ANEXĂ

Normativ privind

STABILIREA DEBITELOR ŞI VOLUMELOR MAXIME PENTRU CALCULUL CONSTRUCŢIILOR HIDROTEHNICE DE RETENŢIE, Indicativ NP 129–2011

CUPRINS

Cap. 1. Obiectul normativului

Cap. 2. Domeniul de aplicare

Cap. 3. Definiţii şi terminologie

Cap. 4. Determinarea parametrilor undelor de viitură sintetice cu probabilitatea de depăşire P%

4.1. Principii generale

4.2. Metode indirecte

4.2.1 Cazul bazinelor mici în care nu se dispune de măsurători hidrometrice

4.2.2 Cazul secţiunilor în care nu se dispune de măsurători hidrometrice pentru râuri din bazine mai mari de 100 km^2

4.3. Metode directe, în secţiuni controlate hidrometric

4.3.1 Calculul debitelor maxime

4.3.2 Calculul volumului viiturilor sintetice

4.3.3 Stabilirea formei şi coeficientului de formă a viiturii sintetice

4.3.4 Calculul duratei totale a viiturii sintetice

4.3.5 Construirea undelor de viitură sintetice

4.3.6 Cazul bazinelor cu influenţe antropice semnificative

Cap. 5. Stabilirea probabilităţilor de depăşire a debitelor şi volumelor maxime

Cap. 6. Studii de caz

Cap. 7. Referinţe tehnice şi legislative

Anexa I

Anexa II

Cap.1. Obiectul normativului

(1) Normativul stabileşte principiile şi metodele de determinare a undelor de viitură cu diverse probabilităţi de depăşire, incluzând determinarea debitelor şi volumelor maxime, precum şi criterii suplimentare pentru încadrarea în clase de importanţă a lucrărilor hidrotehnice cu rol în protecţia împotriva inundaţiilor.

(2) În cadrul normativului:

a) se indică modul în care se selectează seriile de timp parţiale pentru analiza statistică;
b) se prezintă repartiţiile statistice cele mai adecvate pentru analize hidrologice;
c) se defineşte intervalul de incertitudine pentru debitele maxime şi pentru volume;
d) se stabileşte modul de combinare a principalelor caracteristici ale undelor de viitură (debit maxim si volum) funcţie de scopul urmărit, rezultând pentru aceeaşi probabilitate de depăşire două unde de viitură caracteristice: unda de viitură de debit maxim şi unda de viitură de volum maxim;
e) se indică domeniul de utilizare al celor două unde de viitură caracteristice;
f) se prezintă modul de construcţie al undelor de viitură cu probabilitatea de depăşire P%, incluzând forma acestora;
g) se indică abordările care trebuie utilizate în cazuri particulare:
   i) existenţa în cadrul şirului statistic a unor valori extreme, a căror probabilitate teoretică de depăşire este mult mai mică decât probabilitatea empirică de depăşire atribuită;
   ii) analiza unor bazine hidrografice cu grad ridicat de amenajare hidrotehnică;
   iii) lipsa măsurătorilor hidrometrice sau măsurători insuficiente;
h) se utilizează un criteriu suplimentar, de natură economică pentru încadrarea în clase de importanţă a lucrărilor hidrotehnice cu rol în protecţia împotriva inundaţiilor (lacuri de acumulare şi îndiguiri).

(3) Capitolul 6 conţine 3 studii de caz, cu rezultatele obţinute în urma prelucrării statistice.

(4) Anexele I şi II din prezentul normativ prezintă algoritmi pentru verificarea ipotezelor statistice, respectiv pentru determinarea valorilor extreme din şirul de date analizat.

Cap.2. Domeniul de aplicare

(1) Normativul se aplică la elaborarea studiilor hidrologice care stau la baza proiectării construcţiilor şi amenajărilor hidrotehnice, podurilor rutiere şi de cale ferată, a elaborării hărţilor de hazard la inundaţii, a planurilor de exploatare a lucrărilor de protecţie împotriva inundaţiilor, precum şi în amenajarea teritoriului.

(2) Normativul are ca scop valorificarea mai bună a informaţiilor conţinute în fondul de date hidrologice şi se adresează specialiştilor în hidrologie şi gospodărirea apelor.

(3) Normativul se aplică:

a) în faza de proiectare pentru dimensionarea descărcătorilor de ape mari, a tranşei nepermanente de protecţie de sub creasta deversorilor, stabilirea cotei coronamentului barajelor şi digurilor, precum şi la verificarea secţiunii transversale a digurilor şi fundaţiei acestora din condiţii de infiltraţie;

b) în faza de exploatare a lucrărilor hidrotehnice pentru managementul riscului la inundaţii, pentru stabilirea regulilor de exploatare a descărcătorilor de ape mari, propagarea undelor de viitură cu sau fără cedarea digurilor, identificarea măsurilor structurale suplimentare necesare pentru asigurarea gradului de protecţie etc.

(4) Normativul se referă la curgerea în condiţii naturale sau cvasi-naturale a cursurilor de apă, la care influenţele antropice nu conduc la modificarea semnificativă a parametrilor statistici ai şirului de date de bază (păstrarea omogenităţii şi staţionarităţii).

(5) În cazul regimului amenajat, parametrii hidrologici ai undelor de viitură pentru capetele de bazin se determină în regim natural, dar dimensionarea şi verificarea lucrărilor de amenajare a apelor şi a altor lucrări la care regimul apelor este influenţat de lucrările hidrotehnice din bazin se va face prin calcule hidraulice si de gospodărirea apelor corespunzător regimului modificat.

(6) Scurgerea maximă în condiţii naturale poate fi generată de:

a) precipitaţii sub forma lichidă
b) apa provenită din topirea zăpezii
c) acţiunea concomitentă a ploilor şi a topirii zăpezii.

(7) Gradul de complexitate a caracterizării undei de viitură depinde de scopul urmărit. Astfel, dacă se doreşte dimensionarea descărcătorilor de ape mari sau determinarea harţilor de hazard

pe bază de simulări hidraulice în regim permanent este suficient sa se determine doar debitul maxim cu probabilitatea de depăşire P%. Dacă însă scopul prelucrărilor hidrologice îl constituie dimensionarea tranşei de protecţie nepermanente a lacurilor de acumulare, obţinerea hărţilor de hazard prin simulări în regim nepermanent sau managementul riscului la inundaţii atunci este necesar hidrograful undei de viitură cu probabilitatea de depăşire P%.

(8) Se face o distincţie clară între debitul maxim cu probabilitatea de depăşire P%, care este doar un parametru al viiturii şi viitura cu aceeaşi probabilitate de depăşire. Cu alte cuvinte, viitura cu probabilitatea de depăşire P% este definită de un ansamblu (debit maxim, volum şi durată totală), ale cărui componente individuale nu se caracterizează însă simultan prin probabilitatea de depăşire P%. Pentru aceeaşi probabilitate de depăşire P%, pe baza viiturilor înregistrate se pot defini diferite forme ale undelor de viitură, diferenţiate prin momentul producerii debitului de vârf sau prin caracterul uni-modal / multimodal al viiturii.

(9) Pentru viitura cu probabilitatea de depăşire P% există o multitudine de combinaţii de debit de vârf – volum. Dintre acestea, interesează doar două viituri caracteristice: viitura de debit maxim, respectiv viitura de volum maxim. Ambele viituri vor fi utilizate în calculele de atenuare în lacurile de acumulare sau de propagare prin albie, urmând a se utiliza mai departe rezultatele obţinute în varianta cea mai defavorabilă.

(10) Normativul introduce de asemenea un criteriu suplimentar, de natură economică, pentru încadrarea în clase de importanţă a lucrărilor hidrotehnice.

(11) Normativul se adresează inginerilor proiectanţi, verificatorilor de proiecte şi experţilor tehnici atestaţi, din domeniul hidrologiei şi gospodăririi apelor, autorităţilor publice din domeniul apelor şi domeniul construcţiilor, precum şi organelor de inspecţie, verificare şi control.

3. Definiţii şi terminologie

Analiză statistică	Procedură matematică pentru caracterizarea statistică a unei variabile aleatoare
Debite maxime anuale	Serie parţială, constituită prin selecţionarea debitelor maxime anuale. Denumiri în engleză: AMS (Annual Maxima Series) sau BM (Block Maxima)
Debite maxime peste un anumit prag	Serie parţială, obţinută prin selecţionarea debitelor maxime ale viiturilor care depăşesc un debit prestabilit. Denumiri în engleză: PDS (Partial Duration Series) sau POT (Peaks Over Threshold)
Interval de incertitudine	Intervalul cuprins între valorile extreme ale debitului maxim sau volumului pentru un grup de distribuţii acceptate pe baza de teste statistice
Interval de încredere	Interval care conţine cu o anumită probabilitate valoarea teoretică a parametrului estimat pe bază de măsurători
Model matematic	Un sistem de variabile şi relaţiile dintre acestea utilizate pentru a obţine descrierea matematică simplificată a unui sistem sau proces
Model determinist	Model care utilizează numai variabile deterministe
Model statistic	Model care utilizează variabile aleatoare
Parametru	In limbaj statistic, orice constantă numerică derivată dintr-o populaţie şi având o distribuţie statistică
Ploaia de calcul	Estimarea cantităţii de precipitaţii şi a distribuţiei acesteia pentru o anumită suprafaţă (bazin, sub-bazin hidrografic), utilizată pentru determinarea viiturii de calcul prin modele de tip ploaie-scurgere.
Variabila deterministă	Variabilă care în urma unui experiment sau măsuratoare ia o valoare unică, bine precizată.
Variabilă aleatoare	O variabilă a cărei valoare în urma unui experiment sau măsurătoare nu poate fi stabilită cu certitudine dinainte şi care poate fi caracterizată în probabilitate.
Viitura sintetică	Viitura corespunzătoare probabilităţii de depăşire P% utilizată pentru dimensionarea sau exploatarea lucrărilor hidrotehnice.

Cap.4. Determinarea parametrilor undelor de viitură sintetice cu probabilitatea de depăşire P%

4.1. Principii generale

(1) Gradul de detaliere şi modul de calcul al caracteristicilor undelor de viitură depinde de scopul urmărit. Astfel, pentru studii locale de inundabilitate este suficientă determinarea debitului maxim anual cu o anumită probabilitate de depăşire. Pentru managementul riscului la inundaţii este necesară în schimb determinarea undei de viitură corespunzătoare probabilităţii de depăşire dorite.

(2) Parametrii undelor de viitură pot fi obţinuţi prin:

a) metode directe, atunci când exista suficiente date pentru prelucrări statistice (minim 30 de ani), sau este posibilă completarea şirului de date prin corelaţii de debite maxime cu staţii analoge din zonă

b) metode indirecte, atunci când informaţiile hidrometrice sunt insuficiente sau lipsesc.

(3) Valorile calculate trebuie comparate atât cu valorile obţinute în studii mai vechi, cât şi cu cele care rezultă din studii de regionalizare (curbe înfăşurătoare, corelaţii intre debitul maxim specific şi factori fizico-geografici, comparaţii cu valorile obţinute în bazine învecinate sau având condiţii fizico-geografice similare).

4.2. Metode indirecte

4.2.1. Cazul bazinelor mici în care nu se dispune de măsurători hidrometrice

(4) Regulile prezentate se utilizează pentru suprafeţe de bazin mai mici de 100 km^2

(5) În cazul în care se doreşte strict determinarea debitului maxim se pot utiliza următoarele metode:

a) formule de tip genetic (formula raţională pentru suprafeţe de bazin mai mici de 10 km^2, formula reducţională pentru suprafeţe de bazin cuprinse între 10-100 km^2, alte metode dezvoltate în ţară sau străinătate); rezultatele obţinute se verifică prin comparare cu valorile din alte secţiuni, situate în condiţii fizico-geografice similare.

b) regionalizări hidrologice (corelaţii ale debitului maxim specific cu anumiţi parametri fizico-geografici ca de exemplu suprafaţa bazinului, regionalizări ale debitului maxim specific, curbe înfăşurătoare ale debitului maxim specific etc).

(6) În cazul în care este necesară determinarea hidrografului de viitură funcţie de gradul de precizie dorit se pot utiliza următoarele modele:

a) modele cu parametri globali.

b) modele cu parametri semidistribuiţi sau cu parametri distribuiţi, cu discretizare orizontală respectiv cu discretizare orizontală şi verticală a bazinului hidrografic.

(7) Pentru modelare poate fi utilizat orice model. Parametrii acestor modele trebuie sa provină însă dintr-o analiză regională anterioară efectuată cu acelaşi model. Rezultatele obţinute se verifică de asemenea prin analiză regională.

(8) Durata ploii se va considera egală cu timpul de concentrare, rezultând în acest fel debitul maxim. Prelucrarea se va realiza în două etape:

a) întâi se vor determina precipitaţiile zilnice corespunzând probabilităţii de depăşire dorite (0.1%, 0.5%, 1%, 2%, 5%, 10%);

b) utilizand coeficienţi de trecere se obţin valorile precipitaţiilor pentru alte durate (15', 30', 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 2 zile si 3 zile).

Dacă se dispune de înregistrari continue ale precipitaţiilor pe bază de pluviograme, o variantă alternativă constă în prelucrarea statistică a precipitaţiilor orare maxime anuale, urmată de trecerea la ploi de alte durate. Durata ploii este egală cu timpul de concentrare al bazinului.

(9) Pentru determinarea ploii zilnice se recomandă o analiză statistică regională, după cum urmează:

a) dacă dependenţa spaţială între valorile maxime anuale ale precipitaţiilor pe 24 de ore de la toate staţiile învecinate, aflate în condiţii similare de altitudine este redusă, iar parametrii repartiţiei nu au variaţie spaţială atunci seriile de timp ale precipitaţiilor de la toate staţiile din zona analizată pot fi concatenate şi analizate ca şi cum ar fi un singur şir. După prelucrarea statistică a acestui şir se obţin valorile precipitaţiilor zilnice maxime anuale sau intensităţilor cu probabilităţile de depăşire (frecvenţele) dorite.

b) dacă parametrii repartiţiei la cele N staţii vecine amplasamentului care nu dispune de măsurători au variaţie spaţială, atunci fiecare parametru statistic în locaţia fără măsurători este estimat ca o medie a valorilor aceluiaşi parametru la staţiile din zonă ponderate cu inversul pătratului distanţei faţă de aceste staţii:

$$\hat{\theta}_{wd} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{d_{i0}^2} \hat{\theta}_i \Big/ \left(\sum_{i=1}^{N} \frac{1}{d_{i0}^2} \right)$$

unde: $\hat{\theta}_i$ este valoarea estimată la staţia *i* pentru parametrul θ_i ;

$\hat{\theta}_{wd}$ - media ponderată cu distanţa a valorilor aceluiaşi parametru;

d_{i0} – distanţa de la staţia *i* la amplasament (identificat prin indicele 0).

c) pentru alegerea staţiilor învecinate care vor interveni în cadrul analizei se determină valorea medie şi abaterea medie pătratică a precipitaţiilor maxime zilnice anuale de la fiecare staţie, păstrând doar acele staţii la care diferenţele faţă de staţia cea mai apropiată de centrul de greutate al bazinului studiat nu depăşesc 10-15%.

d) în cazul în care cele două abordări prezentate anterior sunt dificil de realizat se vor analiza statistic precipitaţiile de la staţia cea mai apropiată, dar debitele maxime rezultate trebuie validate prin analiză regională.

(10) Pentru studiile în care mai important decât debitul maxim este volumul viiturii (dimensionarea bazinelor de retenţie a apelor pluviale în zone urbane, efectul cedării iazurilor de decantare ale haldelor de steril) se vor utiliza succesiv durate ale ploii care depăşesc timpul de concentrare al bazinului (cu variaţia corespunzătoare a intensităţii ploii), ajungând până la considerarea unor ploi cu durata de 3 zile. După depăşirea timpului de concentrare, debitul maxim rămâne constant până la terminarea ploii.

(11) Pentru determinarea volumului viiturii în cazurile speciale menţionate la 4.2.1. alin. (10) se va lua în considerare şi topirea zăpezii, folosind factorul grad-zi care utilizează valoarea maximă a temperaturii zilnice:

$$h_{topit} = M \cdot \left(T_{\max} - T_e\right) \approx M \cdot T_{\max}$$

unde : h_{topit} este echivalentul în apă (mm) al topirii zăpezii pentru 1 zi;

T_e este temperatura de echilibru (care poate fi considerată egală cu zero);

$T_{\max}$ - temperatura maximă zilnică;

M - factorul grad – zi, care se utilizeaza cu temperatura $T_{\max}$ (mm/^{0}C zi).

a) o relaţie similară se foloseşte în cazul în care este disponibilă temperatura medie zilnică, dar în acest caz factorul grad-zi va avea alte valori.

b) în cazul în care interesează echivalentul în apa al topirii zăpezii pentru 2 respectiv 3 zile se folosesc relaţiile:

$$h_{topit\,2\,zile} = M \cdot T_{\max 1} + M \cdot T_{\max 2} = M \cdot \left(T_{\max 1} + T_{\max 2}\right)$$

$$h_{topit\,3\,zile} = M \cdot \left(T_{\max 1} + T_{\max 2} + T_{\max 3}\right)$$

c) pentru fiecare lună a perioadei de iarnă, în fiecare an cu temperaturi pozitive în luna respectivă se reţine valoarea zilnică maximă a temperaturii; analiza de frecvenţă conduce apoi la valorile maxime pozitive ale temperaturii pentru diferite probabilităţi de depăşire, care vor fi utilizate la calculul echivalentului în apă al topirii zăpezii.

d) trebuie mentionat ca h_{topit} reprezintă valoarea potenţială a stratului de zăpadă care se poate topi (exprimat sub formă de conţinut de apă); valoarea efectiv eliberată depinde de conţinutul maxim de apă existent în stratul de zăpadă. Ca urmare, astfel de analize se vor efectua pentru fiecare lună de iarnă cu temperaturi pozitive, reţinând valoarea minimă dintre valoarea potenţială a apei eliberate prin topirea zăpezii şi apa disponibilă în stratul de zăpadă.

e) pentru durate de calcul mai mici de o zi (15’, 30’, 1h, 2h, 3h, 6h) se consideră că topirea zăpezii are loc în timpul zilei între orele 8,oo – 16,oo. O valoare proporţională este atribuită fiecărui interval de calcul în raport cu topirea zilnică a zăpezii.

(12) Pentru analiza statistică a precipitaţiilor zilnice sau a gradientului de temperatură din metoda grad –zi se recomandă repartiţia Gumbel.

(13) Pentru a lua în considerare suprapunerea dintre procesul de topire a zăpezii şi precipitaţiile lichide se vor utiliza repartiţii bi-dimensionale temperatură–precipitaţii lichide corespunzătoare probabilităţii de depăşire dorite.

(14) Pentru modelele cu parametri globali este recomandabil să se considere un coeficient de scurgere variabil cu probabilitatea de depăşire. Astfel, se estimează că în timpul perioadei de vară coeficientul maxim de scurgere variază între 0,3 – 0,45 pentru o perioadă medie de repetare T = 10 ani, 0,35-0,60 pentru T = 100 de ani şi 0,5-0,7 pentru T = 1.000 ani sau perioade de repetare mai mari. In perioada de iarnă – primavară coeficienţii corespunzători de scurgere pot fi majoraţi cu 0.1 fata de valorile corespunzătoare din perioada de vară pentru a ţine cont de valorile mai mari ale API (Antecedent Precipitation Index).

4.2.2. Cazul secţiunilor în care nu se dispune de măsurători hidrometrice pentru râuri din bazine mai mari de 100 km^2

(15) Determinarea parametrilor undelor de viitură sintetice pentru suprafeţe de bazin mai mari de 100 km^2 se face pe bază de relaţii de sinteză.

(16) Debitele maxime cu diverse probabilităţi de depăşire, precum şi parametrii undelor de viitură se stabilesc pe baza caracteristicilor calculate prin metode directe la staţiile hidrologice analoage din bazinul studiat sau din bazinele învecinate. Aceşti parametri corelaţi apoi cu caracteristici fizico-geografice sunt utilizaţi pentru determinarea parametrilor undelor de viitură sintetice în secţiunea fără măsurători.

4.3. Metode directe, în secţiuni controlate hidrometric

4.3.1. Calculul debitelor maxime

(17) Metodologia se utilizează pentru staţii hidrometrice controlând suprafeţe de bazin mai mari de 100 km^2, cu înregistrări continue pe o perioadă de cel puţin 30 de ani. La staţiile cu date pentru 20-30 de ani, datele lipsă până la 30 de ani se completeaza prin corelaţii cu staţiile vecine sau din zone similare, cu o suprafaţă de bazin apropiată de cea a staţiei analizate. Pentru cazul unor staţii cu mai putin de 20 de ani de înregistrări se poate recurge la modele ploaie-scurgere pentru completarea seriei de date, rezultatele obţinute urmând a fi comparate pentru validare cu cele ale unor staţii din zone similare ca relief, acoperire a terenului, caracteristici climatice şi cu o suprafaţă de bazin apropiată de cea a staţiei analizate.

(18) Seria parţială pentru calculul debitului maxim cu probabilitatea de depăşire P% poate fi obţinută în două moduri distincte:

a) selecţionând debitele maxime anuale, ceea ce conduce la un număr de valori ale şirului statistic egal cu numărul de ani cu observaţii. Este de semnalat totuşi faptul că debitele maxime anuale pot avea geneză diferită.

b) selecţionând viiturile ale căror debite maxime depăşesc un anumit prag, notat prin $Q_{prag\,1}$; în acest fel în anumiţi ani vor fi selecţionate 2 sau chiar mai multe viituri, în timp ce în anii caracterizaţi doar prin ape mari sau viituri nesemnificative care nu depăşesc pragul nu va fi selecţionată nici o viitură. Pragul $Q_{prag\,1}$ de la care se iau în considerare viiturile este o mărime aleasă arbitrar, astfel încât numărul de viituri rezultate să fie aproximativ egal cu numărul de ani. Pentru aceste viituri se defineşte un al doilea prag, notat $Q_{prag\,2} = a\, Q_{prag\,1}$, de la care se iau în considerare debitele de viitură. Durata viiturii corespunde astfel perioadei în care debitele sunt mai mari decât $Q_{prag\,2}$. Coeficientul $a < 0.9$ este ales în aşa fel încât viiturile reţinute să fie independente, excluzând viiturile care nu respectă această condiţie. Coeficientul a este cu atât mai redus cu cât bazinul hidrografic este mai mic.

(19) In cazul metodei debitelor maxime peste un anumit prag se pot utiliza următoarele criterii pentru alegerea unor viituri independente din punct de vedere hidrologic:

a) debitul minim intre doua viituri consecutive trebuie sa fie mai mic decât 2/3 din debitul de vârf al viiturii precedente.
b) intervalul de timp ce separă două debite de vârf successive trebuie să fie de cel puţin trei ori timpul de creştere al viiturii anterioare.

(20) Pentru analiza statistică seria de date parţială, în afară de independenţa datelor, trebuie să fie omogenă şi staţionară. Se recomandă utilizarea următoarelor teste de semnificaţie (Anexa 1) pentru a verifica îndeplinirea acestor condiţii:

a) independenţa datelor (Turning point test).
b) omogenitate (testul Mann-Whitney-Wilcoxon).
c) staţionaritate (testul Mann-Kendall, recomandat de WMO).

(21) Daca setul de date este neomogen sau prezintă tendinţă (trend) este necesară împărţirea lui în submulţimi omogene din punct de vedere statistic sau utilizarea pentru setul de date recente a metodei POT, cu mai multe vârfuri în anumiţi ani, în aşa fel încât să se dispună de minim 30 de valori. Trebuie analizat însă în ce măsură setul de date reţinut pentru analiză este format din valori statistic independente, fiind în acelaşi timp semnificativ din punct de vedere hidrologic.

(22) Pentru calculul probabilităţii empirice de depăşire se pot folosi oricare dintre formulele: Weibull, Cunnane, Blom, Gringorten, Hazen, Cegodaev etc. Dintre aceste formule, se recomandă utilizarea relaţiei Weibull:

$$P_i^e = \frac{i}{n+1}$$

unde *n* este numărul de ani (intervale) ale perioadei de calcul.

(23) Ca repartiţii teoretice se pot utiliza:

a) pentru seria parţială a debitelor maxime anuale: Distribuţia Generalizată a Extremelor (GEV), LogPearson3, Gamma2, Gamma Generalizată, Lognormala etc

b) pentru seria parţială a debitelor maxime peste un anumit prag: Distribuţia Pareto Generalizată (GPD), Weibull, LogPearson3, Gamma2, Gamma Generalizată etc

(24) Pentru estimarea parametrilor repartiţiilor teoretice se poate utiliza oricare dintre următoarele metode: metoda momentelor, metoda momentelor ponderate, metoda verosimilităţii maxime sau principiul entropiei maxime.

(25) Pentru a elimina repartiţiile teoretice neadecvate se poate utiliza unul din următoarele teste statistice:

a) testul Anderson-Darling, care este unul dintre cele mai puternice teste statistice, depăşind ca putere testul Kolmogorov-Smirnov sau testul χ^2. Pentru cazurile în care nu există relaţii pentru calculul valorilor critice din testul Anderson-Darling, se recomandă totuşi utilizarea testelor Kolmogorov-Smirnov sau χ^2. Testul Anderson-Darling constă în compararea funcţiei de repartiţie teoretice *F(x)* cu funcţia de repartiţie empirică $F^*(x)$ a eşantionului, calculând statistica A^2, definită conform relaţiei:

$$A^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[F(x) - F*(x)\right]^2 w(x)\, dF(x)$$

unde $w(x)$ este o funcţie pondere care acordă o influenţă mai mare valorilor care corespund probabilităţilor extreme. Dacă statistica A^2 este mai mică decât o valoare critică $\alpha(A^2)$ ipoteza că repartiţia teoretică *F(x)* aproximează corect repartiţia empirică $F^*(x)$ este acceptată, iar în caz contrar este respinsă.

b) coeficientul de corelaţie al probabilităţilor (Probability Plot Correlation Coefficient PPCC):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_{(i)} - \overline{x}\right)\left(w_{(i)} - \overline{w}\right)}{\left[\sum_{i=1}^{n}\left(x_{(i)} - \overline{x}\right)^2 \sum_{i=1}^{n}\left(w_{(i)} - \overline{w}\right)^2\right]^{0.5}}$$

unde: $\overline{x}$ şi $\overline{w}$ sunt mediile valorilor observate, respectiv a valorilor teoretice cu o anumită distribuţie statistică;

$x_{(i)}$ reprezintă valorile observate;

$w_{(i)}$ reprezintă valori teoretice, adică $w_{(i)} = F^{-1}(P_i)$ sunt valorile care corespund probabilităţii empirice P_i unde $F^{-1}(P_i)$ reprezintă inversa funcţiei de repartiţie.

Cu cât valorile lui *r* sunt mai apropiate de 1, cu atât datele observate sunt mai bine aproximate de repartiţia analizată.

c) eroarea medie pătratică relativă:

$$rRMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{x_{(i)} - w_{(i)}}{x_{(i)}} \right)^2 \right]^{0.5}$$

unde: $x_{(i)}$ reprezintă valori măsurate, iar $w_{(i)}$ sunt valorile teoretice corespunzătoare aceleiaşi probabilitati empirice P_i .

(26) Cu cât diferenţa dintre datele măsurate şi valorile teoretice este mai mică, cu atât modelul propus este mai adecvat pentru aproximarea repartiţiei empirice.

(27) Trebuie totuşi semnalat că în toate aceste trei cazuri, acceptarea sau respingerea unei repartiţii, respectiv ordonarea repartiţiilor are la bază gradul de apropiere dintre repartiţiile teoretice şi repartiţia empirică în domeniul valorilor măsurate. Deşi cele 3 teste propuse reprezintă o bază corectă pentru eliminarea unor repartiţii neadecvate, ele nu constituie o garanţie pentru valorile obţinute prin extrapolare în zona probabilităţilor medii (1%) sau mici (0,1%). Dintre repartiţiile frecvent utilizate în hidrologie care satisfac testele statistice menţionate (deci modelează corect zona valorilor măsurate) se vor selecţiona doar acele repartiţii care conduc la valori relativ grupate ale variabilei, fără ca ecartul între debitele extreme să depăşească 20% pentru probabilitatea de 0,1%.

(28) În cazul selecţionării unui număr de viituri diferit de numărul de ani intervalul mediu de eşantionare are o durată oarecare, mai mică sau mai mare de un an, după cum se selecţionează mai multe viituri decât numărul de ani sau mai puţine viituri decât acesta. Ca urmare, probabilităţile teoretice corespunzătoare unui debit maxim pe alt interval decât 1 an trebuie convertite în probabilităţi anuale de depăşire. Dacă se notează cu $P_1\%$ probabilitatea anuală de depăşire, respectiv cu $P_d\%$ probabilitatea de depăşire care corespunde debitului calculat pentru mărimea *d* a intervalului mediu de calcul, relaţia de trecere este:

$$P_d = \frac{n}{m} P_1$$

unde *m* este numărul de viituri luate în calcul, iar *n* este numărul de ani.

(29) O altă relaţie de calcul a probabilităţii $P_d\%$, care se poate aplica atât pentru cazul în care $m < n$, cât şi pentru $m > n$ este următoarea:

$$P_{d=n/m} = 1 - \left(1 - P_1\right)^{n/m}$$

Aceste probleme de calcul suplimentar pot fi eliminate dacă numărul de viituri selecţionate este egal cu numărul de ani ai perioadei de calcul.

(30) Pentru luarea în considerare a incertitudinii stohastice şi epistemice se vor defini intervale de incertitudine cărora le aparţine debitul maxim.

(31) Modul de obţinere al intervalului de incertitudine este următorul:

a) daca se utilizează o singură funcţie de repartiţie, se determină intervalul corespunzător unui coeficient de încredere de 80% (intervalul care conţine valorile variabilei statistice cu o probabilitate de 80%).

b) dacă se utilizează mai multe repartiţii statistice, pe baza testelor şi a consideraţiilor prezentate la paragraful 4.3.1. alin. (25) şi alin. (27) se exclud repartiţiile care conduc la abateri importante ale valorii cuantilelor facă de marea majoritate a repartiţiilor analizate. În continuare, pentru fiecare valoare a probabilităţii de depăşire se reţin valorile extreme ale mulţimii valorilor statistice calculate cu repartiţiile reţinute, rezultând intervalul de incertitudine $\left(Q_{\inf}^{\max}; Q_{\sup}^{\max}\right)_{P\%}$.

(32) Valorile debitelor maxime rezultate din calculul statistic se verifică prin studii de regionalizare.

(33) Rezumând, calculul debitelor maxime incluzând determinarea intervalului de incertitudine este prezentat în Diagrama 1.

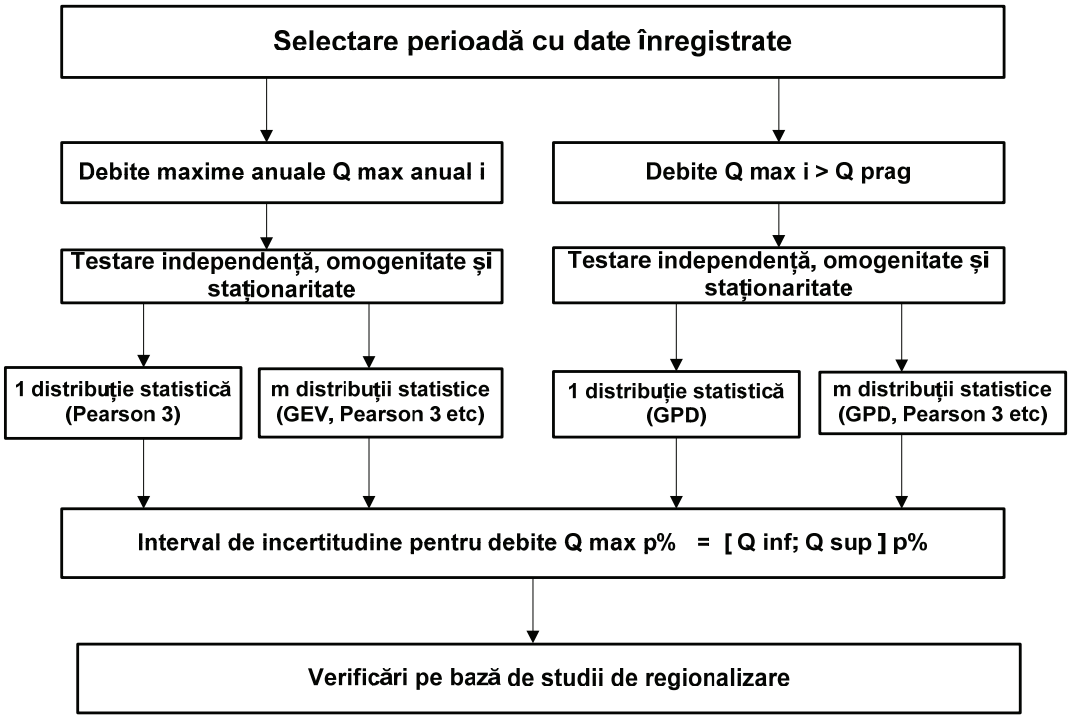


Diagrama 1 – Etape ale calculului debitelor maxime

(34) În cazul înregistrării unui debit extrem, mult mai mare în raport cu celelalte valori din şir ("outlier" în literatura de limbă engleză), probabilitatea sa de depăşire teoretică este mult mai mică decât probabilitatea empirică atribuită. Pentru a verifica dacă în şirul statistic există un debit extrem se va utiliza testul Chauvenet (Anexa 2).

(35) După identificarea unei valori extreme se atribuie debitului excepţional o probabilitatea empirică de depăşire egală cu probabilitatea teoretică rezultată dintr-un calcul preliminar. Pentru parametrii distribuţiilor statistice se vor utiliza următoarele formule modificate:

Media: $\overline{Q} = \frac{1}{N} Q_1 + \frac{N-1}{N} \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^{n} Q_i$

Dispersia: $\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \left(Q_1 - \overline{Q}\right)^2 + \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^{n} \left(Q_i - \overline{Q}\right)^2$

unde: Q_1 este debitul extrem;

N – perioada medie de repetare a debitului Q_1 corespunzătoare probabilităţii teoretice de depăşire rezultată din calculul preliminar.

4.3.2. Calculul volumului viiturilor sintetice

(36) Pentru determinarea volumului undelor de viitură se vor utiliza numai acele viituri care depăşesc valoarea debitului prag. Pentru calculul volumelor din şirul care este prelucrat statistic se utilizează volumul integral al viiturilor format din volumul de deasupra debitului prag şi din volumul de bază, de sub acesta, pentru durata de timp în care debitul viiturii depăşeşte debitul prag, în timp ce pentru calculul coeficientului de formă se va utiliza doar volumul de deasupra debitului prag.

(37) Consideraţiile statistice prezentate la calculul debitelor maxime sunt valabile şi pentru şirul de valori constituit din volumul undelor de viitură. Calculele se pot realiza utilizând o singură distribuţie statistică (GPD) sau mai multe repartiţii statistice (GPD, Weibull, LogPearson3, Gama2, Gama Generalizată, Beta).

(38) În mod similar ca la prelucrarea debitelor maxime şi pentru volume vor fi definite intervale de incertitudine, notate prin $\left(V_{\inf}\,;\, V_{\sup}\right)_{P\%}$.

4.3.3. Stabilirea formei şi coeficientului de formă a viiturii sintetice

(39) Viitura cu probabilitatea de depăşire P% nu poate avea simultan atât debitul maxim, cât şi volumul corespunzând probabilităţii P%. Se pot identifica o multitudine de combinaţii debit maxim – volum care corespund probabilităţii de depăşire P%, fiecare din cele două componente având însă altă probabilitate de depăşire individuală. Dintre aceste combinaţii, de interes practic sunt viitura de debit maxim caracterizată prin perechea $\left(Q_{\sup}^{\max}\,;\, V_{\inf}\right)_{P\%}$, respectiv viitura de volum maxim definită prin cuplul $\left(Q_{\inf}^{\max}\,;\, V_{\sup}\right)_{P\%}$.

(40) Modul de lucru pentru a obţine forma viiturii este următorul:

a) se reţin primele K viituri semnificative în ordinea descrescătoare a debitelor maxime. De regulă $K \leq 5$. Dacă o viitură are o formă particulară aceasta poate fi exclusă, urmând a se alege următoarea viitură în ordinea descrescătoare a debitului de vârf. Dacă este cazul, în afară de viituri monoundice se pot alege şi forme de viituri cu 2 sau chiar 3 maxime.

b) viiturile selecţionate din care s-a scăzut valoarea debitului $Q_{prag\,2}$ sunt normalizate, adică sunt aduse la o scară procentuală atât pe abscisă cât şi pe ordonată, valoarea de 100% corespunzând duratei totale, respectiv debitului maxim al fiecărei viituri.

c) se determină coeficienţii de formă $\gamma_{k=\overline{1,K}}$ ai viiturilor adimensionale.

d) pentru **viitura de debit maxim** se alege forma viiturii situate pe primul loc în urma ordonării descrescătoare a debitelor maxime. Coeficientul de formă al viiturii de debit maxim va fi notat prin γ_1^d.

e) pentru a determina forma **viiturii de volum maxim** se iau în considerare toate cele *K* viituri adimensionale şi se alege viitura al cărei coeficient de formă $\gamma_{k=\overline{1,K}}$ este maxim:

$$\gamma_k^v = \max_k \left\{ \gamma_{k=\overline{1,K}} \right\}$$

Indicele *k* pentru care se obţine γ_k^v desemnează numărul de ordine al viiturii din şirul ordonat descrescător. Literele *d* şi *v* de la exponent nu au semnificaţie de putere ci de indice şi reprezintă debit, respectiv volum.

(41) În cazul în care $\gamma_1^d = \gamma_k^v$, adică viitura situată pe primul loc în urma ordonării descrescatoare dupa debitul maxim are cel mai mare coeficient de formă, atât viitura de debit maxim cât şi viitura de volum maxim vor avea aceeaşi alură.

4.3.4. Calculul duratei totale a viiturii sintetice

(42) Volumul total *V* al viiturii, fără a face referire la probabilitatea de depăşire P%, se compune din volumul de deasupra debitului prag şi din volumul de bază, situat sub debitul prag:

$$V = \gamma \left(Q^{\max} - Q_{prag\,2} \right) T_t + Q_{prag\,2}\, T_t$$

unde :

V este volumul total al viiturii;

γ – coeficientul de formă al viiturii;

$Q^{\max}$ - debitul maxim al viiturii, adică $\left(Q_{\sup}^{\max}\right)_{P\%}$ sau $\left(Q_{\inf}^{\max}\right)_{P\%}$, funcţie de tipul viiturii;

$Q_{prag\,2}$ - debitul prag;

T_t - durata totală a viiturii sintetice.

(43) Coeficientul de formă a tuturor viiturilor sintetice de debit maxim este γ_1^d indiferent de probabilitatea de depăşire a viiturii. În mod similar, γ_k^v este coeficientul de formă a tuturor viiturilor sintetice de volum maxim indiferent de probabilitatea de depăşire a viiturii.

(44) Durata totală $T_{t\,P\%}$ a viiturii sintetice cu probabilitatea de depăşire *P*% se calculează cu relaţia:

$$T_{t\,P\%} = \left(\frac{V}{\gamma \left(Q^{\max} - Q_{prag\,2} \right) + Q_{prag\,2}} \right)_{P\%},$$

unde pentru viitura sintetică de debit maxim γ, $Q^{\max}$ şi V se înlocuiesc prin γ_1^d, $\left(Q_{\sup}^{\max}\right)_{P\%}$ şi $\left(V_{\inf}\right)_{P\%}$, iar pentru viitura sintetică de volum maxim prin γ_k^v, $\left(Q_{\inf}^{\max}\right)_{P\%}$, respectiv $\left(V_{\sup}\right)_{P\%}$.

(45) Durata totală $T_{tP\%}$ a viiturilor sintetice este o mărime variabilă, funcţie de probabilitatea de depăşire P%. De asemenea, pentru aceeaşi probabilitate de depăşire, durata totală $T_{tP\%}$ este mai mică pentru viitura de debit maxim, comparativ cu viitura de volum maxim.

4.3.5. Construirea undelor de viitură sintetice

(46) Algoritmul complet pentru construirea viiturilor sintetice, înglobând şi calculul intervalului de incertitudine al debitelor maxime, este următorul:

1) se identifică perioada cu debite disponibile pentru analiză.
2) se selecţionează seria de timp pentru debite, alegând:
   a) fie debitele maxime anuale,
   b) fie debitul maxim al viiturilor care depaşesc un anumit prag. Debitul prag $Q_{prag\,1}$ se alege în principiu astfel încât numărul de viituri să fie egal cu numărul de ani. În caz contrar, la determinarea probabilităţilor anuale de depăşire se va ţine cont de relaţiile prezentate în cadrul paragrafului 4.3.1. alin. (28).
3) se testează independenţa, omogenitatea şi staţionaritatea seriei obţinute.
4) se prelucrează statistic debitele selecţionate:
   a) dacă se utilizează o singură repartiţie statistică, rezultă o valoare unică a debitului maxim cu probabilitatea de depăşire P%. Pentru a ţine cont de existenţa incertitudinii se calculează intervalul corespunzător unui coeficient de încredere de 80%.
   b) dacă se utilizează mai multe repartiţii statistice pentru extrapolarea repartiţiei empirice, se elimină repartiţiile neadecvate utilizând testele statistice de la paragraful 4.3.1. alin. (25) şi ţinând cont de recomandarea de la alin. (27). Infăşurătoarea superioară, respectiv inferioară a debitelor calculate cu repartiţiile reţinute constituie limitele intervalului de incertitudine.
5) corespunzător perioadei în care debitele depăşesc pragul $Q_{prag\,2} = a\,Q_{prag\,1}$ (unde $a < 0.9$), se determină volumul total al undelor de viitură (compus din volumul de deasupra debitului $Q_{prag\,2}$ şi volumul de bază de sub $Q_{prag\,2}$).
6) se prelucrează statistic şirul obţinut în acelaşi mod ca la prelucrarea debitelor maxime, rezultând intervalul de incertitudine al volumelor.
7) se determină separat forma viiturii situată deasupra debitului $Q_{prag\,2}$ pentru viiturile de debit maxim, respectiv pentru viiturile de volum maxim:
   a) se selecţionează primele K viituri în ordinea descrescătoare a debitului maxim;
   b) se normalizează viiturile alese pentru valorile debitelor de deasupra debitului prag $Q_{prag\,2}$;
   c) se determină coeficientul de formă γ_k pentru fiecare viitură $k = \overline{1,K}$;
   d) pentru viitura de debit maxim se alege forma viiturii situate pe primul loc în urma ordonării descrescătoare a debitelor maxime. Pentru viitura de volum maxim se alege viitura al cărei coeficient de formă $\gamma_{k=\overline{1,K}}$ este maxim.

8) pentru perechile de valori $\left(Q_{\sup}^{\max}, V_{\inf}\right)_{P\%}$ care caracterizează viitura de debit maxim, respectiv $\left(Q_{\inf}^{\max}, V_{\sup}\right)_{P\%}$ pentru viitura de volum maxim se calculează valoarea duratei totale a viiturii $T_{tP\%}$ pentru fiecare probabilitate de depăşire P%.
9) prin multiplicarea celor două viituri adimensionale (viitura de debit maxim, respectiv viitura de volum maxim) cu debitul maxim corespunzător probabilităţii de depăşire *P%* din care s-a scăzut debitul prag $Q_{prag\,2}$, respectiv cu durata totală $T_{tP\%}$ şi adăugarea la ordonatele astfel obţinute a debitului prag $Q_{prag\,2}$ rezultă viiturile sintetice de debit maxim, respectiv de volum maxim cu probabilitatea de depăşire *P%.*

Notă: Într-o abordare simplificată, unda de viitură sintetică poate fi caracterizată doar prin parametrii $\left(Q_{\sup}^{\max}, T_c, T_t, V_{\inf}\right)_{P\%}$, respectiv $\left(Q_{\inf}^{\max}, T_c, T_t, V_{\sup}\right)_{P\%}$, unde T_c corespunde viiturii al cărei coeficient de formă a fost determinat la punctul 7d).

(47) Etapele parcurse pentru construirea undei de viitură cu probabilitatea de depăşire P% sunt prezentate în Diagrama 2.

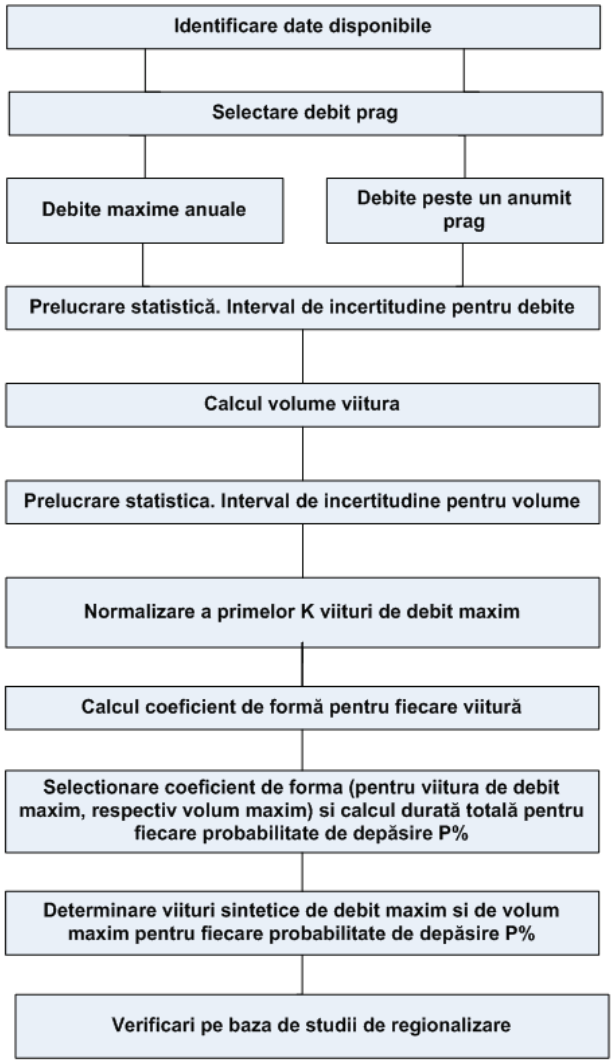


Diagrama 2 – Etape ale calculului undelor de viitură sintetice

4.3.6. Cazul bazinelor cu influenţe antropice semnificative

(48) Bazinele cu influenţe antropice semnificative pot fi puse în evidenţă atât grafic prin reprezentarea şirului debitelor maxime, cât şi prin teste de independenţă sau de omogenitate şi staţionaritate. Existenţa unui salt în şirul statistic al debitelor maxime (cazul realizării într-un interval relativ scurt de lacuri de acumulare cu efect semnificativ de atenuare a debitelor de viitură sau de îndiguiri pe sectoare lungi de râu cu diminuarea excesivă a zonelor inundabile din albia majoră) sau a unei tendinţe (datorită unor defrişări excesive sau a creşterii gradului de impermeabilizare din bazin) sunt indicii ale unor influenţe antropice semnificative. De regulă, efectele antropice se datorează tuturor categoriile de intervenţii amintite anterior, dar influenţele cele mai importante asupra regimului debitelor maxime le au lacurile de acumulare.

(49) În cazul în care au fost puse în evidenţă influenţe antropice majore, seria de timp se împarte în două sub-serii cu caracteristici omogene.

(50) Dacă sub-seria anterioară realizării lacurilor de acumulare cu efect semnificativ este de cel puţin 20 de ani, atunci se va analiza acest eşantion. Pentru a avea minim 30 de valori se va utiliza metoda selectării debitelor peste un anumit prag. Prelucrarea acestor date va conduce la determinarea viiturilor cu probabilităţile de depăşire cerute de practică.

(51) Dacă sub-seria care are date pe cel puţin 20 de ani este ulterioară realizării lacurilor de acumulare cu efect semnificativ, atunci prelucrarea viiturilor înregistrate în aval de acumulări este admisă doar până la probabilităţi de depăşire de 5%. Pentru probabilităţi de depăşire mai mici de 5% prelungirea curbelor de probabilitate pe baza parametrilor calculaţi pentru perioada influenţată nu este permisă, deoarece ar echivala cu extrapolarea în zona viiturilor medii sau rare a comportării lacurilor pentru viituri curente. O abordare posibilă, care permite extinderea şirului de date şi determinarea viiturilor cu o probabilitate de depăşire cuprinsă între 5% şi 1% constă în reconstituirea viiturilor afluente în lacurile din amonte pe baza variaţiei volumului din lacurile de acumulare şi a manevrelor efectuate în timpul viiturilor.

(52) În general însă, pentru a determina viiturile cu probabilităţi de depăşire medii (1%) sau mici (0.1%) se apelează la regionalizare sau se procedează la reconstituirea regimului natural de curgere având la bază utilizarea unui model ploaie-scurgere la nivelul întregului bazin. După etapa de calibrare şi validare a parametrilor modelului hidrologic, pe baza precipitaţiilor înregistrate la staţiile din bazin se obţine contribuţia sub-bazinelor componente în regim natural de curgere; aceste viituri sunt apoi compuse şi propagate în lungul râului. Viiturile obţinute sunt prelucrate statistic, rezultând viituri sintetice cu diverse probabilităţi de depăşire P% în regim natural. În continuare, pentru a obţine unda de viitură cu probabilitatea de depăşire P% în regim amenajat se vor compune, propaga şi atenua conform regulamentelor actuale componentele care contribuie la formarea viiturii cu probabilitatea de depăşire P% în regim natural.

Cap. 5. Stabilirea probabilităţilor de depăşire a debitelor şi volumelor maxime

(1) Abordările uzuale din practică au la bază evaluarea separată a debitelor maxime, respectiv a volumelor corespunzătoare unei probabilităţi de depăşire P%. O viitură care ar fi caracterizată simultan de debitul maxim cu probabilitatea de depăşire P%, respectiv de volumul cu aceeaşi probabilitate de depăşire corespunde în realitate unei probabilităţi de depăşire mai mici decât P%, sau altfel spus pentru o probabilitate de depăşire dată, debitul maxim şi volumul nu pot avea simultan probabilitatea de depăşire P%.

(2) Pentru a rezolva această problemă, în cadrul prezentului normativ se determină viitura cu probabilitatea de depăşire P%, reprezentând hidrograful de viitură în ansamblul lui, caracterizat prin debit maxim, volum şi durată totală. Se pot pune în evidenţă o multitudine de hidrografe corespunzătoare viiturii cu probabilitatea de depaşire P%, considerând diverse combinaţii debit maxim-volum. Dintre scenariile de viitură P% în calculele hidrologice şi de gospodărirea apelor interesează viitura de debit maxim şi volum corespunzător (volumul minim din cadrul intervalului de incertitudine pentru volume), respectiv viitura de volum maxim şi debit corespunzător (debitul minim din cadrul intervalului de incertitudine pentru debite). Aceste viituri sintetice sunt caracterizate de perechile de valori: $\left(Q_{\sup}^{\max}, V_{\inf}\right)_{P\%}$ respectiv $\left(Q_{\inf}^{\max}, V_{\sup}\right)_{P\%}$

(3) Probabilităţile de depăşire P% ataşate undelor de viitură pentru condiţii normale şi speciale de exploatare funcţie de clasa de importanţă a construcţiei sunt prezentate în tabelul de la articolul 2 din STAS 4068/2-87, dar se aplică viiturii sintetice ca un ansamblu şi nu doar debitului maxim sau volumului acesteia.

(4) Condiţiile normale de exploatare corespund ipotezelor de dimensionare a construcţiilor şi instalaţiilor hidrotehnice, precum şi a altor construcţii care pot fi afectate de regimul din perioada de viitură.
Verificarea la condiţii speciale de exploatare se va efectua numai pentru baraje, admiţând satisfacerea la limită a condiţiilor de nivel, de debit evacuat în aval prin descărcătorii de ape mari sau a condiţiilor de stabilitate.

(5) In cadrul acestui capitol se introduce drept criteriu suplimentar de încadrare în clase de importanţă considerarea pagubelor directe la lucrările hidrotehnice precum şi la terţe părţi. In acest sens, după stabilirea preliminară a clasei de importanţă conform STAS 4273-83, pentru baraje şi pentru celelalte lucrări de protecţie împotriva viiturilor se va face o verificare a încadrării ţinând seama şi de paguba produsă la inundarea zonei protejate.

(6) Paguba se calculează corespunzător viiturii de debit maxim $\left(Q_{\sup}^{\max}, V_{\inf}\right)_{P\%}$ şi reprezintă suma pagubelor directe înregistrate la lucrarea hidrotehnică şi la terţi, precum şi a pagubelor aferente până la refacerea lucrărilor afectate.

(7) Corespondenţa Pagubă directă - Clasă de importanţă este prezentată în tabelul următor:

Tabel. Încadrarea în clase de importanţă

Paguba directă (milioane EUR)	Clasa de importanţă
> 50	I
20....50	II
5....20	III
2....5	IV
< 2	V

(8) Utilizarea criteriului de natură economică are loc astfel:

a) corespunzător probabilităţii de depăşire P% pentru clasa de importanţă rezultată din STAS 4273-83 se calculează paguba directă produsă de viitura $\left(Q_{\text{sup}}^{\max}, V_{\text{inf}}\right)_{P\%}$;

b) dacă paguba directă rezultă mai mare decât cea aferentă clasei respective din tabelul de mai sus, clasa de importanţă poate fi crescută la clasa imediat superioară pe baza unei analize de tip cost-beneficiu; în caz contrar se va păstra încadrarea iniţială.

(9) Dimensionarea sau verificarea deversorilor, precum şi a tranşei nepermanente a lacurilor de acumulare se face considerând situaţia cea mai defavorabilă care rezultă din utilizarea în calcul a viiturii de debit maxim, respectiv a viiturii de volum maxim.

(10) Determinarea cotei coronamentului digurilor se face atât la viitura de debit maxim (cazul uzual), cât şi la viitura de volum maxim (în special pentru digurile executate pe sectoare lungi de râu, la care efectul de dezatenuare este important). Nivelul de calcul în lungul digului rezultă prin propagare hidraulică în regim nepermanent. La nivelul de calcul astfel obţinut se adaugă garda pentru a stabili cota coronamentului digului. Existenţa gărzii elimină necesitatea unui calcul de verificare hidraulic suplimentar la diguri. Stabilitatea hidrodinamică a digurilor se verifică pe bază de calcule de infiltraţie considerând situaţia cea mai defavorabilă care rezultă din utilizarea în calcul a viiturii de debit maxim, respectiv a viiturii de volum maxim.

(11) Pe baza unei justificări tehnico-economice dimensionarea construcţiilor (instalaţiilor) provizorii cu o durată de funcţionare mai mică de 10 ani, încadrate în clasa V de importanţă, se poate face la viitura de debit maxim corespunzătoare unei probabilităţi de depăşire mai mari de 10%, funcţie de perioada de utilizare a construcţiei respective.

(12) Verificarea în condiţii speciale de exploatare nu se efectuează pentru lucrări provizorii.

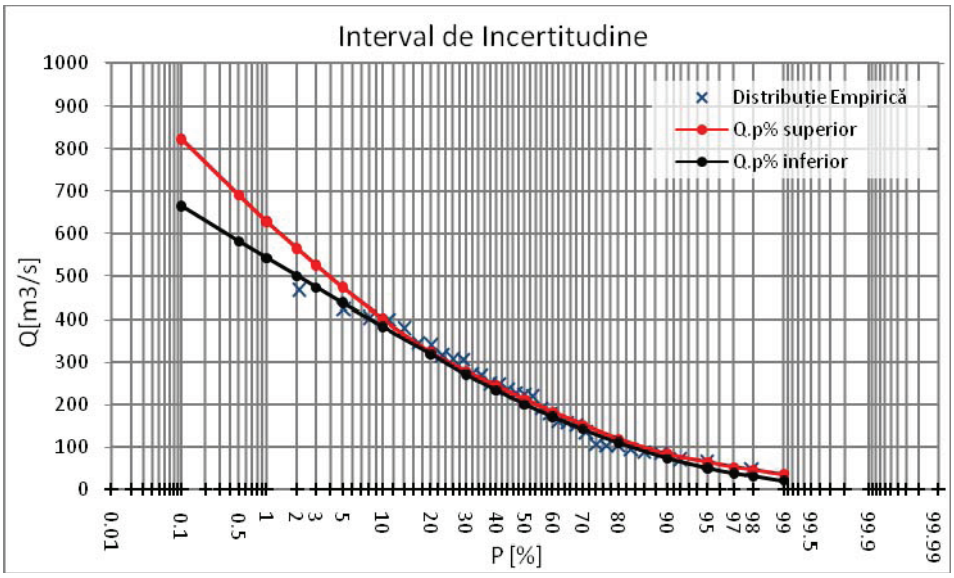
Cap. 6. Studii de caz

1. Râul Ialomiţa –staţia Ţăndărei

a) Intervalul de incertitudine pentru debitele maxime anuale

Anul	Debit maxim anual
1976	220
1977	136
1978	152
1979	381
1980	401
1981	273
1982	159
1983	405
1984	346
1985	161
1986	89
1987	106
1988	308
1989	47.5
1990	65.3
1991	306
1992	85
1993	228
1994	72
1995	224
1996	317
1997	424
1998	341
1999	180
2000	94.5
2001	270
2002	192
2003	103
2004	251
2005	468
2006	237
2007	249
2008	104

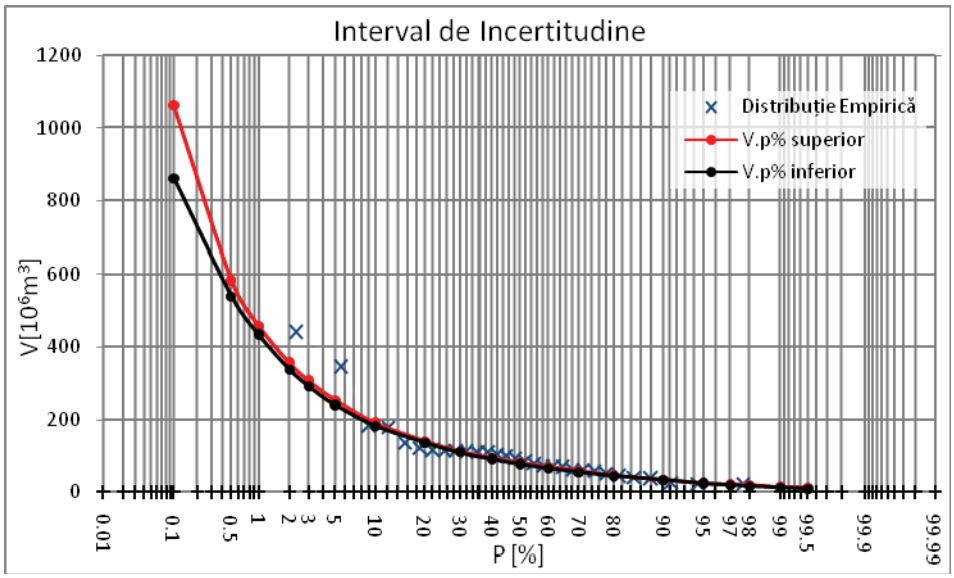
P%	Weibull	LogPearson3	GEV	Rayleight	Interval de incertitudine Q inf	Q sup
0.1	694	823	676	665	665	823
0.5	603	690	595	582	582	690
1	559	629	555	543	543	629
3	483	526	482	474	474	526
5	444	475	444	438	438	475
10	386	402	388	384	384	402
20	319	322	323	321	319	323
25	294	295	300	298	294	300
30	273	272	279	277	272	279
40	236	233	244	242	233	244
50	203	201	213	211	201	213
60	173	172	183	181	172	183
70	142	144	153	151	142	153
75	127	130	137	136	127	137
80	111	116	119	119	111	119
90	74	85	76	82	74	85
95	50	64	44	57	44	64
97	38	53	23	44	23	53



Data debut viitura	Volum viitura
6/22/1979	113
7/4/1979	113
4/5/1980	102
5/21/1980	347
12/23/1980	59
3/21/1981	63
12/25/1981	81
6/18/1983	111
5/14/1984	105
6/24/1984	22
6/26/1984	46
3/30/1988	28
6/3/1988	115
6/7/1991	136
7/30/1991	52
1/3/1996	123
12/4/1996	40
4/3/1997	116
8/4/1997	185
12/4/1997	73
1/22/1998	118
6/21/2001	74
11/17/2004	62
5/8/2005	179
7/12/2005	95
8/7/2005	72
8/18/2005	88
9/21/2005	443
1/5/2006	24
3/25/2007	41

b) Intervalul de incertitudine pentru volumul viiturii

P%	GEV	Frechet	Dagum	Pearson5	Interval de incertitudine V inf	V sup
0.1	993	927	951	863	863	1063
0.5	583	559	568	540	540	585
1	459	445	451	436	436	459
3	308	304	306	303	292	308
5	254	252	253	252	241	254
10	191	191	192	192	184	192
20	138	139	140	140	136	140
25	123	124	124	125	123	125
30	111	112	112	113	111	113
40	92	94	94	94	92	95
50	78	80	80	79	78	81
60	67	68	68	67	67	69
70	56	57	57	56	56	58
75	51	51	52	51	51	53
80	46	46	46	45	45	47
90	34	34	34	34	34	34
95	26	26	26	26	25	26
97	22	21	21	22	20	22



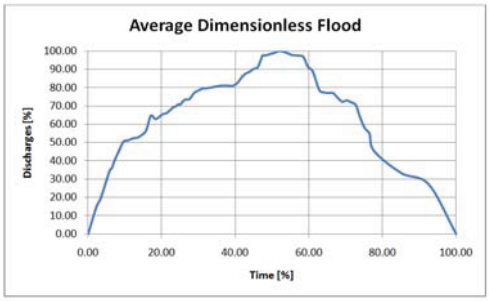
(Qmax sup, V inf)

Nr. Viitura	Data	Q max [m^3/s]	Volum [M m^3]	Tc [zile]	Tt [zile]	Vol.Sup	Coef. forma
28	9/21/2005	468	443	7.7	16.4	230.49	0.51
19	8/4/1997	424	185	3.5	6.7	97.88	0.61
8	6/18/1983	405	112	1.9	4.4	54.06	0.55
4	5/21/1980	401	347	7.8	14.1	164.60	0.54
1	6/22/1979	381	113	2.1	4.7	51.50	0.54

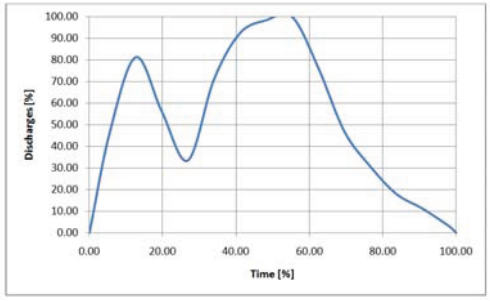
(Qmax inf, V sup)

Nr. Viitura	Data	Q max [m^3/s]	Volum [M m^3]	Tc [zile]	Tt [zile]	Vol.Sup	Coef. forma
28	9/21/2005	468	443	7.7	16.4	230.49	0.51
4	5/21/1980	401	347	7.8	14.1	164.60	0.54
19	8/4/1997	424	185	3.5	6.7	97.88	0.61
24	5/8/2005	335	179	2.9	8.7	65.91	0.47
8	6/18/1983	405	112	1.9	4.4	54.06	0.55

(1) Viitura din anul 1997 se caracterizează prin coeficientul de formă maxim pentru ambele viituri (atât pentru viitura de debit maxim, cât şi pentru viitura de volum maxim). Ca atare, ambele viituri vor avea o formă asemănătoare. Se prezintă totuşi şi viitura normalizată din anul 1980, de tip bimodal.



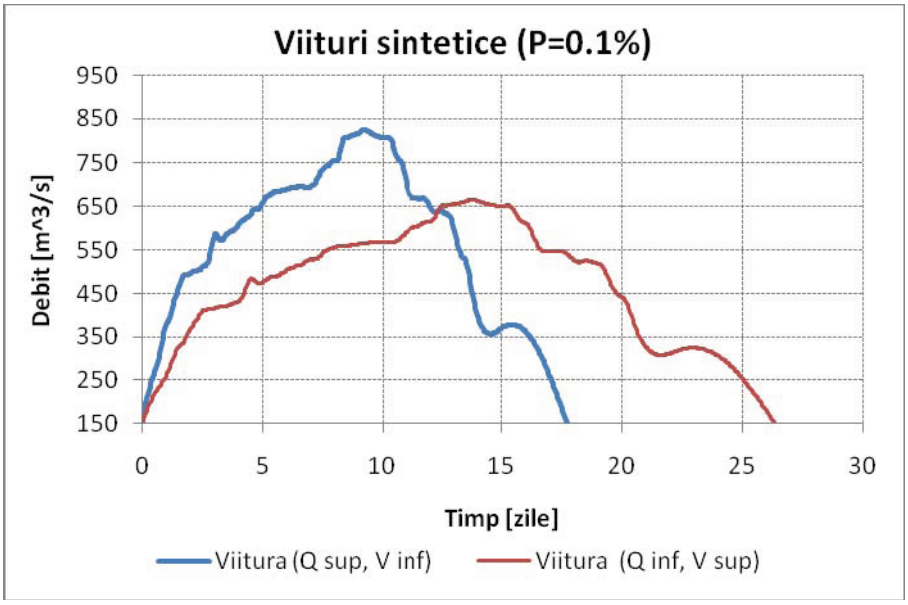
Viitura 1997 normalizată



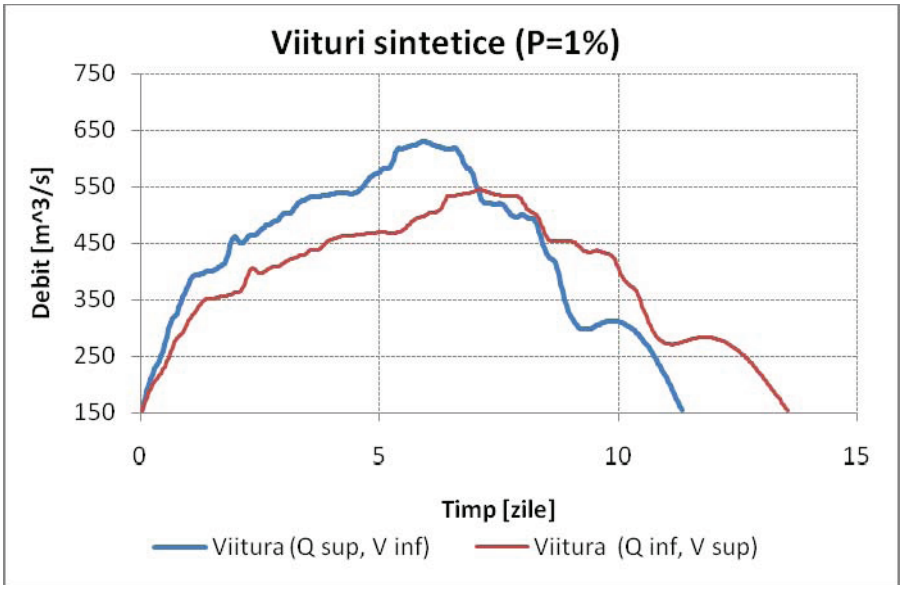
Viitura 1980 normalizată

(2) Viiturile de debit maxim, respectiv de volum maxim din secţiunea Ţăndărei cu probabilităţile de depăşire de 0.1%, 1% şi 10% sunt prezentate în continuare.

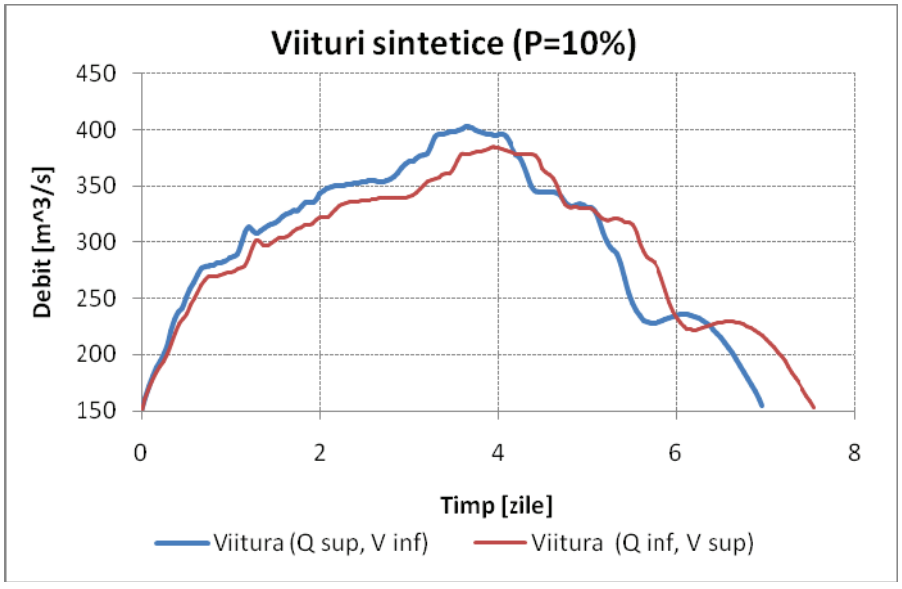
0.1%


Viituri sintetice (P=0.1%)
Debit [m^3/s]
950
850
750
650
550
450
350
250
150
0
5
10
15
20
25
30
Timp [zile]
Viitura (Q sup, V inf)
Viitura (Q inf, V sup)

1%


Viituri sintetice (P=1%)
Debit [m^3/s]
750
650
550
450
350
250
150
0
5
10
15
Timp [zile]
Viitura (Q sup, V inf)
Viitura (Q inf, V sup)

10%

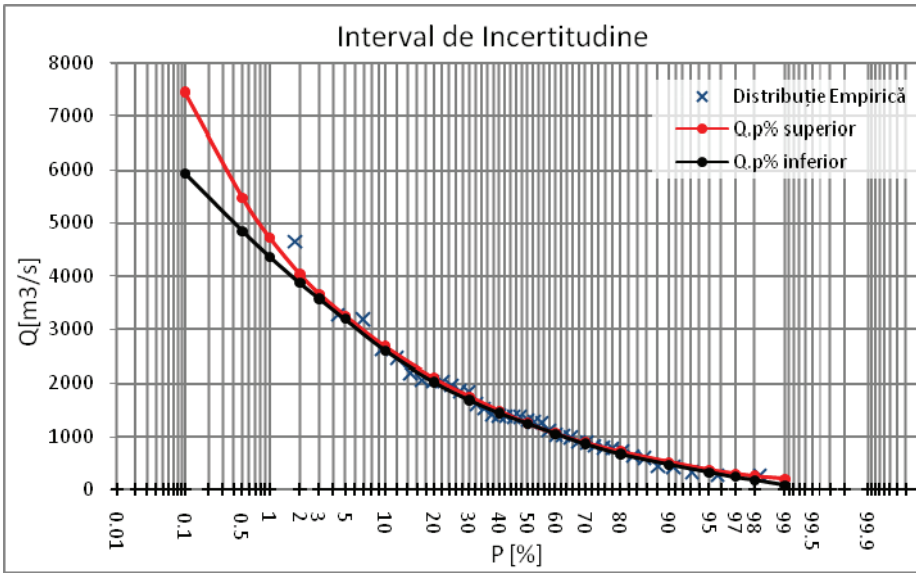

Viituri sintetice (P=10%)
Debit [m^3/s]
450
400
350
300
250
200
150
0
2
4
6
8
Timp [zile]
Viitura (Q sup, V inf)
Viitura (Q inf, V sup)

Anul	Debit maxim anual
1970	3186
1971	1966
1972	1842
1973	1535
1974	1260
1975	1860
1976	630
1977	889
1978	1320
1979	1280
1980	989
1981	2040
1982	901
1983	1420
1984	2460
1985	1400
1986	334
1987	275
1988	2620
1989	1370
1990	275
1991	3270
1992	2045
1993	1020
1994	604
1995	1120
1996	1612
1997	1040
1998	1380
1999	830
2000	447
2001	435
2002	2200
2003	796
2004	727
2005	4650
2006	1375
2007	785
2008	2068

2. Râul Siret – staţia Lungoci

a) Intervalul de incertitudine pentru debitul viiturii

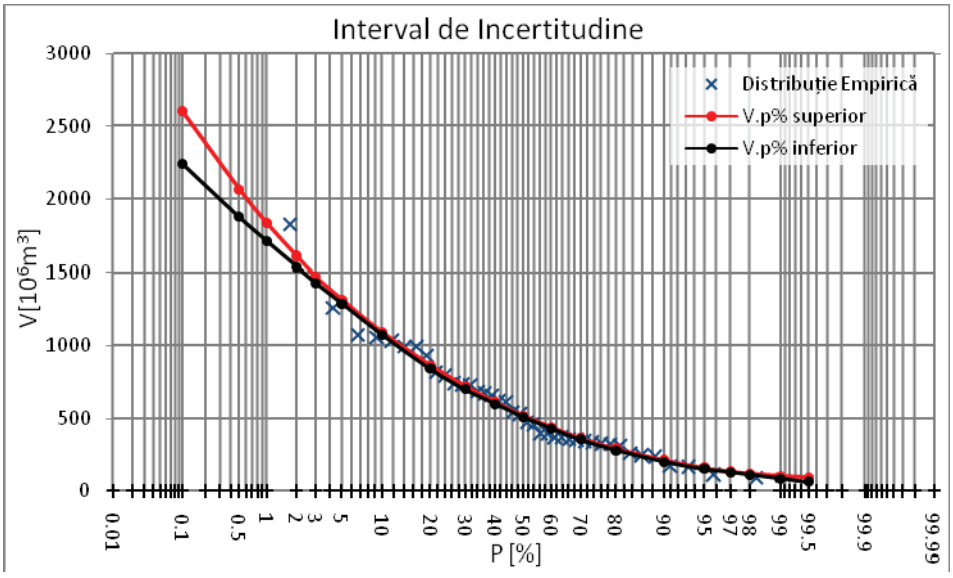
P%	Gamma	GEV	Frechet	LogPearson3	Interval de incertitudine Q inf	Q sup
0.1	5937	7157	7449	6293	5937	7449
0.5	4846	5372	5481	5073	4846	5481
1	4363	4676	4734	4535	4363	4734
3	3578	3651	3656	3667	3578	3667
5	3200	3203	3194	3255	3194	3255
10	2668	2617	2597	2685	2597	2685
20	2104	2045	2024	2094	2024	2104
25	1912	1859	1840	1897	1840	1912
30	1750	1706	1689	1732	1689	1750
40	1480	1455	1443	1462	1443	1480
50	1254	1249	1243	1240	1240	1254
60	1053	1065	1065	1046	1046	1065
70	864	889	896	865	864	896
75	770	800	811	777	770	811
80	674	707	723	687	674	723
90	462	488	516	491	462	516
95	328	332	369	367	328	369
97	259	240	283	302	240	302



Data debut viitura	Volum viitura
5/7/1970	371
5/17/1970	1057
5/24/1970	672
6/6/1970	476
5/29/1971	615
7/2/1971	93
10/4/1972	338
10/10/1972	543
3/25/1973	796
7/24/1974	355
5/2/1975	260
6/8/1975	817
7/1/1978	314
4/9/1979	362
5/7/1981	933
5/14/1981	329
7/13/1981	174
8/9/1983	660
3/30/1984	401
4/9/1984	744
4/25/1984	374
5/14/1984	687
6/20/1985	398
6/25/1985	169
3/29/1988	533
4/18/1988	348
6/3/1988	998
9/7/1989	323
5/26/1991	1079
7/4/1991	620
7/29/1991	999
6/17/1992	242
6/21/1992	463

a) Intervalul de incertitudine pentru volumul viiturii

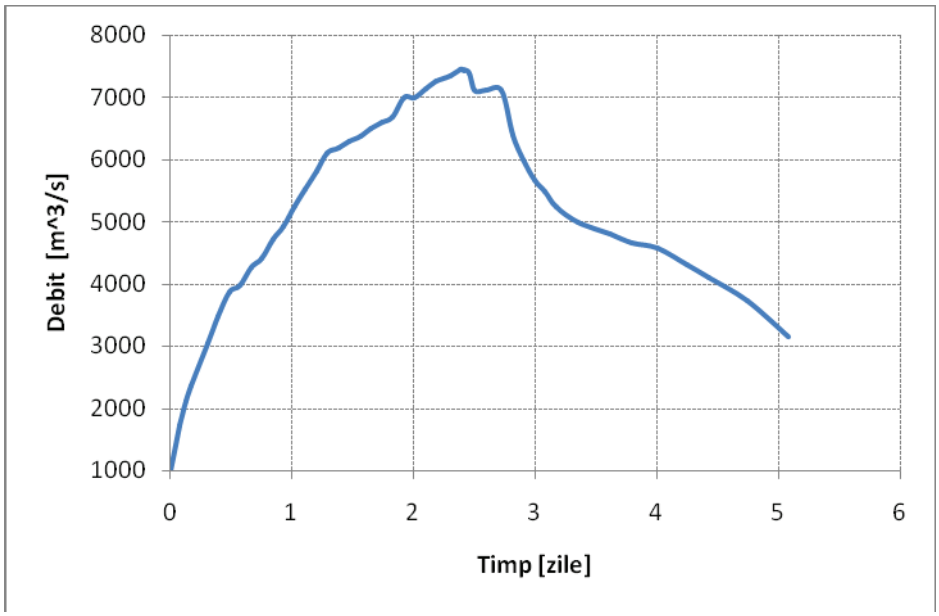
P%	Gamma	Weibull	LogPearson3	InvGaussian	Interval de incertitudine V inf	V sup
0.1	2468	2245	2468	2608	2245	2608
0.5	2004	1879	2013	2070	1879	2070
1	1799	1712	1809	1840	1712	1840
3	1468	1430	1477	1477	1430	1477
5	1310	1290	1317	1308	1290	1317
10	1089	1088	1094	1078	1078	1094
20	856	866	860	844	844	866
25	778	789	781	767	767	789
30	712	723	715	703	703	723
40	603	612	607	598	598	612
50	512	519	517	512	511	519
60	433	435	437	436	433	437
70	359	357	363	366	357	366
75	323	319	327	331	319	331
80	286	281	290	295	281	295
90	207	200	208	215	200	215
95	158	153	156	162	153	162
97	134	131	129	133	129	134



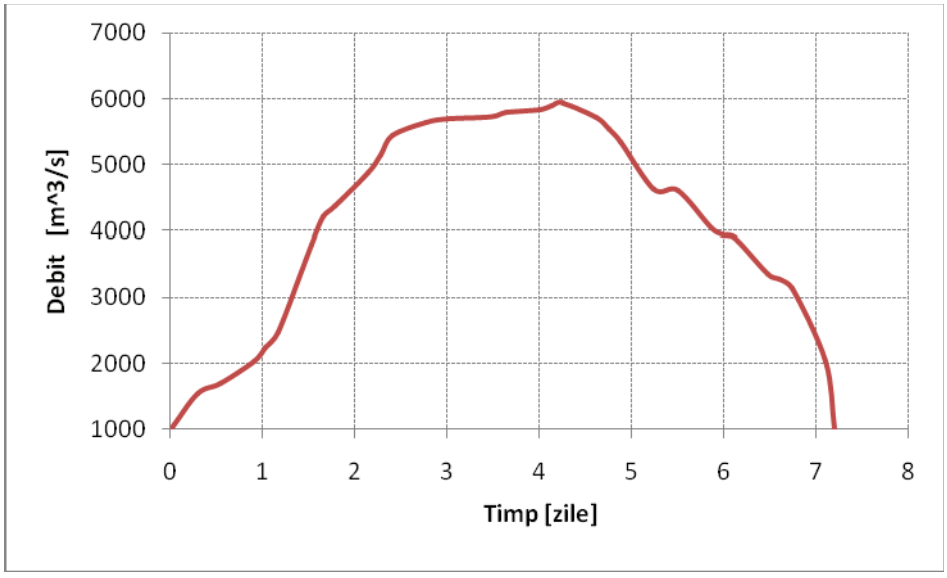
(3) În continuare sunt prezentate viiturile de debit maxim, respectiv de volum maxim din secţiunea Lungoci cu probabilităţile de depăşire de 0.1% şi 1%.

P= 0,1% Qmax=[5937, 7449] m^3/s V=[2245, 2608] M m^3

Viitura de debit maxim 0.1%

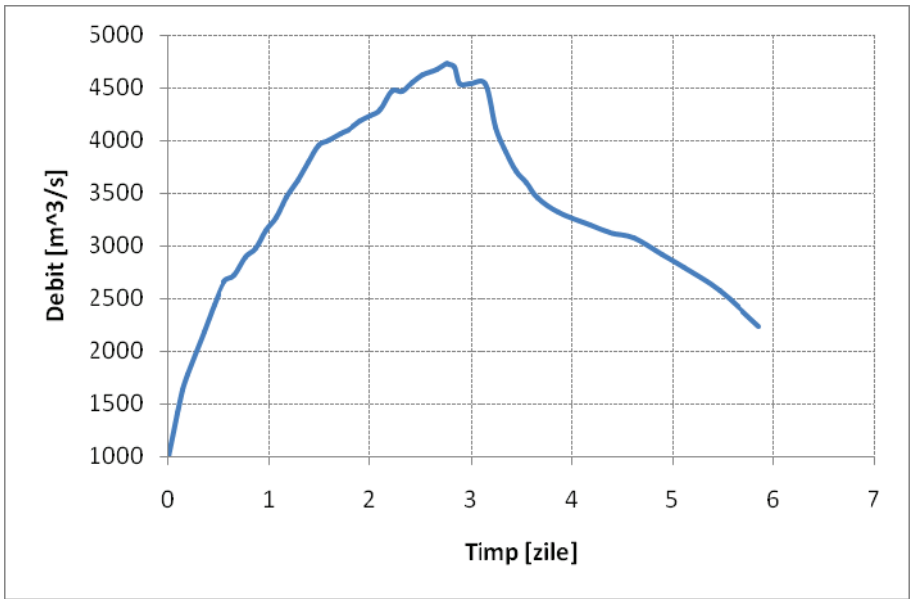


Viitura de volum maxim 0.1%

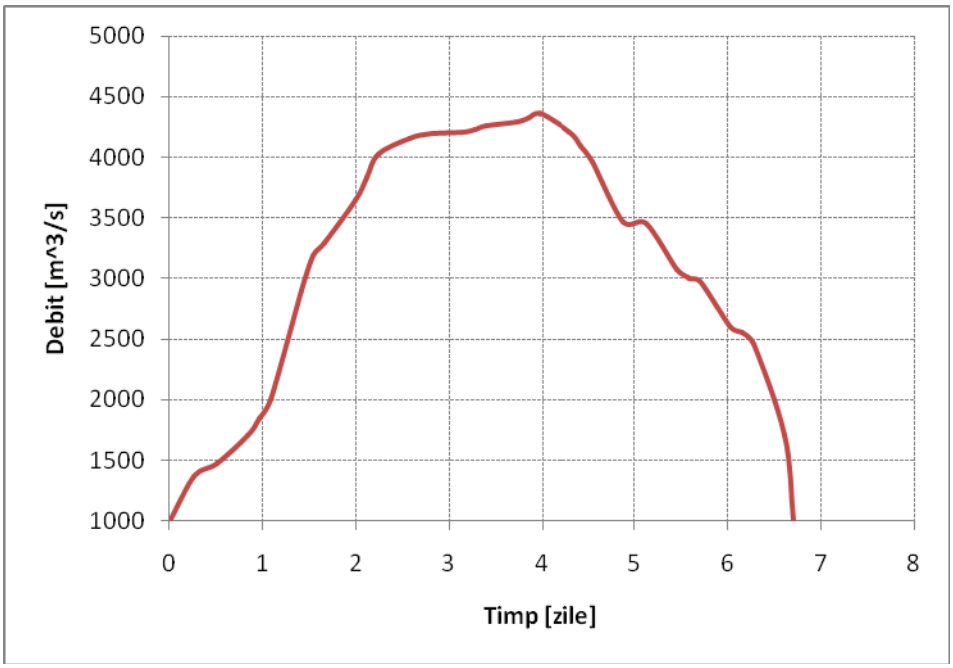


P= 1% Qmax=[4363, 4734] m^3/s V=[1712, 1840] M m^3

Viitura de debit maxim 1%

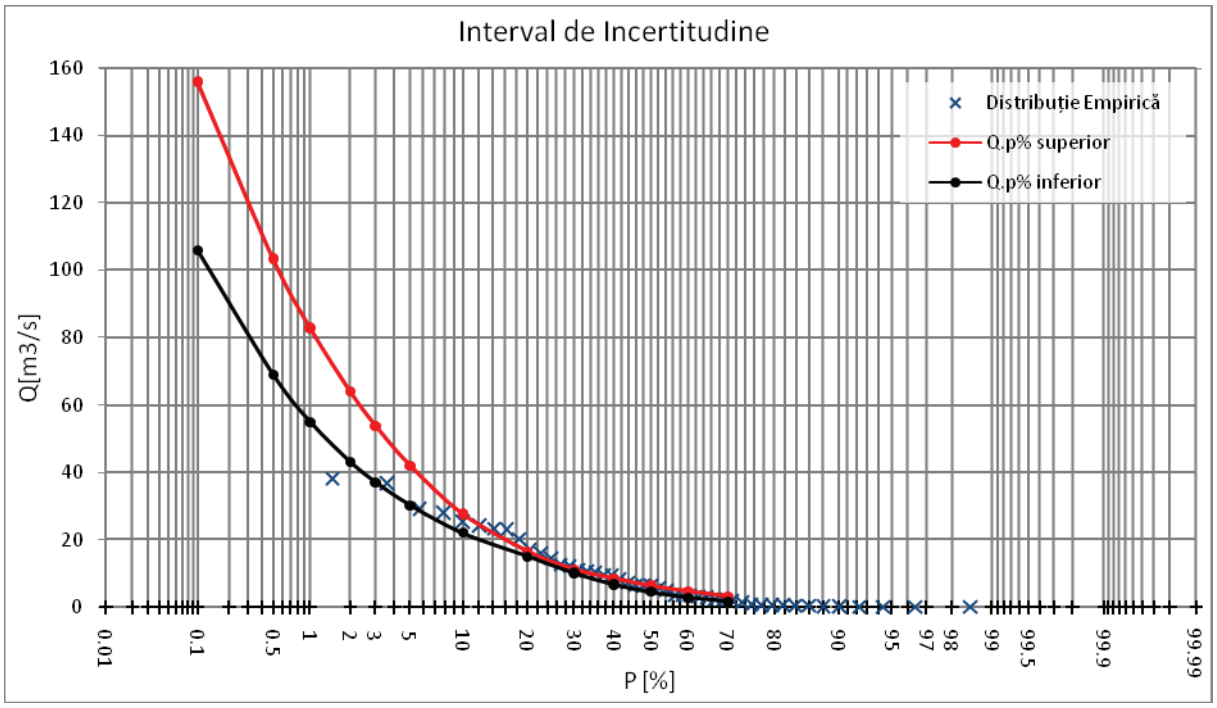


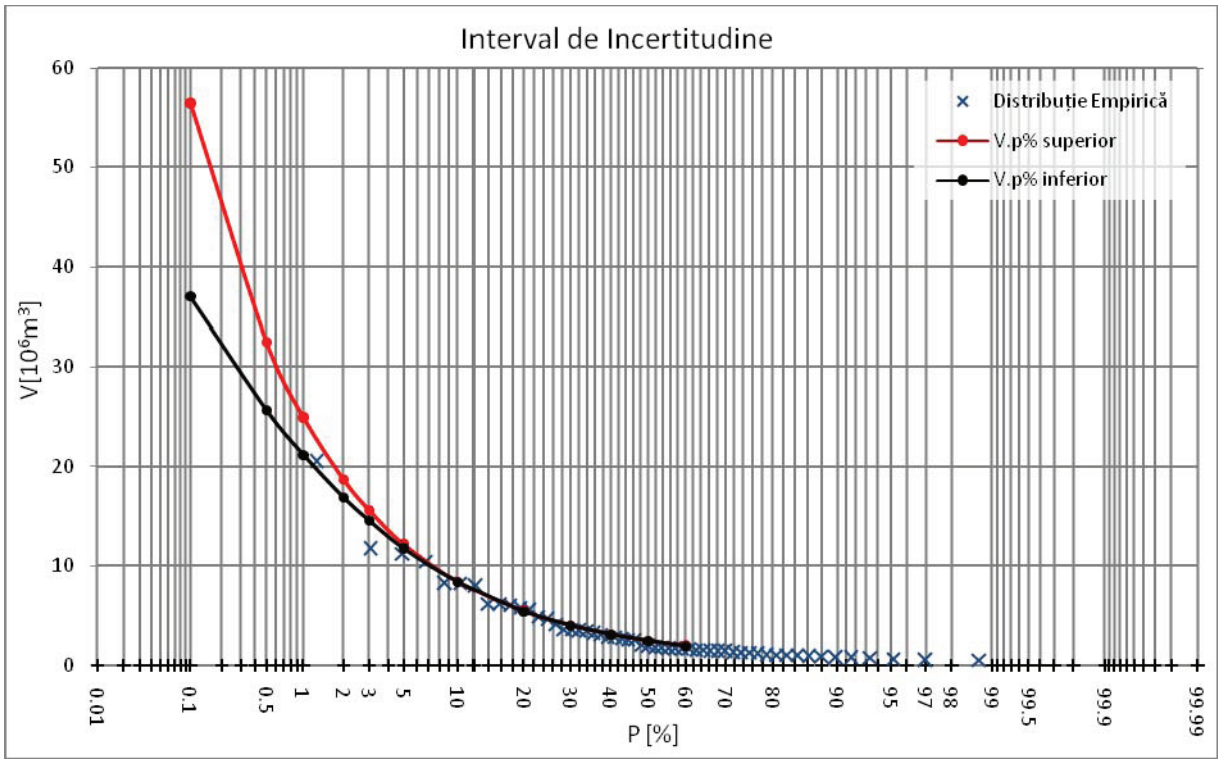
Viitura de de volum maxim 1%



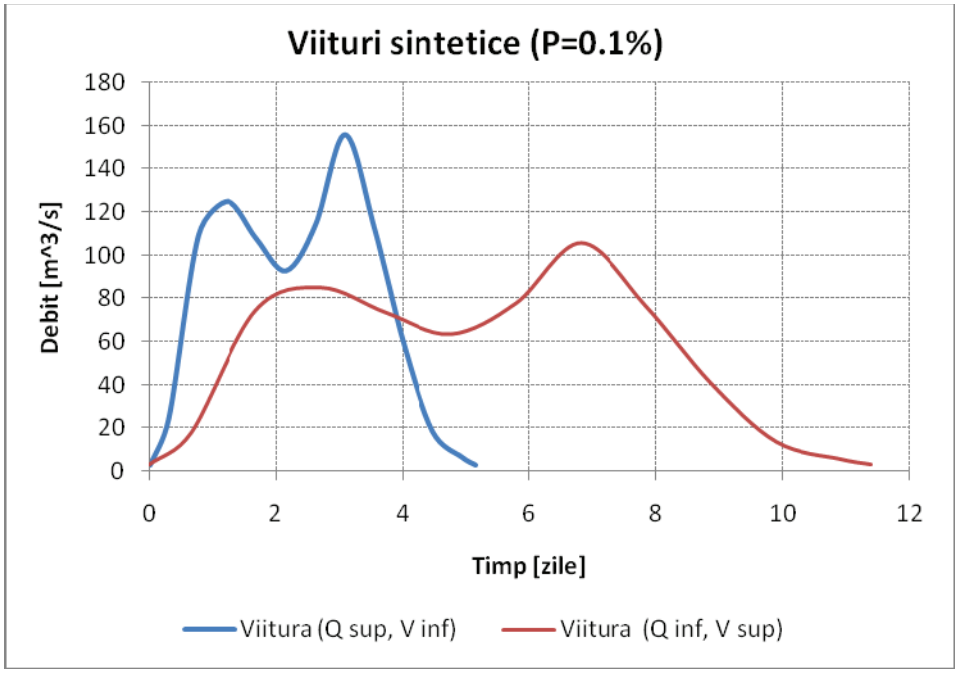
3. Pârâul Câinelui – staţia Vârtoapele

(4) Se prezintă intervalul de incertitudine rezultat prin prelucrarea debitelor maxime anuale, precum şi intervalul de incertitudine al volumelor, iar în continuare viiturile corespunzătoare.

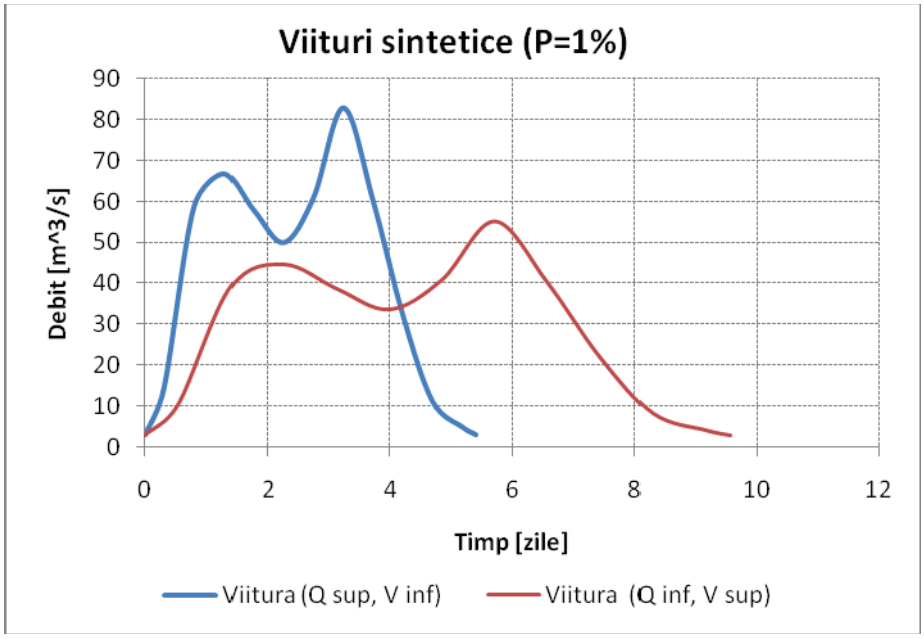




P= 0,1% Qmax=[106, 156] m^3/s V=[37, 56] M m^3



P= 1% Qmax=[55, 83] m^3/s V=[21, 25] M m^3



Cap. 7. Referinte tehnice şi legislative

Directiva 2007/60/CE privind evaluarea şi gestionarea riscurilor de inundaţii

Lista standardelor

Nr. Crt.	Standarde	Denumire
1.	STAS 4068/2-87.	Probabilităţile anuale ale debitelor şi volumelor maxime în condiţii normale şi speciale de exploatare
2.	STAS 4273-83.	Incadrarea în clase de importanţă.

Anexa I

1. Testul punctelor de revenire (testarea independenţei datelor)

(1) Este un test statistic neparametric, care poate fi utilizat pentru a testa ipoteza că elementele unei secvenţe (mulţimi de valori succesive) sunt **mutual independente şi identic distribuite** (***iid***). Fiind dată o mulţime $S = \{X_1, X_2, ..., X_n\}$ de *n* valori obţinute din măsurători se spune că există un punct de întoarcere la momentul *i*, $1 < i < n$, dacă $X_{i-1} < X_1 > X_{i+1}$, sau dacă $X_{i-1} > X_1 < X_{i+1}$.

(2) Dacă T este numărul punctelor de întoarcere ale unei secvenţe ***iid*** de lungime *n*, probabilitatea punctului de întoarcere la momentul *i* este $\frac{2}{3}$, media lui *T* este $M[T] = \frac{2 \cdot (n-2)}{3}$, iar dispersia $Var[T] = \frac{16n - 29}{90}$.

(3) Se consideră variabila redusă $Z_C = \frac{T - M[T]}{\sqrt{Var[T]}}$ care tinde la variabila normală standard.

<u>Mod de aplicare a testului</u>

Se statuează ipoteza nulă:

H_0: datele din *S* sunt mutual independente şi identic distribuite

cu alternativa

H_1: datele din *S* nu sunt mutual independente.

Se fixează un prag de semnificaţie α (de exemplu $\alpha = 5\%$)

Din tabela repartiţiei normale se găseste cuantila $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ care se compară cu Z_C, corespunzător numărului de puncte de întoarcere din *S*.

Dacă $Z_C < Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ se acceptă ipoteza H_0 cu pragul de semnificaţie α, iar în caz contrar se respinge.

Notă. Ca valoare uzuală se consideră $\alpha = 0.05$, căreia îi corespunde $Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1{,}96$

2. Testul Mann-Whitney-Wilconson (testarea omogenităţii datelor)

(4) Fie $S = \{X_1, X_2, ..., X_n\}$ un set de *n* date observate şi M_e mediana lor. Se ordonează crescător aceste date şi fie n_1 numărul datelor mai mici decât M_e, iar n_2 numărul datelor mai mari decât M_e. Fie:

R_1 suma rangurilor celor n_1 date mai mici decât M_e din şirul ordonat şi

R_2 suma rangurilor celor n_2 date mai mari decat M_e din şirul ordonat.

(5) Se consideră variabilele:

$$W_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1 \cdot (n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$W_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2 \cdot (n_2 + 1)}{2} - R_2$$

(6) Să notează cu: $W = \max(W_1, W_2)$ variabila aleatoare caracterizată de:

- media $M[R] = \frac{n_1 \cdot n_2}{2} = m$

- dispersia $Var[R] = \frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 + 1)}{12} = \sigma^2$

(7) Se consideră variabila redusă $Z = \frac{W - m}{\sigma}$ care tinde la variabila normală standard.

Se statuează ipoteza nulă:

H_0: datele din *S* sunt omogene

cu alternativa

H_1: datele din S nu sunt omogene

(8) Se fixează un prag de semnificaţie α (de exemplu $\alpha = 5\%$).

Din tabela repartiţiei normale se găseste α - cuantila Z_α şi fie Z_C corespunzător valorii calculate pentru *W*.

Daca $Z_C < Z_\alpha$ se acceptă ipoteza H_0 cu pragul de semnificaţie α, iar în caz contrar se respinge.

3. Testul Mann-Kendal (testarea staţionarităţii)

(9) Acest test neparametric este folosit pentru identificarea tendinţei într-o serie de timp.
Fie $S = \{X_1, X_2, ..., X_n\}$ un set de *n* date observate. Se calculează statistica:

$$T = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \operatorname{sgn}\left(x_j - x_k\right)$$

unde

$$\operatorname{sgn}\left(x_j - x_k\right) = \begin{cases} 1 & daca\ x_j - x_k > 0 \\ 0 & daca\ x_j - x_k = 0 \\ -1 & daca\ x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

(10) Se grupează datele egale şi fie *g* numărul de grupuri, iar t_p numărul de date din grupul *p*.

Se determină

$$Var[T] = \frac{1}{18}\left[n \cdot (n-1) \cdot (2n+5) - \sum_{p=1}^{g} t_p \cdot \left(t_p - 1\right) \cdot \left(2t_p + 5\right) \right]$$

Se consideră variabila redusă $Z = \begin{cases} \dfrac{T-1}{\sqrt{Var[T]}} & daca\ T > 0 \\ 0 & daca\ T = 0 \\ \dfrac{T+1}{\sqrt{Var[T]}} & daca\ T < 0 \end{cases}$

care tinde la variabila normală standard.

(11) Se statuează ipoteza nulă:

H_0: nu există tendinţă în datele din *S*

cu alternativa

H_1: există tendinţă in datele din *S*

(12) Se fixează un prag de semnificaţie α (de exemplu $\alpha = 5\%$).
Din tabela repartiţiei normale se găseşte α – cuantila Z_α şi fie Z_C corespunzător valorii calculate pentru *T* rezultat din datele $S = \{X_1, X_2, ..., X_n\}$.
(13) Dacă $Z_C < Z_\alpha$ se acceptă ipoteza H_0 cu pragul de semnificaţie α, iar în caz contrar se respinge.
(14) Dacă Z_C este pozitiv şi $P(Z_C) > \alpha$ datele au un trend crescător, iar daca Z_C este negativ şi $P(Z_C) > \alpha$ datele au un trend descrescător.

Anexa II

Testul Chauvenet (eliminarea valorilor extreme)

(15) Fiind date valorile $\{x_1, x_2, ..., x_n\}$ rezultate din măsuratori, se consideră că valoarea x_i este o valoare extremă (outlier) dacă verifică relaţia:

$$\left| x_i - \bar{x} \right| > z\sigma$$

unde:

$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{x=1}^{n} x_j$ este media aritmetică a valorilor măsurate

$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$ - dispersia valorilor măsurate

σ - abaterea standard a valorilor măsurate

$z = \frac{0.435 - 0.862\,a}{1 - 3.604\,a + 3.213\,a^2}$, unde $a = \frac{2n-1}{4n}$

$n =$ volumul esantionului.