

## Abordarea utilizată pentru calcularea perioadelor de revenire și probabilități

- *Debite maxime în regim natural de curgere*

Pentru determinarea debitelor maxime cu diferite probabilități de depășire în regim natural în secțiuni de interes se pleacă de la prelucrarea statistică a șirurilor de debite maxime anuale de la principalele stații hidrometrice din zona de interes.

Șirurile de date, înainte de a fi supuse prelucrării statistice, vor fi analizate în funcție de următoarele criterii:

- existența unei perioade de observații și măsurători de debite de cel puțin 25 de ani,
- existența observațiilor suplimentare de niveluri la cele mai mari viituri luate în calcul,
- chei limnometrice concludente, trasate pe baza măsurătorilor la ape mari sau a unor extrapolări efectuate la nivelul maxim anual înregistrat.

Pentru început se caută ca perioada luată în considerare pentru analiza debitelor maxime să fie cât mai mare posibil, deoarece sunt obținute și cele mai concludente rezultate în urma prelucrării lor statistice. Evident, stațiile cu cele mai îndelungate perioade de funcționare au și cele mai semnificative cazuri, deoarece provin dintr-un număr mare de ani cu înregistrări directe.

Cazurile debitelor maxime cu probabilitatea de depășire de 1%, rezultate în urma prelucrărilor statistice cu ajutorul programului ASIG, vor fi folosite pentru realizarea unor relații de sinteză zonală (debitul maxim specific funcție de suprafață) și grafice de variație (debitul maxim funcție de suprafață) care vor fi utilizate apoi pentru determinarea debitelor maxime în regim natural de curgere și în alte secțiuni, diferite de cele ale stațiilor hidrometrice.

Programul ASIG permite determinarea curbilor teoretice de tip Pearson III în care relația de calcul a valorilor  $Q_p\%$  se obține cu formula :

$$Q_{p\%} = Q_{med} (1 + C_v * \emptyset_{p\%})$$

în care:  $\emptyset_{p\%}$  reprezintă abaterile față de medie a ordonatelor curbei standardizate a probabilităților de depășire.

Acestora li se vor atribui probabilități empirice conform formulei Weibull:  $p\% = [m/(n+1)] \times 100$

în care: "m" este numărul curent al termenilor șirului de ordine descrescătoare iar "n" este numărul total al termenilor.

Prelucrarea statistică a fost realizată unitar, folosindu-se formula Weibull pentru probabilitățile empirice atribuite tuturor șirurilor cronologice de debite maxime și, de asemenea, curba de distribuție Pearson III pentru determinarea valorilor teoretice, respectiv a debitelor maxime cu diverse probabilități.

În cazul curbei de distribuție Pearson III s-au analizat toate variantele rezultate din raportul dintre  $C_s$  și  $C_v$  (calculate sau corectate) fiind aleasă cea variantă care "îmbracă" cel mai bine distribuția empirică.

Pot exista și situații în care se poate adopta curba empirică ca fiind cea mai favorabilă sau se poate apela la corelația cu o stație învecinată situată pe același râu.

Valorile debitelor maxime obținute la stațiile valorificate au fost verificate și în funcție de volumele scurse corespunzătoare  $Q_{max} 1\%$  și de asemenea în funcție de veridicitatea straturilor scurse rezultate din aceste volume.

Pentru trecerea de la probabilitatea de depășire de 1% la alte probabilitățile de depășire se utilizează curbele de distribuție Pearson III cu Cv și Cs adoptați în funcție de mărimea bazinului hidrografic aferent secțiunii, conform metodologiei aplicate în INHGA.

- *Debite maxime în regim actual de curgere*

Determinarea viiturilor de calcul de diferite probabilități de depășire (viituri sintetice) pe râuri cu lacuri de acumulare amplasate pe afluenți (componente) necesită parcurgerea următoarelor etape:

- Modelarea topologică a bazinului hidrografic și a rețelei hidrografice.
- Determinarea elementelor caracteristice ale componentelor sintetice.
- Determinarea formei componentelor sintetice.
- Compunerea și propagarea undelor de viitură sintetice.
- Ajustarea componentelor sintetice.
- Atenuarea undelor de viitură sintetice.

Formarea scurgerii într-un bazin hidrografic se face printr-un proces de integrare succesivă pe versant și prin albia râului a cantităților de apă intrate în bazin.

Modelarea matematică a scurgerii necesită realizarea unei reprezentări schematice a modului în care curg și se adună apele într-un bazin hidrografic. Această reprezentare schematică numită **modelarea fiziografică** sau **topologică** a bazinului hidrografic presupune atât divizarea bazinului în subbazine mici omogene, cât și împărțirea cursului de apă în sectoare caracteristice.

Bazinul hidrografic se va divide în zone (subbazine) omogene din punct de vedere al variabilității factorilor care condiționează scurgerea: topografie, vegetație, soluri și geologie. Se știe că elementele fiziografice ale unui bazin hidrografic nu prezintă omogenitate pe întreaga suprafață și că această omogenitate scade pe măsura creșterii suprafeței bazinului hidrografic.

Rețeaua hidrografică se va discretiza în sectoare caracteristice, având în vedere următoarele criterii:

- omogenitatea caracteristicilor hidraulice și morfometrice ale albiei minore și a albiei majore;
- tipul scurgerii (unidimensională sau bidimensională);
- gradul de stabilitate al albiei.

La modelarea topologică a bazinelor și rețelei hidrografice se mai au în vedere următoarele elemente:

- calitatea și cantitatea datelor de care se dispune;
- scopul modelării și acuratețea cerută;
- tipul și importanța amenajărilor hidrotehnice care influențează scurgerea;
- obiectivele economico-sociale ce trebuie apărate contra inundațiilor.

Hidrografele undelor de viitură corespunzătoare subbazinelor în care a fost împărțit bazinul hidrografic se numesc componente, *elementele caracteristice* ale acestora fiind:

- QM – debitul maxim al viiturii (m<sup>3</sup>/s);
- TC – durata de creștere a viiturii care s-a considerat ca fiind timpul de la începutul viiturii și până la producerea debitului de vârf (ore);
- TT – durata totală a viiturii care s-a considerat ca fiind timpul de la începutul

viitirii și până la terminarea scurgerii hipodermice (ore);

- $\gamma$  – coeficientul de formă al viitirii, definit ca raportul între suprafața viitirii și suprafața dreptunghiului circumscris;
- $DP$  – durata ploii (ore);
- $QB$  – debitul de bază al viitirii ( $m^3/s$ ).

Debitul maxim al componentei sintetice rezultă prin aplicarea relației volumetrice, în funcție de stratul scurs al fiecărei componente.

Elementele caracteristice  $T_C$ ,  $T_T$  și  $\gamma$  se determină pe baza unor relații de sinteză rezultate în urma prelucrării statistice a celor mai mari viituri înregistrate la stațiile hidrometrice din zona analizată.

Durata ploii,  $D_P$ , se consideră egală cu timpul mediu de concentrare al bazinului hidrografic, care este aproximativ egal cu durata de creștere a undei de viitură din secțiunea de închidere a bazinului hidrografic.

Debitul de bază al viitirii,  $Q_B$ , se consideră aproximativ egal cu zero, pentru bazine hidrografice mici sau egal cu debitul mediu multianual, pentru cele mari.

Pentru determinarea **forme componentelor sintetice** se utilizează o serie de modele matematice (Șerban et al., 1990), alegerea celui mai bun dintre modele făcându-se astfel încât abaterea dintre debitele calculate de model și debitele furnizate de utilizator să fie minimă.

Pentru **compunerea și propagarea undelor de viitură** se utilizează metoda Muskingum, într-o abordare sistemică, în care se consideră că un sector de râu se comportă ca un sistem liniar, având ca intrare debitul afluent și ca ieșire debitul defluent.

Parametrii  $K$  și  $X$  ai modelului Muskingum se determină pentru sectoare caracteristice de râu, pe baza datelor de la stațiile hidrometrice și a caracteristicilor morfologice ale albiei.

Parametrul  $K$  reprezintă durata de deplasare a undei de viitură pe un sector de râu (sau canal), dintr-o secțiune amonte într-o secțiune aval.

Pentru sectoare de râu care nu dispun de date hidrometrice, parametrul  $K$  se determină pe baza vitezei de propagare a viitirii pe sectorul de calcul. În acest caz se calculează viteza în câteva profiluri caracteristice ale sectorului pe baza formulei lui Chézy, după care se face o medie a lor rezultând viteza de propagare pe sector.

Parametrul  $X$  reprezintă coeficientul de atenuare a undei de viitură pe sectorul considerat. În funcție de caracteristicile morfometrice ale sectorului de râu, acest parametru are valori caracteristice cuprinse între o valoare minimă, corespunzătoare sectoarelor de râu cu albie majoră foarte mare, și o valoare maximă, corespunzătoare sectoarelor de râu cu albie majoră mică sau sectoare de râu îndiguite.

Pentru a asigura o modelare corespunzătoare din punct de vedere geometric și hidraulic a unui sector de râu, acest sector se va diviza în subsectoare de 5÷15 km lungime.

Componentele sintetice compuse și propagate sunt **ajustate** apoi, astfel încât hidrograful calculat în secțiunea de închidere să concorde (atât ca debit cât și ca durată de creștere) în limitele unei abateri date cu hidrograful determinat pe baza elementelor statistice.

În momentul în care ajustarea este finalizată, în model se trece la regimul amenajat, componentele optimizate fiind **atenuate** prin amenajările hidrotehnice, modelate și acestea atât din punct de vedere al caracteristicilor lor cât și din punct de

vedere al regulamentelor de exploatare la ape mari.

Metodologia de determinare a viiturilor de calcul (sintetice) de diferite probabilități de depășire, în bazine hidrografice amenajate cu lacuri de acumulare și diguri, se aplică utilizând modelul matematic RAZVAN (*Corbuș et al., 2009; Dinu et al., 2011; Corbuș et al., 2012; Corbuș et al., 2013*) sau CONSUL.

Modelul CONSUL este un model matematic determinist care permite simularea continuă a tuturor proceselor hidrologice importante, atât în bazine mici cât și în bazine mari, complexe, naturale și amenajate hidrotehnic care se divizează în unități omogene (subbazine).

Acest model permite atât determinarea formei viiturilor de calcul produse pe afluenți (componente), compunerea acestora precum și propagarea pe diferite sectoare de râu, obținându-se în secțiunea de închidere a bazinului hidrografic o undă de viitură cu debitul maxim de probabilitate de depășire dată  $p\%$ , cât și determinarea modificărilor undelor de viitură ca urmare a influenței amenajărilor hidrotehnice din bazinul hidrografic analizat.

Modelul RAZVAN are implementată procedura ATENAPA (ATENuare, Acumulări, Poldere și Albii) de atenuare a undelor de viitură.

Procedura folosește pentru atenuare un algoritm matematic, care are la bază metoda Puls și care consideră evacuatorii controlați ca având poziție fixă, dar numai pe intervalul pasului de timp de discretizare a hidrografului.

Schimbarea poziției stavilelor și/sau vanelor se poate face global la trecerea la pasul de timp următor, iar pe durata noului pas de timp (de aceeași durată de timp) noua poziție este considerată constantă.

Debitul defluent din acumulare se obține însumând debitele evacuate prin toți evacuatorii activi la momentul respectiv, debite care sunt corespunzătoare nivelului existent în lac și unei anumite ipoteze de funcționare. Astfel se poate ține seama de treptele de manevră ale evacuatorilor, de deschiderile maxime posibile și chiar de ordinea de manevră impusă de regulamentul de exploatare.

Momentul efectuării manevrelor și valoarea acestora se obțin printr-o tehnică de optimizare, astfel încât să fie folosit cât mai bine volumul acumulării respective pentru tranzitarea viiturii în condițiile unor restricții date.

Pentru obținerea valorilor corespunzătoare altor probabilități de depășire se utilizează curba de distribuție Pearson III, cu coeficienții de asimetrie și de variație adoptați conform normativelor I.N.H.G.A.

Datele de intrare necesare aplicării modelului RAZVAN se preiau din Regulamentele de exploatare ale acumulărilor și sunt următoarele:

- **Date despre acumulare**

- Curba de capacitate a acumulării (tabelar);
- NT – nivelul talvegului (mdM);
- NNR – nivelul normal de retenție (mdM);
- NME – nivelul maxim de exploatare (mdM);
- NCR – nivelul coronamentului (mdM);
- NmE – nivelul minim de exploatare (la acumulările cu centrale hidroelectrice) (mdM);
- NPG – nivelul de pregolire (mdM);

- NRTB - numărul de turbine (la acumulările cu centrale hidroelectrice);
- QT – debitul turbinat instalat pe grup (la acumulările cu centrale hidroelectrice) ( $m^3/s$ );
- QIN – debitul maxim evacuat în aval de acumulare ( $m^3/s$ ).
- **Date despre polder**
- Curba de capacitate a polderului (tabelar);
- NTP – nivelul talvegului polderului (mdM);
- NMP – nivel maxim admis în polder (mdM);
- Cheia limnometrică a albiei în secțiunea polderului (la polderele pe albie).
- **Date despre evacuatori**
- Tipul de evacuatori (de suprafață, intermediari, de fund);
- NCD – nivelul crestei deversorului (pragul vanei sau stavilei) corespunzător fiecărui tip de evacuator;
- B – lățimea unui câmp evacuator (sau diametrul maxim la cele circulare) (m);
- AM – deschiderea maximă (sau diametrul maxim la cele circulare) (m);
- ND – numărul de evacuatori similari.