectarea amenajărilor hidroenergetice trebuie să aibă în vedere nu doar potențialul energetic al apei, ci și celelalte utilități ale acestei resursei (industriale, de consum, turistice, piscicole, etc.). În

vederea obținerii efectului economic maxim este nevoie de o concepție sistemică la proiectarea acestora, ce poate fi formulată prin următoarele principii.

***Principiul I – Alcătuirea unor scheme de amenajare pentru un întreg bazin hidrografic sau pentru mai multe bazine învecinate***

Se urmărește astfel folosirea integrală a potențialului hidroenergetic amenajabil pe teritoriul respectiv, dar și corelarea utilizării energetice cu celelalte folosințe ale apei. Astfel, în zona montană predomină folosința energetică a apei datorită diferențelor mari de nivel (ce asigură un potențial hidroenergetic însemnat), precum și a densității reduse a populației.

Cu cât altitudinea scade cu atât devin mai importante utilizările ne-energetice ale apei. Pe de-o parte creșterea densității populației implică creșterea necesarului de apă în industrie, agricultură, alimentarea localităților, turism, etc. Pe de altă parte, reducerea pantei terenului conduce la diminuarea potențialului energetic al cursului de apă.

În țara noastră există numeroase exemple de scheme de amenajare a unor întregi bazine hidrografice (Bistrița, Arges, Sebeș, Someș, Olt) cât și unele cazuri de scheme pe mai multe bazine învecinate (Lotru, Cerna-Motru-Tismana).

***Principiul II – Realizarea în zona de munte a unor lacuri de acumulare importante și a unor hidrocentrale de mare putere cu funcționare în regim de vârf***

În această zonă a râului utilizarea principală a apei este cea energetică, deoarece aici există cea mai mare concentrare a potențialului liniar. Celelalte folosințe ale apei sunt în general reduse, deoarece densitatea populației este mică, iar activitățile din agricultură și industrie sunt, de asemenea, puțin însemnate.

Se urmărește așadar utilizarea potențialului energetic ridicat din această zonă și recuperarea cât mai rapidă a investiției, prin funcționarea hidrocentralei în regim de vârf, atunci când prețul energiei electrice este maxim.

Pentru asigurarea unei eficiențe economice maxime se pot aplica următoarele procedee:

- concentrarea în acumulare a unor debite cât mai mari, folosind captările și aducțiunile secundare;
- amplasarea în subteran a hidrocentralei pentru creșterea căderii;

În România aplicarea practică a acestui principiu a pus în evidență posibilitatea de realizare numai a regularizării sezonier-aniuale a debitelor. De asemenea soluția amplasării hidrocentralei în subteran a fost folosită în mai multe cazuri (Arges, Lotru, Tismana și altele).

***Principiul III – Realizarea, pe cursurile mijlocii și inferioare ale râurilor, a unor centrale cu caracter de semivârf și bază dispuse în cascadă***

În zona cursului mijlociu al râurilor, densitatea populației este mult crescută, iar folosințele apei sunt multiple. Pentru utilizarea energetică, căderea de apă a cursului mijlociu este divizată în trepte succesive, potențialul fiecărei trepte fiind exploatat prin dispunerea unui baraj și a unei hidrocentrale de putere mai mică. Acumulările astfel obținute asigură hidrocentrelor o independență zilnică, funcționarea acestora fiind corelată cu cea a hidrocentralei de mare putere din zona montană.

Reducerea investițiilor și creșterea eficienței economice în această parte a cursurilor de apă este posibilă prin egalizarea treptelor cascadei. Această soluție permite tipizarea construcțiilor hidrotehnice și a echipamentelor energetice, fapt ce reduce semnificativ costurile de proiectare, de execuție pe șantier și de fabricare industrială a echipamentelor.

La noi în țară aplicarea acestui principiu se observă în cazul amenajărilor din bazinele râurilor Bistrița, Argeș, Olt, care cuprind numeroase hidrocentrale de putere medie organizate în cascade. De exemplu pe râul Bistrița, în aval de hidrocentrala Stejaru sunt 12 centrale având căderi de apă de 15 și 20 m, cu o putere instalată și o producție totală de energie mai mare decât a centralei principale; pe râul Argeș, în aval de hidrocentrala principală de la Arefu sunt 14 centrale în cascadă, având trepte de cădere de 10,5; 14,5; 20,5 m.

***Principiul IV – Pe cursurile inferioare ale râurilor se amplasează centrale cu funcționare în regim de bază pe lângă acumulările de apă destinate irigațiilor sau alimentării localităților***

Acest principiu subliniază preponderența utilizării apei în agricultură și pentru alimentarea localităților, folosința energetică fiind una secundară. Ponderea acestui tip de centrale este foarte redusă în cazul țării noastre.

### ***5. Microhidrocentrale***

Sunt catalogate drept microhidrocentrale unitățile de producție de putere medie-mică (sub 10 MW putere instalată) ce valorifică prin mijloace tehnice simplificate următoarele categorii de potențial hidroenergetic:

- potențialul liniar al cursurilor de apă pe sectoarele necuprinse în schemele principale de amenajare sau în aval de captările acestora, după refacerea debitului natural la o mărime convenabilă;
- căderile de apă reziduale ale amenajărilor hidroenergetice sau hidrotehnice existente (pe galeriile de fugă ale unor hidrocentrale subterane, pe circuitele de apă de răcire ale unor termocentrale cu răcire în circuit deschis, la ecluzele pentru navigație, etc.);
- diferențele de nivel pe conductele de transport pentru apă potabilă sau industrială.

Energia electrică astfel obținută este utilizată pentru alimentarea unor consumatori izolați, sau pentru anumite servicii secundare din cadrul amenajărilor mari.

### ***6. Problemele ecologice ale amenajărilor hidroenergetice***

În raport cu alte activități cu profil energetic, hidroenergetica pare a fi cel mai puțin dăunătoare mediului natural. După încheierea lucrărilor de amenajare zona afectată își revine starea aparent normală, realizarea proiectului contribuind la dezvoltarea economică și socială a comunităților locale.

Înfluențele negative asupra mediului apar mai ales în perioada de realizare a amenajării, principalele efecte fiind poluarea apei, aerului și solului prin praf, gaze de eșapament, scurgeri de carburanți, ulei, etc.

Există însă și o serie de efecte negative ce pot apărea și după finalizarea lucrărilor, precum:

- degradarea unor terenuri agricole și forestiere prin surpări, alunecări de teren și ridicarea nivelului apei freatică în zona lacurilor de acumulare;
- reținerea aluviunilor în acumulări și deranjarea procesului natural de regenerare a carierelor de nisip;
- întreruperea migrației unor specii de pești;
- continuarea poluării după terminarea lucrărilor datorită dezvoltării economice a zonei înconjurătoare;
- posibilitatea potențială a unor mari distrugereri în aval, în caz de avarie gravă la baraj.

O bună parte dintre aceste efecte negative pot fi evitate prin măsuri luate cu ocazia proiectării și executării lucrărilor, iar altele se pot corecta ulterior, cu cheltuieli suplimentare.

Efectele directe asupra ecosistemelor biologice sunt considerate incerte, putând apărea modificări în flora și fauna locală, respectiv modificări ale microclimatului local.