

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL
REPUBLICII MOLDOVA**

INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE

Cu titlu de manuscris

C.Z.U: 556.166 (478)(043.2)

JELEAPOV ANA

**EVALUAREA IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA
VIITURILOR PLUVIALE DE PE RÂURILE REPUBLICII
MOLDOVA**

**166.02 PROTECȚIA MEDIULUI ȘI FOLOSIREA RAȚIONALĂ A
RESURSELOR NATURALE**

Teză de doctor în științe geonomice

Conducător științific:

**MELNICIUC Orest
Doctor habilitat în geografie,
Institutul de Ecologie și
Geografie, Moldova**

Consultant științific:

**FINK Manfred
Doctor în geografie (rerum
naturalium),
Universitatea Friedrich-Schiller
din Jena, Institutul de Geografie,
Germania**

Autorul:

JELEAPOV Ana

CHIȘINĂU, 2019

© Jeleapov Ana, 2019

CUPRINS

ADNOTARE	4
LISTA ABREVIERILOR ȘI ACRONIMELOR.....	7
INTRODUCERE	8
1. VIITURILE PLUVIALE ÎN CONDIȚIILE IMPACTULUI ANTROPIC (REVIUL LITERATURII)	15
1.1. Procesele de formare și propagare a viiturilor	15
1.2. Evaluarea nivelului actual de cercetare a scurgerii de viitură	20
1.3. Clasificarea metodelor de evaluare a impactul antropic asupra viiturilor pluviale	35
1.4. Concluzii la capitolul 1.....	41
2. METODE ȘI MATERIALE DE CERCETARE.....	42
2.1. Strategia cercetărilor	42
2.2. Zonele de studiu.....	44
2.3. Metode directe de cercetare	46
2.4. Modele statice	49
2.5. Modele dinamice.....	54
2.6. Materiale de cercetare	64
2.7. Concluzii la capitolul 2.....	66
3. ESTIMAREA IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA SCURGERII DE VIITURĂ UTILIZÂND METODELE DIRECTE ȘI STATICE	67
3.1. Analiza calitativă a informației hidrologice	67
3.2. Aprecieria modificărilor caracteristicilor viiturilor pluviale în baza datelor de monitoring	74
3.3. Potențialul de formare, acumulare și propagare a viiturilor pluviale.....	90
3.4. Variațiile regionale ale stratului scurgerii de viitură determinate de activitatea antropică	95
3.5. Modelarea debitelor maxime în condițiile impactului utilizării terenului și funcționării lacurilor de acumulare.....	106
3.6. Estimarea aportului categoriilor acoperirii terenurilor în formarea volumelor viiturilor.....	111
3.7. Concluzii la capitolul 3.....	114
4. EVALUARE A IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA PROCESELOR DE FORMARE ȘI PROPAGARE A SCURGERII DE VIITURĂ ÎN BAZA MODELELOR DINAMICE	115
4.1. Modificarea proceselor de formare a viiturilor pluviale sub acțiunea schimbării în utilizarea terenurilor și funcționării lacurilor de acumulare	115
4.2. Modificarea proceselor de propagare a unei de viitură sub acțiunea impactului structurilor hidrotehnice și schimbărilor climatice	129
4.3. Concluzii la capitolul 4.....	153
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....	154
BIBLIOGRAFIE.....	157
ANEXE	172
ANEXA A	173
ANEXA B	176
ANEXA C	214
ANEXA D	230
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII	236
CURRICULUM VITAE	237

ADNOTARE

Jeleapov Ana „Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”. Teza de doctor în științe geonomice, Chișinău, 2019.

Teza constă din introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, 264 surse bibliografice, 150 pagini de text de bază, 165 figuri, 17 tabele, 191 anexe. Rezultatele obținute sunt publicate în 23 lucrări științifice.

Cuvinte cheie: viituri pluviale, modelare hidrologică și hidraulică, impact antropic, acoperirea terenului, lacuri de acumulare, SIG.

Domeniul de studiu: geografie, hidrologie

Scopul studiului: evaluarea modificărilor caracteristicilor viiturilor pluviale în condițiile impactului antropic

Obiectivele cercetării: identificarea și aprecierea modificărilor regimului scurgerii de viitură sub acțiunea activității antropice în baza metodelor statice; simularea impactului antropic asupra proceselor de formare și propagare a undelor de viitură de pe râurile pilot utilizând modele hidrologice și hidrodinamice; aprecierea modificărilor zonelor riscului la inundații în condițiile schimbărilor de mediu.

Metodologia cercetării științifice. Pentru realizarea scopului și obiectivelor studiului au fost utilizate următoarele metode: metoda comparativă, abordarea Indicatorii Modificărilor Hidrologice, Componentele Scurgerii de Mediu, metoda genetică, metoda volumetrică, metoda Numărul de Curbă (SCS-CN), modelul hidrologic JAMS/J2000, modelul hidrodinamic HEC-RAS. De asemenea, în lucrare se aplică analiza factorială, SIG și metode statistice.

Noutatea și originalitatea științifică. Pentru prima dată pentru teritoriul Republicii Moldova, au fost estimate caracteristicile scurgerii de viitură în condiții staționare și nestaționare precum și a fost determinată dinamica temporală a viiturilor pluviale sub acțiunea modificărilor în acoperirea terenului și funcționării lacurilor de acumulare. A fost apreciat și cartografiat potențialul de formare, acumulare și propagare a viiturilor pluviale pentru teritoriul țării. Utilizând metoda Numărul de Curbă, metoda volumetrică și modelul hidrologic fizic distributiv JAMS/J2000 a fost demonstrat impactul utilizării terenului și activității agricole asupra caracteristicilor viiturilor pluviale. În baza utilizării SIG și modelului HEC-RAS a fost estimat impactul schimbărilor climatice și a construcțiilor hidrotehnice: lacurilor de acumulare și a digurilor de protecție asupra propagării undei de viitură prin albie și luncă și a distribuției spațiale a riscului la inundații.

Problema științifică importantă soluționată constă în evaluarea modificărilor caracteristicilor temporale și spațiale ale scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova determinate de activitatea antropică.

Semnificația teoretică. Au fost identificați și analizați comparativ Indicatorii Modificărilor Hidrologice și Componentele Scurgerii de Mediu și evaluat impactul utilizării terenului și a lacurilor de acumulare asupra caracteristicilor scurgerii de viitură. A fost modelată repartiția spațială a indicilor potențialului viiturilor rapide, inundării și propagării undei de viitură pe teritoriul Republicii Moldova. A fost estimat aportul categoriilor acoperirii terenurilor și activităților agricole în formarea viiturilor pluviale și apreciate modificările proceselor de formare și propagare a undei de viitură sub acțiunea construcțiilor hidrotehnice, schimbărilor climatice și managementului terenurilor.

Valoarea aplicativă a lucrării. Rezultatele obținute pot fi utilizate pentru elaborarea planurilor de amenajare a teritoriului în vederea diminuării scurgerii maxime, optimizarea managementului viiturilor pluviale, implementarea măsurilor structurale și nonstructurale de protecție contra inundațiilor. De asemenea, rezultatele pot servi drept bază metodologică pentru perfecționarea documentelor normativelor naționale pentru determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul.

Implementarea rezultatelor științifice. Hărțile digitale privind scurgerea de viitură au fost implementate de Consiliile Raionale Glodeni și Fălești pentru elaborarea planurilor de amenajare a teritoriului și gestionarea bazinului hidrografic Camenca. Unele rezultate obținute au fost utilizate pentru managementul durabil al resurselor de apă și a situațiilor de risc hidrologic, optimizarea funcționării lacurilor de acumulare de către Direcția bazinieră de Gospodărire a Apelor, Agenția ”Apele Moldovei”.

ANNOTATION

Jeleapov Ana „Assessment of the anthropogenic impact on pluvial floods of the rivers of the Republic of Moldova”. PhD thesis in Geonomic sciences, Chisinau, 2019.

The thesis consists of introduction, 4 chapters, general conclusions and recommendations, 264 references, 150 pages of basic text, 165 figures, 17 tables, 191 annexes. The obtained results are published in 23 scientific papers.

Key words: pluvial floods, hydrological and hydraulic modeling, anthropogenic impact, land cover, reservoirs, GIS.

Field of study: geography, hydrology

Study aim: assessment of changes in pluvial floods characteristics in conditions of anthropogenic impact.

Research objectives: identification and estimation of changes in pluvial flood runoff regime under the influence of anthropogenic activity on the basis of static methods; modeling of anthropogenic impact on flood waves generation and propagation processes of the pilot rivers using hydrological and hydrodynamic models; assessment of flood risk changes in conditions of environmental modifications.

Research methodology. The following methods were used to achieve the purpose and objectives of the study: comparative method, Indicators of Hydrological Alterations, Environmental Flow Components approaches, genetic method, volumetric method, Curve Number method (SCS-CN), JAMS/J2000 hydrological model, HEC-RAS hydrodynamic model. Factorial analysis, GIS, and statistical methods were also applied in the research.

Scientific innovation and originality of the work: For the first time for the territory of the Republic of Moldova, flood runoff characteristics under stationary and non-stationary conditions were estimated and temporal dynamics of pluvial floods under the influence of land cover changes and reservoirs operations were determined. Flash floods, flooding and flood wave propagation potential was calculated and mapped. Using SCS-CN method, volumetric method and JAMS/J2000 physically-based fully distributed hydrologic model the impact of land use and agricultural activity on flood runoff characteristics was demonstrated. Using GIS and HEC-RAS model, the impact of climate change and hydro-technical constructions: reservoirs and levees on flood wave propagation through the river bed and floodplain and the spatial distribution of flood risk was estimated.

The important scientific problem solved consists of assessment of changes in temporal and spatial characteristics of flood runoff on the rivers of the Republic of Moldova caused by the anthropogenic activity.

Theoretical significance. Indicators of Hydrological Alterations and Environmental Flow Components were identified and comparatively analyzed and land use and reservoirs impact on flood runoff characteristics was assessed. Spatial distribution of the indexes of flash floods, flooding and flood wave propagation potential on the territory of the Republic of Moldova was modeled. The contribution of land cover types and agricultural activities in pluvial flood generation was estimated and modifications of flood wave generation and propagation processes under the action of hydrotechnical structures, climate change and land management were evaluated.

Applicative value of the research. Obtained results can be used for development of territorial planning activities for mitigation of maximum runoff, optimization of pluvial floods management, implementation of structural and nonstructural flood protection measures. Furthermore, the results can serve as methodological basis for improvement of national normative documents for determination of computed hydrological characteristics.

Implementation of scientific results. Digital maps on pluvial flood runoff were implemented by the Districts Councils of Glodeni and Faleshti for the development of the urban and territorial planning and management of the Camenca river basin. The obtained results were used for the sustainable management of water resources and hydrological risk situations, reservoirs operation optimization by the Basin Water Management Authority, ”Apele Moldovei” Agency.

АННОТАЦИЯ

Желяпов Анна «Оценка антропогенного влияния на сток дождевых паводков рек Республики Молдова». Диссертация на соискание ученой степени доктора геонаучных наук, Кишинев, 2019.

Диссертация состоит из вступления, 4 глав, общих заключений и рекомендаций, 264 библиографических источников, 150 страниц основного текста, 165 рисунков, 17 таблиц, 191 приложений. Полученные результаты опубликованы в 23 научных работах.

Ключевые слова: дождевые паводки, гидрологическое и гидравлическое моделирование, антропогенное влияние, ландшафтный покров, водохранилища, ГИС.

Область исследований: география, гидрология

Цель исследования: оценка изменений характеристик дождевых паводков в условиях антропогенного влияния

Задачи исследования: выявление и определение изменений режима стока дождевых паводков под воздействием антропогенной деятельности на основе статических методов; моделирование антропогенного влияния на процессы формирования и распространения паводочных волн на pilotных реках используя гидрологические и гидродинамические модели; оценка изменений зон риска наводнений в условиях преобразования окружающей среды.

Методология научных исследований. Для реализации задачи и целей исследования были использованы следующие методы: сравнительный метод, подходы Показатели Гидрологических Изменений, Компоненты Стока Окружающей Среды, генетический метод, объемный метод, метод Число Кривой (SCS-CN), гидрологическая модель JAMS/J2000, гидравлическая модель HEC-RAS. Факторный анализ, ГИС и статистические методы также применяются в работе.

Научная новизна и оригинальность: Впервые для территории Республики Молдова, были оценены характеристики стока дождевых паводков в стационарных и нестационарных условиях, а также была определена временная динамика дождевых паводков под влиянием изменений ландшафтного покрова и функционирования водохранилищ. Потенциал формирования ливневых паводков, затопляемости и распространения паводочных волн для всей территории страны был оценен и картографирован. Используя метод Число Кривой (SCS-CN), объемный метод и гидрографическую модель с физическими распределенными параметрами JAMS/J2000 было доказано землепользования и сельскохозяйственной деятельности на характеристики стока дождевых паводков. На основе ГИС и модели HEC-RAS было оценено влияние изменения климата и гидротехнических сооружений: водохранилищ и защитных дамб на распространение паводковых волн через русло- пойменную систему и пространственное распределение риска наводнений.

Разрешенная важная научная проблема заключается в оценке изменений временных и пространственных характеристик стока дождевых паводков рек Республики Молдова обусловленных антропогенной деятельностью.

Теоретическая значимость. Были выявлены и проведен сравнительный анализ Показателей Гидрологических Изменений и Компонентов Стока Окружающей Среды и оценено влияние использования земель и водохранилищ на характеристики паводочного стока. Было смоделировано пространственное распределение показателей потенциала ливневых паводков, затопляемости и распространения паводочных волн на территории Республики Молдова. Была оценена роль категорий ландшафтного покрова и сельскохозяйственной деятельности в формировании дождевых паводков и определены изменения процессов формирования и распространения паводочных волн под воздействием гидротехнических сооружений, изменения климата и управления земельными ресурсами.

Прикладная ценность работы. Полученные результаты могут быть использованы для разработки проектов территориального планирования с целью снижения максимального стока, оптимизации управления дождевыми паводками, внедрения структурных и неструктурных мер защиты от наводнений. А также, результаты можно применить в качестве методологической основы для совершенствования национальных нормативных документов для определения расчетных гидрологических характеристик.

Внедрение научных результатов. Электронные карты паводочного стока были внедрены Районными Советами Глодень и Фалешты для разработки планов землеустройства и управления бассейном реки Каменка. Полученные результаты были использованы Бассейновым Правлением по Управлению Водными Ресурсами, Агентством "Апеле Молдовей" для устойчивого менеджмента водными ресурсами и гидрологическими опасными явлениями, и для оптимизация функционирования водохранилищ.

LISTA ABREVIERILOR ȘI ACRONIMELOR

ASM I	Umăditate precedentă mică a solurilor
ASM II	Umăditate precedentă medie a solurilor
ASM III	Umăditate precedentă mare a solurilor
AȘM	Academia de Științe a Moldovei
b. h.	Bazin hidrografic
DEM	Modelul numeric al terenului
E	Eficiența Nash-Sutcliffe
FAO	Organizația pentru Alimentație și Agricultură
FFPI	Indicele potențialului de formare a viiturilor rapide
FPI	Indicele potențialului inundației
FPPI	Indicele potențialului de propagare a undei de viitură
FFD	Directiva cadrul privind inundațiile
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center's River Analysis System, USA / Sistemul de Analiză Riverană al Centrului de Inginerie Hidrologică, SUA
HRU	Hydrologic Respons Units / Unitățile Răspunsului Hidrologic
IAHS	Asociația Internațională a Științelor Hidrologice
IDW	Inverse Distance Weighting / Ponderea inversă cu distanță
IEG	Institutul de Ecologie și Geografie
IPCC	Grupul interguvernamental de experți în evoluția climei
JAMS	Jena Adaptable Modelling System / Sistemul adaptabil de modelare din Jena
LIDAR	Light Intensity Detection and Ranging / detectare și măsurare a distanței cu ajutorul razei coerente
LU	Acoperirea terenurilor
l.a.	Lac de acumulare
lnE	Forma logaritmică a eficienței Nash-Sutcliffe
M	Model
NOAA	Administrația Națională a Oceanelor și Atmosferei din SUA
or.	Oraș
P%	Probabilitatea de depășire, %
p.	Post
PP	Precipitații maxime
Pr	Ponderea suprafețelor
RCP	Representative Concentration Pathway / Cale Reprezentativă de Concentrare
RBIS	River Basin Information System / Sistemul informațional a bazinului unui râu
r.	Râu
R ²	Coeficientul de determinare
PBIAS	Erora medie a simulării în %
SCS-CN	Soil Conservation Service Curve Number / metoda numărul de curbă, SUA
SHS	Serviciul Hidrometeorologic de Stat din Moldova
SIG	Sisteme Informaționale Geografice
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission / Misiunea STRM
s.	Sat
TWI	Topographic Wetness Index / Indicele topografic al umidității
UNESCO	Organizația Națiunilor Unite pentru Educație, Știință și Cultură
V	Volumul lacului de acumulare
W	Volumul viiturii
WFD	Directiva cadrul privind apa
WMO	World Meteorological Organization / Organizația Meteorologică Mondială

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei abordate. Inundațiile sunt cele mai frecvente dezastre naturale înregistrate la nivel global. Pe parcursul ultimului secol (1900-2014) s-au manifestat peste 3500 de inundații, numărul acestora crescând considerabil mai ales în ultimii 20 ani când au fost raportate anual între 120 și 220 de cazuri [96, 106, p. 7]. Daunele materiale cauzate de inundații le plasează pe locul doi după furtuni, acestea, fiind în creștere semnificativă în ultimul deceniu, au depășit valoarea de 40 mlrd. \$ SUA în 1998, 2010, 2011, 2013 [96]. Inundațiile se formează în toate regiunile lumii, însă o manifestare mai mare este specifică regiunilor Asia de Est și Sud, America Centrală și partea de est a Americii de Nord, Europa (exclusiv partea de Nord) [104]. Cu toate acestea, o vulnerabilitate mai mare la aceste dezastre, determinată de capacitatea de reziliență economică, este caracteristică statelor slab dezvoltate, cum sunt cele din Asia, America dar și Europa, printre care este și Republica Moldova.

Inundațiile sunt cele mai frecvente dezastre naturale înregistrate și pe teritoriul Republicii Moldova [96, 134], acestora revenindu-le 50% din numărul total de dezastre înregistrate în ultimele decenii (1980-2014), ponderea pagubelor ridicându-se la aceleași valori (45%). Acestea au determinat decesul a ~70% din totalul victimelor care și-au pierdut viața din cauza fenomenelor stihinice [96]. Condițiile climatice extreme (ploile torențiale și/sau topirea rapidă a zăpezilor datorată temperaturilor ridicate) sunt principalele cauze ce determină formarea inundațiilor de pe râurile Republicii Moldova [23, 24, 56, 134, 234]. Inundațiile de origine pluvială produc cele mai mari pierderi materiale. Daunele cauzate de aceste dezastre, manifestate pe parcursul anilor 1947-2014, se ridică la cifra de 583 mil. \$ SUA dintre care pierderi de 20 mil. \$ SUA au fost condiționate de inundarea teritoriului de viiturile de primăvară, pagube de 232 mil. \$ SUA au fost determinate de viiturile estivale de pe râurile mari, iar pierderi de 331 mil. \$ SUA - peste 55% - au fost provocate de scurgerile masive de versant și inundarea teritoriului (așa-numitele viituri rapide) provocate de căderea ploilor torențiale locale [57, 62, 131, 227, 248]. Inundațiile recente, deosebit de intense din 2008 și 2010 de pe râurile Nistru și Prut, au provocat pagube de 196 mil. \$ SUA [227, p. 265, 234, p. 6]. Astfel, cea mai apreciabilă daună este provocată de viiturile pluviale din perioada de vară de pe râurile mari, în condițiile unor volume mari de apă aduse din partea superioară a bazinelor hidrografice situate pe teritoriul Ucrainei, dar mai ales de viiturile formate pe râurile mici condiționate de scurgerea excesivă de pantă provocată de precipitațiile torențiale ce au o frecvență tot mai mare în ultimii ani.

Scurgerea râurilor este un rezultat integrat al multiplilor factori naturali, cum ar fi precipitațiile, retenția bazinală și pierderile la evaporație, precum și al practicilor de management din cadrul bazinului hidrografic și al activităților ingineresti ce alterează procesul de propagare a

apei prin albie pe parcursul timpului [79, p. 4]. Astfel, orice modificare a caracteristicilor mediului înconjurător cauzează schimbarea rezultatului ecuației de formare și propagare a scurgerii maxime. Gradul crescând al acțiunii umane asupra mediului rămâne a fi unul din principalii factori ce determină, la rândul său, variația regimului scurgerii de viitură.

În Republica Moldova, tradițional, protecția contra inundațiilor se realizează printr-un complex de măsuri structurale și nestructurale, acestea fiind în continuu proces de perfecționare datorită frecvenței și magnitudinii crescânde a acestui fenomen periculos. Procesul de formare a scurgerii de viitură este supus modificărilor datorate activității umane, în special, exprimate prin *practicile de amenajare a bazinelor hidrografice*, majoritatea suprafeței acestora fiind utilizată în agricultură, terenurile naturale păstrându-se doar insular. Procesul de propagare a undelor de viitură este puternic influențat de impactul antropic manifestat prin *regularizarea albiilor râurilor, construcțiile hidrotehnice* (diguri, lacuri de acumulare etc.), majoritatea râurilor fiind transformate practic în canale, pe cursul cărora sunt construite un număr enorm de lacuri de acumulare, legătura cu lunca inundabilă fiind limitată de către sistemul de diguri de protecție contra inundațiilor. Așa cum, râurile Republicii Moldova sunt puternic modificate de construcțiile hidrotehnice, și activitatea economică este destul de intensă, peste 70% din teritoriu fiind utilizat în agricultură [6], iar modul de influență a acestora asupra proceselor de formare și propagare a viiturilor pluviale este studiat insuficient, această temă prezintă un interes deosebit pentru cercetare precum și pentru identificarea acelor soluții de diminuare a impactului antropic asupra scurgerii maxime, cât și a efectelor negative ale inundațiilor asupra societății.

Managementul la inundații evoluează în paralel cu dezvoltarea cunoașterii proceselor de formare a viiturilor pluviale și a riscului la inundații. Actualmente, la nivel internațional, pentru diminuarea riscului la inundații este propusă abordarea de *management integrat al inundațiilor* (orientat spre "traie cu inundațiile" (living with floods)), care ar înlocui abordarea mai tradițională de *apărare împotriva inundațiilor* ("lupta contra inundațiilor" (fighting floods)). Această abordare are scopul de a minimiza victimele umane, pagubele economice și ecologice produse de inundații în același timp, majorând beneficiile sociale, economice și ecologice [100, p.1, 122]. Pentru Republica Moldova, trecerea la această abordare este de o importanță majoră, însă, modalitatea de aplicare a sistemului de management integrat al inundațiilor necesită nu doar cercetări aprofundate, dar reînștientizarea populației și factorilor de decizie a importanței zonelor potențial inundabile.

Trebuie menționat că, deși există un număr anumit de studii la această temă la nivel național, constatăm că ele reflectă experiența științifică a deceniilor anterioare. Ținând cont de faptul că în ultimul timp, se atestă manifestări mai aprofundate a perioadelor cu excese

pluviometrice declanșatoare a inundațiilor, este extrem de importantă elaborarea unei baze științifico-informaționale privind simularea proceselor de formare și propagare a undelor de viitură pentru ulterioara aplicare în vederea evaluării impactului schimbărilor climatice, amenajărilor de albie, utilizării terenurilor bazinelor hidrografice asupra scurgerii maxime.

Estimarea schimbărilor ce au loc în sistemul hidrologic și cel social este obiectivul de bază a decadei științifice 2013-2022 a IAHS, denumită “Panta Rhei – Totul Curge: Modificarea în Hidrologie și Societate” (“Panta Rhei – Everything Flows: Change in Hydrology and Society”). La nivel conceptual, pe parcursul decadei științifice se pune accentul pe sistemele hidrologice ce ar reprezenta o interfață de schimbare între mediu și societate, dinamica cărora este esențială pentru a determina securitatea apei, siguranța și dezvoltarea umană, precum și pentru a stabili prioritățile pentru managementul de mediu [160]. În acest context, prezenta cercetare, în care este reflectată tema viiturilor pluviale și a estimării impactului antropic asupra regimului scurgerii maxime de pe râurile Republicii Moldova, se integrează perfect în direcția de cercetare aleasă de comunitatea științifică europeană pentru următorul deceniu.

Scopul studiului prezent este evaluarea modificărilor caracteristicilor viiturilor pluviale în condițiile impactului antropic.

Obiectivele cercetării:

- identificarea și aprecierea modificărilor regimului scurgerii de viitură sub acțiunea activității antropice în baza metodelor statice;
- simularea impactului antropic asupra proceselor de formare și propagare a undelor de viitură de pe râurile pilot utilizând modele hidrologice și hidrodinamice;
- aprecierea modificărilor zonelor riscului la inundații în condițiile schimbărilor de mediu.

Metodologia cercetării științifice. Pentru realizarea scopului și obiectivelor studiului au fost utilizate următoarele metode: metoda comparativă, abordarea Indicatorii Modificărilor Hidrologice, Componentele Scurgerii de Mediu, metoda genetică, metoda volumetrică, metoda Numărul de Curbă (SCS-CN), modelul hidrologic JAMS/J2000, modelul hidrodinamic HEC-RAS. De asemenea, în lucrare se aplică analiza factorială, SIG și metode statistice.

Noutatea și originalitatea științifică. Pentru prima dată pentru teritoriul Republicii Moldova, au fost estimate caracteristicile scurgerii de viitură în condiții staționare și nestaționare precum și a fost determinată dinamica temporală a viiturilor pluviale sub acțiunea modificărilor în acoperirea terenului și funcționării lacurilor de acumulare. A fost apreciat și cartografiat potențialul de formare, acumulare și propagare a viiturilor pluviale pentru teritoriul țării. Utilizând metoda Numărul de Curbă, metoda volumetrică și modelul hidrologic fizic distributiv JAMS/J2000 a fost demonstrat impactul utilizării terenului și activității agricole asupra

caracteristicilor viiturilor pluviale. În baza utilizării SIG și modelului HEC-RAS a fost estimat impactul schimbărilor climatice și a construcțiilor hidrotehnice: lacurilor de acumulare și a digurilor de protecție asupra propagării undei de viitură prin albie și luncă și a distribuției spațiale a riscului la inundații.

Problema științifică importantă soluționată constă în evaluarea modificărilor caracteristicilor temporale și spațiale ale scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova determinate de activitatea antropică.

Semnificația teoretică. Au fost identificați și analizați comparativ Indicatorii Modificărilor Hidrologice și Componentele Scurgerii de Mediu și evaluat impactul utilizării terenului și a lacurilor de acumulare asupra caracteristicilor scurgerii de viitură. A fost modelată repartiția spațială a indicilor potențialului viiturilor rapide, inundării și propagării undei de viitură pe teritoriul Republicii Moldova. A fost estimat aportul categoriilor acoperirii terenurilor și activităților agricole în formarea viiturilor pluviale și apreciate modificările proceselor de formare și propagare a undei de viitură sub acțiunea construcțiilor hidrotehnice, schimbărilor climatice și managementului terenurilor.

Valoarea aplicativă a lucrării. Rezultatele obținute pot fi utilizate pentru elaborarea planurilor de amenajare a teritoriului în vederea diminuării scurgerii maxime, optimizarea managementului viiturilor pluviale, implementarea măsurilor structurale și nonstructurale de protecție contra inundațiilor. De asemenea, rezultatele pot servi drept bază metodologică pentru perfecționarea documentelor normativelor naționale pentru determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul.

Rezultatele științifice propuse spre susținere:

- evaluarea dinamicii temporale a caracteristicilor scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova sub acțiunea modificărilor în acoperirea terenului și a funcționării lacurilor de acumulare;
- modele matematice și cartografice ale indicilor potențialului de formarea a viiturilor rapide, de inundare și de propagare a undei de viitură și ale stratului scurgerii de viitură, precum și aprecierea particularităților distribuției regionale ale acestora;
- modele matematice perfecționate de calcul a caracteristicilor scurgerii de viitură în condiții staționare și nestaționare, precum și a volumului scurgerii viiturilor utilizate pentru evaluarea modului de influență a categoriilor de acoperire a terenului în formarea viiturilor pluviale;
- aprecierea cantitativă a componentelor modelului genetic de calcul a debitelor maxime probabile, în special, evaluarea valorilor actuale a coeficientului forme hidrografului viiturilor și a coeficientului de reglare a debitelor maxime cu ajutorul lacurilor de acumulare;

- modele hidrologice și hidrodinamice de simulare a proceselor de formare a scurgerii de viitură și de propagare a undelor de viitură și aplicarea acestora pentru estimarea efectului modificării acoperirii terenului asupra dinamicii temporale a viiturilor pluviale la nivel local și regional și evaluarea impactului lacurilor de acumulare, a digurilor de protecție și schimbărilor climatice asupra dinamicii undei de viitură prin albie și a distribuției spațiale a zonelor de hazard/risc la inundații.

Aprobarea rezultatelor științifice. Valoarea științifică a cercetării a fost confirmată în cadrul conferințelor științifice naționale și internaționale: Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами (2010, Tiraspol), Water – History, Resources, Perspectives (2010, Chișinău), Conferința Internațională a Tinerilor Cercetători (ediția a VIII-a) (2010, Chișinău), Академику Л. С. Бергу – 135 лет (2011, Tiraspol), Географические исследования: история, настоящее, перспективы (2011, Harcov), Екологічні проблеми Чорного моря (2011, Odesa), Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології (2012, Odesa), Vulnerability and risk assessment using G.I.S. (2012, 2016, Cluj-Napoca), Conferința a V-cea a Academiilor Dunărene (2014, Chișinău), Modern Hydrometeorology: Topical Issues and the solutions (2014, Odesa), SIG (2014, Chișinău; 2016, Cluj; 2017, Iași), Conferința științifică anuală a Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor din România (2015, București), Mediul și dezvoltare durabilă, (ediția a III-a) (2016, Chișinău), Expoziția Internațională și Summitul cu ocazia Zilei Internaționale a SIG (2016, Istanbul), Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice (2016, Chișinău), Mediul actual și dezvoltare durabilă (ediția a XII-a, XIII-a) (2017, 2018, Iași), Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы (2017, Tiraspol), American Geophysical Union Fall Meeting (2018, Washington).

Implementarea rezultatelor științifice. Hărțile digitale privind scurgerea de viitură au fost implementate de Consiliile Raionale Glodeni și Fălești pentru elaborarea planurilor de amenajare a teritoriului și gestionarea bazinului hidrografic Camenca. Unele rezultate obținute au fost utilizate pentru managementul durabil al resurselor de apă și a situațiilor de risc hidrologic, optimizarea funcționării lacurilor de acumulare de către Direcția bazinieră de Gospodărire a Apelor, Agenția ”Apele Moldovei”.

Publicații la tema tezei. Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 23 lucrări științifice dintre care: capitole în monografii - 1, articole în: reviste cotate ISI - 2 (2 fără coautori), reviste de categoria B - 2 (2 fără coautori), reviste de categoria C - 3 (1 fără coautori), articole în diferite reviste științifice - 12 (7 fără coautori), teze la foruri științifice - 3 (2 fără coautori).

Cuvinte-cheie: viituri pluviale, modelare hidrologică și hidrodinamică, impact antropic, acoperirea terenului, lacuri de acumulare, SIG.

Structura și volumul lucrării: Teza este formată din introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, 264 surse bibliografice, 150 pagini de text de bază, 165 figuri, 17 tabele, 191 anexe, declarația privind asumarea răspunderii și CV-ul autorului. Teza este scrisă în limba română și engleză.

Sumarul compartimentelor tezei: În **introducere** este evidențiată importanța studiului regimului viiturilor pluviale și a impactului antropic asupra acestuia, este formulat scopul și trasate obiectivele cercetării, este argumentată noutatea științifică, semnificația teoretică și valoarea aplicativă a lucrării, este expusă informația privind aprobarea și implementarea rezultatelor; sunt descrise pe scurt capitolele tezei.

Capitolul I "Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale (reviul literaturii)" prezintă o descriere a cauzelor modificării proceselor de formare și propagarea a undelor de viitură sub acțiunea activității antropice din diferite perspective (modificări la nivelul suprafeței terestre și sistemului climatic, la nivelul bazinului hidrografic și din cadrul luncii râului, etc.). Este efectuată o evaluare scurtă a dezvoltării studiilor, în general, despre viiturile pluviale și, în special, despre impactul antropic asupra acestora (influența modificării în utilizarea terenurilor, irigații, urbanizării, schimbărilor climatice, lacurilor de acumulare, digurilor de protecție etc.) atât la nivel național cât și internațional. De asemenea, în cadrul capitolului, sunt evidențiate principalele metode utilizate pentru evaluarea modificărilor scurgerii de viitură în condițiile impactului antropic accentuat supra mediului.

Capitolul II "Metode și materiale de cercetare" conține o descriere a strategiei de efectuare a cercetărilor pentru atingerea scopului și obiectivelor studiului, modalitatea de selectare a zonelor de studiu precum și o prezentare succintă a metodelor directe și indirecte utilizate și a materialelor necesare aplicării acestora. Metodele principale sunt cele directe care se bazează pe analiza bazei de date și identificarea modificărilor scurgerii de viitură ca urmare a impactului activității antropice. Sunt descrise, pe scurt, metodele de apreciere a calității șirurilor de date și cele statistice de calcul a valorilor caracteristicilor scurgerii de viitură de diferită probabilitate. Modelele aplicate pentru simularea viiturilor pluviale sunt clasificate în statice și dinamice. Identificarea, utilizarea și prezentarea acestora în cadrul tezei de doctorat se efectuează în baza principiului creșterii complexității: de la simplu la complex, necesarul informațiilor de intrare fiind minim pentru cele statice și maxim pentru cele dinamice. Din metodele statice se menționează: Numărul de Curbă, genetică, volumetrică, din cele dinamice: modelului hidrologic JAMS/J2000 și hidrodinamic HEC-RAS.

Capitolul III "Evidențierea impactului antropic asupra scurgerii de viitură în baza metodelor directe și statice" include rezultatele analizei bazei de date hidrologice din cadrul rețelei naționale de monitoring, aplicării abordării Indicatorilor Modificărilor Hidrologice și evaluării impactul direct al activităților agricole și al funcționării lacurilor de acumulare asupra viiturilor de pe râurile mici și mari. De asemenea, sunt prezentate rezultatele estimării scurgerii de viitură în condiții staționare și nestaționare. Capitolul cuprinde perfecționarea și aplicarea metodologiei de identificare a potențialului de formare, acumulare și propagare a viiturilor pluviale. Sunt incluse rezultatele utilizării metodelor statice: Numărul de Curbă, genetică, volumetrică pentru modelarea scurgerii de viitură și estimarea impactului antropic: modificările în acoperirea terenului, activitățile economice, funcționarea lacurilor de acumulare asupra caracteristicilor acesteia.

Capitolul IV "Evaluarea impactului antropic asupra proceselor de formare și propagare a scurgerii de viitură în baza modelelor dinamice" este format din două compartimente de bază care conțin evaluări ale dinamicii viiturilor pluviale pe exemplul unor râuri-pilot. Primul descrie procesul de aplicare a modelului hidrologic JAMS/J2000 și rezultatele utilizării acestuia pentru aprecierea impactului modificărilor acoperirii terenului din ultimii 30 ani asupra scurgerii de viitură din cadrul râurilor-pilot Răut, Căinari, Cubolta, Bălțata, Pojarna, Ișnovăț, Bâc, Botna, Ialpug, Salcia Mare, Lunga. De asemenea, a fost efectuată modelarea scurgerii naturale a r. Bâc la p. Chișinău și comparată cu scurgerea monitorizată de la același post, influențată semnificativ de funcționarea l.a. Ghidighici. Al doilea compartiment conține rezultatele calibrării, validării și aplicării modelului hidrodinamic HEC-RAS pe râurile pilot Nistru și Bâc cu scopul de a evalua impactul schimbărilor climatice și a structurilor hidrotehnice: digurile de protecție contra inundațiilor și lacurile de acumulare Dubăsari și Ghidighici asupra proceselor de propagare a viiturilor pluviale prin albie, repartiției spațiale a zonelor de hazard și risc la inundații, daunelor potențiale și populației afectate.

În concluzii generale și recomandări sunt incluse principalele rezultate obținute, concluziile generale și recomandări.

Bibliografia cuprinde principalele surse bibliografice utilizate pentru efectuarea cercetării.

În **anexe** sunt incluse materialele adiționale și rezultatele cercetărilor în formă de tabele, grafice, diagrame, hărți etc. efectuate pe parcursul realizării tezei de doctorat.

1. VIITURILE PLUVIALE ÎN CONDIȚIILE IMPACTULUI ANTROPIC (REVIUL LITERATURII)

1.1. Procesele de formare și propagare a viiturilor

Viitura pluvială reprezintă creșterea bruscă a nivelului și a debitului apei unui râu care provoacă revărsarea lui și inundarea teritoriilor adiacente. Viiturile pluviale sunt fenomene complexe ce fac parte din circuitul apei în natură. Factorul natural determinant în formarea viiturilor pluviale este circulația atmosferică, care contribuie la apariția unor situații sinoptice specifice însoțite de căderea unor ploi torențiale puternice, ce generează cantități mari de precipitații într-un timp foarte scurt. Printre cele mai periculoase sunt ploile torențiale locale, care creează condiții favorabile pentru formarea inundațiilor catastrofale, în special, pe râurile mici. Cea mai mare parte din cantitatea de apă căzută, în aceste condiții, nu reușește să se infiltreze în sol și se scurge pe versanți, concentrându-se în albiile râurilor. Capacitatea de transport a apei prin albia minoră este depășită și surplusul de apă se revarsă în lunci, provocând inundarea teritoriului. Inundațiile reprezintă fenomene naturale ordinare în evoluția bazinelor hidrografice. Ele devin dezastre sau catastrofe în condițiile suprapunerii lor peste un spațiu antropizat, cauzând pierderi de vieți omenești și pagube materiale [10, 100, p. 1, 188, p. 5]. În perioada contemporană, când numărul populației și necesitatea de spațiu ca resursă naturală se află în creștere, societatea utilizează în scopuri economice, atât bazinul hidrografic, ca sistem natural, cât și albiile râurilor generând alterări și modificări ale proceselor de formare și propagare ale viiturilor pluviale.

Bazinul hidrografic este un sistem natural deschis și operează cu intrările de materie și energie, modificările acestora sub acțiunea diferitor procese și ieșirile lor din sistem [19, 26, 27]. Evaluarea viiturilor pluviale și a influenței activității antropice asupra acestora, efectuată din perspectiva teoriei sistemice, ia în calcul totalitatea proceselor ce au loc în cadrul bazinului hidrografic și complexitatea factorilor, parametrilor și variabilelor ce duc la formarea scurgerii de viitură. Specificul impactului antropic se rezumă la faptul că produce modificarea proceselor naturale prin instalarea unor variabile specifice socio-economice ce influențează caracteristicile ieșirilor din sistem - în cazul nostru - scurgerea maximă a viiturilor pluviale (fig. A1).

Managementul și activitatea antropică provoacă modificări atât a proceselor de formare a debitelor, cât și de scurgere a apei. Este evident, că activitățile ce au loc în cadrul bazinului hidrografic (de ex. practicile agricole, urbanizarea) influențează procesele de formare pe când măsurile ingineresti și de management *de-a lungul sistemelor hidrografice* influențează propagarea undelor de viitură [78, p. 515]. Reieșind din faptul că scurgerea râurilor (în special a

celor mari) are caracteristici specifice în diferite sectoare ale bazinului hidrografic, efectele activității antropice pot fi analizate spațial diferit [preluat și modificat din 48, p.10]:

- Condițiile naturale din *partea superioară a bazinului hidrografic* (relief accidentat, versanți proeminenți, lunci înguste, alpii puțin adânci) în asociere cu ploile torențiale determină scurgeri masive de pantă ce provoacă crearea viiturilor rapide caracterizate printr-o viteză mare de curgere, debite ridicate și durată scurtă de formare. Efectul acestora poate fi amplificat de așa activități cum ar fi *despăduririle sau pășunatul excesiv* ce duc la reducerea capacității de retenție a apei în sol sau de stratul vegetal, intensificarea caracterului torențial al scurgerii apei, precum și producerea eroziunii intense a solului;

- În *partea de mijloc a bazinului hidrografic* relieful este mai puțin fragmentat, lunca se lărgeste și terasele devin mai evidențiate, activitatea antropică e mai proeminentă. *Despădurirea, pășunatul, lucrările agricole* duc la intensificarea scurgerii maxime de pantă și a eroziunii solului. Mărirea numărului și suprafeței *localităților* condiționează acoperirea solului cu materiale impermeabile care diminuează capacitatea de reținere a apei de vegetație precum și de infiltrare în sol, ce generează formarea viiturilor urbane cu debite și viteze foarte înalte și timp de concentrare mic. În cazul lipsei *sistemelor de canalizare* pluvială eficiente în zonele urbane viiturile provoacă daune considerabile și victime umane;

- *Partea inferioară a bazinului* este, de obicei, reprezentată de câmpii cu pante mici, luncă foarte largă, meandre, viteze mici de apă, capacitatea de transport a aluviunilor mică, procese de sedimentare. *Activitățile agricole* practicate în luncile râurilor devin vulnerabile în fața viiturilor pluviale din cauza extinderii foarte mari a suprafețelor potențial inundabile ale acestora. Creșterea procesului de urbanizare și costurile mici ale terenurilor din zonele supuse inundațiilor ce atrag de multe ori populația nevoiașă condiționează majorarea *expunerii și vulnerabilității populației* la inundații. Propagarea undelor de viitură din amonte la bazinul în combinație cu viiturile locale și efectul de remuu creează condiții pentru formarea viiturilor complexe ce se mențin, de regulă, perioade mai îndelungate de la câteva zile la câteva săptămâni. Lipsa/starea neadecvată a *structurilor hidrotehnice* de protecție contra inundațiilor poate cauza repartiția masivă a apelor viiturilor pluviale în luncă și, respectiv, daune economice și sociale enorme [modificat 48, p.10].

Specificul proceselor de formare a viiturilor pluviale diferă atât la nivel de bazin hidrografic, cele mai devastatoare fiind viiturile pluviale complexe, cât și din punct de vedere al dimensiunii propriu-zise ale acestuia, astfel încât modificările de mediu determină schimbări mai accentuate ale caracteristicilor viiturilor pluviale generate în cadrul bazinelor hidrografice mici urmate de cele medii și, mai puțin, cele mari. Cu toate acestea, relația între manifestarea viiturii

în partea superioară a bazinului și evoluția viiturii la nivelul întregului bazin hidrografic este de obicei foarte complexă și uneori nu este pe deplin înțeleasă [188, p. 97].

Estimarea impactului antropic asupra regimului viiturilor pluviale este efectuată prin analiza modificărilor caracteristicilor hidrologice ale scurgerii maxime care se clasifică în:

- temporale – formarea viiturii pluviale este un proces complicat cauzat de interacțiunea unui set larg de factori naturali și antropici rezultatul cărora este unda de viitură caracterizată prin hidrograful viiturii, caracteristicile căruia sunt enumerate în figura 1.1 [17, 249, 261]

- spațiale – formarea viiturilor pluviale cauzează inundarea luncilor iar prin extinderea zonelor agricole și urbane în cadrul albiilor, societatea determină creșterea vulnerabilității propriilor teritorii la inundare. În acest fel, crește riscul la inundații (fig. 1.2) care este caracterizat de:

- *probabilitate a inundației* – raportul, exprimat în procente sau părți din unitate, dintre numărul de cazuri (ani) cu condiții favorabile pentru apariția inundațiilor și numărul total de ani calculați

- *hazardul de inundații* – fenomen natural și/sau antropic cu caracteristici apreciable ale inundației (suprafața inundabilă, durata, adâncimea, viteza de propagare a undei de viitură, etc.)

- *expunere la inundații* – cuantificarea receptorilor care pot fi influențați de producerea inundațiilor (numărul populației, numărul și tipul de bunuri etc.)

- *vulnerabilitate la inundații* – sensibilitatea unei comunități în fața inundațiilor, susceptibilitate determinată de factorii fizici, sociali, economici și de mediu [31].

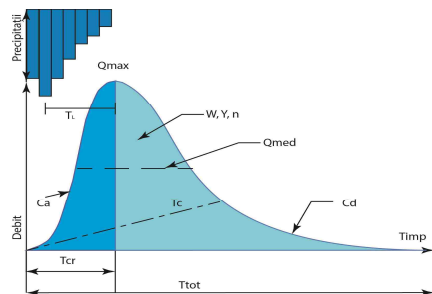


Fig. 1.1. Modelul hidrografului viiturii pluviale

unde:

Q_{max} – debitul maxim al viiturii (instantaneu), m^3/s ;

Q_{med} – debitul mediu al viiturii, m^3/s ;

W – volumul undei de viitură, mil. m^3 ;

Y – scurgerea de viitură, mm

n – forma hidrografului undei de viitură

Conform cercetărilor efectuate de școlile hidrologice europene [108], modificările regimului scurgerii de viitură pot fi reprezentate teoretic prin tendința și direcția de deplasare a șirului de date a debitelor maxime sub acțiunea activității antropice. În mod grafic, impactul ipotetic al trei tipuri de factori asupra debitelor maxime instantanee ca funcție a suprafeței

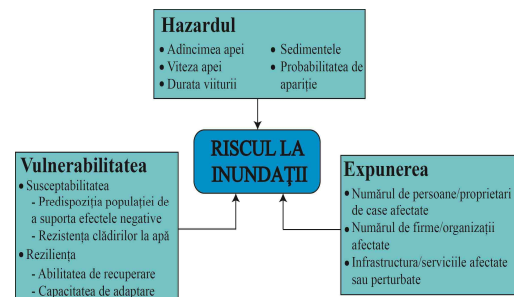


Fig. 1.2. Componentele riscului la inundații [tradus din 119, p.18]

T_{cr} – timpul de creștere a viiturii

T_L – timpul de întârziere a viiturii

T_c – timpul de concentrare a viiturii;

T_{tot} – durata totală a undei de viitură;

Ca – curba ascendentă a hidrografului;

Cd – curba descendentă a hidrografului;

bazinului hidrografic este reprezentat în figura 1.3, unde se observă că: îngustarea luncii (fig. 1.3a) determină creșterea debitul maxim proporțională cu suprafața bazinului hidrografic; creșterea suprafeței urbanizate provoacă majorarea debitului maxim în special în bazinele hidrografice mici (fig. 1.3b), iar variabilitatea climatică, la rândul său, are efect atât de diminuarea, cât și de majorarea a debitelor indiferent de suprafața bazinului hidrografic. Modificarea debitelor maxime sub acțiunea factorilor antropici este evaluată nu doar la nivel spațial, ci și temporal (fig. 1.4). Construcțiile hidrotehnice determină schimbări semnificative vizibile ale regimului debitului maxim (fig. 1.4a), pe când variațiile utilizării terenului și a elementelor climatice determină modificări graduale ale trendului debitelor maxime multianuale (fig. 1.4 b, c). Modificările de albie și regularizarea râului cauzează creșterea probabilității viiturilor mici și medii, pe când funcționarea lacurilor de acumulare diminuează probabilitatea de apariție a viiturilor medii (fig. 1.5).

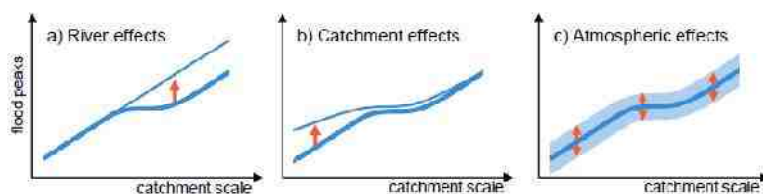


Fig. 1.3. Impactul ipotetic al trei tipuri de factori asupra debitelor maxime instantanee relative ca funcție a suprafeței bazinului hidrografic. (a) Albia râurilor (diminuarea capacității de retenție a luncii) (b) Bazinul hidrografic: schimbarea utilizării terenurilor (ex. urbanizarea), (c) circulația atmosferei (schimbările climatice, modificările caracteristicilor ploilor torențiale). Linia subțire și săgețile roșii ilustrează efectul unuia dintre cele trei grupuri de factori asupra debitelor maxime ale viiturilor. [tradus din 108, p. 2738].

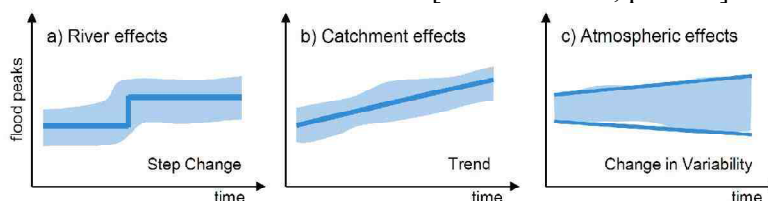


Fig. 1.4. Tipuri de modificări tipice ale debitelor maxime instantanee ce au loc pe parcursul deceniilor sau secolelor cauzate de a) construirea/demontarea construcțiilor hidrotehnice, b) modificarea graduală a utilizării terenurilor, c) creșterea intensității variabilității precipitațiilor extreme. Ariile umbrite reprezintă variabilitatea intra-decadală. [tradus din 108, p. 2739].



Fig. 1.5. Impactul ipotetic a trei tipuri de activități de inginerie hidraulică asupra curbei frecvenței debitelor maxime de viitură. (a) regularizarea râului (b) construirea digurilor de protecție (c) construirea bazinelor de retenție [tradus din 108, p. 2752].

Din perspectiva evaluării *relațiilor societate-viitură*, trebuie menționat faptul că adaptarea societății la inundare se efectuează pe parcursul mileniilor. Ca exemplu poate servi civilizația Egiptului Antic pentru care inundațiile fluviului Nil reprezentau nu doar o sursă valoroasă de apă dar și de sol fertil. Pot fi menționate, de asemenea, civilizațiile din văile fluviilor Tigru și Eufrat, Gange și Indus, Huang He și Chang Jiang care își adaptau activitățile la oscilațiile sezoniere ale debitelor râurilor. Din altă perspectivă, progresul socio-economic recent a devenit o forță motrice importantă în gestionarea bazinelor hidrografice și organizarea spațiului luncilor râurilor, astfel încât a dus la modificarea caracteristicilor viiturilor pluviale și a zonelor potențial inundabile. În prezent, *relația societate – viitură* este vizualizată și evaluată din perspectiva acomodării antropice fără a ține cont de legăturile de reciprocitate, astfel, provocând dileme cum ar fi *Spațiu pentru apă – Spațiu pentru om, Cooperare - Conflict* [91, 108, 110]. Managementul din *cadru luncii râurilor* determină formarea mai multor tipuri de *conexiuni în relația om - râu* ce se formează în funcție de *măsurile de apărare contra efectelor distructive ale inundațiilor*:

- pasive, fără intervenții în albia minoră și majoră;
- preventive, când au fost întreprinse primele măsuri de apărare contra inundațiilor, protejând parțial bunurile și terenurile de efectele inundării teritoriilor;
- active, când au fost efectuate lucrări de amenajare a luncilor: regularizarea albiilor, întărirea malurilor, construcția digurilor, ș.a. Aceste activități au fost determinate de activizarea procesului de urbanizare și, respectiv, de necesitatea de apărare a localităților contra inundațiilor și creștere a siguranței vieții populației.
- complexe, ce constă în amenajarea complexă a bazinelor hidrografice. Construcția lacurilor de acumulare, fie singulare sau în cascadă, a permis redistribuirea volumelor de apă a viiturilor și reducerea efectelor distructive a inundațiilor, în acest fel ridicând siguranța vieții și protecția terenurilor agricole și industriale din aval. Arealele de formare și propagare a viiturilor au fost analizate și tratate ca sisteme funcționale unitare [54, p. 132].

Este important de menționat că în pofida faptului că majoritatea inundațiilor sunt, mai mult sau mai puțin, fenomene naturale (intensificate de activitatea umană cum ar fi utilizarea terenurilor), riscul la inundații este, în mare măsură, de origine antropică [188, p. 5]. Conform autorilor [79, p. 437] principalii factori antropici ce cauzează schimbările hazardului și vulnerabilității la viituri sunt: urbanizarea, îndiguirea, regularizarea râurilor etc. (tab. A1). Cel mai considerabil efect asupra repartiției spațiale a zonelor inundabile este determinat de construcțiile hidrotehnice care au scopul de protecție și, respectiv, de diminuare a riscului. Micșorarea secțiunilor de scurgere a apei influențează evoluția temporală și spațială a scurgerii

de viitură și condiționează modificări ale caracteristicilor viiturilor pluviale și a probabilității de apariție a acestora.

În rezultatul evaluării proceselor de formare și propagare a undei de viitură în condițiile activității antropice, s-a constatat că modificarea regimului scurgerii de viitură este cauzată de:

- Activități antropice de pe suprafața terestră:
 - Schimbări ce au loc la nivelul bazinului hidrografic: activitățile agricole, despădurirea, urbanizarea, ș.a.;
 - Lucrări de amenajare a albiei (regularizarea albiei minore, construcția lacurilor de acumulare, a digurilor de protecție, polderelor, ș.a.)
- Modificări ce au loc în sistemul climatic:
 - Variația/schimbarea climei cauzate de activitatea antropică

1.2. Evaluarea nivelului actual de cercetare a scurgerii de viitură

Procesele de formare a viiturilor pluviale sunt condiționate, atât de factorii naturali cât și de cei antropici. O serie mare de lucrări au fost dedicate studiului legităților de formare a scurgerii maxime sub acțiunea factorilor naturali atât pe plan național cât și internațional [5, 7, 9, 10, 14, 19, 23, 24, 26, 27, 29, 42, 43, 48, 51, 52, 56, 58, 64, 65, 79, 80, 100-102, 108, 109, 188, 208-211, 232, 234, 235, 236, 241, 261, 262, 264, ș. a.]. Cercetarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale a fost determinată de creșterea rapidă a numărului populației (și, respectiv, a presiunilor asupra mediului) precum și de dezvoltarea hidrologiei moderne (experimentale/cantitative) caracteristică pentru perioada ultimelor 150 ani. Bazele conceptuale a cauzelor formării viiturilor pluviale și primele încercări de a calcula dimensiunile scurgerii maxime apar în a doua jumătate a sec. al XIX-lea [212]. Un aport important în acest domeniu îl aduc cercetările efectuate de inginerii-hidrologi irlandezi și în special dezvoltarea de către Mulvaney T. a formulei raționale care este utilizată și astăzi în cercetare. Acestuia îi revine și ideea cercetării impactului diferitor factori asupra scurgerii pluviale pe bazine hidrologice experimentale. Manning R. (Irlanda) a observat că lucrările de drenare pot reduce timpul de concentrare a viiturii ceea ce cauzează creșterea debitului maxim, iar Lombardini (Italia) a menționat în lucrările sale că despădurirea duce la majorarea viiturii condiționată de scurgerea rapidă a apei de pe pante. Inundațiile cauzate de precipitațiile torențiale pe râurile Loire, Sena și Ron din anii 30-40 ai sec. al XIX-lea au determinat evoluția unei noi tendințe în cercetarea scurgerii de viitură - prognoza viiturilor pluviale. Serviciul de prognoză hidrologică creat în premieră de Belgrand E. (Franța) a servit exemplu pentru organizarea altor servicii de acest gen atât în Franța cât și în alte țări europene. Belgrand E. a reușit să identifice legătura între procese

de formare a scurgerii de viitură de pe Sena și precipitațiile maxime, gradul de infiltrare, localizarea afluenților și a altor factori. În aceeași perioadă apar ecuațiile lui Bernoulli D. (Elveția), Manning R. (Franța), Chezy A. (Franța), St. Venant J. C. B (Franța) care sunt utilizate și în prezent în cercetare și hidrologia inginerască. Școala franceză se poate numi pe deplin fondatorul hidrologiei ca știință precum și a studierii scurgerii maxime și propagării undei de viitură [212].

Perioada interbelică este remarcată de cercetările lui Horton R. (SUA) care a elaborat ecuația infiltrației pentru determinarea excesului precipitațiilor, lui Sherman L.R. (SUA) prin teoria hidrografului unitar ce constă în convertirea excesului precipitațiilor în hidrograf al scurgerii, lui Gumbel E. J. (Germania) care propune distribuția valorilor extreme pentru analiza frecvenței scurgerii maxime. Perioada postbelică se caracterizează printr-o dezvoltare rapidă a cercetărilor în domeniul viiturilor pluviale. Odată cu ridicarea gradului de cunoaștere a proceselor fluviale, a factorilor ce sunt implicați în formarea scurgerii de suprafață, cât și subterană în baza descrierii fenomenelor naturii, a cercetărilor experimentale dar și a datelor observațiilor hidrologice de la posturile hidrometrice instalate pe râuri în secolele XIX-XX, progresează abordările teoretice a proceselor scurgerii de viitură. Practicile internaționale de apreciere a caracteristicilor scurgerii maxime sunt pe larg descrise în "Расчеты Паводочного Стока. (Методы Расчетов На Основе Мирового Опыта)" [261]. În această lucrare, efectuată în contextul Decadei Hidrologice Internaționale declarate de UNESCO pentru 1965-1974, se conturează experiența internațională în determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul a scurgerii viiturilor în cazul lipsei / prezenței informației hidrometeorologice sau în baza cercetărilor de teren; în aplicarea curbelor de repartiție pentru calculul viiturilor, în construirea hidrografelor undelor de viitură; în identificarea nivelurilor maxime de calcul a râurilor și lacurilor. Estimarea impactului factorilor antropici se regăsește în capitolul dedicat metodelor de calcul și analiză a scurgerii maxime în cazul lipsei sau insuficienței datelor observațiilor hidrometeorologice. Metodologia descrisă se bazează pe două clase de metode: prima include formule empirice regionale (cum ar fi formule empirice reducționale ș.a.), iar a doua - metode ce cuprind formule genetice de modelare a scurgerii care reflectă definirea conceptelor teoretice despre procesele de formare a scurgerii de versant și de albie (cum ar fi formule volumetrice, formule ce se bazează pe teoria izocronelor, formule de determinare a intensității maxime a ploii, metoda rațională). Impactul antropic este redat sub forma unor coeficienți ce exprimă modificarea suprafeței relative a mlaștinilor, lacurilor de acumulare sau pădurilor. Principiile și metodele de calcul ale scurgerii maxime expuse în această lucrare sunt incluse în practicile și standardele naționale de determinare a caracteristicilor hidrologice de calcul ale țărilor ex-URSS,

SUA, Polonia, Marea Britanie, Franța, India, Olanda, Germania, Italia, Japonia, Spania, România, ș.a.

Experiența statelor fostei URSS în domeniul hidrologiei și resurselor de apă de la sfârșitul sec. al XIX până în anii '70 ai sec. al XX se regăsește în "Очерки и развитие гидрологии в СССР" [262]. Estimarea influenței factorilor naturali (acoperirea terenului, relieful, solurile ș.a.) și antropici (modului de prelucrare a solului, activităților de irigare/desecare, lucrări agrotehnice ș.a.) asupra scurgerii a fost efectuată în baza cercetărilor expediționare și a celor de la stațiile experimentale de bilanț al apei. Concluzia de bază a acestor cercetări constă în faptul că rolul acestor factori crește odată cu descreșterea suprafeței bazinului hidrografic, respectiv, pentru bazinele hidrografice medii și mari, scurgerea se formează în baza legităților zonale, pe când pentru bazinele hidrografice mici primordiale sunt influențele factorilor azonali [262, p. 69]. Dezvoltarea cercetărilor teoretice asupra caracteristicilor scurgerii a fost determinată, în special, de necesitatea calculelor hidrologice pentru proiectarea diferitor structuri hidrotehnice și a activităților de gospodărire a apei. Importanța acestor calcule este determinată de faptul că dimensiunile caracteristicilor hidrotehnice ale podurilor, conductelor, țevelor, a autostrăzilor, căilor ferate, precum și a construcțiilor de evacuare a apei din lacuri de acumulare depind în mare parte de debitul maximal al apei. Astfel, a fost pusă baza normativelor de calcul a debitelor maxime probabile. Primele documente de acest fel au apărut în 1882 bazate pe metodologia propusă de Kestlin care ulterior au fost perfecționate în baza contribuțiilor de Dubelir G. în 1926, Protodiakonov M. în 1932 și 1938, Boldaco E. și Cegodaev N. în 1955. În paralel cu activitățile de elaborare a normelor și normativelor caracteristicilor hidrologice de calcul, au evoluat cercetările fundamentale în domeniul formării și propagării scurgerii de viitură ce au rezultat în binecunoscutele metode: modelul izocronelor (Alexeev G., Oghievskii A., ș.a.), formula volumetrică (Kostiakov A., Sokolovskii D. ș.a.), bilanțului scurgerii de apă pe versant (Velikanov M., Befani A. ș.a.), metode empirice regionale (Kocerin D., Sokolovskii D., Oghievskii A., ș.a.). Influența factorilor naturali și antropici asupra resurselor de apă, în mare parte, a fost efectuată prin compararea scurgerii râurilor ale căror bazine se caracterizează prin diferit grad de împădurire, acoperire cu zone umede, lacuri de acumulare etc. Cu toate acestea, a fost estimat, că, de cele mai multe ori, devierea scurgerii unui sau altui râu de la valoarea regională este determinată nu de un singur factor (cum ar fi gradul de împădurire) ci de un set de cauze interdependente și se explică prin impactul concomitent a reliefului, solurilor, straturilor geologice, acoperirii terenurilor ș.a. [262, p. 285]. În acest sens au fost efectuate un număr mare de cercetări care au identificat anumite legități ale influenței factorilor naturali și antropici asupra scurgerii maxime. Astfel, în cazul unui relief accidentat, are loc creșterea scurgerii maxime de

versant, iar în cazul regiunilor mai puțin fragmentate scurgerea se reduce majorându-se evaporarea. Reglarea, în sensul diminuării scurgerii maxime, este determinată de așa factori cum sunt: carstul, gradul semnificativ de împădurire și funcționarea lacurilor de acumulare. Un rol important asupra potențialului de reglare scurgerii maxime îl are așezarea lacurilor de acumulare în cadrul bazinului. A fost demonstrat, că lacurile de acumulare situate pe cursurile medii și inferioare au o capacitate mai ridicată de modificare a debitelor maxime în comparație cu cele situate în amonte. Aproximativ aceeași legitate se observă și în cazul poziționării zonelor umede [262]. Impactul lucrărilor de desecare precum și a activităților agricole nu a fost pe deplin studiat și, respectiv, prezintă un interes de cercetare de viitor.

Inundațiile catastrofale ce au avut loc în ultimele decenii pe râurile Europei precum și prognozele majorării intensității și frecvenței evenimentelor climatice extreme ce condiționează formarea viiturilor pluviale au stat la baza elaborării unor studii ample privind modificarea regimului scurgerii de viitură, ce au fost efectuate de grupuri de cercetători din centrele de cercetare a problemei inundațiilor din statele europene: Austria, Suedia, Italia, Cehia, Polonia, Germania, Franța, Spania, Elveția, ș.a. [79, 108]. Acestea se axează, în special, pe estimarea modificărilor regimului scurgerii de viitură precum și a factorilor generatori (precipitațiile torențiale) în baza analizei șirurilor de date, evidențierea regională a modificărilor scurgerii în sensul creșterii/descrășterii caracteristicilor acesteia, evoluția spațială și temporală a numărului și consecințelor inundațiilor precum și evaluarea scenariilor de viitor a regimului scurgerii. Cercetări asupra impactului antropic asupra scurgerii maxime au fost descrise în lucrările [79, 108], anumite rezultate fiind conturate în figurile 1.3-1.5 și tabelul A1.

O imagine generală a dimensiunilor și *frecvenței inundațiilor catastrofale* de pe râurile Republicii Moldova este oferită atât de datele monitoringului hidrologic cât și de *documentele de arhivă* în care se păstrează informații valoroase despre natura spontană a acestui fenomen [23, 140]. Date despre inundațiile din regiunea dintre Carpați și Nistru se prezintă în diferite documente istorice, letopisețe, în descrierile unor călători străini care au vizitat Țara Moldovei. Conform letopisețelor, cronologia inundațiilor catastrofale pe Nistru și Prut cuprinde o perioadă de aproape șapte secole [23, 52, 140, 264]. Documentele bisericești și alte materiale de arhivă conțin descrieri despre inundațiile de pe Nistru din anii 1146, 1230, 1572, 1649, 1668, 1700, 1730, 1757, 1814, 1823, 1827, 1864, 1882, precum și de pe râul Prut, care au avut loc în 1812, 1825, 1827, 1841, 1843, 1889 și 1893 [23, 234]. *Observațiile instrumentale* asupra scurgerii râurilor Republicii Moldova sunt efectuate de către SHS din 1878 când a fost organizat primul post hidrologic pe fluviul Nistru în or. Tighina. Către 1940 numărul posturilor s-a mărit la 20. În 1953 se deschide stația de bilanț al apei Bălțata, iar în 1957 - stația hidrologică pe lacul de

acumulare Dubăsari. În 1950 este emisă prima prognoză a viiturilor pluviale, iar în 1953 – prognoza volumului viiturilor pluviale [38]. Către începutul anilor '70, pe râurile și lacurile Republicii Moldova funcționau deja 76 posturi hidrometrice, la peste 50% dintre acestea efectuându-se măsurători asupra debitelor râurilor. Ulterior, în procesul de funcționare a monitoringului hidrologic, o parte din punctele hidrometrice au fost închise între anii 1987-1995 [56]. Din 2006 începe procesul de instalare a stațiilor hidrologice automate, inițial, pe r. Răut, apoi, pe r. Prut și Nistru [20]. În 2010 au fost introduse în practică codurile internaționale în 4 culori pentru avertizarea fenomenelor meteorologice și hidrologice periculoase în baza cărora populația este informată despre tipul și caracteristicile riscului hidrologic precum și este recomandat un set de acțiuni ce trebuie întreprinse în cazul apariției hazardurilor hidrometeorologice [38]. În prezent, rețeaua națională de monitoring hidrologic a apelor de suprafață este alcătuită din aprox. 60 de posturi hidrologice [20]. Cu toate acestea, pentru optimizarea rețelei de monitoring, numărul posturilor trebuie extins mai ales pentru eficientizarea managementului la inundații [35, 238]. Este important de ținut cont de principiul bazinal pentru amplasarea stațiilor meteorologice și celor hidrologice, astfel încât stațiile meteorologice să reflecte situația sinoptică din bazin și să permită elaborarea prognozelor hidrologice coerente, în special, pentru râurile mici. Pe parcursul perioadei observațiilor instrumentale ale scurgerii au fost înregistrate viituri care au provocat inundații devastatoare pe Prut 1959, 1965, 1969, 1970, 1971, 1975, 1991, 1996, 1998, 2008, 2010 [29, 55, 77], Nistru 1911, 1941, 1955, 1969, 1980, 1989, 2008, 2010 [29, 140] iar pe râurile mici în anii 1948, 1949, 1956, 1963, 1968, 1971, 1973, 1984, 1989, 1991, 1994, 1998, 1994, 1999, 2005 [14, 29, 234].

În literatura de specialitate din Republica Moldova se regăsește un număr mare de lucrări scrise recent și dedicate *descrierii și analizei informațiilor despre viiturile pluviale* și caracteristicile acestora [29, 52, 56, 58, 59, 234, 241]. Din cele mai recente lucrări, în [56] au fost sistematizate rezultatele cercetărilor din domeniul factorilor generatori ai inundațiilor, analizei datelor hidrologice, precum și un rezumat al experienței internaționale a cercetărilor și al elaborării măsurilor eficiente de protecție contra inundațiilor. În lucrarea [29] sunt reprezentate aspectele generale, tipurile, daunele, aspectele de risc, exemple, măsuri de atenuare și reducere a riscului provocat de inundații precum și de ploile torențiale - principalii factori de producere a viiturilor pluviale. În altă lucrare [58] viiturile pluviale sunt caracterizate din perspectiva perioadei de apariție, duratei, volumelor, nivelelor și debitelor maxime, de asemenea, sunt descrise viiturile catastrofale ce au determinat daune semnificative țării. Descrierea și analiza detaliată a proceselor de formare și propagare a viiturilor manifestate recent se regăsesc în studiile și articolele științifice redactate de Melniciuc O., Lalâkin N., Arnaut N. ș.a. [23, 24, 49,

51, 56, 77, 129, 134-136, 140, 229, 232, 234-236, 241, 244 ș.a.]. Astfel, în cadrul surselor bibliografice este efectuată evaluarea detaliată a principalelor caracteristici ale viiturilor pluviale și a inundațiilor provocate de ele.

Elaborarea *studiilor la nivel național* și efectuarea lucrărilor de construcție și/sau reconstrucție a structurilor hidrotehnice menite să protejeze localitățile și terenurile agricole de la inundații este impulsionată, în principal, de prejudiciul cauzat de inundațiile catastrofale. Astfel, în rezultatul efectelor distructive ale viiturilor din anii '40 ai secolului trecut, au fost construite primele lacuri de acumulare (de ex. Dubăsari, Ghidighici) și diguri de protecție contra inundațiilor pe Nistru, Bâc, Botna etc. Ca urmare a viiturilor din 1969, a continuat și s-a intensificat construcția și întărirea structurilor hidrotehnice (de ex. au fost date în exploatare l. a. Costești-Stânca, Novodnestrovsk). După finalizare lucrărilor de construcție a infrastructurii de protecție, abordarea inundațiilor a căpătat o nouă percepere, aceasta fiind identificată ca situație de risc potențial în cazul când construcțiile hidrotehnice nu pot asigura protecția cuvenită. Ca urmare, accentul activităților de protecției s-a reorientat către râurile mici și mijlocii, pe care viiturile generate de ploile torențiale se manifestă practic anual [35, 227]. Viiturile catastrofale de pe râurile mici și mijlocii din 1991, 1994 au determinat efectuarea unor noi studii în domeniul protecției contra inundațiilor cum ar fi elaborarea schemei de protecție împotriva inundațiilor a localităților din Republicii Moldova, realizată de către Institutul ACVA-Proiect în 1996-1998 [34, 60]. În rezultatul cercetărilor, au fost identificate zonele potențial inundabile de râurile Republicii Moldova și a fost estimat, că în zonele de risc sunt situate 659 localități cu o populație de 103 mii loc. [60, 238]. Cu toate acestea, numărul considerabil de calcule ce a fost inclus în 40 de volume, în mare parte se referă la evaluarea zonelor potențial inundabile pentru probabilitatea de depășire a viiturilor de 1% utilizând metodologia din normativele vechi [23, 56, 234]. Inundațiile din 2008 și 2010 au impulsionat apariția și dezvoltarea unor studii ample în domeniul inundațiilor cum sunt cele prezentate în [23, 24, 176]. Pentru cercetarea problemei viiturilor pluviale au fost utilizate și aplicate noi metode și modele integrate în programe de calculator ce a constituit o nouă etapă de cercetare și evaluare a scurgerii maxime.

Cercetările *proceselor de formare a viiturilor pluviale* de pe râurile Republicii Moldova se bazează pe aplicarea principiilor metodologice locale și regionale. Primele studii dedicate scurgerii maxime au fost efectuate de: Slastihin V. [234, 262], Befani A. [208-210, 234], Lalâkin N. [56, 229], Melniciuc O. [23, 49, 51, 232, 234-236, 238, 241, 243] ș.a. Conținutul principal al acestor cercetări constă în studiul și adaptarea metodelor empirice și volumetrice pentru determinarea parametrilor de calcul a scurgerii de viiturii de pe râurile Republicii Moldova și Ucrainei. Un interes deosebit în studiul viiturilor îl prezintă cercetările specialiștilor Universității

Ecologice de Stat din Odessa, și în special, ale lui Befani A., Gopcenco E. [208-210, 217, 218, 237] dedicate evaluării scurgerii pluviale din Ucraina și Republica Moldova, ce au contribuit la formarea unei noi abordări - cea genetică - în cercetarea viiturilor. Cele mai ample cercetări în domeniul viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova au fost efectuate de Melniciuc O. [23, 49, 51, 232, 234-236, 238, 241, 243]. În cadrul lucrărilor autorului menționat, sunt evidențiate abordările practice și teoretice de cercetare a viiturilor atât pe râurile permanente, cât și pe cele intermitente de pe teritoriul țării. În baza acestor studii [208-210, 217, 218, 234, 237], au fost elaborate recomandări metodologice pentru documentele normative de determinare a caracteristicilor hidrologice care au fost aprobate de Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova pentru utilizări practice în domeniul proiectării activităților de gospodărire a apei de pe râurile Republicii Moldova [17, 18]. Aceste documente au înlocuit documentele normative vechi editate în 1983 [247, 249].

Evaluarea *proceselor de propagare a undei de viitură* prin albie cu ajutorul modelelor hidraulice moderne și SIG a fost inițiată, practic, ca rezultat a trecerii viiturii catastrofale din 2008 de pe râurile mari. În calitate de exemplu, trebuie menționate 2 proiecte realizate de IEG [23, 24] ale căror obiectiv de bază a constituit simularea undei de viitură din l. a. Costești-Stânca situat pe r. Prut și l. a. Dubăsari de pe r. Nistru utilizând modelului hidrodinamic HEC-RAS (SUA). În rezultat, au fost elaborate modele hidrodinamice pentru viiturile pluviale cu probabilitatea de depășire 0,1, 0,5, 1% și au fost estimate zonele de hazardului/risc la inundații, adâncimea și viteza apei [11, 23, 24, 77, 136, 140]. Pe parcursul timpului, același model a fost utilizat pentru evaluarea zonelor potențial inundabile pentru râurile mici din Republica Moldova [128, 133, 134]. Un alt exemplu poate servi proiectul "Suport managerial și de asistență tehnică pentru protecția contra inundațiilor de pe teritoriul Republicii Moldova" [176]. În cadrul acestui proiect, a fost modelate zonele de hazard și risc la inundații de probabilitatea 0,1, 0,5, 1% utilizând modelul hidrodinamic comercial InfoWorks, a fost elaborat un program de măsuri de management a riscului la inundații pentru întreg teritoriul Republicii Moldova. Acest program presupune implementarea unui sistem complex de gestionare și monitorizare a râurilor prin aplicarea măsurilor structurale și nestructurale de protecție contra riscului la inundațiilor. Rezultatele acestui proiect pot fi utilizate pentru adaptarea FFD în Republica Moldova.

Primele tentative de *estimare a impactului antropic asupra scurgerii* râurilor Republicii Moldova au apărut în a doua jumătate a sec. al XX-lea și au fost consolidate de grupul de autori Lalâkin N., Vodogrețkii V., Jelezneak I., ș. a. în forma de recomandări normative publicate în 1986 [245]. Conceptul de bilanț al apei servește drept bază metodologică pentru elaborarea metodelor de calcul de determinare a activității antropice asupra scurgerii cum ar fi: activități

agrotehnice și de despădurire, irigare și desecare, urbanizare, construcția lacurilor de acumulare. În această lucrare [245] se pune accentul major pe modificarea, sub acțiunea antropică, a scurgerii medii anuale și sezoniere, mai puțin a scurgerii maxime a viiturilor nivale/pluviale și minime. Aprecierea efectului urbanizării asupra scurgerii de viitură se recomandă a se efectua cu ajutorul ecuației intensității maxime a ploii și a metodei comparative cu râurile analoge, iar estimarea efectului lacurilor de acumulare, în dependență de prezența sau lipsa datelor despre caracteristicile acestora, se executa cu ajutorul coeficientului de reglare sau a coeficientului de minimizare a scurgerii de viitură în funcție de poziționarea unui lac sau a cascadei de lacuri de acumulare pe cursul râului. De asemenea, sunt redată exemple de calcul a impactului diferitor activități antropice asupra scurgerii râurilor din diferite regiuni a fostei URSS, inclusiv și din Republica Moldova. O dezvoltare și îmbunătățire ulterioară a acestor recomandări normative nu a fost efectuată.

Recomandări de estimare a scurgerii de apă se pot regăsi în *documentele normative pentru determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul* [17, 18] în care sunt incluse două grupe de metode de bază: analiza șirului de date a caracteristicilor hidrologice ale scurgerii maxime și modelarea viiturilor pluviale. Ca și în cazul experienței internaționale, etapa primară de analiză a datelor hidrologice constă în evaluarea calității șirurilor de date utilizând metode de estimare a omogenității și staționarității caracteristicilor hidrologice (criteriile Dixon și Smirnov-Grabbs, Fisher și Student, ș.a.). În cazul în care datele hidrometrice lipsesc, sunt recomandate spre utilizare metode reducționale și genetice de modelare a scurgerii maxime. Din totalitatea activităților antropice, în cadrul documentului normativ, este evaluată influența acoperirii terenului și lacurilor de acumulare asupra scurgerii de viitură în forma coeficienților integrați în cadrul formulelor de calcul. Astfel, pentru estimarea mai detaliată a efectului factorilor antropici asupra regimului viiturilor pluviale sunt necesare studii adăugătoare.

Evaluarea impactului activităților antropice din cadrul bazinului hidrografic asupra scurgerii de viitură

Activitățile de amenajare a teritoriului cauzează atât creșterea cât și diminuarea scurgerii maxime a viiturilor pluviale. Majorarea scurgerii de viitură este determinată de procesele de urbanizare, despădurire, irigare, activități agricole, cauza principală fiind creșterea suprafețelor impermeabile, diminuarea capacității de retenție a apei de către covorul vegetal și de infiltrație a apei în soluri, și ca efect mărirea scurgerii de pantă. Micșorarea efectului viiturilor pluviale este condiționată de exploatarea lacurilor de acumulare situate atât la nivel bazinal cât și pe cursul râului ce reduc scurgerea de viitură din contul retenției și repartizării volumului viiturii în cadrul cuvetei lacustre [17, 54, 108, 155, 188, 234]. Clasificarea categoriilor acoperirii terenurilor din

perspectiva aprecierii gradului de modificare antropică a mediului a fost efectuată în baza analizei literaturii științifice [228] și prezentată în tabelul A2.

O influență deosebită asupra *proceselor de formare* a viiturilor pluviale o are *utilizarea terenurilor*. La nivel global, cele mai populare procedee de estimare a impactului acestui factor sunt analiza datelor empirice și modelarea matematică, în special, în combinație cu tehnicile SIG [198]. Pe lângă acestea, o aplicare tot mai populară o capătă modelele hidrologice cum ar fi cele fizice distributive [100, 103, 156, 165, 174, 199]. Modificarea utilizării terenurilor are loc de la un sezon la altul sau prin substituirea unei categorii/culturi cu alta. Deseori, pentru estimarea modificărilor scurgerii maxime, se utilizează modelarea distribuției spațiale a categoriilor de terenuri atât pentru mai multe perioade de timp cât și se produc scenarii ale utilizării terenurilor atât reale cât și analitice.

Activitățile agricole au un impact semnificativ asupra stratului de sol. Acestea influențează caracteristicile fizice ale acestuia (porozitatea solului, regimul de apă și aer etc.) în procesul irigației, sub acțiunea tehnicii agricole, etc. În rezultatul procesului de tasare a solului sub influența activităților agricole, componenta mineralogică crește cu aprox. 60%, descreșterea conținutului de apă și aer cu 30% și, respectiv, 70% [213, 219]. Experiențele în teren efectuate *pe teritoriul țării* (raionul Călărași) pentru evaluarea modificărilor permeabilității solurilor pe diferite categorii de terenuri au rezultat în faptul că în pădure acesta este de 2,5 ori (6,17 mm/min) mai mare decât pe terenuri cu viță de vie, 10 ori mai mare decât pe terenuri cu culturi rădăcinoase (0,69-0,64 mm/min), și de 17 ori mai mare decât pe terenuri cultivate cu legume. Permeabilitatea terenurilor ocupate de drumuri este de zeci și sute ori mai mică decât cea a terenuri cultivate [213, p. 24]. Astfel, activitățile agricole determină creșterea caracteristicilor scurgerii de viitură, însă, ponderea majorării acesteia urmează a fi determinată prin studii speciale. În lucrările [49, 243, 244], s-a sugerat de a estima impactul substanțelor solide în suspensie asupra cinematicii torentului de apă pentru evaluarea parametrilor scurgerii pluviale de pantă. Ca urmare, a fost propus un model de apreciere a vitezei scurgerii torențiale de pantă, care, în cazul unei concentrații a sedimentelor cu o pondere de 0.3-0.5 din volumul total al torentului de apă, arată o creștere semnificativă, de 1.5-2.5 ori, a vitezei reale de scurgere a apei de pe versanții cultivați și a caracteristicilor scurgerii maxime de apă ce se drenează în rețeaua fluvială.

La momentul actual, însă, conform documentelor normative naționale, evaluarea impactului utilizării terenurilor se poate efectua prin estimarea coeficientului formei hidrografului care este inclus în formula genetică de calcul a debitelor maxime probabile. Cu toate acestea, o metodologie concretă de estimare a modificărilor scurgerii de viitură sub

acțiunea activităților agricole și a utilizării terenurilor nu este, deoarece impactul acestui factor a fost insuficient studiat [245, 246].

Impactul irigației asupra scurgerii viiturilor pluviale este ambiguu: pe de o parte volumul apei utilizate pentru irigare se reduce din cadrul lacurilor de acumulare, fapt ce permite acumulări mai mari a viiturilor în cuvetele lacustre, pe de altă, scurgerea de viitură poate crește datorită majorării umidității solului ca urmare a irigației și, respectiv, reducerea capacității de infiltrare. Evaluarea modificării regimului scurgerii medii și de viitură determinate de irigarea terenurilor este bazată pe modele care descriu legăturile de infiltrare a apei în sol, caracteristicile umidității precedente a solului [170, 211, 214, 221, 224, 230, 232, 233, 234, 258, 259, 263]. Luând în considerare faptul că ponderea suprafeței irigate din cadrul bazinelor hidrografice ale Republicii Moldova a scăzut semnificativ în ultimii 20 ani, impactul acestui factor s-a diminuat considerabil. Din alt punct de vedere, majoritatea suprafețelor irigate, în prezent, este localizată în luncile râurilor mari Prut și Nistru, iar umezirea suplimentară a solului efectuată în procesul irigației poate contribui la procesul de subinundare a terenurilor agricole în cazul căderii precipitațiilor maxime.

Unul din procesele ce s-au dezvoltat rapid în ultimele decenii care cauzează efecte semnificative asupra scurgerii de apă este *urbanizarea*. În *literatura de specialitate internațională*, efectul urbanizării asupra viiturilor pluviale este evaluat din mai multe perspective. Una din ele se referă la estimarea variațiilor temporale ale caracteristicilor hidrologice a scurgerii maxime datorate intensificării proceselor de urbanizare, iar alta la evaluarea modificărilor spațiale ale zonelor de risc/hazard la inundații. Odată cu mișcarea populației către orașe, deseori, pentru satisfacerea necesităților spațiale pentru construcția caselor, se utilizează zonele potențial inundabile, astfel, majorându-se expunerea și vulnerabilitatea la viituri. În condițiile creșterii rapide a teritoriilor urbane și expansiunii demografice, sistemul de canalizare pluvială nu reușește să capteze și să redistribuie volumele crescânde a apelor de suprafață și provoacă inundarea teritoriilor [151].

Cercetări asupra efectului suprafeței urbanizare asupra scurgerii au fost începute în anii '60 ai secolului trecut și au determinat dezvoltarea rapidă a hidrologiei urbane, în special, au apărut un număr mare de manuale de hidrologie urbană, ghiduri și manuale de management a apelor pluviale și normativele de construcție pentru sistemele de canalizare din cadrul localităților urbane. Procedura de estimare a impactului antropic se bazează pe analiza datelor de monitoring sau pe modelare hidrologică [63, 117, 119, 141, 151, 155, 183, 186].

Impactul urbanizării este evidențiat din perspectiva dimensiunilor bazinului hidrografic dar și a gradului de urbanizare și a poziționării localităților în cadrul acestuia. Cu cât bazinul este

mai mic, cu atât mai mare este impactul suprafeței impermeabile asupra scurgerii de viitură și invers (fig. 1.3b) [108, 141]. În [186] se menționează că, în dependență de poziția localităților, în cadrul sistemului hidrografic viitura poate avea două debite de vârf, unul fiind cauzat de scurgerea de pe teritoriul urban, iar al doilea formându-se și propagându-se de pe teritoriile rurale din amonte. De aceeași părere au fost și autorii [117] care au presupus că, în acest caz, valoarea maximă a debitelor se va diminua dar durata viiturii va crește. În lucrare [141] se menționează că sub acțiunea urbanizării, se observă creșterea debitelor de 50% probabilitate cu 100-600%, celor de 10% - cu 20-300%, iar cele mai rare cum ar fi de 1% se măresc cu 10-250%. Autorii din [183] au efectuat o analiză comparativă a scurgerii formate în cadrul bazinelor urbanizate și parțial naturale din Atlanta, SUA și au depistat că debitele maxime din cadrul bazinului urbanizat sunt de 30-100 ori mai mari în comparație cu bazinul acoperit de vegetație naturală.

La nivel național, metodologia contemporană de evaluarea a impactul urbanizării asupra scurgerii de viitură se regăsește în cadrul documentelor normative pentru calculele ce țin de canalizarea pluvială și evaluarea evacuărilor maxime admisibile a poluanților de pe teritoriile urbanizate [18]. Specificul metodelor existente se bazează pe principiul evaluării impactului acestui factor nu prin coeficienți de corecție, ci prin determinarea directă a scurgerii de apă provenite din ploi sau din topirea zăpezii prin normalizarea pierderilor apei prin infiltrare pentru diverse suprafețe de teren din cadrul teritoriului urbanizat. Modelul de calcul a scurgerii viiturilor pluviale de pe teritoriul urbanizat este bazat pe structura formulelor reducțională sau genetică. Trebuie remarcat faptul, că printre metodele moderne de determinare a caracteristicilor scurgerii maxime nu există recomandări concrete de evaluare a impactului urbanizării asupra proceselor de formare a viiturilor pluviale. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că în trecut gradul de urbanizare a terenurilor nu a fost mare și impactul acestui factor asupra debitelor maxime în condiții reale a fost considerat nesemnificativ.

Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra scurgerii de viitură

Principalul factor de formare a scurgerii de viitură este factorul climatic. Modificarea regimului elementelor climatice cauzează la rândul său transformări și ale caracteristicilor scurgerii de viitură. Fenomenului *schimbărilor climatice* i-au fost dedicate o serie mare de lucrări științifice [16, 53, 61, 71, 82, 87, 88, 99-102, 123, 124, 159, 163, 175, 182, 193, 227, ș. a.] și este pe larg mediatizat atât la nivel național cât și internațional. Cu toate că scenariile schimbărilor climatice indică o probabilitate de creștere a precipitațiilor torențiale și a hazardului la inundații, analiza datelor observațiilor instrumentale nu întotdeauna confirmă acest lucru. Afirmția generală că există un semnal în șirurile de date a scurgerii viiturilor catastrofale este

susținută de mai multe studii, în timp ce altele au raportat că un comportament non-staționar a șirurilor de date nu a putut fi detectat. Există o discontinuitate între observațiile făcute până în prezent, unde creșterea scurgerii maxime nu este evidentă, și proiecțiile de viitor, care arată o creștere clară a precipitațiilor torențiale și a viiturilor din multe regiuni. Cu toate acestea, riscul la inundații a crescut în statele europene în rezultatul majorării expunerii la inundații și a prejudiciului potențial cauzat de progresele sociale și economice. Totuși, rămâne a fi clar că, în cazul în care se atestă o creștere a riscului de inundații, aceasta este cauzată în mare parte de influențe antropice directe [79, p. 453-455].

Cercetările la nivel național [16, 193] arată că pe parcursul ultimilor decenii caracteristicile principale ale precipitațiilor maxime diurne – generatori ai inundațiilor – au ușoare tendințe de creștere. Simulările arată că aceste tendințe se vor accentua spre sfârșitul secolului și vor determina și o majorare a caracteristicilor scurgerii maxime, o creștere a probabilității și intensității viiturilor fluviale și rapide precum și o extindere a zonelor potențial inundabile. De exemplu, conform estimărilor [234, 238] impactul sumar al schimbărilor climatice și al activității antropice asupra scurgerii de viitură a râului Nistru va determina creșterea coeficientului de variație a debitelor maxime de >1,5 ori, iar valorile debitelor de 1% probabilitate (probabilitate de apariție o dată la 100 ani) vor trece la 3% ceea ce înseamnă că probabilitatea de depășire a acestora va fi deja de 30 ani. În lucrarea [227, p. 268] au fost estimate modificările regionale ale scurgerii maxime din bazinul râului Nistru atât pentru perioada caldă cât și pentru anul întreg. Astfel, către 2050, frecvența anuală a viiturilor (numărul de zile) va scădea cu aprox. 12%, în special, în partea inferioară, în bazinele afluenților Răut și Botna unde diminuarea va fi chiar și 20%. În perioada caldă a anului, în comparație cu datele anuale, se prognozează o creștere a numărului de zile cu viituri în partea superioară a r. Nistru cu 20-30%, în partea de mijloc - cu 10-20%, și o diminuare cu aprox. 20% în partea inferioară. Cu toate acestea, în pofida faptului diminuării numărului viiturilor, va crește intensitatea acestora. Respectiv, în perioada caldă a anului se așteaptă o creștere a intensității acestora cu peste 30-40% în partea superioară, și până la 65% în partea inferioară a r. Nistru. În partea de mijloc se presupune o diminuare a caracteristicilor viiturilor din considerentul reglării scurgerii de lacurile de acumulare.

Evaluările impactului schimbărilor climatice asupra viiturilor de pe râurile Europei, inclusiv, ale Republicii Moldova, efectuate recent în baza proiecțiilor din cadrul raportului al V-lea al grupul de experți IPCC [71, p. 2253], arată că debitele maxime de 1% probabilitate au tendința de creștere către sfârșitul secolului, în special, o mai mare majorare va fi specifică pentru râurile interne ale țării situate în partea centrală și de nord (fig. 4.67).

Evaluarea impactului modificărilor hidromorfologice a râurilor asupra viiturilor

Luncile râurilor sunt regiunile cele mai favorabile pentru activitatea economică, în special, pentru dezvoltarea agriculturii, datorită reliefului neted de câmpie, solurilor de productivitate înaltă precum și prezenței resurselor de apă. Astfel, pentru a eficientiza activitatea economică și a o proteja de efectele nedorite ale hazardurilor hidrologice, luncile și cursurile de apă sunt supuse unor lucrări de amenajare care, la urma lor, efectuează anumite presiuni atât asupra regimului hidrologic al râului cât și asupra ecosistemelor alăturate. Cele mai semnificative presiuni sunt condiționate de întreruperea conectivității, și anume de:

- modificări transversale pe albia râurilor: lacuri de acumulare, baraje, etc.
- modificări longitudinale: construcția canalelor, digurilor, polderelor, lacurilor laterale, etc.

Construcțiile hidrotehnice (digurile de protecție) precum și regularizarea albiilor majorează viteza și debitul unde de viitură din contul îngustării albiei dar și diminuează semnificativ suprafețele potențial inundabile însă odată cu trecerea termenului de exploatare sau comiterea unor greșeli ingineresti ce pot determina distrugerea acestora, efectul inundațiilor devine de zeci de ori mai dezastruos. La momentul actual, *în literatura de specialitate internațională*, apar tot mai multe lucrări științifice dedicate estimării efectului construcțiilor hidrotehnice prin aplicarea modelelor hidrodinamice cu scopul de a evalua ruperea digurilor de protecție sau distrugerea barajelor lacurilor de acumulare. De asemenea, se analizează minuțios datele de monitoring pentru a evalua semnalul schimbării în cadrul șirurilor de date ca urmare a funcționării construcțiilor hidrotehnice. Impactul regularizării râurilor și construcția digurilor de protecție determină majorarea caracteristicilor viiturilor mici și medii, iar lacurile de acumulare reglează eficient viiturile medii (fig. 1.4 a, 1.5 a, b, c) [66, 100, 121, 181, 197].

Activitățile de protecție contra inundațiilor de pe râurile Republicii Moldova constau în corelarea și efectul cumulativ al măsurilor nestructurale (monitoringul hidrologic, prognoza și avertizarea privind inundațiile, educarea populației, dezvoltarea capacităților instituționale și profesionale, armonizarea legislației naționale, amenajarea teritoriului, program de asigurare a populației ș.a.) dar mai ales a celor structurale (regularizarea albiilor râurilor, consolidarea malurilor, construcția acumulărilor de apă permanente și nepermanente, a digurilor și a polderelor, canalizării pluviale ș.a.) [238, p. 83-84]. Acestea sunt orientate spre controlul proceselor de propagare a unde de viitură prin sistemul de albie-luncă.

Una din cele mai eficiente metode de protecție contra inundațiilor este construcția și exploatarea *lacurilor de acumulare* [66, 204, 238, 242, 244]. Acestea au fost create pentru a satisface diferite necesități economice (pescuit, irigare, producerea energiei electrice, agrement, etc.), precum și pentru a regla scurgerea râurilor atât în perioade de etiaj cât și de viitură. În

poftida prezenței unui număr mare de *iazuri și lacuri de acumulare* (peste 3000) construite pe teritoriul Republicii Moldova, cu un volum total de aprox. 150 de mil.m³, ele joacă un rol minor în sistemul de protecție împotriva inundațiilor de pe râurile mici [238, p. 85]. Astfel, debitele maxime de 10-25% probabilitate vor descrește cu 2-42%, cele de 5% - cu 3-32% iar cele de 1% doar cu 2-16% [244, p. 164]. În sensul reglării scurgerii maxime de pe râurile mari (Nistru și Prut), cel mai eficient este l. a. Costești-stânca construit pe râul Prut. Conform datelor de proiect, în urma trecerii viiturii prin lac, debitul de intrare cu probabilitatea de 1% trebuie să se reducă cu 76%, iar cel de 0,1% cu 40% [238, p. 85]. Astfel, debitul maxim real al râului Prut de până la 4000 m³/s (debit de intrare în lac) se va diminua la 500-700 m³/s (debit evacuat) [55, p. 99]. L. a. Dubăsari situat pe Nistru are un efect minor asupra reglării scurgerii de probabilitate rară (0,1-1%), reducând debitele maxime cu 4-7%. Cel mai mare aport în diminuarea viiturilor de pe râurile mici și mijlocii este atribuit l. a. Ialoveni care determină reducerea debitelor maxime de 0,1% cu 34% iar celor de 1% cu 55% [234], urmat de Ulmu ce micșorează debitele probabile de viitură cu 25% și 41% și Ghidighici ce le diminuează cu 13% și 32%. Conform datelor de proiect, celelalte lacuri de acumulare de pe râurile mici și mijlocii au un impact mai mic supra scurgerii de viitură, în medie modificând debitele maxime de 0,1% și 1% cu 6-17% și, respectiv, 10-30% [234, p. 174]. Cu toate acestea, trebuie luat în considerare procesul de colmatare a lacurilor de acumulare, care influențează negativ capacitatea de reglare a debitelor maxime. De exemplu, cele mai colmatate lacuri de acumulare sunt Comrat (r. Ialpug) – 70%; Congaz (r. Ialpug) – 66%; Dubăsari (r. Nistru) – 52%; Ghidighici (r. Bic) – 46% [238, p. 86]. Luînd în considerare acest fapt, însăși prezența lacurilor de acumulare determină creșterea riscului la inundații din cauza probabilității de a rupe a digurilor. Distrugerea barajului l. a. Grătiești în urma ploilor torențiale din vara anului 2005 [61, p. 60] ce a determinat inundarea, inclusiv, a unei regiuni din mun. Chișinău este un exemplu elocvent ce demonstrează afirmațiile de mai sus. Astfel, pentru identificarea impactului real al lacurilor de acumulare asupra scurgerii de viitură trebuie efectuată inventarierea tuturor acumulărilor de apă și construcțiilor hidrotehnice ale acestora, întreprinse măsuri de întărire sau de lichidare a acestora, precum și optimizată metodologia de estimare acestui factor asupra scurgerii maxime.

Repartiția volumelor de apă cauzate de viiturile pluviale în luncă este limitată de *digurile de protecție* construite de-a lungul râurilor mari Prut și Nistru precum și a celor medii Bâc, Răut, Botna, Lunga, Cogîlnic, Ialpug etc. Lucrările de îndiguire au fost efectuate pe parcursul anilor '50-70 ai secolului trecut și au rezultat în protecția a 93 localități și 87,5 mii ha de terenuri de luncă de la inundații [35, p. 4]. Pe r. Prut digurile de protecție au fost proiectate și construite pentru a proteja împotriva viiturilor de probabilitate de depășire de o dată la 100 ani cu un debit

estimat la $1260\text{m}^3/\text{s}$ [55, p.20]. Dimensiunile structurilor existente de protecție din lunca r. Nistru sunt proiectate pentru a rezista la debitul maxim egal la $2600\text{ m}^3/\text{sec}$. La momentul actual, perioada exploatării construcțiilor hidrotehnice a depășit 50 ani și respectiv capacitatea lor de protecție s-a diminuat. Către 2010 a fost estimat că sunt necesare lucrări de reconstrucție a 80 km de diguri (din lungimea totală de 220 km) pe r. Nistru și 120 km de diguri (din lungimea totală de 150 km) pe r. Prut [35, p. 5]. Cedarea digurilor de protecție în urma manifestării viiturilor din 2008 și 2010, când au fost inundate peste 5000 ha terenuri (2008), confirmă necesitatea lucrărilor de întărire și reconstrucție a structurilor hidrotehnice de protecție contra inundațiilor [227, p.265].

Modificarea regimului scurgerii de viitură ca urmare a schimbărilor de mediu, precum și tendințele actuale de trecere de la metodele tradiționale de combatere a inundațiilor la un management integrat va determina, pe viitor, o reevaluare a metodologiei de estimare a specificațiilor structurilor hidrotehnice și a strategiilor de protecție și trai cu inundațiile. Devine tot mai evident faptul că inundațiile necesită o *abordare multidisciplinară, multiinstituțională*, atât ca metode de prevenire cât, mai ales, ca proceduri și acțiuni de intervenție. Aceasta presupune abordarea dificultăților asigurării managementului consecințelor unei inundații nu doar din perspectiva problemelor întâmpinate de o singură instituție ci o abordare complex multidisciplinară, asigurarea unei imagini de ansamblu, ceea ce ar determina integrarea eforturilor tuturor celor implicați. Activitatea fiecărei instituții este influențată de activitatea celorlalte, putând avea un profund impact asupra funcționării lor, fiind necesar să se țină cont de aceste interdependențe [48, p. 2].

În Republica Moldova cel mai important rol în protecția contra inundațiilor îl joacă *cooperarea și bunele practici de gestionare și de prevenire* a consecințelor inundațiilor ale instituțiilor responsabile: SHS, Inspectoratul General pentru Situații de Urgență al Ministerului Afacerilor Interne, Agenția Apele Moldovei, ș.a., a tuturor instituțiilor din cadrul Centrului Operațional de Dirijare în Situații Excepționale creat pentru optimizarea reacționării în caz de dezastre și situații excepționale [15]. Deosebit de important pentru gestionarea viiturilor este colaborarea internațională. Un progres în acest domeniu a fost atins în ultimele decenii prin semnarea tratatelor, acordurilor de colaborare între Moldova și statele vecine în vederea managementului eficient al resurselor de apă, al inundațiilor, al adaptării la schimbările climatice etc. [1, 2]. Implementarea proiectelor comune de cercetare a impulsionat activitățile pentru dezvoltarea managementului transfrontalier al inundațiilor precum și crearea grupurilor de lucru pentru optimizarea cooperării internaționale, ridicarea nivelului de conștientizare, adaptare și reziliență la inundații [82, 83, 175, 196].

1.3. Clasificarea metodelor de evaluare a impactul antropic asupra viiturilor pluviale

În literatura de specialitate pentru evaluarea modificărilor regimului viiturilor pluviale sunt recomandate două grupe de metode de bază: analiza șirului de date a caracteristicilor hidrologice ale viiturilor și modelarea proceselor de formarea a viiturilor pluviale și de propagare a unei de viitură prin albie [17, 18, 100-102, 108, 261].

Primul grup de metode include *metode de evaluare directă* a modificărilor regimului scurgerii de viitură în baza analizei datelor măsurătorilor de la rețeaua de monitoring. Analiza comparativă a datelor hidrologice colectate în condițiile evoluției naturale a bazinelor hidrografice precum și în perioada impactului activității umane reflectă tendința de modificare a scurgerii de viitură sub acțiunea unui sau altui factor antropic. Una dintre cele mai eficiente modalități de estimare a acestor modificări este, în prezent, considerată metoda "Indicatorilor modificării hidrologice" (IHA) [177] care, de cele mai multe ori, este utilizată pentru aprecierea impactului funcționării lacurilor de acumulare asupra scurgerii râurilor [127, 168 ș.a.]. Aceeași echipă de autori a propus și abordarea intervalului variabilității (RVA) acestora pentru stabilirea obiectivelor de gestionare a râurilor ce ar încorpora conceptele variabilității hidrologice și integrității ecosistemelor acvatice [127, 178]. Realizarea metodei menționate este efectuată cu ajutorul software special IHA [195], în cadrul căruia, pentru perioadele pre- și post-impact, se calculează 33 de caracteristici IHA (valorile medii lunare, minima și maxima anuale de 1, 3, 7, 30, 90 zile și data apariției acestora, numărul zilelor fără scurgere, indicele alimentării subterane, numărul și durata medie a fluctuațiilor mici și mari a scurgerii, numărul de cazuri a creșterii/scăderii semnificative a valorilor scurgerii) grupate în 5 clase: magnitudinea, durata, data calendaristică, frecvența și rata de schimbare, precum și Componentele Scurgerii de Mediu (Environment Flow Components) (debite minime lunare, debite minime extreme, fluctuațiile mari, viiturile mici și mari). De asemenea, trebuie menționate și abordările alternative de apreciere a modificărilor scurgerii bazate pe analiza informației hidrologice ce pot fi aplicate: (1) Perechile Până-După Control-Impact, (Paired-Before-After Control-Impact (BACIP)), (2) Până-După (Before-After (BA)), (3) Control-Impact (Control-Impact (CI)), (4) Clasificarea hidrologică (Hydrological Classification (HC)) și (5) Indicatori Hidrologici preziși (Predicted Hydrological indices (HP)) (fig.1.6) [167].

Deseori, datele de monitoring ce ar reprezenta regimul hidrologic al râului în condiții pre-impact și post-impact lipsesc sau se caracterizează printr-un grad redus de încredere. În aceste cazuri, cuantificarea impactului antropic poate fi efectuată prin analiza comparativă a datelor de monitoring hidrologic din cadrul bazinelor hidrografice caracterizate prin condiții de formare a scurgerii asemănătoare dar cu factori antropici diferențiați [17, 186, 247, 260, 262].

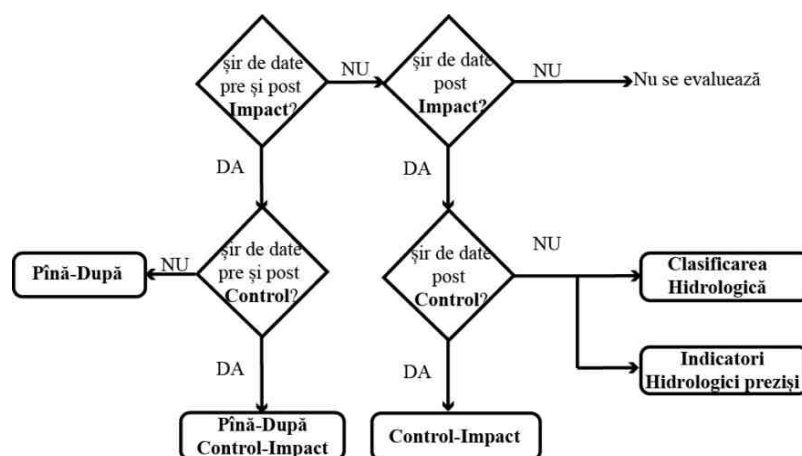


Fig. 1.6. Diagrama decizională pentru evaluarea modificărilor hidrologice [tradus din 167, p. 472]

O altă modalitate de evaluare a modificării regimului scurgerii de viitură constă în estimarea omogenității caracteristicilor hidrologice. Neomogenitatea statistică a șirurilor hidrologice de date a scurgerii maxime poate fi cauzată atât de factori naturali cât și antropici. În ambele cazuri se încalcă condițiile de natură aleatorie a caracteristicilor scurgerii maxime, și, prin urmare, trebuie aplicate metode de conversie a informației neomogene în statistic omogenă cum ar fi metodele de bilanț al apei și regresie [17, 18, 21, 108, 205, 206, 234, 245, 246, 247, 249, 253, 256, 257]. Pentru cuantificarea omogenității statistice a șirurilor de date se aplică criteriile Dixon și Smirnov-Grubbs, Fisher și Student ș.a. De asemenea, pot fi utilizate metode statistice pentru identificarea diferențelor valorilor caracteristicilor hidrologice de calcul și parametrilor statistici în perioadele de până- și post- impact. În acest sens, pot fi testate și utilizate: testul Kolmogorov-Smirnov, Kuiper, intervalul de încredere, ecosurplus și ecodeficit [150].

Un alt grup de metode de evaluare a impactului factorilor antropici asupra scurgerii pluviale include metode indirecte de modelare a proceselor de formare și propagare a viiturilor pluviale. Formarea și propagarea scurgerii de viitură se caracterizează printr-o înaltă variabilitate spațio-temporală a proceselor hidrologice. Înțelegerea acestora este de o importanță majoră pentru a identifica măsuri pentru atenuarea, protecția și managementul viiturilor și inundațiilor, însă reproducerea lor matematică este dificilă din cauza caracterului său complex. Astfel, aplicarea principiului abstractizării este necesară pentru înțelegerea sau controlul anumitor aspecte ale comportării acestora. [194, p. 9]. Reprezentarea simplificată a proceselor hidrologice care au loc în cadrul unui bazin hidrografic este efectuată prin modele hidrologice ce au evoluat rapid în ultimii 40 ani și sunt utilizate în diferite domenii ale hidrologiei și managementului apelor. Numărul mare și configurația diferențiată a modelelor hidrologice se datorează numeroaselor obiective pentru care ele au fost create. Conform [194] originile modelelor hidrologice, în sensul

larg al cuvântului, se regăsesc în secolul al XIX-lea determinate de necesitatea rezolvării problemelor ingineresti: (1) construcția sistemului de canalizare, (2) de drenaj și (3) a lacurilor de acumulare. Cu siguranță metoda rațională și variațiile acesteia pot fi numite ca fiind prima generație a modelor hidrologice. Metoda rațională, modificată în baza conceptului izocronelor sau a izoliniilor de egală durată de scurgere, poate fi numită primul model hidrologic (ploaie-scurgere) bazat pe funcția de transfer al apei, al cărei formă și parametri au fost derivați în baza hărților topografice și a formulei Manning pentru estimarea duratei de scurgere. Anii '50 ai secolului trecut se caracterizează printr-un progres rapid în dezvoltarea modelelor hidrologice, în special, prin apariția modelelor conceptuale urmate de modele cu parametri concentrați construite în anii '60. În anii '70 apar modelele stohastice și modelele de prognoză în timp real, iar în anii '80 – modelele fizice cu parametri distribuiți. Etapa următoare de dezvoltare a modelelor hidrologice este caracterizată de apariția modelelor de scară mare care permit evaluarea scurgerii râurilor mari, dar și simularea, la nivel global, a modificărilor ce pot fi cauzate de diferiți factori, cum ar fi, de exemplu, schimbările climatice [194, p. 1-1 - 1-4]. Clasificarea, descrierile și comparația între diferite modele se regăsesc în multe lucrări [7, 86, 95, 100, 101, 103, 109, 125, 153, 157, 166, 181, 194].

În mod clasic, modelele se pot grupa în deterministice și stohastice. Cele două tipuri de modele sunt diferențiate de caracterul întâmplător, pe care îl au sau nu variabilele care alcătuiesc modelul. Modelul se poate considera determinist dacă nici una din variabile nu este întâmplătoare, modelul este stohastic dacă una sau mai multe variabile care îl alcătuiesc sunt aleatoare [7, 95, 194]. Cu toate acestea, majoritatea modelelor sunt deterministice. Modelele stohastice au avantajele lor, cum ar fi, de exemplu, dintr-un punct de vedere, cadrul lor conceptual este simplu și permite descrierea eterogenității atunci când informația spațială sau temporală este limitată, iar, din alt punct de vedere, acestea oferă factorilor de decizie posibilitatea de a evalua incertitudinea asociată prognozelor [95, p. 27].

De cele mai dese ori, modelele hidrologice se clasifică în dependență de procesele ce le reprezintă și baza de date necesară, spațiu reprezentat, timp și scop. În baza analizei tipurilor de modele de un anumit nivel de aproximare a realității, modelele hidrologice se clasifică în:

- modele bazate pe baza de date, empirice sau stohastice, așa numite cutii negre - nu reprezintă procesele hidrologice ci se bazează pe datele măsurătorilor hidrologice atât ca date de intrare cât și date de ieșire,
- modele bazate pe cunoaștere, pe procese fizice sau teoretice, așa numite cutii albe reprezintă cel mai bine procesele hidrologice, integrează un număr maxim de componente,

- modele conceptuale, așa numite cutii sure, sunt modele intermediare între cutiile negre și cutiile albe, și reprezintă o formă foarte simplificată a legilor fizice [153, p. 17-18].

Detalierea spațială este reprezentată în modele concentrate sau cu parametri concentrați în care bazinul hidrografic este prezentat ca o singură entitate iar variația spațială este ignorată; în modele distributive care depind de rezoluția bazei de date iar variabilitatea proceselor, condițiile limită, caracteristicile bazinului hidrografic, datele de intrare și ieșire sunt definite de utilizator; în modele semi-distributive în care variabilitatea spațială este reprezentată de un număr mic de entități [95, 194].

Un alt criteriu de clasificare este variația temporală [95, 194], respectiv, un anumit grup de modele nu iau în considerare variațiile temporale ale evenimentelor, unele se limitează la simularea doar a unor evenimente de scurtă durată cum ar fi viiturile, altele, în schimb, simulează în continuu procesele hidrologice, fiind capabile să reprezinte mai multe componente ale scurgerii (fie de suprafață, subterană sau hipodermică).

În cadrul modelelor de simulare a scurgerii de apă, factorii antropici pot fi reprezentați atât în forma unor coeficienți ce reduc sau măresc scurgerea de viitură cât și pot participa la formarea viiturilor sub formele sale fizice. Studiarea complexă a impactului antropic asupra scurgerii maxime poate fi efectuată prin aplicarea modelelor hidrologice ce integrează atât modelele matematice cât și cele spațiale și poate reprezenta, în mod explicit, gama întreagă a factorilor ce determină formarea scurgerii de viitură. Cele mai reușite modele, în acest sens, sunt modelele integrate fizice distributive ce simulează continuu procesele fizice de formare a undei de viitură. Aceste modele necesită un set mare de date de intrare, însă, permit evaluarea unui număr semnificativ de factori antropici ce influențează asupra formării scurgerii maxime cum ar fi: utilizarea terenului, irigarea, urbanizarea, gospodărirea apelor și altor activități ce pot fi evaluate la nivel bazinal. Printre cele mai cunoscute modele hidrologice de acest tip sunt următoarele: Wasim-ETH, SWAT, MIKE SHE, LISTFLOOD, JAMS/J2000 ș.a. [95, 153, 194]. O analiză detaliată a evoluției și particularităților modelelor hidrologice fizice distributive se poate regăsi în [74, 76, 95, 125].

Evaluarea efectelor modificărilor morfometrice ale albiei minore și a luncii râului cauzate de activitatea antropică sau de procesele naturale este efectuată cu ajutorul modelelor hidrodinamice. În comparație cu modelele hidrologice, acestea se limitează la spațiu concret: albia râului, și simulează procesele fizice a scurgerii râului în limitele albiei și luncii. Rezultatele acestui tip de simulări sunt reprezentate de hărțile de risc/hazard la inundații, a adâncimii, vitezei scurgerii apei etc. Astfel, acest tip de modele se referă la redarea spațială a caracteristicilor undei de viitură și, respectiv, pot simula modificările acestora sub acțiunea construcțiilor hidrotehnice,

activităților de management al terenului din cadrul luncii, de regularizare a albiei, ș.a. Modelele hidrodinamice pot fi utilizate în scopul simulării impactului construcțiilor hidrotehnice planificate în luncă și, respectiv, sunt pe larg utilizate în ingineria civilă. Conform [197] modelele hidrodinamice se clasifică în unidimensionale (1D) și bidimensionale (2D) și diferențiază în funcție de schematizarea spațială, formularea ecuațiilor aplicate sau conform metodei numerice utilizate. Modele hidrodinamice populare se consideră a fi: MIKE11/21, HEC-RAS, LISFLOOD-FP, TELEMAC, SOBEK [153, 194].

Aplicarea modelelor hidrologice sau hidrodinamice presupune ca acestea să reprezinte cât mai bine fenomenele naturii, și respectiv, trebuie să întrunească anumite condiții de veridicitate. Etapele de realizare a unui model calitativ se rezumă la construirea modelului propriu zis, calibrarea și validarea lui, analiza și evaluarea rezultatelor precum și aplicarea acestuia pentru simularea diferitor scenarii. Calibrarea este procesul de ”adaptare” a modelului la condițiile individuale specifice regiunii de studiu. Așa cum o mare parte din modelele hidrologice se bazează pe metode ce pot fi aplicate în orice regiune a lumii, la rândul lor parametri și variabilele din cadrul acestora iau valori specifice ce caracterizează componentele mediului zonelor de studiu. Obiectivul de bază al calibrării constă în identificarea valorilor acestor parametri în așa mod ca caracteristicile hidrologice simulate (cum ar fi de exemplu debitele de apă) maximal posibil să coincidă cu cele observate. Calibrarea se poate efectua manual (prin metoda încercărilor și erorilor (trial and error)) sau automat (numită și optimizare). Printre cei mai răspândiți algoritmi pentru efectuarea optimizării sunt algoritmi genetici ca, de exemplu, SCE-UA (Shuffle Complex Evolution - University of Arizona) [94], Branch & Bound [118], metoda funcției pe baza radială (radial basis function (RBF) method) [107]. Calibrarea manuală și cea automată au atât avantaje cât și dezavantaje. Procesul de calibrarea manuală, de cele mai dese ori, este anevoios, necesită timp îndelungat, iar calitatea acestuia depinde în mare măsură de cantitatea și calitatea datelor de intrare, de calificarea modelatorului, de înțelegerea proceselor ce au loc în cadrul sistemului și, respectiv, poartă nuanțe de subiectivism. Calibrarea automată efectuată cu ajutorul algoritmilor specifici nu necesită efort asiduu din partea modelatorului, însă, cere resurse importante de calculator. În anumite cazuri, calibrarea automată nu reușește să facă legătura între parametri și procesele asociate și, respectiv, rezultatele acesteia nu au sens hidrologic [166, 194]. Astfel, utilizarea ambelor metode de calibrare pentru estimarea cât mai corectă a parametrilor modelului este evidentă. De regulă, valorile modelate nu coincid perfect cu cele reale (observate) din mai multe considerente. Orice model este, totuși, o reprezentare simplificată a realității și nu reflectă perfect sistemul hidrologic și, respectiv, este din start determinat să conțină o anumită pondere de erori. Apariția greșelilor în timpul

măsurătorilor hidrometeorologice precum și prezența unor parametri estimați indirect sau aproximativ (deoarece datele experimentale sau lipsesc sau sunt prea costisitoare) sunt doar câteva cauze a erorilor din cadrul modelării. Prin urmare, este, în general, imposibil de a găsi valori pentru parametrii modelului care să rezulte în simulări ideale. Din aceste considerente, în practică, se utilizează procedee de evaluarea a calității modelului în baza valorilor modelate și observate ale caracteristicilor hidrologice. De obicei, sunt utilizate două procedee: primul constă în evaluarea comparativă grafică a coincidenței între valorile modelate și cele observate, și al doilea constă în aplicarea metodelor statisticii cantitative cum ar fi: regresia standardă, tehnici adimensionale și indicii de eroare, Nash-Sutcliffe, PBIAS etc. [161]. Procesul de estimare a calității modelului deseori este continuat de estimarea incertitudinii și sensibilității parametrilor utilizați în model pentru a evalua care dintre acestea joacă cel mai important rol în procesul de scurgere precum și produce mai mult sau mai puțin erori în simulare. Sensibilitatea parametrilor modelului poate fi estimată utilizând: PEST [93], analiza sensibilității simple deterministe (simple deterministic sensitivity analysis) [75], analiza sensibilității globale Sobol (Sobol's Global Sensitivity Analysis) [189]. Evaluarea incertitudinii modelelor hidrologice și hidraulice se efectuează utilizând diferite metode cum ar fi GLUE (generalized likelihood uncertainty estimation method) [76], BMA și MME (Bayesian model averaging (BMA) and multi-model ensemble method (MME)) [154]. În [81] este prezentat un cadru de înțelegere a erorilor structurale (FUSE) pentru a diagnostica diferențele dintre structurile modelelor hidrologice.

Dezvoltarea softurilor de ultimă generație permite aprecierea destul de rapidă a componentelor riscului la inundații de pe râurile monitorizate precum și de pe cele insuficient studiate cum ar fi râurile mici ale Republicii Moldova. Odată cu evoluția vertiginoasă a tehnologiilor informaționale și aplicarea acestora pentru redarea virtuală a lumii înconjurătoare, managementul situațiilor de risc devine tot mai eficient iar aprecierea zonelor de acțiune și intensitatea hazardurilor hidrologice devine tot mai precisă. Managementul situațiilor de risc hidrologic este un domeniu imperativ al lumii contemporane iar eficiența acestuia se bazează pe *abordarea integrată a modelării hidrologice și hidrodinamice* pentru a evalua atât procesele de formare a scurgerii maxime de pantă precum și a propagării unde de viitură în cadrul luncii.

Studiile actuale, din cadrul literaturii de specialitate naționale și internaționale asupra regimului scurgerii de viitură arată, că activitatea antropică influențează semnificativ procesele de formare și propagare a viiturilor pluviale. Luînd în considerare faptul, că problema identificării și înțelegerii modificărilor caracteristicilor scurgerii maxime de pe râurile Republicii Moldova este fragmentar cercetată și reflectă experiența deceniilor anterioare, însă studii complexe nu au fost efectuate până în prezent considerăm că prezenta cercetare este necesară și

se încadrează în tendința cercetării actuale globale despre viiturile pluviale. Din cele relatate reiese că **problema de cercetare** constă în evaluarea modificărilor caracteristicilor temporale și spațiale ale scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova determinate de activitatea antropică.

Scopul studiului prezent este evaluarea modificărilor caracteristicilor viiturilor pluviale în condițiile impactului antropic

Obiectivele cercetării:

- identificarea și aprecierea modificărilor regimului scurgerii de viitură sub acțiunea activității antropice în baza metodelor statice;
- simularea impactului antropic asupra proceselor de formare și propagare a undelor de viitură de pe râurile pilot utilizând modele hidrologice și hidrodinamice;
- aprecierea modificărilor zonelor riscului la inundații în condițiile schimbărilor de mediu.

1.4. Concluzii la capitolul 1

1. În baza studierii surselor bibliografice, au fost evidențiate aspectele teoretice ce caracterizează, în general, relațiile societate - viitură și, în special, explică schimbările proceselor de formare și propagare a undelor de viitură ca urmare a activității umane. A fost identificat că regimului scurgerii de viitură este influențat de: modificările antropice ce au loc pe suprafața terestră, printre care sunt lucrările de amenajare a bazinului hidrografic, pe de o parte, și, cele a luncii râurilor, pe de alta, precum și modificările ce au loc în sistemul climatic.
2. Analizând experiența internațională în domeniul viiturilor și impactului antropic asupra scurgerii maxime concluzionăm că evaluarea efectului activității umane este efectuată în baza mai multor clase de metode. Una din ele constă în analiza directă a informației hidrologice. Alt concept metodologic se rezumă la aplicarea modelării hidrologice. Pe de o parte, se pot utiliza metode de modelare matematică a caracteristicilor hidrologice de calcul și a componentelor antropice prin intermediul utilizării coeficienților specifici. Pe de alta, se poate recurge la implementarea modelelor hidrologice și hidrodinamice integrate de simulare a viiturilor pluviale și de aplicare a scenariilor impactului antropic și a schimbărilor climatice.
3. În baza analizei surselor bibliografice, au fost formulate problema de cercetare, scopul și obiectivele prezentei lucrări științifice precum și identificate principalele metode și strategii de studiu pentru a efectua evaluarea impactul antropic asupra scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova.

2. METODE ȘI MATERIALE DE CERCETARE

2.1. Strategia cercetărilor

Analizând experiența centrelor de cercetare mondiale și naționale în studiul impactului antropic asupra viiturilor pluviale, s-a constatat că la moment nu există o metodologie unică recunoscută ca obligatorie sau recomandabilă în acest domeniu. Însă, în baza evaluării rezultatelor cercetărilor internaționale și posibilităților locale au fost stabilite și aplicate un set de abordări metodologice de bază pentru identificarea efectului activității antropice asupra formării și propagării viiturilor pluviale pe râurile Republicii Moldova. Acestea s-au bazat pe utilizarea metodelor de analiză statistică a datelor hidrologice, a indicilor de estimare a potențialului viiturilor rapide și inundațiilor, pe aplicarea modelelor clasice matematice precum și a modelării hidrologice și hidrodinamice complexe. Structura schematică a activităților planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor tezei de doctorat este prezentată în figura 2.1. Metodologia aplicată, în mod simplificat, este descrisă în continuare, iar rezultatele utilizării acesteia sunt redată în capitolele ulterioare.

Un accent deosebit în cadrul studiului a fost pus pe analiza șirurilor de date ale caracteristicilor scurgerii de viitură și identificarea semnalului modificărilor sub acțiunea activității antropice. De asemenea, a fost efectuată evaluarea potențialului de formare a viiturilor rapide și a inundațiilor teritoriul în baza analizei factoriale a caracteristicilor naturale și antropice generale ale bazinelor hidrografice și aplicării *FFPI* și *FPI* [158, 187, 201]. Suplimentar, a fost elaborat și utilizat Indicele Potențialului de Propagare a Undei de Viitură (*FPPI*) pentru a evalua impactul principalilor factori (naturali și antropici) asupra propagării undei de viitură prin lunca râului.

Următoarea etapă a cercetării s-a bazat pe aplicarea și perfecționarea metodologiei de calcul a impactului factorilor antropici asupra scurgerii de viitură existente în documentele normative naționale [17, 18]. În cadrul acestor documente, este concentrată metodologia de analiză statistică a șirurilor de date, de evaluarea și modelare ale caracteristicilor hidrologice și a hidrografelor undei de viitură de diferită probabilitate pentru condițiile prezenței, insuficienței sau lipsei datelor hidrometeorologice. Factorii antropici din cadrul modelelor matematice sunt reprezentați în formă de coeficienți de corecție a valorilor scurgerii de viitură. Așa cum utilizarea coeficienților de corecție nu poate pe deplin reda toate procesele antropice, suplimentar la abordările existente, au fost utilizate date experimentale ale stației de bilanț a apei Bălțata pentru identificarea modului de modificare a scurgerii maxime sub acțiunea utilizării terenurilor. De asemenea, a fost aplicat modelul SCS-CN (elaborat de Serviciul de Conservare a Resurselor

Naturale al SUA) [190] pentru aprecierea stratului scurgerii de viitură și variațiilor acestuia sub acțiunea impactului utilizării terenurilor atât diferențiat, la nivel de țară, cât și pentru râurile-pilot reprezentative. Pentru evaluarea altei caracteristici a scurgerii de viitură, și anume a volumului viiturilor pluviale, a fost utilizată metoda volumetrică, care a fost perfecționată cu scopul de a calcula aportul categoriilor de utilizare a terenurilor în formarea volumului total al viiturilor.

Ulterior, cercetările s-au axat pe modelarea proceselor de formare a scurgerii fluviale cu ajutorul modelului fizic distributiv JAMS/J2000 elaborat de Departamentul de Geoinformatică, Institutul de Geografie, Universitatea Friedrich-Schiller din Jena, Germania [126, 142-149, 203]. Modelul se bazează pe ecuația de bilanț al apei iar combinarea acestuia cu Unitățile de Răspuns Hidrologic permite evaluarea spațială a efectului atât a factorilor naturali cât și antropici în formarea scurgerii precum și aplicarea diferitor scenarii a modificărilor utilizării terenului și a variației elementelor climatice pentru evaluarea impactului acestora asupra scurgerii de viitură. Pe de o parte, aplicarea modelului JAMS/J2000 integrează atât modele matematice cât și spațiale, și necesită un număr mare de date de intrare precum și timp pentru efectuarea calibrării, validării și analizei rezultatelor, pe de alta, acesta permite evaluarea unui număr semnificativ de procese și factori naturali și antropici ce determină scurgerea de viitură.

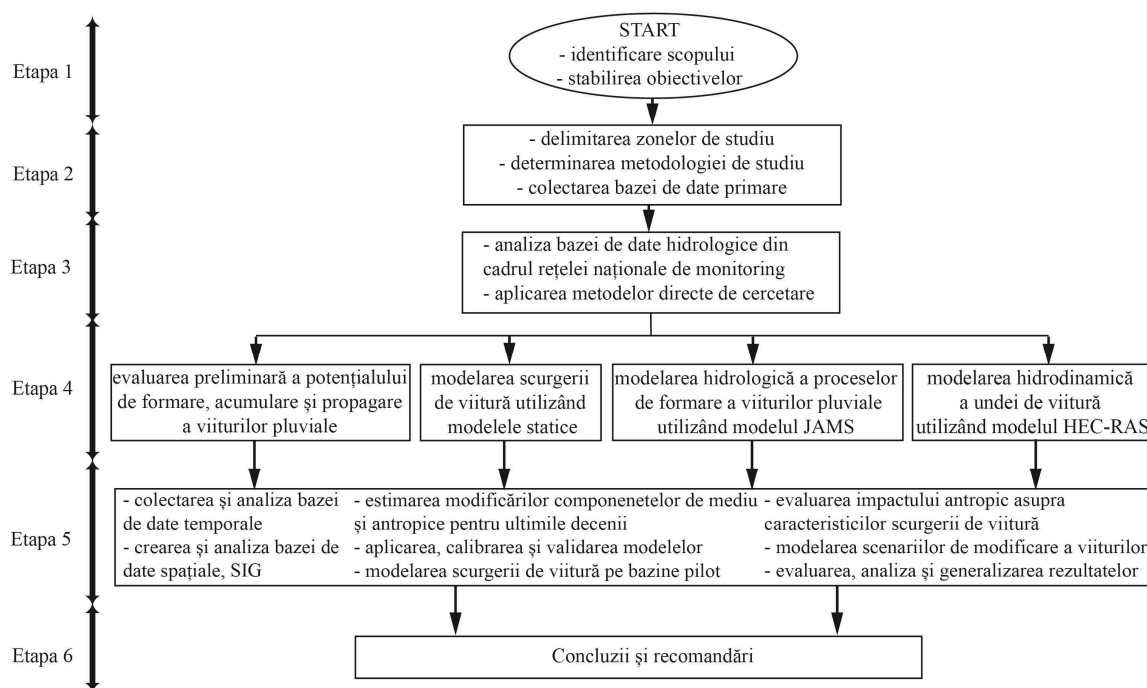


Fig. 2.1. Structura schematică activităților planificate pentru realizarea tezei de doctorat

Pe lângă modelarea proceselor hidrologice, a fost atrasă atenția și asupra procesului de propagare a unde de viitură prin luncă. În acest scop, a fost aplicat modelul hidrodinamic HEC-RAS elaborat de Corpul de Ingineri al Armatei Americane, Statele Unite ale Americii [113-116].

Simularea unei de viitură se efectuează prin aplicarea modulului pentru modelarea proceselor nestăționare care implică elaborarea modelului virtual al albiei râului și reprezentarea elementelor naturale și antropice din cadrul acesteia, activități ce au fost efectuate utilizând extensia HEC-GeoRAS pentru SIG [112] și ulterior HEC-RAS [113]. Ca urmare a procesului de calibrare și validare a modelului, au fost estimate legăturile de propagare a unei de viitură prin albia modificată de activitățile antropice (diguri de protecție, lacuri de acumulare).

Aplicarea metodelor indirecte de estimare a scurgerii de viitură este condiționată de prezența anumitor riscuri cauzate de imperfecțiunea metodologiei, lipsa unor cercetări aprofundate în domeniu și a capacității de calibrare și validare a rezultatelor modelării.

2.2. Zonele de studiu

De obicei, râurile sunt clasificate în cele trei categorii: mari, medii și mici în baza mai multor factori: suprafața bazinelor hidrografice, lungimea și ordinul râului principal, specificul local al teritoriului (munte, podiș, câmpie), scopul cercetării precum și metodologia de studiu propusă [7, 36, 37, 65, 68, 78, 225]. În prezentul studiu, clasificarea râurilor s-a efectuat din considerentele proceselor de formare și propagare a scurgerii de viitură, baza de date existentă și metodele de estimare a scurgerii maxime, lungimea râurilor, suprafața bazinelor acestora și ponderea tipurilor de acoperire a terenului.

Formarea scurgerii în cadrul bazinelor hidrografice mici diferențiază de cele mari din mai multe considerente: bazinele hidrografice mici sunt acoperite în totalitate de precipitațiile maxime care generează viiturile caracteristice, dinamica factorilor genetici este una relativ mare, influența factorilor naturali și antropici este semnificativă, pe când în bazinele hidrografice mari, ploile acoperă doar anumite părți ale suprafeței acestora, la momente diferite de timp, efectele factorilor naturali și antropici sunt, în mod global, mai restrânse. În final, concluzionăm că scurgerea maximă se formează în bazine mici, concentrându-se și compunându-se în timp și spațiu în bazine hidrografice mari [7, 37]. Din aceste considerente, în prezentul studiu, râurile ale căror bazine hidrografice au o suprafață de până la 200 km² au fost clasificate ca râuri mici din considerentul că viiturile rapide (flash floods) se formează anume în cadrul acestui tip de bazine hidrografice [65, p. 2]. Râurile transfrontaliere Prut și Nistru intră în categoria râurilor mari iar râurile ale căror scurgere se formează integral pe teritoriul țării, cu bazinele de peste 200 km² sunt grupate în categoria râurilor medii. În baza principiilor expuse mai sus, a utilizării tehnicilor SIG [73, 173] și analizei rețelei hidrografice [105] au fost delimitate principalele râuri mici și medii ale Republicii Moldova care constituie zonele de studiu ale prezentei cercetări.

Estimarea *FPPI* și impactului activităților antropice asupra scurgerii de viitură prin prisma coeficienților de corecție integrați în metodele tradiționale matematice recomandate de

documentele normative și literatura de specialitate națională și regională a fost efectuată pentru afluenții direcți: ai râului Prut - 15, r. Camenca (afluent al r. Prut) - 3, r. Racovăț - 1, r. Nistru - 7, r. Botna - 3, r. Bâc - 3, r. Ciulucul Mic - 1, Răut - 8, r. Dunărea - 2, r. Ialpug - 4, Lunga - 1, Salcia Mare - 1, a Mării Negre - 1 (fig. 2.2, 2.3), în total - 50 râuri mici și medii ai căror scurgere se formează pe teritoriul Republicii Moldova.

Pentru evaluarea *FFPI* și *FPI* precum și estimarea modificărilor scurgerii de viitură utilizând modelul SCS-CN, au fost delimitate, în mod semi-automat, 789 de bazine hidrografice elementare (suprafața bazinului $\leq 200 \text{ km}^2$) (fig. 2.4). Pentru același scop, au fost considerate 982 unități teritorial-administrative elementare (fig. 2.5): 13 municipii, 53 orașe și 916 sate și comune (în continuare: comune) [47]. Bazine hidrografice elementare au fost delimitate, inclusiv, din considerentele predominării vegetației naturale, cum ar fi pădurile, dar și a peisajelor puternic modificate de activitatea umană, în special, prin procese de urbanizare dar și activități agricole.

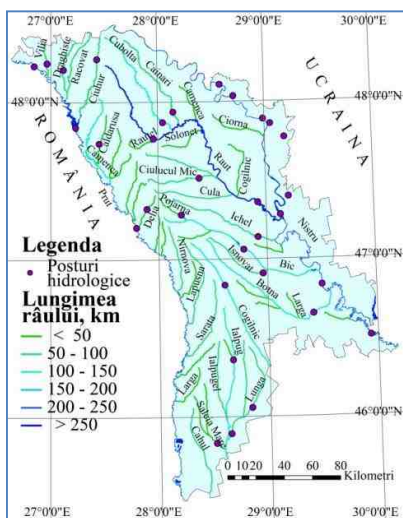


Fig. 2.2. Repartiția lungimilor râurilor mici și mijlocii

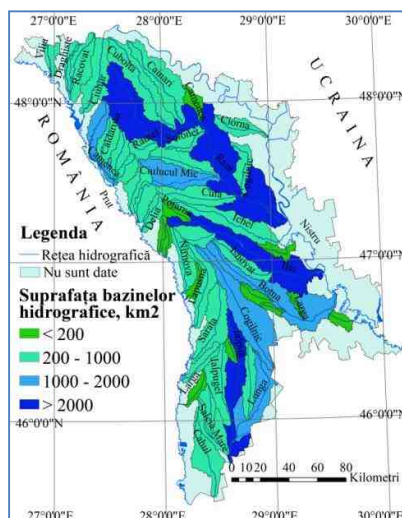


Fig. 2.3. Suprafața bazinelor râurilor mici și mijlocii

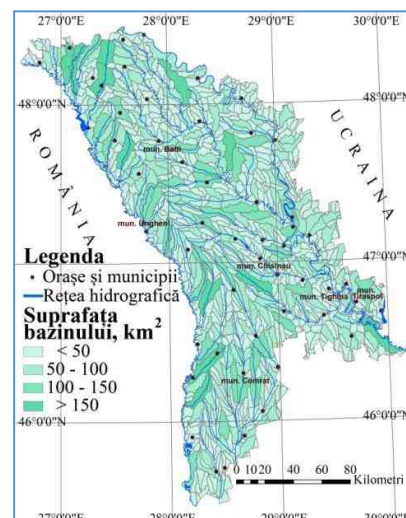


Fig. 2.4. Suprafața bazinelor hidrografice elementare

Cercetări mai aprofundate, în vederea estimării modificărilor scurgerii de viitură sub acțiunea schimbărilor ce au avut loc în utilizarea terenurilor pentru ultimii 30 ani, au fost efectuate pentru 8 râuri pilot (fig. 2.7). Acestea au fost delimitate în baza poziției geografice, suprafeței bazinului dar și a integrării bazinului hidrografic în limitele Republicii Moldova. Astfel, au fost selectate râurile reprezentative din partea centrală, de nord și de sud a țării: Căinari, Cubolta, Răut (Bălți), Bălțata, Bâc, Botna, Salcia Mare, Lunga. Menținându-ne de ideea că impactul antropic este sesizabil, în special, în cadrul bazinelor hidrografice mici, bazinele pilot au fost împărțite în 102 bazine mici (fig. 2.7) pentru care au fost estimate modificările scurgerii de viitură în baza modelului SCS-CN.

Datele monitoringului hidrologic reprezintă pilonul determinant în estimarea modificărilor scurgerii maxime utilizând metode directe precum și în alegerea metodelor de calibrare și validare a modelelor aplicate pentru modelarea viiturilor de pe râurile țării, inclusiv, și de pe acelea lipsite de posturi hidrologice. Pentru prezenta cercetare, din cadrul rețelei monitoringului hidrologic, au fost selectate 26 posturi hidrologice situate pe râurile mici și medii și 6 posturi - pe râurile mari ale căror șir de date constituie >30 ani (fig. 2.6) [3, 12, 13, 32].

Modelarea proceselor complexe a scurgerii de viitură cu ajutorul modelului J2000 a fost efectuată pentru cele 11 râuri-pilot (fig. 2.7) a căror informație hidrologică depășește 20 ani și poate fi utilizată pentru calibrarea și validarea modelelor construite. Selectarea zonelor pilot a fost, în special, bazată pe prezența, cantitatea și calitatea informațiilor despre componentele de mediu: date hidrometeorologice, compoziția soluri, structura geologică, componentele activității antropice, ș.a. Râurile-pilot selectate sunt r. Căinari - p. Sevirova, r. Cubolta - p. Cubolta, r. Răut - p. Bălți, r. Bălțata - p. Bălțata, r. Bâc - p. Chișinău, r. Pojarna - p. Sipoteni, r. Ișnovăț - p. Sîngera, r. Botna - p. Căușeni, r. Salcia Mare - p. Musait, r. Ialpug - p. Comrat, r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga. Metodele de modelare hidraulică a scurgerii au fost aplicate pentru simularea dinamicii undei de viitură prin lunca râurilor Nistru și Bâc, în special, pentru partea de mijloc și inferioară a râurilor.

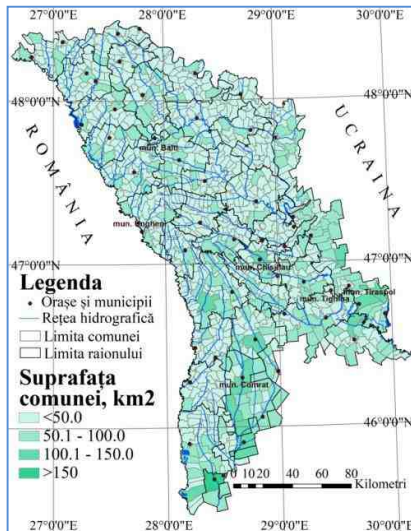


Fig. 2.5. Suprafața unităților administrativ-teritoriale

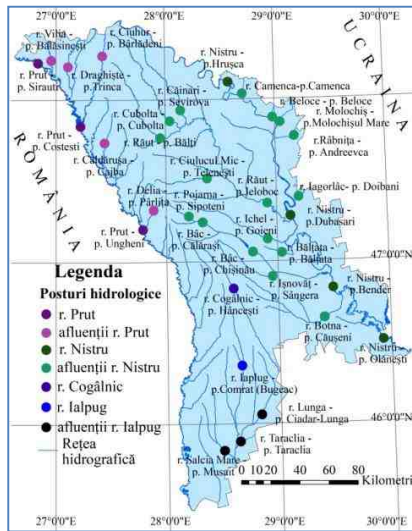


Fig. 2.6. Posturi hidrologice (construit în baza [32])

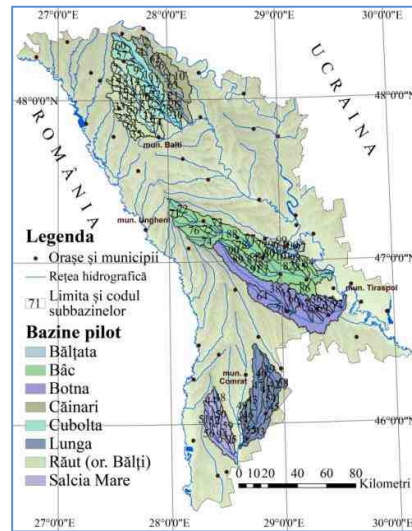


Fig. 2.7. Bazinele râurilor-pilot

2.3. Metode directe de cercetare

Metode de apreciere a calității și surșilor de date hidrologice

Aprecierea calității informației hidrologice condiționează modul de alegere a metodologiei precum și siguranța estimărilor caracteristicilor hidrologice de calcul ale râurilor studiate.

Calitatea șirului de date se estimează prin testarea staționarității și omogenității acestuia, clasic efectuată utilizând criteriile statistice lui Smirnov-Grabss, Dixon, Fisher, Student pe larg descrise în standardul național [17]. Evaluarea omogenității conform criteriului Fisher, selectat pentru studiul prezent, se execută prin compararea valorilor F_{calc} determinate în baza aplicării ecuației (2.1) și limitelor critice ale acestora, F_{critic} reprezentate în tabelele din [17, p. 173]:

$$F_{calc} = \sigma_X^2 / \sigma_{X+I}^2, \quad (2.1)$$

σ_X - dispersia șirului de date.

Dacă $F_{calc} < F_{critic}$, ipoteza despre omogenitatea temporală a șirului de date nu se respinge. În cazul depistării neomogenității șirurilor de date, se efectuează readucerea acestora la condiții staționare omogene prin aplicarea metodelor de bilanț al apei și regresie.

Complementar analizei omogenității, se efectuează evaluarea staționarității care estimează independența valorilor șirurilor de date ale caracteristicilor hidrologice de la un an la altul. Pentru evaluarea staționarității funcțiilor aleatoare, se utilizează coeficientul de autocorelare [234] care se calculează utilizând formula:

$$r_{(r)} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})(Q_{i+1} - \bar{Q}_{i+1}) \right]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{i+1} - \bar{Q}_{i+1})^2}} \quad (2.2)$$

Q_i – valorile debitului maxim anual al scurgerii de viitură (înlocuit cu Y_i și, respectiv, Y_{ivara} - pentru valorile stratului scurgerii de viitură și stratului scurgerii de vară);

$\bar{Q}$ - valoarea medie aritmetică a debitului scurgerii de viitură (înlocuit cu $\bar{Y}$ și $\bar{Y}_{vara}$ - pentru valorile medii ale stratului scurgerii de viitură și stratului scurgerii de vară).

În cazul în care $r_{(r)} = 0$, iar pe grafic trendul liniar coincide cu trendul mediilor multianuale, atunci succesiunea aleatoare se consideră staționară și poartă denumirea de șirul simplu al lui Markov. În cazul în care $r_{(r)} \neq 0$ determinarea parametrilor statistici se efectuează prin atribuirea coeficienților de corecție [17, 234].

Metode de determinare a caracteristicilor hidrologice de calcul

Determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul se efectuează în acord cu documentele normative ale fiecărui stat, elaborate pentru argumentarea proiectelor construcțiilor hidrotehnice. În cadrul document normativ național [17], aprecierea caracteristicilor principale ale viiturilor se bazează pe aplicarea metodelor statisticii și teoriei probabilității precum și modelării matematice utilizând informația hidrologică de la posturile din cadrul rețelei de monitoring. În mod clasic, se efectuează calculul caracteristicilor hidrologice de probabilitățile de depășire de 0,1 la 10 %. Parametri necesari pentru analiza statistică a datelor sunt următorii: valoarea medie aritmetică a

caracteristicilor scurgerii de viitură: $\bar{Q}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}_{\text{vara}}$; coeficientul de variație C_v , coeficientul de asimetrie C_s , eroarea accidentală medie pătratică ε , coeficientul de autocorelare, $r_{(t)}$. Tradițional, identificarea parametrilor statistici C_v și C_s se efectuează cu ajutorul metodei momentelor (pentru cazurile când $C_v \leq 0,5$) și metodei verosimilității maxime [17, 260]. Luînd în considerare faptul că caracteristicile scurgerii de viitură se caracterizează prin variabilitate ridicată, metoda acceptabilă de identificare a parametrilor statistici este metoda verosimilității maxime. În cazul în care valorile extreme ale caracteristicilor studiate deviază enorm de la ordonatele teoretice în regiunea probabilităților rare $\leq 5\%$, se recomandă utilizarea distribuțiilor scurtate. Erorile accidentale medii pătratice se calculează în dependență de $r_{(t)}$ [17]. Odată ce au fost determinați parametrii statistici $\bar{Q}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}_{\text{vara}}$, C_v , C_s se estimează caracteristicile hidrologice de calcul în baza teoriei probabilităților. În practica cercetărilor hidrologice și geografice a șirurilor de date (debite, stratul scurgerii, volume medii sau maxime ș.a.) se utilizează pe larg modelele ce descriu curbele probabilităților de depășire empirice și teoretice [21, 260]. În prezenta lucrare, pentru estimarea probabilității anuale *empirice* a valorilor caracteristicilor viiturilor, a fost utilizată formula Weibull, iar pentru cea *teoretică* - distribuția binominală de asimetrie sau Pearson de tipul III și gamma – distribuția cu trei parametri conform ordonatelor Krițki-Menkel [17]. Trebuie subliniat, că distribuirea lui Krițki-Menkel se poate utiliza pentru orice raport C_s/C_v , distribuirea lui Pearson de tipul III se pune în aplicare în cazul în care $C_s/C_v \geq 2$ [17].

Pentru evaluarea regională a caracteristicilor scurgerii, a fost aplicată *metoda reduțională* care constă în [7, 19, 234]:

$$q_{\text{max},\%} = \frac{q'_{m,\%}}{(S+1)^{m_1}} \quad (2.3)$$

unde:

$q_{\text{max},\%}$ - debitul specific maxim de probabilitatea de depășire P%, $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$

S - suprafața bazinului, km^2

m_1 - exponentul funcției de putere (de reducere)

$q'_{m,\%}$ - debitul specific elementar de probabilitatea P%, $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$

Estimarea distribuției spațiale a parametrilor statistici și a caracteristicilor scurgerii de viitură a fost efectuată cu ajutorul tehnicilor SIG utilizând metodele de modelare spațială IDW, Kriging, Topo To Raster [72].

Indicatori ai modificărilor hidrologice

Decizia privind aprecierea efectului direct al lacurilor de acumulare sau altor factori de impact asupra scurgerii de viitură este influențată de prezența informației hidrologice (fig. 1.6

[167]). Din totalitatea abordărilor existente (fig. 1.6) cea mai sigură modalitate de apreciere a impactului antropic asupra scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova este analiza informației hidrologice pentru perioadele de timp de pre/post-impact, pre/post-control și în rezultat determinarea Indicatorilor Modificărilor Hidrologice și Componentele Scurgerii de Mediu [177-180]. Din numărul total de indicatori în prezentul studiu au fost selectați doar cei ce se referă la faza viiturilor pluviale, iar dinamica acestora a fost evaluată aplicând programul de calculator IHA [195]. De asemenea, au fost calculați indicatori alternativi cum sunt coeficientul de atenuare a debitelor maxime (K), coeficientul formei hidrografului, a fost efectuată o analiză comparativă a valorilor coeficientului de variație dar și a debitelor probabile pre- și post-impact. Adăugător a fost analizată dinamica nivelului maxim al apei și modificarea hidromorfologică a albiei ca urmare a construcției structurilor hidrotehnice.

2.4. Modele statice

Indicii potențialului viiturilor rapide, inundării și propagării undei de viitură

Evaluarea potențialului de formare și propagare a viiturilor de pe râurile Republicii Moldova este realizată prin combinarea factorilor naturali și antropici clasificați în funcție de potențialul de scurgere și aplicarea $FFPI$ [158, 187], FPI [201], $FPPI$. Pentru modelarea acestor indici au fost utilizați 19 factori ce reflectă procesele de formare și propagare a viiturilor (fig. 2.8). Clasificarea factorilor a fost efectuată în funcție de caracteristicile lor și de impactul asupra formării scurgerii maxime de suprafață prin atribuirea unui scor de la 1 (potențial mic) la 5 (potențial ridicat). Valorile ponderate a fiecărui factor au fost obținute prin estimarea ponderii suprafețelor ocupate de diferite clase integrată în matricea decizională din cadrul Microsoft Excel [90]. Cartarea și derivarea factorilor necesari a fost efectuată în mediul ArcGIS, QGIS și SAGA GIS [73, 173, 184]. Modelarea propriu-zisă a $FFPI$ a fost efectuată în mediul SIG prin utilizarea funcției Weighted Sum. Evaluarea $FFPI$ și a FPI a fost efectuată utilizând datele spațiale a factorilor ce acoperă întregul bazin hidrografic. Pe de altă parte, evaluarea $FPPI$ a fost realizată prin utilizarea datelor care descriu starea albiei minore a râurilor.

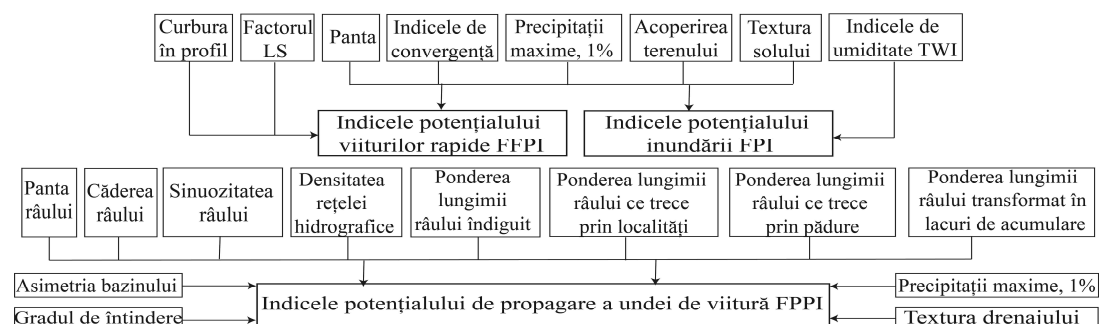


Fig. 2.8. Baza de date SIG pentru estimarea $FFPI$, FPI și $FPPI$

Metoda SCS-CN

Estimarea scurgerii de viitură depinde de calitatea și cantitatea datelor hidrologice care deseori lipsesc sau sunt insuficiente. În astfel de cazuri, cea mai bună opțiune este aplicarea metodelor indirecte. O mare popularitate pentru calculul scurgerii de viitură, a fost obținută de modelul SCS-CN (SUA) [190]. Un avantaj al acestui model îl reprezintă utilizarea tehnicilor SIG pentru calcule și reprezentare spațială a datelor de intrare și a rezultatelor (fig. 2.9). Astfel, pentru studiul prezent, modelul SCS-CN a fost utilizat pentru a estima variația regională a scurgerii de viitură din cadrul bazinelor hidrografice mici și unităților administrativ-teritoriale elementare ale Republicii Moldova.

Formarea scurgerii de viitură depinde de un număr mare de factori care, de obicei, sunt dificil de apreciat datorită complexității acestora. Modelul SCS-CN se bazează pe conceptul de reprezentare convențională a retenției maxime potențiale de apă cauzate de precipitațiile torențiale [7, p. 113], care este influențată de tipul de acoperire a terenului, de grupul hidrologic de sol și de precipitațiile extreme care se bazează pe ecuația bilanțului de apă, modificată ulterior pentru diferite scopuri:

$$Y = P - I_s - I - E - d \quad (2.4)$$

unde:

Y - scurgerea de apă (directă), mm I_s - infiltrarea, mm E - evapotranspirația, mm

P - precipitații, mm I - interceptia, mm d - alte tipuri de retenție

Ecuația de bază, utilizată în cercetarea prezentă, pentru implementarea modelului SCS-CN este următoarea [84, 89, 171]:

$$Y = \frac{(PP - 0.2 * S_p)^2}{PP + 0.8 * S_p} \quad (2.5)$$

unde:

PP - precipitațiile maxime, mm

S_p - retenția maximă potențială, mm, ce se calculează cu ajutorul ecuației:

$$S_p = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2.6)$$

unde:

CN - numărul curbei rezultante din intersecția între tipul de utilizare a terenului și grupa hidrologică de sol [65, p. 17]. CN a fost estimat pentru condițiile de umiditate minimă - sol uscat ($ASM I$), medie ($ASM II$) și maximă - sol umed ($ASM III$).

Toți factorii integrați în modelul SCS-CN: solul, precipitațiile, acoperirea terenurilor, precum și CN , S_p și Y calculați pot fi reprezentați spațial folosind tehnicile SIG. Reprezentarea

schematică a etapelor de estimare a scurgerii de viitură folosind modelul SCS-CN și SIG este reprezentată în figura 2.9.

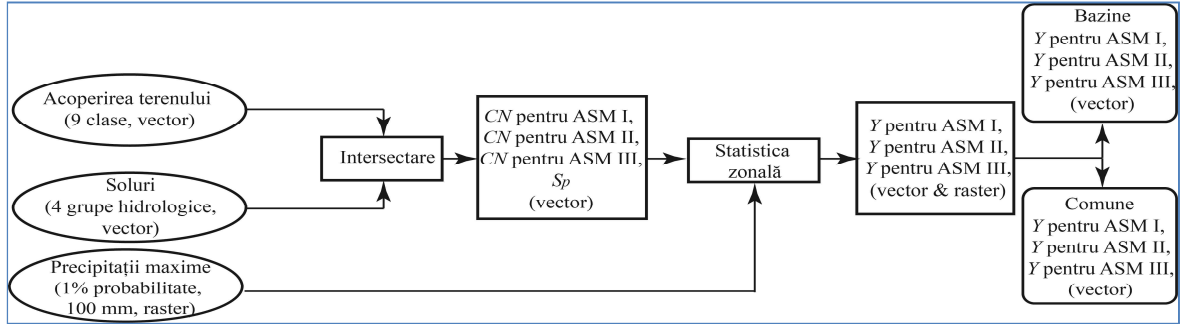


Fig. 2.9. Reprezentarea schematică a calculării scurgerii de viitură utilizând modelul SCS-CN și tehnicile SIG

Utilizarea modelului SCS-CN este potrivită pentru evaluarea impactului antropic asupra scurgerii, exprimat prin modificări ale acoperirii terenului, ale texturii și umidității solului determinate de activitățile agricole, variații climatice.

Metoda genetică

În documentele normative ale Republicii Moldova [17], modelarea viiturilor se bazează pe metodele matematice, în special, pe cea *genetică și reduțională*. Trebuie menționat faptul că aceste metode sunt utilizate pe larg atât la nivel regional cât și local pentru râuri nemonitorizate [260, 261] cu toate că unele componente ale acestora se bazează pe date ale măsurătorilor. Ambele tipuri de ecuații utilizează coeficienți ce reflectă într-o măsură sau alta activitatea antropică. *Metoda genetică* de calcul a debitului maxim de o anumită probabilitate este reprezentată prin ecuația:

$$Q_{m,\%} = q'_{m,\%} \varepsilon_A \left[\psi \left(\frac{t_c}{T_0} \right) \right] S \lambda_p \delta \quad (2.7)$$

în care:

ε_A - coeficientul regularizării de albie

$\psi \left(\frac{t_c}{T_0} \right)$ - coeficientul applatizării undelor de viitură

T_0 - durata scurgerii de versant, ore, pentru teritoriul Moldovei este egală cu 2,5 ore

t_c - durata scurgerii de albie egală cu raportul între lungimea râului și viteza apei, ore

$q'_{m,\%}$ - debitul specific elementar de probabilitatea $P_{\%}$, $m^3/s/km^2$, care poate fi calculat:

$$q'_{m,\%} = 0.28 Y_{m,\%} \left(\frac{n+1}{n T_0} \right) k_R. \quad (2.8)$$

unde:

n - variabila ce determină forma hidrografului scurgerii de pantă (în continuare coeficientul formei hidrografului)

$\frac{n+1}{n}$ - coeficientul de neregularitate în timp a scurgerii de pantă

k_R - coeficientul de retenție a stratului generat de apă

0,28 - coeficientul dimensiunilor

$Y_{m,\%}$ - stratul scurgerii de viitură de probabilitatea P , %, poate fi calculat prin ecuația:

$$Y_{m,\%} = PP_{m,\%} \eta_V \quad (2.9)$$

$PP_{m,\%}$ - valoarea maximă a stratului zilnic de precipitații cu asigurarea P , %, mm

η_V - coeficientul scurgerii viiturii, ce depinde de suprafața bazinului hidrografic

λ_P - coeficient de trecere cerea la o probabilitate la alta

Impactul *activităților agricole asupra scurgerii de viitură* poate fi exprimat din perspectiva modificărilor scurgerii de pantă care este determinată de variabila ce stabilește forma hidrografului scurgerii de versant, n , integrat în formula de calcul al coeficientului de neregularitate în timp a scurgerii de pantă. În prezent, pentru condițiile Republicii Moldova, valoarea medie n este egală cu 0,4 [17]. Evaluarea acestui exponent va permite estimarea impactului acoperirii teritoriului asupra scurgerii de viitură. Coeficientul de neregularitate în timp a scurgerii de versant este egal cu raportul între debitul maxim și debitul mediu al hidrografului viiturii, respectiv, n este egal cu:

$$n = \frac{\overline{Q_m}}{Q_{max} - \overline{Q_m}} \quad (2.10)$$

unde:

Q_{max} - debitul maxim al scurgerii de viitură, l/s $\overline{Q_m}$ - debitul mediu al viiturii, l/s

Estimarea diferențiată a valorii n poate fi efectuată în cazul analizei scurgerii de viitură ce se formează de pe suprafețe acoperite de categorii de terenuri specifice. Astfel, pentru evaluarea impactului activității agricole sunt necesare date de pe platforme și bazine hidrografice experimentale cum ar fi, de exemplu, cele din cadrul stației de bilanț Bălțata care a funcționat pe parcursul perioadei 1954-1994.

Factorul antropic reprezentat în formulele de calcul a debitului maxim probabil se referă la *funcționarea lacurilor de acumulare*. Coeficientul ce arată impactului acestui factor se calculează prin:

$$\delta = \frac{1}{1 + Cf'_L} \quad (2.11)$$

unde:

C - coeficientul ce depinde de stratul scurgerii de viitură,

f'_L - gradul mediu ponderat de acoperire cu acumulări de apă a bazinului hidrografic (%)

Determinarea gradul mediu ponderat de acoperire cu lacuri a bazinului hidrografic poate fie efectuată cu ajutorul ecuațiilor din tabelul 2.1:

Tabelul 2.1. Ecuațiile de calcul a f'_L

Formula de bază recomandată de documentul normativ [17]	Formula alternativă din cadrul documentului normativ [17] și alte lucrări științifice [234, 247, 249, 260]
$f'_L = \frac{f_L - 2}{2.8} \quad (2.12)$	$f'_L = \sum_{i=1}^n (100 S_i f_i / S^2) \quad (2.13)$

unde:

f_L - ponderea suprafeței oglinzii apei lacurilor din cadrul bazinului hidrografic, %

S_i - suprafața bazinului hidrografic al lacului de acumulare i , km²

f_i - suprafața oglinzii apei lacului de acumulare i , km²

După cum se observă, în cadrul documentelor normative se poate regăsi metodologia de calcul a impactului a doi factori antropici: funcționarea lacurilor de acumulare și activitățile agricole. Evaluarea în cauză se efectuează cu ajutorul coeficienților și indicilor specifici. Rezultatele aplicării acestei metodologii precum și anumite propuneri de perfecționare a acesteia și de regionalizare a rezultatelor se regăsesc în capitolul 3.

Metoda volumetrică

Volumul scurgerii reprezintă o valoare ce însumează volumele formate de pe toate suprafețele din cadrul bazinelor hidrografice. Acesta, de asemenea, poate fi reprezentat ca produs între stratul scurgerii de viitură și suprafața bazinului hidrografic. La rândul său, stratul scurgerii poate fi estimat prin diferite metode. În cadrul documentelor normative naționale ce țin de canalizarea pluvială și evaluarea evacuărilor maxime admisibile a poluanților de pe teritoriile urbanizate [18, 63] volumul total al scurgerilor pluviale se estimează prin ecuația:

$$W_{\%} = 10 * Y_{m,\%} S, \text{ m}^3, \quad (2.14)$$

unde:

$Y_{m,\%}$ - stratul scurgerii pluviale de $P_{\%}$, mm, se recomandă a fi identificat prin expresia:

$$Y_{m,\%} = \psi(\tau_s) PP_{m\%} \eta_s \quad (2.15)$$

S - suprafața teritoriului, ha $\psi(\tau_s)$ - funcția reducerii în timp a precipitațiilor de aversă

(egalată cu 0,45 în cazul ploilor torențiale de 20 minute conform [18])

η_s - coeficientul mediu ponderat al scurgerilor de pe teritoriul urbanizat calculat prin

$$\eta_s = (\eta_1 S_1 + \eta_2 S_2 + \eta_3 S_3 + \dots + \eta_n S_n) / S, \quad (2.16)$$

unde:

$\eta_1 - \eta_n$ - coeficienții de scurgere pentru suprafața specifică a teritoriului urbanizat

$S_1 - S_n$ - ponderea suprafeței specifice teritoriului urbanizat, %

Coeficienții scurgerii pot fi apreciați, de asemenea, în baza recomandărilor [65, p. 9] cu ajutorul formulei:

$$\eta_s = \frac{(PP_{m,\%} - 0,2 * Sp)^2}{PP_{m,\%}(PP_{m,\%} + 0,8 * Sp)} \quad (2.17)$$

Astfel, pentru calculul volumelor viiturilor s-a recurs, inițial, la aprecierea scurgerii de viitură de pe diferite categorii de terenuri care mai apoi a fost transformată în volume ale scurgerii, iar suma acestora a rezultat în valoarea volumul total al viiturii. Ulterior, a fost determinată dependența între ponderea volumelor formate pe diferite categorii de acoperirea a terenului cu ponderea suprafețelor acestora. Calculul valorilor volumelor scurgerii de viitură de pe diferite suprafețe s-a efectuat în baza formulei 2.14 iar a coeficientul scurgerii conform 2.17. Avantajul acestei metodologii constă în faptul, că determinarea volumelor scurgerii de viitură se efectuează prin estimare aportului fiecărei categorii de terenuri în formarea volumului total al viiturii.

Conform anumitor estimări, metodele ce includ aprecierea coeficienților scurgerii au avantaje și dezavantaje. Conform [219] compararea coeficienților scurgerii în faza de creștere și descreștere a hidrografului cu coeficientul mediu arată supraestimarea acestuia pentru prima fază și subestimarea pentru faza a doua. În cazul fazei maximului aceste valori sunt practic egale. Avantajul utilizării metodelor cu aprecierea coeficientului scurgerii constă în înalta lor popularitate și în faptul că estimarea acestor coeficienți în diferite zone geografice se efectuează în baza observațiilor efectuate în teren. Coeficienții scurgerii depind, în mare măsură, și de umiditatea precedentă a solului. Aceștia vor crește de 2-3 ori în cazul solului bine umezit de precipitații anterioare sau de procesul de irigare (în cazul terenului arabil sau pajiștilor aceștia pot crește de la 0,3 la 0,7) [219, p. 336]. Coeficienții scurgerii depind, în mare parte, și de textura solului, tipul de prelucrare a acestuia precum, de acoperirea terenului cu vegetație, de mărimea bazinului hidrografic și, evident, de cantitatea de precipitații [219, p. 339].

2.5. Modele dinamice

Simularea proceselor de formare a scurgerii de viitură utilizând modelul hidrologic JAMS/J2000

Concepte de bază

Modificarea regimului de formare a scurgerii viiturilor pluviale este influențată de un set de factori naturali și antropici care influențează integrat scurgerea râurilor iar cea mai mare provocare, în aceste condiții, constă în evaluarea efectului acestor doi factori atât în mod combinat cât și separat. Pentru a răspunde eficient acestei provocări a fost aplicat modelul hidrologic deterministic fizic distributiv continuu JAMS/J2000 (fig. A2) [98, 126, 142-149, 156, 164, 165, 169, 185, 202, 203]. Menirea principală ale acestui soft este elaborarea modelelor virtuale ale diferitor bazine hidrografice pentru managementul resurselor de apă, identificarea strategiilor adecvate pentru soluționarea problemelor legate de mediu, etc. Acest model este capabil să reprezinte un spectru larg de procese hidrologice care au loc în cadrul bazinelor hidrografice, dar și include metode hidrodinamice de simulare a undei de viitură prin albie. Integrarea principiului *Unităților Răspunsului Hidrologic* (hydrologic respons units, HRU) în cadrul modelului J2000 îl face potrivit pentru aplicare pe scară largă, inclusiv, pentru modelarea evenimentelor extreme cum ar fi viiturile pluviale. Procesele hidrologice sunt modelate în cadrul diferitor module, fapt ce permite adăugarea sau eliminarea lor în dependență de scopul modelării. Un avantaj al modelului constă în posibilitatea de a utiliza atât date spațiale precum și temporale. Simularea scurgerii este efectuată în baza metodelor recunoscute la nivel internațional iar accesul liber la codurile și algoritmi programelor permite modificarea sau înlocuirea metodelor necesare pentru modelare [169, 185, 203].

În cadrul algoritmilor modelului JAMS/J2000 este descris procesul circuitului apei în natură. Astfel, apa este, inițială, generată de precipitații. Ulterior, aceasta este repartizată în mod diferit pe suprafață terestră. O parte se scurge direct în râu, fenomen specific teritoriilor urbane, altă parte este supusă proceselor de retenție ce depind de tipul de vegetație și de sol. Infiltrarea apei în sol joacă un rol primordial în procesul de formare a scurgerii. Apa venită direct din precipitații sau prin interceptie din stratul vegetativ este repartizată și acumulată în porii solului. Când solul atinge punctul de saturație, excesul de apă se acumulează și se scurge pe suprafața terestră. Apa din sol urmează a fi redistribuită substratelor geologice care o acumulează și/sau generează scurgerea subterană, sau o restituie prin ridicare capilară. O parte din apa precipitațiilor este restituită atmosferei prin procesele de evapotranspirație din stratul vegetativ și din sol. Aceasta depinde de caracteristicile texturale ale solului, adâncimea acestuia, umiditatea, conductibilitatea hidraulică precum și de tipul și starea vegetației. Transportul de apă de la o unitate de răspuns hidrologic la alta este reglat de parametrii scurgerii laterale, iar mișcarea undei de viitură prin albie este efectuată în baza conceptului undei cinematice. Ca rezultat, se obțin patru tipuri de scurgere prin sumarea cărora se estimează scurgerea de apă a râului-pilot (fig. 2.10). Descrierea detaliată a tuturor proceselor ce sunt integrate în cadrul JAMS/J2000 se

regăsește în publicațiile autorului modelului și a echipei de lucru [98, 142-149, 156, 164, 169, 185, 202, 203], pe paginile web JAMS/J2000 [126].

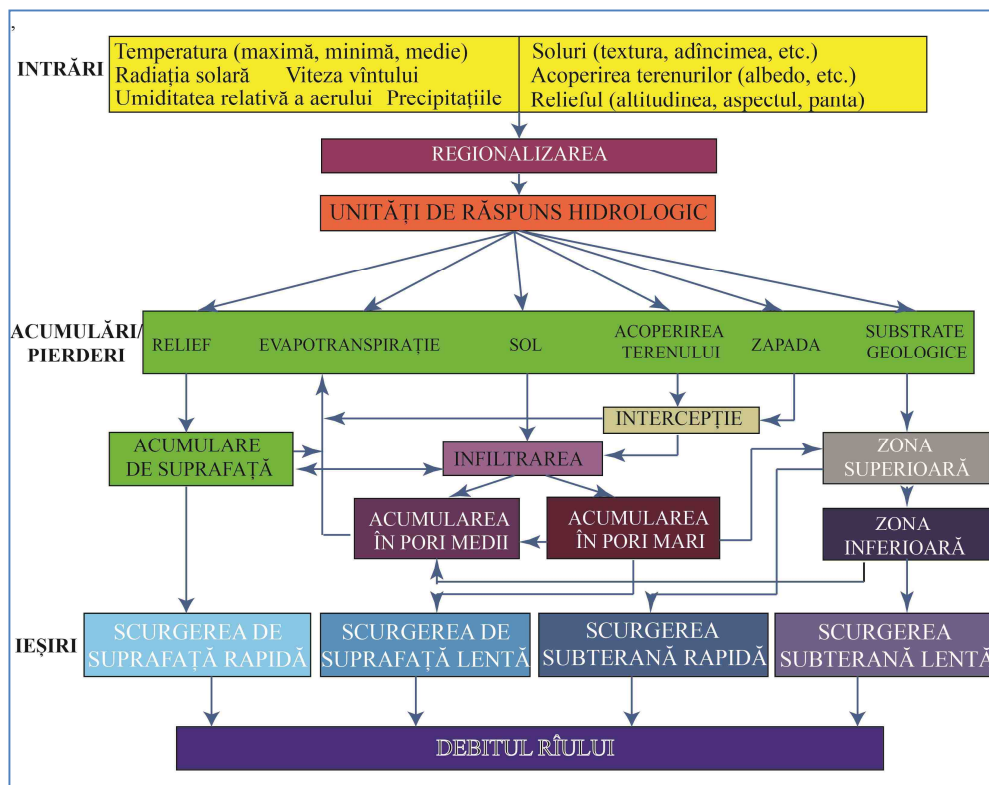


Fig. 2.10. Cadrul conceptual al modelului J2000

Baza de date temporale și spațiale

Etapă de pregătire a bazei de date pentru modelare în JAMS/J2000 constă în colectarea, analiza și evaluarea calității și cantității datelor hidrometeorologice și spațiale precum și delinierea *HRU*. La această etapă, se identifică specificul zonelor de studiu, caracteristicile de bază a componentelor naturii și se pot estima potențialele cauze ale erorilor sau incertitudini rezultatelor modelării.

Baza de date temporale necesară studiului hidrologic în J2000 constă din următorul șir de date zilnice: temperatura aerului (maximă, minimă, medie), precipitațiile atmosferice, viteza vântului, umiditatea relativă a aerului, durata strălucirii solare și debitul de apă. Baza de date este integrată în cadrul Sistemul Informațional al Bazinelor Hidrografice (River Basins Information System) – care reprezintă un sistem de gestionare a informațiilor temporale și geospațiale pe baza web (fig. A3, A4). Acesta oferă funcții prietenoase utilizatorului pentru stocarea și descărcarea datelor precum și pentru analiza și gestionarea acestora [144, 202]. Datele existente pot fi analizate din perspectiva localizării, tipului parametrilor, altitudinii, distanței între stații, precum pot fi calculate corelările diferitor parametri și apreciată tendința acestora. De asemenea, poate fi efectuată conexiunea la baza de date internațională cu acces liber cum ar fi WMO [200],

Centru național de date climatice al NOAA [162]. În dependență de legăturile formate între șirurile de date, poate fi efectuată interpolarea datelor pentru stațiile unde se observă o discontinuitate a acestora, prin aplicarea următoarelor metode de interpolare: ponderea inversă cu distanță, ponderea inversă cu distanță cu corecția altitudinală, interpolarea lineară, regresia lineară. În finalul prelucrării datelor temporale, acestea se pot exporta în formatul necesar pentru integrarea în modelul J2000, de asemenea, se poate efectua agregarea acestora în dependență de scopul necesar: din datele zilnice pot fi extrase valorile sumare, medii, maxime, minimele pentru diferite perioade de timp: lunare sau anuale.

Reprezentarea spațială a diferitelor componente de mediu dar și a celor antropice este efectuată prin crearea unui obiect spațial unic - Unitățile de Răspuns Hidrologic (HRU) - care însumează toate elementele naturii: acoperirea terenurilor, DEM, solurile și substratul geologic. Delimitarea HRU se efectuează cu ajutorul extensiei GRASS HRU web [185]. Combinarea straturilor tematice spațiale este efectuată în așa fel ca să se deosebească poligoane de o structură eterogenă care conțin informații despre toate componentele mediului necesare pentru aprecierea scurgerii de pantă și, în final, a apei acumulate în cadrul luncii râului. Poligoanele create sunt interconectate între ele iar legătura între ele este asigurată de elementele din cadrul tabelului de atribute. În procesul delinierii, se efectuează straturi adăugătoare generate din DEM cum ar fi: panta, aspectul, direcția scurgerii, acumularea scurgerii, rețeaua hidrografică, subbazinele, etc. Regionalizarea și cartografierea diferitelor componente pe baza HRU oferă posibilitatea de a analiza condițiile formării viiturilor pluviale la nivel local și regional [126, 169, 185].

Procesarea, calibrarea și validarea modelului hidrologic

Odată ce datele meteorologice și hidrologice au fost analizate, corectate și evaluate și a fost efectuată delinierea HRU, se trece la etapa de construire a modelului hidrologic. Așa cum HRU conțin deja informația despre componentele spațiale (sol, geologie, relief, utilizarea terenului), acestora li se atribuie caracteristicile elementele meteorologice. Combinarea algoritmilor metodelor de studiu și a componentelor temporale și spațiale este efectuată în cadrul JAMS (fig. A2) care include algoritmi J2000 și, astfel, construindu-se un model hidrologic unic pentru fiecare râu în parte.

Simularea proceselor hidrologice în modelul JAMS/J2000 se desfășoară în module independente: Regionalizare, Radiația, Intercepția, Zăpada, Solurile, Ape subterane, Viteza de scurgere (fig. A2). Fiecare modul are parametrii proprii de calibrare și este construit în așa fel ca să fie maximal independent de altele. Luând în considerare că, în cadrul prezentei cercetări, se pune accentul pe simularea scurgerii de viitură ce se formează în perioada caldă a anului, importanța modulului Zăpada a fost maximal diminuată.

Modelarea proceselor specifice de formare a scurgerii se bazează pe formula de bilanț a apei, ce permite evaluarea intrărilor, pierderilor/acumulărilor precum și a ieșirilor din sistem (fig. 2.10). Repartiția spațială a componentelor de mediu de intrare este efectuată prin delinierea *HRU*, iar a datelor meteorologice este realizată prin regionalizarea acestora prin modulul respectiv din modelul J2000. Ulterior sunt estimate pierderile/acumulările apei provenite din ploii din bazin la evapotranspirație, retenție de sol, vegetație, substrat geologic. Ultima etapă constă în determinare rezultatului final: scurgerea de pantă și de albie.

Strategiile de calibrare și validare a parametrilor și modelului

Strategia de bază a procesului de *calibrare și validare* a modelului constă în identificarea parametrilor de calibrare ce caracterizează pierderile/acumulările de apă în sol, în stratul vegetativ, în substraturile geologice precum și rezultate ale evapotranspirației, ce reprezintă cel mai bine realitatea din bazinul hidrografic cercetat. În procesul de calibrare, se determină eficiența modelului prin compararea scurgerii de apă modelate și a celei reale. În mod clasic, procesul de calibrare și validare se efectuează concomitent, perioada modelării fiind împărțită convențional în două: una fiind utilizată pentru calibrarea parametrilor, iar a doua - pentru validarea acestora. Pentru modele continue zilnice perioada de calibrare și, respectiv, de validare trebuie să depășească 5 ani. De asemenea, validarea poate fie efectuată prin utilizarea parametrilor calibrați în modelarea scurgerii altui râului, în condițiile similare de formare a scurgerii [164].

Calibrarea este realizată, combinat, atât prin metode manuale cât și automate. Calibrarea manuală se efectuează prin metoda încercărilor și erorilor (trial and error), proces care, de obicei, este îndelungat și nu întotdeauna poate asigura un rezultat fiabil, însă în baza acesteia se pot identifica parametrii ce influențează semnificativ asupra rezultatelor modelării sau din contra variația valorilor cărora nu are nici un impact (evaluarea manuală a sensibilității modelului). Pentru calibrarea automată este aplicat modulul OPTAS al modelului JAMS/J2000 în cadrul căruia sunt încorporate metodele: SCE (Shuffle Complex Evolution) [94], DIRECT [97], Branch and Bound [118], Gutmann Method [107] ș.a., cele mai recomandate fiind primele două. În cadrul acestui modul utilizatorul specifică numărul de parametri de calibrare, limitele maxime și minime ale valorilor acestora determinanți în procesul calibrării manuale, criteriile de optimizare, precum și perioadele de calibrare în dependență de scopul cercetării cum ar fi: perioada de vară, perioada viiturilor pluviale (debitul maxim, curbele ascendente/descendente a hidrografului), perioada scurgerii medii ș.a. Identificarea automată a valorilor optime a parametrilor de calibrare se efectuează printr-un număr mare de iterații (peste 10000) și funcțiile de eficiență ce determină calitatea modelului. Calibrarea automată este o alternativă eficientă

calibrării manuale însă rezultatele acesteia nu întotdeauna reprezintă realitatea, respectiv ambele tipuri de calibrare au fost utilizate pe parcursul modelării. Pentru evaluarea calității modelului au fost utilizate funcția de eficiență Nash-Sutcliffe (E) precum și forma logaritmică a acestuia ($\ln E$), funcția de regresie a datelor modelate și reale (R^2), precum și eroarea medie în % ($PBIAS$) [161]:

$$E = 1 - \frac{\sum(o_i - J_i)^2}{\sum(o_i - \bar{o})^2} \quad (2.18)$$

$$\ln E = 1 - \frac{\sum(\ln o_i - \ln J_i)^2}{\sum(\ln o_i - \ln \bar{o})^2} \quad (2.19)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum(o_i - \bar{o})(J_i - \bar{J})}{\sqrt{\sum(o_i - \bar{o})^2 \sum(J_i - \bar{J})^2}} \right)^2 \quad (2.20)$$

$$PBIAS = \frac{\sum(o_i - J_i)}{\sum o} * 100 \quad (2.21)$$

unde:

O și J sunt valorile scurgerii măsurare (reale) și modelate.

Aceste funcții sunt cele mai cunoscute și pe larg folosite în întreaga lume. Coeficientul de eficiență Nash-Sutcliffe (sensibil la debitele maxime) și forma sa logaritmică (sensibil la debitul mediu) au fost utilizate pentru a aprecia dinamica modelului hidrologic; iar $PBIAS$ a fost calculată pentru evaluarea bilanțului apei. Determinarea calității modelului în baza valorilor eficiențelor este reprezentată în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2. Valorile de performanță pentru estimările statistice a rezultatelor modelării hidrologice [161, p. 891]

Rata de performanță a modelului	E	$PBIAS$
Foarte bună	0,75 - 1,00	$< \pm 10$
Bună	0,65 - 0,75	$\pm 10 - \pm 15$
Satisfăcătoare	0,50 - 0,65	$\pm 15 - \pm 25$
Nesatisfăcătoare	$\leq 0,50$	$> \pm 25$

Pentru procesul de calibrare a parametrilor au fost utilizate informațiile prezente în cadrul literaturii de specialitate locală [6, 25, 28, 50, 56, 67, 207, 213, 219, 225, 234, 236, 239, 240] precum, a experienței internaționale [30, 98, 147, 156, 164, 203], și recomandărilor specialiștilor din domeniu.

Postprocesarea datelor și analiza rezultatelor

Analiza și vizualizarea rezultatelor modelărilor și optimizării se efectuează în cadrul modului JADE. Cu ajutorul acestui component se pot examina datele temporale (TimeLoop) și spațiale (HRULoop) în diferite moduri. Datele temporale reale precum și cele modelate (evapotranspirația, scurgerea apei, interceptia, etc.) se pot compara prin corelare și estimare a valorilor statistice ale șirurilor de date (media, coeficientul de variație, deviația standardă, ș.a.).

Pentru analiza spațială se pot selecta și reprezenta datele reale și modelate pentru unul și pentru toate *HRU*. Se poate efectua agregarea temporală a datelor pentru perioada necesară utilizatorului în formă de medie, sumă, etc., și agregarea spațială a valorilor modelate pentru un anumit număr sau pentru toate poligoanele *HRU*. Datele spațiale se pot extrage și examina în format .shp în SIG.

Simularea proceselor de propagare a undei de viitură utilizând modelul hidraulic HEC-RAS

Principii de bază

Modificarea procesului de propagare a undei de viitură prin albia râului sub acțiunea impactului antropic este determinată de activități de amenajare a luncii, în special, în scopuri de management al resurselor de apă, a inundațiilor (regularizări de albie, lacuri de acumulare, diguri de protecție, ș.a.), scopuri agricole (terenuri arabile, canale de desecare/irigare, ș.a.), de infrastructură (drumuri, căi ferate), naturalizare a cursurilor râurilor (fâșii de protecție, fâșii forestiere, zone umede ș.a.), etc. Evaluarea impactului acestor modificări este de obicei efectuată prin modelare hidraulică. Aceasta se bazează pe reprezentarea virtuală a luncii (prin secțiuni transversale) și modelarea prin aceasta a scurgerii de apă a râurilor utilizând diverse metode de propagare: ecuația energiei, continuității, etc.. În prezenta cercetare, pentru scopul menționat a fost utilizat modelul HEC-RAS - Sistemul de Analiză Riverană al Centrului de Inginerie Hidrologică (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) a Corpul de Ingineri al Armatei SUA [113]. HEC-RAS este alcătuit dintr-o interfață grafică pentru utilizator, componente separate pentru analiză hidraulică, capacități de stocare și de management a datelor, facilități grafice și de raportare (fig. A5). Modelul HEC-RAS este pe larg aplicat de un număr mare de utilizatori datorită faptului eficienței calculelor și modelării, prezenței manualelor de referință și utilizare, consultanței prin rețea pentru soluționarea problemelor apărute dar și distribuirii gratuite a aplicației, etc. [113-116]. Acest program permite modelarea scurgerii de apă uniforme în 1D, neuniforme în 1D și 2D, transportului de sedimente și a calității apei. În modulul scurgerii uniforme se modelează scurgerea râului în baza unei singure valori a debitului de apă, pe când în modulul scurgerii neuniforme, unda de viitură poate fi reprezentată în dinamică temporală prin aplicarea hidrografelor reale sau modelate de diferită probabilitate, fie spațială, prin albia și lunca râului. Un avantaj major al modelului reprezintă posibilitatea de modelare a scurgerii neuniforme în 1D și 2D în baza metodelor recunoscute la nivel mondial: Ecuațiile Saint Venant și difuziei impulsului/undei [113-116].

Pregătirea bazei de date spațiale în HEC-geoRAS

Pentru a efectua modelarea hidraulică a unei de viitură, primordială este crearea cu precizie înaltă a unui model virtual al luncii râului (geometria). În acest sens, este important de a reprezenta în formă digitală toate componentele naturale și antropice cum ar fi: rețeaua hidrografică, acoperirea terenului, digurile, infrastructura rutieră, clădirile, etc. DEM utilizat în prezenta cercetare a fost realizat cu ajutorul LIDAR fiind de 1m rezoluție [176], iar pentru o precizie mai mare și evaluare a datelor batimetrice și caracteristicilor luncii, au fost utilizate informațiile din cadrul imaginilor satelitare [152] și cercetărilor de teren (fig. A6). Straturile tematice necesare pentru geometria proiectului sunt create în mediul ArcGIS [73] prin intermediul plug-inului HEC-GeoRAS [112]. Acestea sunt: râul (linia ce trece prin centrul râului), malurile, lunca râului (liniile care indică zona potențial inundabilă), secțiunile transversale, zonele ineficiente, structurile transversale, digurile, obstacolele (pot influența extindere viiturii, de exemplu: clădirile din zonele urbane), categoriile de acoperirea terenului cu valorile Manning pentru calculul vitezei apei, zonele de acumulare a apei.

Modelarea hidrografelor viiturilor pluviale de probabilitate mică

Aplicarea modelului HEC-RAS poate fi efectuată pentru modelarea viiturilor reale, ale căror hidrografe sunt acumulate în arhiva SHS, cât și pentru simularea unei de viitură de o anumită probabilitate de depășire. Pentru construirea hidrografului unei de viitură sunt necesare: valorilor debitelor de probabilitatea respectivă, estimate conform metodelor expuse mai sus, ordonatele noului hidrograf și caracteristicile principale ale viiturilor pluviale: timpul de creștere a viiturii (T_{cr}), coeficientul de asimetrie K_s (egal cu raportul din stratul creșterii viiturii și stratul total) [17]. Ordonatele și abscisele hidrografului de calcul se determină prin ecuațiile:

$$Q_{m,i} = Y * Q_{m,P\%} \quad (2.22)$$

$$t_i = X * T_{Cr}, \quad (2.23)$$

unde:

X, Y – ordonatele relative ale hidrografului de calcul al scurgerii de viitură [17]

Procesarea, calibrarea și validarea modelului hidraulic

După ce au fost create toate straturile în mediul SIG, se elaborează o bază de dată unică ce se importă în HEC-RAS pentru calibrarea geometriei proiectului și nemijlocita modelare. În mediul HEC-RAS sunt integrate două module pentru simularea scurgerii apei: scurgerea uniformă în 1D (steady flow) și scurgerea neuniformă în 1D/2D (unsteady flow) (fig. A5). În cazul modelării scurgerii neuniforme în 1D se utilizează ecuația principiului conservării masei (de continuitate) [115, p. 2-32] și impulsului [115, p 2-33].

Pentru calibrarea, validarea și evaluarea sensibilității geometriei modelului în mediul HEC-RAS, au fost utilizate datele cercetărilor de teren asupra luncii și albiei minore pentru prelucrarea secțiunilor transversale, pentru corectarea informației batimetrice, a acoperirii terenului, digurilor, podurilor. Coeficienții necesari pentru construcțiile hidrotehnice, în special, lacurile de acumulare din cadrul luncii sunt calibrați în baza regulamentelor de exploatare. Numărul profilelor transversale a fost apreciat reieșind din specificul reliefului luncii râului și din gradul de exactitate, necesar în aprecierea valorilor suprafeței libere a apei în mediul HEC-RAS. De asemenea, au fost analizați coeficienți care influențează viteza apei prin albie cum este coeficientul de frecare Manning. Acesta a fost determinat utilizând tabelele speciale [114] și informația privind componenta vegetativă a albiei și luncii râului. Alt element de calibrare sunt digurile de protecție. Poziționarea acestora a fost apreciată în baza hărților topografice [25], a imaginilor satelitare [152] și DEM, iar înălțimea lor a fost determinată în perioada cercetărilor de teren. Ca urmare a prelucrării geometriei, modelul este rulat și calibrat utilizând hidrografele scurgerii reale de la posturile hidrologice situate pe cursul râului. Elemente destul de sensibile sunt intervalul (timpul) simulărilor, condițiile limită și de inițiere care pot influența stabilitatea modelului și, respectiv, trebuie determinate cu acuratețe. Evaluarea calității simulărilor este efectuată utilizând criteriile de eficiență aplicate în cazul modelării hidrologice. În finalul procesului de calibrare și validare, modelul este aplicat pentru simularea viiturilor de probabilitate mică. Aplicarea modelului, inclusiv, recomandări privind strategiile de elaborare a unui model calitativ sunt pe larg descrise în Manualul utilizatorului [116].

Vizualizarea rezultatelor

Vizualizarea rezultatelor modelării unei viituri este posibilă în mai multe moduri: grafică, tabelară și spațială. În formă de tabele sau grafice pot fi examinate rezultatele modelării debitelor, nivelului, vitezei apei, cheile limnimetrice, hidrografele simulate și multe alte variabile, pentru profilele transversale, longitudinale. Vizualizarea zonelor inundabile în HEC-RAS poate fie efectuată din perspectiva tridimensională X-Y-Z. Deosebit de util este modulul HEC-RAS Mapper care permite modelarea spațială a zonelor inundabile, adâncimii și vitezei apei și produsul acestor, timpului de concentrare, duratei și descendenței unei anumite adâncimi a apei, etc. Pentru analiza și generalizarea rezultatelor, informația numerică dorită poate fi extrasă în formatul HEC-DSS sau copiată în Excel. Datele spațiale pot fi extrase și analizate în mediul SIG.

Estimarea riscului la inundații, a populației afectate și a daunelor potențiale

Riscul la inundație reprezintă o funcție între hazard, expunerea și vulnerabilitatea populației și a bunurilor materiale la apariția viiturii (fig. 1.2) [31, 151]. Modelarea hazardului și,

respectiv, a caracteristicilor acestuia: repartiția spațială, adâncimea și viteza apei, durata inundării este realizată prin aplicarea modelării hidrodinamice. În prezentul studiu, în cadrul formulei riscului, hazardul este reprezentat prin intensitatea viiturii care se calculează ca produs între adâncimea și viteza apei (fig. 2.11) în cazul apariției viiturilor de 10, 5, 1, 0,5, 0,1%. Determinarea expunerii la inundații a fost efectuată în baza suprapunerii acoperirii terenului și zonei hazardului, astfel, apreciindu-se suprafețele urbane, rurale, agricole și naturale care potențial pot fi inundate. Vulnerabilitatea acestora la inundații a fost identificată în baza aprecierii dunelor materiale care pot interveni ca rezultat al inundării teritoriilor respective. Astfel, conform [176] pierderi materiale maxime vor fi cauzate în urma inundării localităților și zonelor industriale, medii - zonelor agricole și mici - zonelor naturale (fig. 2.12). Conform acestui principiu a fost apreciat că în categoria vulnerabilității mari la inundații se vor include zonele rurale și urbane, în categoria vulnerabilității medii - terenurile arabile precum și viile și livezile, iar în cea a vulnerabilității mici - terenurile acoperite de păduri, arbuști, pășuni și fânețe. În final, suprapunerea informației spațiale provenite din procesul aprecierii intensității viiturii și a vulnerabilității la inundații a rezultat în determinarea riscului la inundații care a fost clasificat în baza matricei din tabelul 2.3. Numărul locuitorilor afectați a fost estimat ca produs între densitatea populației și suprafața potențial inundată a localității. Conform [176] populație puternic afectată se va considera cea situată în zona unde produsul între adâncimea apei și viteza (la care a fost adăugat 0,5) va fi între 1,5 și 2,5, iar populația foarte puternic afectată va fi cea din zona unde acest produs va fi $>2,5$.

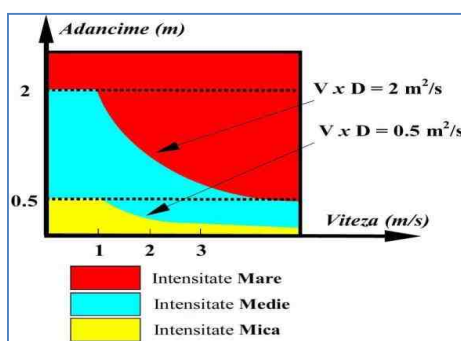


Fig. 2.11. Intensitatea viiturii [65, p. 28]

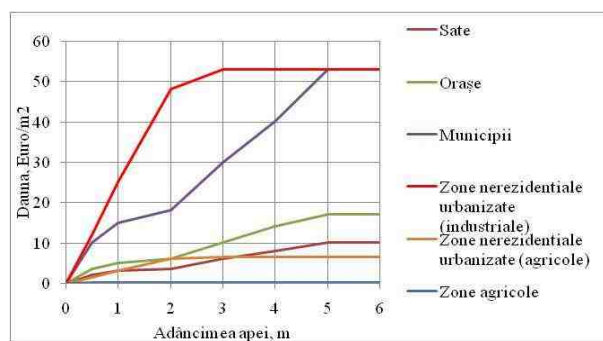


Fig. 2.12. Raportul între adâncimea inundației și daunele cauzate [efectuat în baza 176]

Tabelul 2.3. Matricea de apreciere a riscului la inundații

Riscul la inundații		Vulnerabilitatea la inundații		
		mare	medie	mică
Intensi-tatea viiturii	mare	mare	mare	mediu
	medie	mare	mediu	mic
	mică	mediu	mic	mic

2.6. Materiale de cercetare

Aplicarea metodelor descrise mai sus poate fi efectuată doar în condițiile prezenței unei anumite baze de date, complexitatea căreia depinde de specificul metodei. Pentru utilizarea metodelor de apreciere a *FFPI*, *FPI*, *FPPI* sunt necesare doar baze de date spațiale ale componentelor naturii și rețelei hidrografice pe când modelarea hidrologică necesită un set întreg de date spațiale și temporale, precum și, o detaliată cunoaștere proceselor hidrologice.

Evaluarea caracteristicilor de calcul ale scurgerii de viitură se efectuează în baza măsurătorilor efectuate în cadrul rețelei de monitoring hidrologic a SHS. Pentru prezenta cercetare au fost utilizate informațiile preliminar analizate despre caracteristicile scurgerii de viitură pentru 26 posturi hidrologice situate pe râurile mici și medii (fig. 2.6) din cadrul cadastrului de stat al apelor [13].

Pentru aplicarea modelării continue este necesară o înțelegere complexă a proceselor hidrologice și de un set larg de date spațiale și temporale necesarul cărora e descris și inclus în algoritmiile programelor utilizate (tab. 2.4, 2.5). Datele hidrologice și climatice au fost extrase din cadrul arhivei SHS [3, 12, 13, 216, 220, 231, 254, 255] precum și NOAA [162] și WMO [200] și integrate în Sistemul Informațional al Bazinelor Hidrografice a Moldovei (Moldova RBIS) - platformă creată pentru optimizarea gestionării bazelor de date (fig. A3, A4). Pentru a completa lacunele observațiilor meteorologice au fost aplicate metodele de interpolare integrate în Moldova RBIS. Metoda de bază în acest sens a constituit IDW. În figura A4 este ilustrat un exemplu de reprezentare a datelor reale precum și interpolate ale postului meteorologic Soroca. Pentru regionalizarea elementelor climatice, au fost considerate posturile meteorologice situate în cadrul bazinelor hidrografice sau cel puțin din nemijlocita apropiere a acestora: Bălți, Chișinău, Cornești, Soroca, Ștefan Vodă, Bălțata, Ocnița, Drochia, Edineț, Dondușeni, Bîrlădeni, Glodeni, Râșcani, Anenii Noi, Strășeni, Basarabeasca, Cimișlia, Hâncești, Chișinău Bâc, Călărași, Sevirova, Cubolta, Leova, Cahul, Ceadâr-Lunga, Comrat (SHS [3], NOAA [162], WMO [200]).

Date valoroase despre scurgerea de apă au fost obținute în perioada funcționării stației de bilanț al apei situată în bazinul râului Bălțata, care au fost sistematizate în „Материалы наблюдений Молдавской воднобалансовой станции (Materialele observațiilor efectuate la stația de bilanț al apei din Republica Moldova)” pentru perioada 1954-1994 [231]. Aceste anuare reprezintă un fond special de date, ce includ informații despre scurgerea de pantă și de albie, evoluția modificărilor tipului de utilizare a terenurilor, activitățile agrotehnice, elementele hidrometeorologice și hidrogeologice din cadrul subbazinelor hidrografice ale bazinului râului Bălțata: Vinogradnâi, Stanționâi, Vișnevâi și Sagaidacinâi, ș.a.

Tabelul 2.4. Baza de date temporală

Date	Descriere	Rezoluția temporală	Sursa
Date hidrologice	- debite, m³/s - stratul scurgerii, mm - nivele, m	- Zilnice, maximele viiturilor pluviale - Zilnice, maximele viiturilor pluviale - Zilnice, maximele viiturilor pluviale	- Arhiva SHS [3, 12, 13, 216, 220, 231, 254, 255] - [222]
Date meteorologice	- temperatura medie, °C - temperatura maximă, °C - temperatura minimă, °C - precipitațiile, mm - umiditatea relativă, % - durata strălucirii solare, ore - viteza vântului, m/s	- Zilnice - Zilnice - Zilnice - Zilnice, maxime anuale - Zilnice - Zilnice - Zilnice	- Arhiva SHS [3] - NOAA [162] - WMO [200]

Estimarea modificărilor acoperirii terenurilor, atât temporal cât și spațial, a fost efectuată pentru o perioadă de peste 30 ani. Pentru elaborarea reprezentărilor spațiale ale categoriilor de terenuri au fost utilizate tehnicile SIG și de teledetecție [73, 173, 184] precum și hărțile topografice la scara 1:50000 din anii 1982 și 2013 [25] și imaginile satelitare LANDSAT MSS, TM, ETM [152]. De asemenea, în baza analizei anualelor hidrologice, publicațiilor periodice despre resursele apelor de suprafață [231, 254], precum și publicațiilor speciale [6, 28] a fost identificată ponderea categoriilor de utilizare a terenurilor din cadrul bazinelor hidrografice. Distribuția spațială a texturii solului a fost extrasă de pe [25], iar a substratului geologic din [207].

În calitate de DEM pentru modelarea proceselor scurgerii de viitură la nivel de bazine hidrografice au fost utilizate datele SRTM [191]. Pentru simularea proceselor de propagare a undei de viitură a râurilor Nistru și Bâc, drept bază de date servește modelul numeric al terenului luncilor râurilor (rezoluția de 1m) realizat cu ajutorul LIDAR din cadrul proiectului [176]. Structurile hidrotehnice (digurile de protecție contra inundațiilor, barajele lacurilor de acumulare, podurile), drumurile, căile ferate sunt bine evidențiate în cadrul acestui DEM. De asemenea, pentru modelarea hidraulică au fost utilizate datele privind acoperirea terenurilor din cadrul luncii, precum și caracteristicile hidrologice ale scurgerii de viitură inclusiv hidrografele undei de viitură. Pentru calibrarea geometriei râurilor în HEC-RAS au fost efectuate cercetări de teren pentru o mai bună înțelegere a reliefului, vegetației, presiunii umane, a digurilor de protecție ale albiei râului Bâc pe secțiunea: lacul de acumulare Ghidighici - gura de vărsare (fig. A6), precum și albiei r. Nistru pe secțiunea: Hrușca - Talmaza, ceea ce corespunde cursului de mijloc și inferior a râurilor menționate.

Tabelul 2.5. Baza de date spațială inițială

Nume	Descriere	Format SIG	Sursa
DEM	Modelul numeric al terenului	Raster, 35 m, 1m	- SRTM [191], - LIDAR [176]
Rețea hidrografică	Râuri, lacuri	Vector (linie, poligon)	[25, 105]
Stații și posturi hidrologice și meteorologice	Coordonatele stațiilor și posturilor hidrologice și meteorologice	Vector (punct)	[32]
Soluri	Tipul, textura	Vector (poligon)	[25]
Geologie	Structura geologică	Vector (poligon)	[207]
Acoperirea terenurilor	- localități urbane/rurale, - terenuri arabile, - livezi, vii, - pășuni, arbuști, - păduri - ape, zone umede	Vector (poligon)	• imaginile satelitare gratuite [152] - LANDSAT MSS, TM, ETM • hărțile topografice [25] - scara 1:50000 elaborate în 1982 - scara 1:50000 elaborate în 2013 • sursele bibliografice [6, 231, 255] • FAO 2004 [28]

2.7. Concluzii la capitolul 2

1. În rezultatul analizei experienței internaționale și posibilităților locale privind evaluarea impactului antropic asupra scurgeri de viitură, a fost identificată și descrisă strategia de realizare a cercetărilor din cadrul tezei de doctorat.
2. Selectarea și delimitarea zonelor de studiu a fost efectuată în baza unui număr mare de factori cum ar fi: procesele de formare și propagare a viiturilor pluviale, caracteristicile morfometrice ale râurilor, informația hidrologică existentă.
3. Metodele alese pentru cercetare diferă în dependență de datele de intrare, zonele de studiu, suprafața bazinelor hidrografice, procesele de modelare, etc. Aplicarea metodelor directe de apreciere a modificărilor caracteristicilor scurgerii de viitură se bazează pe o analiză minuțioasă a șirurilor de date hidrologice. Pentru utilizarea modelelor hidrologice și hidrodinamice este necesară o cunoaștere bună a proceselor scurgerii de viitură și o bază foarte detaliată de date atât temporale: observațiile hidrologice și meteorologice, precum și spațiale: utilizarea terenurilor, textura solului, structura geologică, modelul numeric al terenului. Cu toate că, unii parametri din cadrul modelelor vor fi apreciați doar conceptual din motivele insuficienței sau lipsei informației necesare, utilizarea metodelor de modelare a scurgerii, în special, a modelelor hidrologice și hidrodinamice, va impulsiona semnificativ înțelegerea proceselor scurgerii și, respectiv, perfecționarea măsurilor de gestionare a fenomenelor hidrologice periculoase.

3. ESTIMAREA IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA SCURGERII DE VIITURĂ UTILIZÂND METODELE DIRECTE ȘI STATICE

3.1. Analiza calitativă a informației hidrologice

Aprecierea variației temporale a caracteristicilor viiturilor pluviale

Evidențierea specificului caracteristicilor viiturilor pluviale a fost efectuată în baza analizei datelor măsurărilor hidrologice acumulate în arhiva SHS. Din considerentele fluctuației istorice a numărului posturilor din cadrul rețelei naționale de monitoring, pentru prezentul studiu au fost selectate posturile care dispun de șiruri de date ce depășesc 30 ani de observații (tab. B1). În baza analizei informației existente, au fost calculate valorile medii ale caracteristicilor scurgerii maxime (tab. B1) precum și au fost evidențiate cele mai semnificative viituri pluviale evaluate în funcție de debitul maxim și probabilitatea empirică a acestuia ($\leq 15\%$) (tab. B2).

Cele mai mari viituri sunt înregistrate pe râurile mari Nistru și Prut, urmate de cele medii și mici. Debitul maxim mediu multianual al r. Nistru se estimează la aprox. $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ (p. Hrușca) pe când cel al r. Prut - la $1119 \text{ m}^3/\text{s}$ (p. Șirăuți) (tab. B1, B2). Debitele maxime au constituit $4500 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru r. Nistru (p. Hrușca), înregistrat în 1969, și $4090 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru r. Prut (p. Șirăuți) din anul 2008. Afluenții r. Prut și Nistru se caracterizează prin valori mult mai mici ale debitelor maxime. Cele mai mari debite sunt specifice r. Răut, media fiind de $55 \text{ m}^3/\text{s}$ iar maximum de $449 \text{ m}^3/\text{s}$ (p. Jeloboc), înregistrat în 1991. Debite maxime medii de peste $10 \text{ m}^3/\text{s}$ sunt specifice pentru r. Vilia, Căinari, Cubolta, Răut (p. Bălți), Ișnovăț, Bâc, Botna, Taraclia, debitele maxime fiind egale cu $349 \text{ m}^3/\text{s}$, $166 \text{ m}^3/\text{s}$, $59,6 \text{ m}^3/\text{s}$, $59,4 \text{ m}^3/\text{s}$, $59,6 \text{ m}^3/\text{s}$, $222 \text{ m}^3/\text{s}$, $104 \text{ m}^3/\text{s}$ și $184 \text{ m}^3/\text{s}$. Debite maxime medii $< 5 \text{ m}^3/\text{s}$ au fost estimate pentru Draghiște, Ciuhur, Râbnița, Iagorlâc, Lunga, Salcia Mare, debitele maxime fiind de $40 \text{ m}^3/\text{s}$, $14,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $27,2 \text{ m}^3/\text{s}$, $26,9 \text{ m}^3/\text{s}$, $33,2 \text{ m}^3/\text{s}$ și, respectiv, $27,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Tendința de modificare temporală a debitelor maxime anuale variază de la un râu la altul (fig. B1-B26). Un trend descendent este specific pentru majoritatea râurilor monitorizate, evidențiindu-se, în special, în cazul râurilor din partea stângă a Nistrului precum și pentru Ciulucul Mic și Cogâlnic.

Stratul scurgerii de viitură diferențiază de la un râu la altul, astfel, valori de peste 22 mm sunt specifice pentru cele mari râuri (Prut, Nistru). Valorile stratului mediu al scurgerii de peste 4 mm sunt caracteristici pentru afluenții r. Prut, r. Răut și r. Bâc. Media de peste 8 mm se înregistrează pentru r. Delia, Pojarna, Vilia. Tendința multianuală a stratului scurgerii de viitură este, în general, stabilă sau în descreștere. Trend liniar ascendent s-a înregistrat pentru râurile Taraclia, Iagorlâc, Ișnovăț, descendent - pentru Draghiște, Bâc, Botna, Râbnița, Cogâlnic, Salcia

Mare, evidențiindu-se, în special, pentru Lunga, Molochiș, Ichel, Bălțata, și, relativ, stabil - pentru Ciuhur, Cubolta, Răut, Ciulucul Mic, Pojarna, Camenca.

Volumul scurgerii de viitură, ca și în cazul altor caracteristici hidrologice, diferă de la un râu la altul. Cele mai mari volume sunt înregistrate în cazul viiturilor pluviale de pe râurile mari, astfel, volumul mediu de pe r. Nistru depășește 1000 mil.m³ iar cel de pe r. Prut - 400 mil.m³. Volumele medii ale viiturilor ce se formează pe afluenți sunt mult mai mici, sub 5 mil.m³ (exclusiv cele de pe r. Răut cu valori de 34 mil.m³). Volumul mediu al scurgerii de viitură sub 1 mil.m³ a fost determinat pentru râurile Bălțata și Ișnovăț precum și pentru majoritatea afluenților de stânga ale r. Nistru și pentru râurile din bazinul Dunărea - Marea Neagră.

De obicei, între caracteristicile hidrologice se stabilește o anumită legătură. Raportul între volumul scurgerii de viitură și debitele maxime medii, suprafața bazinului și durata totală a viiturii ale celor 24 râuri monitorizate este reprezentată în figurile 3.1-3.3, R^2 fiind la limita valorilor admisibile. O situație mai puțin evidentă este specifică în cazul evaluării funcției de regresie între șirurile de date ale debitul maxim și stratul scurgerii (tab. B3). R^2 cu valori mai mici de 0,5 a fost estimat pentru râurile Bălțata, Bâc, Căinari, Ciuhur, Draghiște, Ialpug, Ichel, Molochiș, Pojarna, Răut, Salcia Mare, Vilia. Cel mai mic R^2 (~0) a fost calculat pentru Taraclia, Râbnița, Cogîlnic, Ciulucul Mic, Ișnovăț. Lipsa legăturii între aceste caracteristici hidrologice este cauzată, în special, de activitatea antropică intensivă din cadrul bazinului hidrografic: reglarea scurgerii de către lacurile de acumulare, procesul de urbanizare, activitatea agricolă, dar și de erorile observaționale. Cu toate acestea, identificarea impactului antropic prin corelarea debitului și stratului scurgerii maxime nu poate fi considerată o normă. Acest fapt este demonstrat de prezența unui R^2 ridicat pentru r. Bâc (p. Chișinău) cu valoarea de 0,85, al cărui scurgere este reglată de l.a. Ghidighici. Trebuie menționat faptul, că până la construcția acestuia, R^2 a fost egal cu 0,95.

Durata viiturilor pluviale variază semnificativ, cea mai mare fiind în cazul râurilor mari. Astfel, pentru r. Nistru (s. Hrușca) aceasta constituie 16,6 zile, iar pentru Prut (s. Șirăuți) - 13,5 zile, timpul de creștere a viiturii fiind de 5,8 zile și, respectiv, 4 zile. Viiturile de pe afluenții r. Prut au o durată de 9-11 zile, cea de creștere fiind de 0,5-2,1 zile. Pe afluenții de stânga a r. Nistru se formează viituri de 4-11 zile, creșterea fiind de 1,6-3,9 zile. Durata viiturilor de pe afluenții de dreapta diferă, spațial, de la un râu la altul, fiind de peste 10 zile pentru Cubolta, Răut, Ciulucul Mic, Bâc, Botna, perioada de creștere fiind de 2-5 zile. Corelarea duratei de creștere și duratei totale a viiturii a arătat o dependență logic evidentă între aceste caracteristici din care reiese că din perioada totală a viiturii 25-35% revine perioadei de creștere iar 65-75% celei de descreștere a viiturii (fig. 3.4).

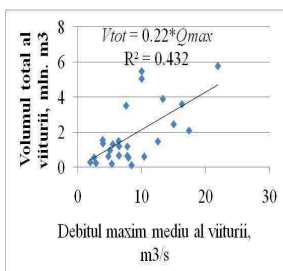


Fig. 3.1. Raportul între volumul viiturii și debitul maxim mediu

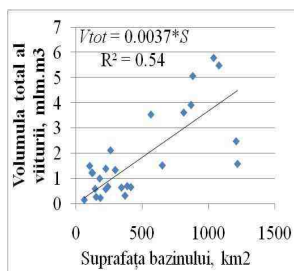


Fig. 3.2. Raportul între volumul viiturii și suprafața bazinului

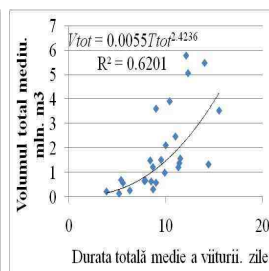


Fig. 3.3. Raportul între volumul și timpul total al viiturii

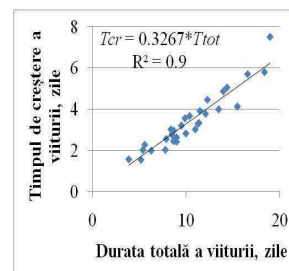


Fig. 3.4 Raportul între timpul de creștere și timpul total al viiturii

O deosebită atenție s-a atras asupra repartiției intraanuale a viiturilor pluviale. Hidrografele scurgerii de viitură se caracterizează printr-o formă simplă, cu un singur vârf, iar în cazul variației duratei și intensității ploilor torențiale, pot apărea două și mai multe vârfuri. În mod tradițional, luna cu cea mai mare pondere a viiturilor pluviale se consideră a fi luna în care se înregistrează cea mai mare cantitate de precipitații - iunie. Pentru aprecierea modificărilor în apariția lunară a viiturilor au fost analizate debitele maxime anuale ale viiturilor pluviale prin însumarea acestora pentru perioade de timp a câte 20 ani. Luând în considerare faptul că anul începerii monitorizării scurgerii diferă de la un râu la altul, întreaga perioadă de monitoring s-a subîmpărțit în 4 perioade a câte 20 de ani: 1930-1950 (perioada I), 1951-1970 (perioada II), 1971-1990 (perioada III), 1991-2010 (perioada IV). Dintre acestea, perioadele III și IV pot fi considerate omogene deoarece către începutul anilor '70 majoritatea posturilor hidrologice au fost instalate și funcționau fără întrerupere. Perioada de după 1991 a fost clasificată de către IPCC [123, 124] drept perioadă de referință în care se observă schimbări climatice și, respectiv, analiza viiturilor pluviale din cadrul ultimilor 2 decenii prezintă un interes deosebit. Astfel, un accent mai mare a fost pus pe evaluarea modificărilor în manifestarea lunară a viiturilor pluviale anume pentru perioada III și IV, iar în cazul prezenței unui șir de date și pentru perioadele I și II, acestea, de asemenea, au fost evidențiate. În cazul r. Nistru, în perioada 1970-1990 numărul maxim a viiturilor a fost observat în luna iulie, iar în luna martie, mai, octombrie, noiembrie acestea nu s-au manifestat. Pe parcursul perioadei IV scade semnificativ numărul viiturilor din luna iulie și crește în aprilie, apar viituri și primăvara devreme (martie), precum și în ultimele două luni de toamnă. În cazul r. Prut se observă o redistribuire a numărului maxim de viituri de la luna mai (40%) în perioada II la iunie (37%) în perioada III și august (30%) în perioada IV.

În baza analizei viiturilor de pe afluenții râurilor mari s-a observat, că în cazul râurilor din zona de nord a Moldovei, are loc deplasarea manifestării viiturilor pluviale de la luna iunie la iulie (Vilia, Căinari, Cubolta, Răut, Molochiș, Camenca). În cazul râurilor Draghiște, Ciuhur numărul maxim al viiturilor se înregistrează, în prezent, în iulie, deplasându-se de la luna august (în perioada III). Pentru r. Delia deplasarea are loc din luna iulie în perioada III, către luna iunie

în perioada IV. În cazul r. Bălțata în perioada II numărul maxim al viiturilor s-a înregistrat în iunie, în perioada III - în mai iar în perioada IV - în iulie. Râurile din partea de sud a țării își păstrează legitatea de manifestare a viiturilor, numărul maxim fiind înregistrat în luna iunie, descrescând în mai și iulie și ocazional manifestându-se în alte luni ale anului (Cogâlnic, Salcia Mare, Lunga). Se poate observa că în perioadele precedente, viiturile pluviale se manifestau concentrat, cu o pondere de ~35-40% într-o singură lună, iar în prezent se înregistrează o redistribuire a numărului acestora, ponderea lor lunară descrescând <30% în luna caracterizată de numărul maxim de viituri și crescând în lunile de primăvară/vară sau toamnă. O pondere de 35% continuă să fie înregistrată pentru r. Bâc (p. Chișinău) și Iagorlâc, deplasarea numărului maxim a viiturilor observându-se de la iunie perioada II, la iulie în perioada III și la mai în perioada IV.

Astfel, putem concluziona că luna de manifestare a maximă a viiturilor, în prezent, este iulie pentru partea de nord a republicii, iunie pentru regiune centrală și cea de sud. De asemenea, putem vorbi despre apariția viiturilor pluviale în lunile nespecifice pentru acestea cum ar fi cele de primăvară sau toamnă, dar și creșterea distribuției neuniforme a numărului viiturilor pluviale în alte luni decât luna cu numărul maxim al viiturilor.

Calculul caracteristicilor hidrologice în condiții staționare și nestacionare

Necesitatea aprecierii omogenității și staționarității șirurilor de date hidrologice este determinată de faptul, că funcțiile aleatoare teoretice nu interpretează pe deplin legitățile variațiilor multianuale ale caracteristicilor scurgerii de viitură. Cu alte cuvinte, prin aprecierea omogenității șirurilor de date se estimează dacă acestea se încadrează sau nu în limitele distribuției normale. În cazul devierii de la ipoteza nulă, se utilizează metode de corectare a informației inițiale. Încălcarea legilor de omogenitate poate fi cauzată, atât de factori naturali (influența alimentării subterane abundente, zonelor umede, prezența carstului, ș. a.), precum și de procese antropogene (impactul reglării scurgerii, despăduririi, activităților agricole, urbanizării ș.a.). În baza aplicării criteriilor de determinare a omogenității Fisher [17] a fost identificat că majoritatea șirurilor de date (85%) se supun legităților respective și nu necesită corectare ulterioară (tab. B4-B6). Respectiv, curbele empirice de asigurare corespund (la un anumit nivel de siguranță) curbilor teoretice de probabilitate (Pearson III, gama distribuția triparametrică Krički-Menkel) și, în final, permit aprecierea caracteristicilor hidrologice de calcul de 0,1-10%.

Luând în considerare faptul, că bazinele hidrografice ale Republicii Moldova sunt influențate de activitatea antropică, principalul factor ce determină nestacionaritatea proceselor hidrologice se presupune a fi cel uman. Astfel, se poate admite că, cu cât mai mare este impactul activității economice asupra proceselor hidrologice din cadrul bazinelor hidrografice, cu atât mai mare va fi coeficientul de autocorelare $r_{(t)}$. În baza analizei datelor de la 25 posturi hidrologice,

s-a identificat că șirurile de date ale debitelor maxime și stratului scurgerii de viitură pentru majoritatea râurilor studiate se caracterizează printr-un $r_{(t)}$ relativ mic ceea ce demonstrează că procesele hidrologice din cadrul bazinelor hidrografice se pot numi cvasi staționare (tab. B4-B7, fig. B27-B29). Intervalul în care se încadrează $r_{(t)}$ este de -0,16-0,35 pentru debitul maxim, -0,31-0,53 pentru stratul scurgerii de viitură și -0,19-0,69 pentru stratul scurgerii de vară. Astfel, un impact antropic minor se observă în cazul debitului și stratului scurgerii de viitură, și unul semnificativ în cazul stratului scurgerii de vară. Acest fapt poate avea mai multe explicații. Una din cauze este perspectiva de analiză a datelor hidrologice. În cazul scurgerii de viitură, s-a analizat șirul maximelor anuale formate dintr-o singură cifră în an, iar în cazul scurgerii de vară analizei s-a supus valoarea medie a stratului scurgerii ce se formează pe parcursul perioadei calde a anului și însumează valorile scurgerii de diferită geneză (atât de ploi medii și/sau maxime, precum și de alimentarea subterană). Astfel, impactul antropic se extinde asupra procesului de formare a tuturor evenimentelor scurgerii de vară, iar, în cazul scurgerii de viitură se rezumă la un singur eveniment. Un $r_{(t)}$ mai mare ($>0,5$) este caracteristic afluenților de stânga a r. Nistru ale căror regim hidrologic se deosebește prin ponderea semnificativă a alimentării subterane, fapt ce poate explica valoarea ridicată a acestuia.

Pentru aprecierea modificărilor caracteristicilor scurgerii de viitură în condiții staționare și nestacionare pot fi aplicate ecuații de recalcul a parametrilor statistici în dependență de $r_{(t)}$. În recomandările normative naționale și în literatura de specialitate [17, 234] sunt propuse ecuațiile de recalcul a ε în care este inclus $r_{(t)}$. Pentru calculul valorilor caracteristicilor scurgerii de viitură și de vară, aceste ecuații au fost transformate și au rezultat în ecuațiile din tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Ecuațiile pentru calculul caracteristicilor hidrologice în dependență de $r_{(t)}$

Ecuațiile pentru calculul caracteristicilor hidrologice când coeficientul de autocorelare este de	
$r_{(t)} = 0$	$r_{(t)} \leq 0,5$
$Q' = \frac{\sigma_x}{\varepsilon \sqrt{n}} \quad (3.1)$	$Q'' = \frac{\sigma_x}{\varepsilon \sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r_{(t)}}{1-r_{(t)}}} \quad (3.2)$

unde:

Q' - valoarea medie a debitului maxim calculat în condiții staționare (înlocuit cu Y' și, respectiv, Y'_{vara} - pentru estimarea valorilor medii ale stratul scurgerii de viitură și de vară),

Q'' - valoarea medie a debitului maxim calculat în condiții nestacionare (înlocuit cu Y'' și, respectiv, Y''_{vara} - pentru estimarea valorilor medii ale stratul scurgerii de viitură și de vară).

Comparând valorile caracteristicilor scurgerii de viitură și de vară calculate prin ecuația 3.1, fără a ține cont de $r_{(t)}$ și valorile rezultatele din aplicarea formulei 3.2, se poate evalua gradul de modificare a caracteristicile scurgerii de viitură sub acțiunea factorului antropic. Astfel,

coeficientul de modificare a caracteristicilor scurgerii de viitură sub acțiunea activității antropice k_a este propus spre utilizare și constă din

$$k_a = Q' / Q'' \quad (3.3)$$

Pentru excluderea impactului erorilor din cadrul șirului de date, calculele au fost efectuate în condițiile atribuirii ε valorii maxime admisibile ce corespunde cu 10% [234]. În rezultat, a fost apreciat că modificări semnificative se observă în cazul scurgerii de vară, 19%, mai mici în cazul scurgerii de viitură, 12%, și cele mai mici, 4%, - pentru debitul maxim al viiturilor pluviale (fig. 3.5-3.7, tab. B8).

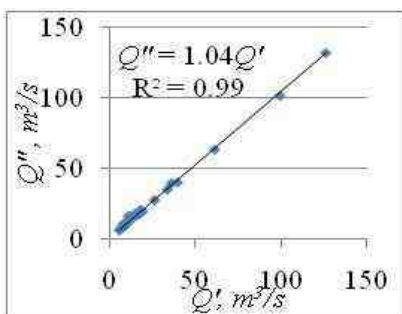


Fig. 3.5. Raportul între debitul maxim al scurgerii de viitură calculat în condiții staționare și nestaționare

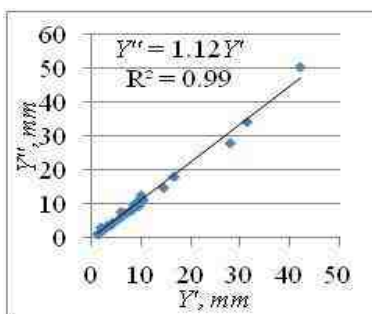


Fig. 3.6. Raportul între stratul scurgerii de viitură calculat în condiții staționare și nestaționare

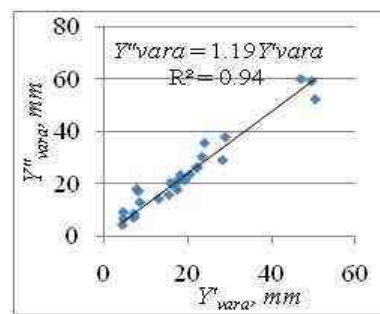


Fig. 3.7. Raportul între stratul scurgerii de vară calculat în condiții staționare și nestaționare

De asemenea, a fost efectuat un experiment numeric pentru a estima modificările caracteristicilor scurgerii de viitură pentru diferite scenarii: valorile diferențiate ale $r_{(t)}$ - 0-0,7, ale numărului de ani a șirurilor de date - 10-60 și ale σ_X - 5-30%, menținând condiția $\varepsilon = 10\%$. Aproximarea analitică a calculelor efectuate în baza experimentului numeric este prezentată în formă de tabele și grafice corespunzătoare în tabelul B9, figurile B30-B34. Din aceste date, rezultă că:

- influența duratei observațiilor hidrologice (numărul de ani) asupra rezultatelor calculelor este mai mică decât cea a dispersiei șirului de date;
- exponentul puterii dependențelor locale în condițiile valorilor diferite ale C_v și dispersiei șirului de date este constant -0,5. În baza graficelor, se poate determina valoarea dorită a caracteristicilor scurgerii de viitură;
- în cazul creșterii $r_{(t)}$ și descreșterii dispersiei și a numărului de ani a șirului de date, valoarea caracteristicilor scurgerii de viitură crește semnificativ.

Analiza șirurilor de date poate fi o metodă de identificare a impactului dar nu și o modalitate de explicare a proceselor ce au loc în cadrul bazinelor hidrografice. Pentru evaluarea detaliată a influenței antropice este necesară estimarea proceselor hidrologice la nivel bazinal,

prin utilizarea metodelor de modelarea a caracteristicilor scurgerii de viitură și a componentelor naturale și antropice.

Determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul

Aprecierea caracteristicilor hidrologice de calcul condiționează nivelul de calitate a proiectelor construcțiilor hidrotehnice din domeniul gospodăririi apelor. Astfel, cu cât mai precise și garantate sunt valorile acestor caracteristici, cu atât mai înalt va fi nivelul de siguranță a structurii hidrotehnice și, respectiv, cu cât mai mare este calitatea construcțiilor hidrotehnice cu atât mai eficientă este gestionarea sistemelor hidrologice, asigurarea activității economice cu resurse de apă și protecția populației de la efectele nedorite ale dezastrelor hidrologice. Pentru estimarea caracteristicilor hidrologice de calcul, au fost apreciați parametri statistici în baza metodelor elaborate pentru condițiile de omogenitate statistică a șirurilor de date pentru cele 26 râuri monitorizate. Ulterior, au fost determinate valorile debitelor maxime, stratului scurgerii de viitură și de vară de o probabilitate de depășire de 0,1-10%. Rezultatele estimării parametrilor statistici ai caracteristicilor scurgerii de viitură sunt reprezentate în figurile B35-B37, tabele B4-B7. C_v și C_s constituie 0,85-2,22 și 2,2-7,8 în cazul debitului maxim, 0,5-1,9 și 1,25-7,4 pentru stratul scurgerii de viitură, și 0,15-1,25 și 0,45-6 pentru stratul scurgerii de vară. Erori >25% sunt înregistrate, în mare parte, pentru râurile din partea de sud a țării. Valorile erorilor indică un grad de încredere destul de nesatisfăcător în caracteristicile scurgerii de viitură în cazul $C_v \geq 0,5$.

În baza estimării parametrilor statistici și aplicării metodelor de construcție a curbelor de probabilitate, au fost calculate caracteristicile hidrologice de probabilitatea de depășire de o dată la 10, 20, 100, 200, 1000 ani reprezentate în tabelele B10-B11. În practica hidrologică, pentru simplificarea estimărilor valorilor de diferită probabilitate, se utilizează coeficienții de trecere de la o probabilitate la alta. Acești coeficienți se calculează în baza construcției graficelor de dependență. În figurile B38, B39 sunt reprezentate graficele ce generalizează informația statistică pentru toate râurile considerate în prezentul studiu. Astfel, în cazul în care este cunoscută valoarea stratului scurgerii de viitură de 1% probabilitate, se pot estima valorile stratului scurgerii de viitură de probabilitatea 0,1; 0,5; 3; 5; 10% de o siguranță destul de înaltă (91-99%). Iar, însăși, trecerea de la o valoare la alta se efectuează prin înmulțirea coeficientului λ_P la valoarea stratului scurgerii de 1%. λ_P pentru debitul maxim și pentru stratul scurgerii de viitură sunt reprezentați în tabelul B12. După cum se poate observa, λ_P din prezentul studiu nu diferențiază mult de studiile precedente efectuate, atât pe teritoriul Republicii Moldova, cât și peste hotare [17, 36, 37, 249], fapt ce indică un nivel de încredere destul de ridicat în valorile caracteristicilor hidrologice de calcul. În același timp, pentru aprecierea caracteristicilor scurgerii de viitură de o anumită probabilitate pentru râurile slab studiate, a fost construită și se propune

spre utilizare harta repartiției spațiale a stratului scurgerii de viitură de 1% elaborată în baza metodei gamma - distribuției triparametrice conforma ordonatelor Krițki-Menkel și tehnicilor SIG (fig. B40).

Metoda reduțională este una din metodele matematice universale de determinare a scurgerii de viitură. Pentru aprecierea componentelor de bază din cadrul acestui model a fost calculată funcția de regresie a debitelor specifice de 1% și suprafața bazinelor hidrografice (fig. B41). În rezultat, a fost calculat unul din parametrii universali - exponentul funcției de reducere a scurgerii, m_I [37]. Valoarea acestuia a fost estimată la 0,62, și este comparabilă cu rezultatele estimărilor regionale (pentru zona de est a României acesta este 0,5-0,55 [36]). Ca urmare, în baza metodei reduționale a fost calculat debitului specific elementar pentru cele 26 râuri monitorizate. Ulterior, utilizând metodele de interpolare ale SIG (Kriging, IDW [72]) s-a reușit reprezentarea spațială a caracteristicii date, în condițiile excluderii impactului factorilor azonali și intrazonali asupra scurgerii maxime (fig. B42).

Trebuie menționat faptul, că modelarea spațială a caracteristicilor viiturilor fost efectuată în baza interpolării informației hidrologice considerate pentru punctele centrelor de greutate a bazinelor hidrografice luate în calcul. După cum se poate observa, distribuția spațială a valorilor caracteristicilor modelate este neuniformă. Stratul scurgerii de viitură de 1% probabilitate crește de la sud la nord și de la est spre vest. Cele mai mari valori sunt modelate pentru partea centrală de vest a țării precum și cea de nord, unde valorile ating 80 - 84 mm, cele minime sunt estimate pentru partea de sud a țării fiind sub 20 mm (fig. B40). Maximele debitului specific elementar sunt estimate pentru nordul țării, ceea ce corespunde cu legitățile de formare a scurgerii de viitură pe teritoriului Republicii Moldova și zonele adiacente. Minimele sunt specifice pentru partea centrală și de sud a țării atingând valori de $5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$. Valoarea medie pentru teritoriul Republicii Moldova, primită în rezultatul modelării spațiale, este de $5,65 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ fiind puțin mai mare decât valoarea calculată în baza informației hidrologice egală cu $5,42 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$. Hărțile din figurile B40 și B42 pot fi utilizate pentru aprecierea caracteristicilor scurgerii de viitură pentru regiunile slab studiate din punct de vedere hidrologic și reprezintă o completare pentru documentul normativ național.

3.2. Aprecierea modificărilor caracteristicilor viiturilor pluviale în baza datelor de monitoring

Utilizarea terenurilor și viiturile pluviale de pe râurile mici

Una din cele mai reprezentative domenii ale activității umane este utilizarea și amenajarea teritoriului, fapt care duce la schimbarea nu doar a aspectului mediului înconjurător, dar și a proceselor naturale cum ar fi scurgerea de viitură. Pentru identificarea acestor transformări este

necesară efectuarea observațiilor directe calitative și cantitative. Un număr impunător de estimări experimentale în teren asupra scurgerii de apă au fost efectuate pe parcursul perioadei de funcționare a stației de bilanț al apei din bazinul hidrografic Bălțata (1954-1994) [231]. În cadrul acesteia, au fost amenajate posturi hidrologice pentru monitoringul scurgerii a 8 râulețe (Tohatin, Bălțata, Vinogradnâi, Cruzești, Sagaidacinâi, Staționâi, Vișneovâi, Soloviinâi) și 2 perechi de stații (platforme) de scurgere, de asemenea, au fost efectuate evaluări și descrieri anuale a modului de utilizare a terenurilor și a componentelor de mediu din bazin. O bază de date mai completă este prezentă pentru un număr restrâns de râulețe: Staționâi, Vișnevâi, Vinogradnâi, Sagaidacinâi, Bălțata, precum și pentru cele 4 stații de scurgere (fig. 3.8). Acestea au servit drept zone de studiu detaliat, ale căror caracteristici, actualizate utilizând QGIS [173] și informația din fondul național de date [25], sunt prezentate în tabelele B13 și B14. Șirurile de date hidrologice au fost împărțite, analizate și comparate pentru perioadele cu predominarea unor anumite categorii de terenuri cu scopul de a identifica semnalul și diferențierile scurgerii de viitură determinate de modificarea managementului terenurilor.

Valoarea practică a informației hidrologice este reprezentată de faptul, că scurgerea de viitură din cadrul stațiilor de scurgere 1, 2, 3, 4 se formează în aceleași condiții climatice dar diferențiază din considerentele utilizării terenurilor, două stații fiind acoperite în mare parte de vegetație naturală pe când terenul celorlalte fiind prelucrat agricol. În baza analizei informațiilor observațiilor multianuale, a fost efectuată aprecierea valorilor stratului și volumului scurgerii de viitură, debitului mediu și maxim, duratei viiturii, coeficientului forme hidrografului viiturilor n , precum și a evoluției modificărilor în acoperirea terenului. În acest scop, au fost analizate 347 hidrografe ale viiturilor pluviale dintre care 177 evenimente hidrologice extreme sunt specifice stațiilor de scurgere (tab. B15, B16).

În calitate de exemplu, în figurile 3.9-3.15 sunt reprezentate hidrografele undelor de viitură și harta repartiției spațiale a precipitațiilor din 3 iulie 1975 din b.h. Bălțata. În baza analizei comparative a debitelor formate pe stațiile scurgerii, se poate observa o diferențiere semnificativă a valorilor acestora, maximele fiind înregistrate la stațiile unde acoperirea terenurilor este reprezentată de porumb și teren arat (stațiile 1 și 2), iar minimele - de pășune (stațiile 3 și 4). Debitul maxim înregistrat la stația 1 este de 150 de ori mai mare decât cel de la stația 4, și de 75 de ori mai mare decât cel de la stația 3, panta, în aceste condiții, fiind de 2 ori mai mare pentru stațiile 3 și 4. Valorile n se încadrează în limitele: 0,33 pentru teren cultivat, 0,91 pentru pășune. Stratul scurgerii diferențiază mult, fiind de 0,212-0,29 mm în cazul scurgerii de viitură formate pe platformele 1 și 2 și doar de 0,005-0,007 mm pentru stațiile 3 și 4 (tab. 3.2).

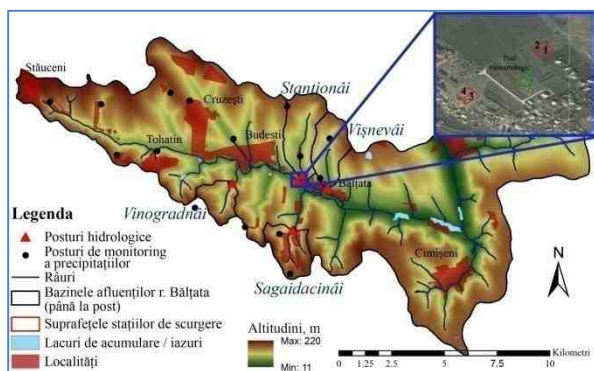


Fig. 3.8. Componentele stației de bilanț al apei din cadrul b. h. Bălța

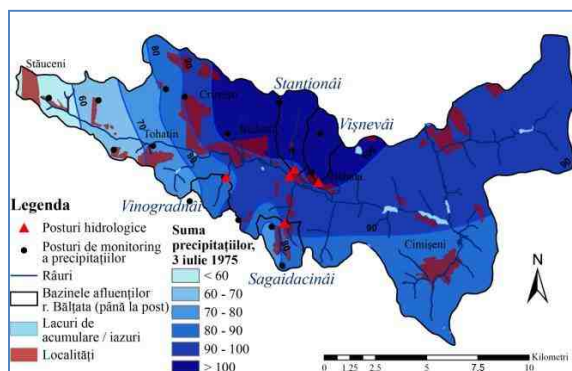


Fig. 3.9. Suma precipitațiilor din 3 iulie 1975

Analiza comparativă obiectivă a scurgerii de viitură din 3 iulie 1975 formate pe afluenții de stânga și de dreapta a r. Bălța este mai dificilă din cauza diferențierilor caracteristicilor bazinelor (suprafața, panta bazinului, grupele hidrologice de sol, precum și acoperirea terenurilor etc.). Categoriile de terenuri din cadrul bazinului r. Vinogradnă sunt reprezentate de: arabil - 49%, pășune - 44%, vii - 7%, în cel al r. Sagaidacina: arabil - 75%, vii - 12%, în cel al r. Stănișoara: arabil - 73%, vii - 18%, în cel al r. Vișnevi: arabil - 93%, pășuni - 3%, vii - 4%. Respectiv, categoria predominantă de terenuri este arabilul fiind de 70% în bazinele r. Sagaidacina și Stănișoara, a viilor cu o pondere de 12-18%, și doar în cel al r. Vinogradnă ponderea terenurilor prelucrate și celor neprelucrate este aproximativ aceeași. Valorile maxime ale debitelor maxime și medii sunt specifice pentru r. Vișnevi urmate de cel al r. Stănișoara, precipitațiile în ambele cazuri depășind 40mm, iar acoperirea terenurilor fiind reprezentată, practic, în totalitate de arabil în cazul primului bazin, iar în cazul celui alt, valoarea acestei categorii diminuându-se în favoarea plantațiilor de vii. Valori ridicate ale debitelor maxime și medii sunt înregistrate și pentru r. Sagaidacina, precipitațiile fiind mult mai mici, iar utilizarea terenului fiind similară cu cea a bazinului r. Stănișoara. Cele mai mici valori ale debitelor maxime sunt specifice r. Vinogradnă, acoperirea terenului fiind divizată, practic, între arabil și pășune fapt ce determină retenția mai mare a apei comparativ cu bazinele învecinate. Valorile n pentru afluenților de stânga a r. Bălța (r. Stănișoara, r. Vișnevi) sunt de 0,24 și 0,32, iar a celor de dreapta (r. Vinogradnă, r. Sagaidacina) sunt de 2 ori mai mari, panta bazinelor acestora este mai mare de ~1,55 ori, iar precipitațiile fiind de 1,5-2 ori mai mici. Analiza rezultatelor arată că valoarea n se modifică în limite destul de largi 0,24-0,72. În cazul r. Vișnevi, în bazinul căruia predomină arabilul, n este de 0,24, valoare ce poate fi comparată cu cea de la r. Stănișoara, dar și de la stația de scurgere 1 unde se atestă aceeași categorie de utilizare a terenurilor.

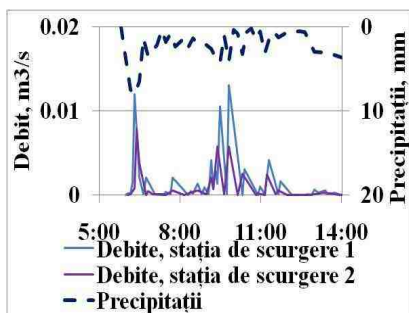


Fig. 3.10. Hidrografele scurgerii de viitură ale stațiilor de scurgere 1 și 2, viitura din 3.07.1975

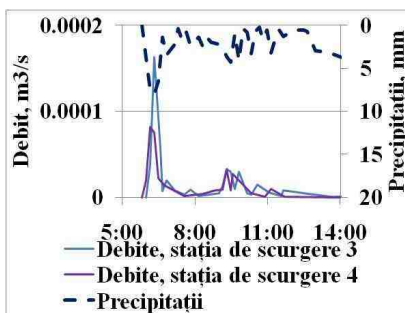


Fig. 3.11. Hidrografele scurgerii de viitură ale stațiilor de scurgere 3 și 4, viitura din 3.07.1975

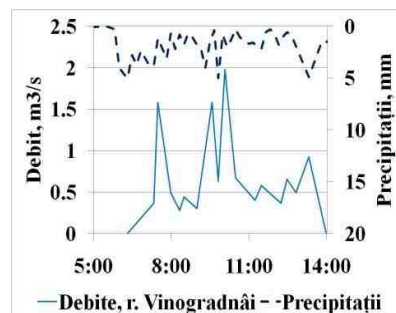


Fig. 3.12. Hidrograful scurgerii de viitură a r. Vinogradnâi, viitura din 3.07.1975

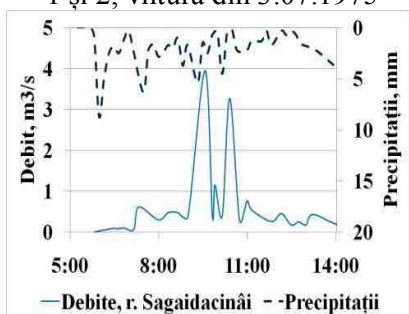


Fig. 3.13. Hidrograful scurgerii de viitură a r. Sagaidacinâi, viitura din 3.07.1975

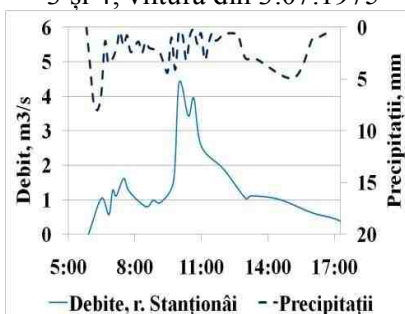


Fig. 3.14. Hidrograful scurgerii de viitură a r. Stanționâi, viitura din 3.07.1975

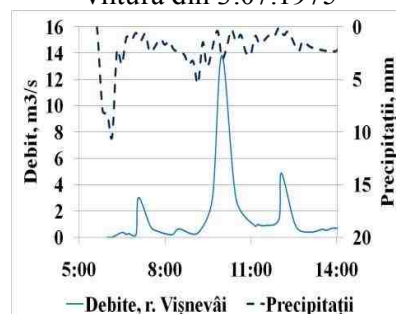


Fig. 3.15. Hidrograful scurgerii de viitură a r. Vișnevâi, viitura din 3.07.1975

Tabelul 3.2. Caracteristicile scurgerii de viitură din 3 iulie 1975

Q_{med} , l/s	n	Q_{max} , l/s	Volum, m ³	Strat, mm	Durata, min	Q_{med} , l/s	n	Q_{max} , l/s	Volum, m ³	Strat, mm	Durata, min
Stația de scurgere 1						Râulețul Stanționâi, S=5.49 km ²					
3.00	0.33	12.00	7.20	9.00	40.0	1076	0.32	4390	57110	10.38	885
Stația de scurgere 2						Râulețul Vișnevâi, S=4.23 km ²					
2.12	0.37	7.90	5.08	6.35	40.0	2631	0.24	13800	35514	8.42	225.0
Stația de scurgere 3						Râulețul Vinogradnâi, S=2.96 km ²					
0.08	0.85	0.16	0.18	0.23	40.0	626	0.46	1980	17279	6.08	460
Stația de scurgere 4						Râulețul Sagaidacinâi, S=4.13 km ²					
0.04	0.91	0.08	0.13	0.16	55.0	1649	0.72	3950	6924	1.77	70.0

Aprecierea caracteristicilor scurgerii de viitură pentru stațiile scurgerii caracterizate de un singur tip de utilizare a terenului dar și pentru afluenții r. Bălțata, în bazinele cărora se observă o diversitate a categoriilor acoperirii terenului, a fost efectuată conform aceluiași principiu. Valorile medii ale caracteristicilor scurgerii maxime pentru evenimentele viiturilor ce au avut lor în perioadele cu predominarea anumitor categorii de utilizare a terenurilor sunt generalizate în tabelele B15, B16.

Acoperirea terenului suprafețelor stațiilor de scurgere 3 și 4, pe parcursul întregii perioade de observații, se caracterizează printr-o singură categorie de acoperire a terenului și anume prin pășuni, pe de altă parte, terenul stațiilor de scurgere 1 și 2 a fost utilizat, în general, ca teren arat

sau cultivat, în mare parte, de culturi anuale (cartofi, porumb, ovăz, grâu, pepeni, ș.a.). Ponderea valorificării terenurilor din cadrul bazinelor hidrografice ale r. Stanționâi, Vișnevâi, Vinogradnâi, Sagaidacinâi, Bălțata diferențiază, atât spațial, cât și temporal. Astfel, bazinul r. Sagaidacinâi se caracterizează printr-o predominare a terenului arabil cu o medie de 67% și a plantațiilor multianuale de 20%, variind între 50-82% și, respectiv, 0-47%. În bazin, plantațiile naturale, practic, lipsesc. Acoperirea terenurilor bazinului r. Vinogradnâi este caracterizată de predominarea arabilului, în proporție mai mare, și a pășunilor, în proporție mai mică, pentru perioada 1962-1977. În anul 1978 se observă, că ponderea arabilului și pășunilor se egalează cu cea a plantațiilor multianuale care, ulterior, cresc în suprafață și devin predominante. Astfel, se observă două perioade de utilizare diferențiată a terenurilor, în a doua - crește ponderea pădurilor la 17%. Aceeași legitate se observă și în cazul bazinului r. Stanționâi unde în prima perioadă (anii 1960-1981) predomină arabilul și plantațiile multianuale cu o pondere medie de 70% și, respectiv, 20%, iar în a doua (anii 1982-1994) - ponderea acestora se inversează. De asemenea, a fost estimată modificarea utilizării terenurilor în cadrul bazinului r. Vișnevâi, unde, în prima perioadă (anii 1960-1978) predomina arabilul cu o pondere medie de 86%, iar în a doua (anii 1979-1994) - categoriile se diversifică, arabilul diminuându-se la 64%, dar crescând ponderea pădurilor și altor categorii (tab. B15 și B16).

În baza analizei comparative a caracteristicilor scurgerii de viitură, a fost identificat că, în cadrul stațiilor 3 și 4 ale căror suprafețe au fost acoperite de pășuni, valorile debitului mediu sunt mai mici de 35-70 ori, ale debitului maxim mediu - de 50-85 ori, ale volumului și stratului scurgerii de viitură - de 30-53 ori comparativ cu cele de la stațiile 1 și 2. Durata scurgerii de viitură este mai mare de 1,5 ori pentru stațiile 3 și 4, ceea ce determină o reducere a vitezei scurgerii de pantă și a efectului dezastruos al viiturii.

Evaluarea diferențierilor caracteristicilor hidrologice ale afluenților de dreapta și de stânga ai r. Bălțata pentru perioade cu predominarea anumitor categorii de utilizare a terenurilor a fost efectuată pentru râulețele Vinogradnâi, Stanționâi, Vișnevâi. Analiza comparativă a valorilor debitului mediu și debitului maxim mediu al viiturilor afluenților de stânga (r. Stanționâi și Vișnevâi) arată că în cazul r. Vișnevâi ele sunt de 2-3 ori mai mari, decât cele ale r. Stanționâi. Valorile acestor două caracteristici, pentru a doua perioadă, pentru ambele râuri sunt mai mari în pofida faptului că se observă diminuarea suprafețelor arabile cu 20-30% în favoarea plantațiilor multianuale și a pădurilor. Acest fapt poate fi explicat prin trecerea unor precipitații extreme ce au cauzat apariția unor viituri mai mari și, respectiv, au determinat majorarea debitelor pentru perioada a doua (fig. B43, B44). Cu toate acestea, volumele medii ale scurgerii de viitură nu se modifică esențial și sunt practic identice pentru ambele râuri. Stratul scurgerii se

caracterizează prin modificări minore de la o perioadă la alta. Valorile medii ale caracteristicilor scurgerii de viitură specifice r. Vinogradnâi sunt mult mai mici pentru perioada a doua. Acest fapt se datorează formării unor situații sinoptice favorabile apariției viiturilor extreme în prima perioadă, ceea ce a determinat ca valorile debitului mediu și a debitului maxim să fie practic de 2 ori mai mari pentru acest diapazon temporal (fig. B45).

O atenție deosebită a fost acordată coeficientului forme hidrografului scurgerii de viitură deoarece anume caracteristicile peisagistice joacă un rol determinant în specificul scurgerii de pantă și, respectiv, în formarea scurgerii de albie. Mediile valorii n estimate pentru stațiile scurgerii diferă, fiind minime pentru stațiile cu teren arat și arabil și maxime pentru platformele acoperite de pășuni. Valoarea medie n în cadrul bazinelor hidrografice se încadrează în diapazonul 0,44-0,71, minimele fiind înregistrate pentru r. Vinogradnâi unde ponderea terenurilor prelucrate este de 59% și a celor neprelucrate - de 37%, iar maximele pentru r. Stanționâi și r. Bălțata unde utilizarea terenurilor este caracterizată de o diversitate a categoriilor de terenuri prelucrate. Valoarea medie a n în condițiile predominării terenului arabil cu o pondere de peste 50% sunt, în medie, egale cu 0,55, iar în cazul predominării plantațiilor multianuale acest coeficient se ridică la 0,63. Respectiv, putem concluziona că valoare n egală cu 0,4 - recomandată de documentului normativ [17] - este specifică pentru terenuri arabile, fapt ce în linii generale este rezonabil pentru teritoriul Republicii Moldova din considerentele că ponderea terenurilor arabile depășește 50%. Însă, estimarea acestei valori doar la nivelul stațiilor de scurgere nu este suficientă deoarece la nivel bazinal se observă o diversitate a categoriilor de utilizare a terenurilor și, respectiv, este necesară o metodologie de evaluare a acestui coeficient care ar fi ușor și rapid aplicată. O încercare de elaborare a unei astfel de metodologii este prezentată în subcapitolul 3.5.

Reglarea viiturilor pluviale cu ajutorul construcțiilor hidrotehnice

În Republica Moldova, pentru protecția contra efectelor negative ale inundațiilor, sunt întreprinse un set de măsuri, printre care cele mai eficiente sunt structurile hidrotehnice: lacurile de acumulare și digurile de protecție. În cazul prezenței datelor de monitoring, impactul lacurilor de acumulare asupra scurgerii de viitură este apreciat prin analiza caracteristicilor hidrologice pentru perioadele pre/post-impact, pre/post-control (Până-După Control-Impact, fig. 1.6). Informația privind debitele de intrare și de ieșire este prezentă doar pentru: l.a. Novodnestrovsk (parțial) și l.a. Dubăsari, situate pe r. Nistru, l.a. Costești-Stânca de pe r. Prut și l.a. Ghidighici (parțial) de pe r. Bâc. Respectiv, a fost posibilă evaluarea impactului a patru lacuri de acumulare asupra viiturilor.

Pentru aprecierea influenței cascadei lacurilor de acumulare de pe fluviul Nistru au fost analizate, comparativ, caracteristicile hidrologice de la p. Zaleșiki (situat în amonte de lacuri de acumulare), Hrușca (situat în aval de l.a. Novodnestrovsk), Dubăsari, Bender (situat în aval de l.a. Dubăsari) pentru trei perioade: prima perioadă: anii 1887-1955 - perioadă ce corespunde scurgerii naturale, a doua: anii 1956 - 1982 - după construcția digurilor de protecție, darea în exploatare a l.a. Dubăsari, și a treia perioadă: anii 1987- prezent - perioada de funcționare a întregului sistem de protecție contra inundațiilor (inclusiv și l.a. Novodnestrovsk) (fig. 3.16).

Surgerea de viitură de pe r. Nistru este cauzată de precipitațiile maxime din partea superioară a bazinului hidrografic situată în Carpații Ucrainei. În condiții naturale (până la funcționarea lacurilor de acumulare) reducerea spațială a debitului maxim a fost determinată de creșterea suprafeței bazinul hidrografic precum și a lățimii luncii inundabile. Drept exemplu poate servi hidrograful viiturii din 1948 (fig. 3.17) care arată modul de atenuare a undei de viitură, în special, modificarea formei hidrografului precum și diminuarea valorilor debitelor maxime (fig. 3.16) datorită acumulării volumului de apă în cadrul luncii inundabile din partea inferioară a bazinului r. Nistru. Coeficientul de atenuare (K), calculat ca raport între debitele maxime de la p. Zaleșiki, situat în amonte lacurilor de acumulare, și de la p. Bender, poziționat în avalul acestora, în perioada scurgerii naturale este relativ constant în medie fiind de 0.40 (tab. 3.3). În timpul funcționării l. a. Dubăsari dinamica undei de viitură și-a schimbat caracterul. În calitate de exemplu, în figura 3.18 este reprezentat hidrograful viiturii din 1969 din care se poate observa modificarea formei hidrografelor de la clasic triunghiulară din amonte (p. Zaleșiki și p. Hrușca) la trapezoidală în aval (p. Dubăsari, p. Bender), precum și reducerea debitelor maxime de la Zaleșiki la Bender. Cu toate acestea, capacitatea de reglare a scurgerii maxime de către acest lac este de numai 30% din capacitatea lui totală (volumul forțat de retenție este de 144 mln.³). Prin urmare, în cazul formării viiturii de o probabilitate rară, cu un debit maxim >3000 m³/s, și cu un volum de >2 mlrd. m³ valoarea debitului maxim evacuat se va diminua doar cu 12-15%, comparativ cu cel de intrare în lac. În esență, unda de viitură de asemenea dimensiune trece în tranzit prin cuveta lacustră [140]. Pe parcursul perioadei de funcționare, ca urmare a proceselor de colmatare, parametrii de bază a lacului de acumulare s-au modificat semnificativ. Volumul apei la nivelul forțat de retenție s-a redus de la 630 mln.m³ (anul 1956) la 401 mln.m³ (anul 1982) [251]. Diminuarea capacității de reglare a rezultat în creșterea K și a debitelor maxime de evacuare din acest lac. Astfel, media K pentru perioada a doua este de 0,58, majorându-și valoarea pe parcursul anilor 1956-1982 de la 0,5 la 0,6 (tab. 3.3).

Reglarea debitelor maxime a fost eficientizată de construcția l.a. Novodnestrovsk, care a determinat scăderea K la 0,52 și a riscului inundării. Cu toate acestea, hidrografele viiturii din

iulie-august 2008 (fig. 3.19) arată că undele de viitură ce trec prin cascada lacurilor de acumulare de pe Nistru, se caracterizează prin debite maxime ce depășesc valorile admisibile ($2600 \text{ m}^3/\text{s}$) atât la centrala hidroelectrică Novodnistrovsc, cât și la Dubăsari, fapt ce a cauzat revărsarea apei și inundarea luncii râului. Analiza detaliată a hidrografelor de intrare și ieșire a apei din lacurile de acumulare arată prezența unor rezerve care ar fi permis evitarea inundării terenurilor din aval. Cu toate acestea, graficul de evacuare a fost organizat astfel, încât a apărut o situație de risc major care a impus serviciul centralei hidroelectrice Novodnistrovsk să evacueze din lac un debit maxim de $3500 \text{ m}^3/\text{s}$, fapt ce a dus la o încălcare a regimului de evacuare a viiturilor. Din l.a. Dubăsari debitul maxim a fost de $3480 \text{ m}^3/\text{s}$, astfel depășind limitele admisibile cu $880 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabelul 3.3. Modificarea K sub acțiunea lacurilor de acumulare de pe r. Nistru

Perioada I: 1887-1955				Perioada II: 1956-1982				Perioada III: 1987-2010			
Anul	Debite maxime, m^3/s		K	Anul	Debite maxime, m^3/s		K	Anul	Debite maxime, m^3/s		K
	p. Zaleșiki	p. Bender			Zaleșiki	Bender			Zaleșiki	Bender	
1900	3730	1270	0,34	1969	5970	3000	0,50	1989	2700	1510	0,56
1906	3070	1260	0,41	1970	2950	1730	0,59	1998	4080	1800	0,44
1913	4120	1400	0,34	1974	3300	1960	0,59	2008	5600	2610	0,46
1948	3420	1730	0,51	1980	3910	2490	0,64	2010	2765	1700	0,62
Media			0,40				0,58				0,52

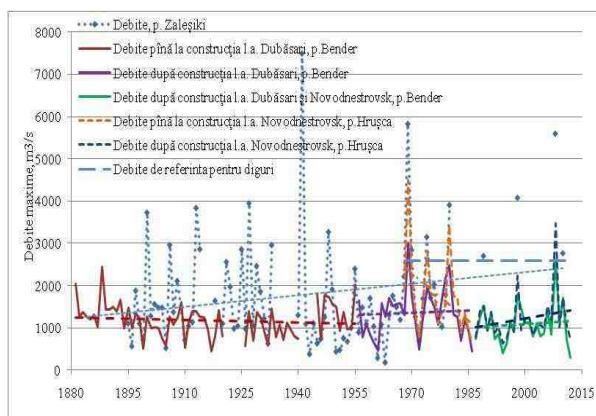


Fig. 3.16. Debite maxime ale viiturilor, r. Nistru

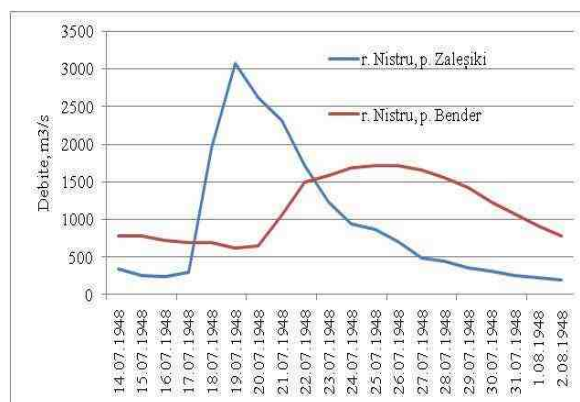


Fig. 3.17. Hidrografele viiturii din 1948, r. Nistru

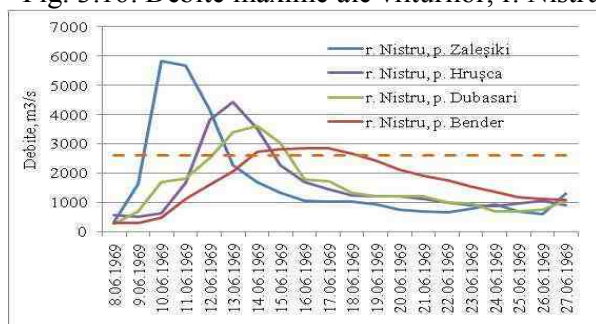


Fig. 3.18. Hidrografele viiturii din 1969, r. Nistru

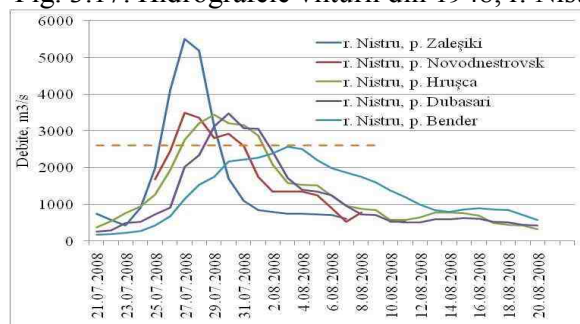


Fig. 3.19. Hidrografele viiturii din 2008, r. Nistru

Influența l.a. Novodnistrovsk a fost evaluată și în baza analizei șirului de date a debitelor maxime anuale ale viiturilor pluviale de la p. Hrușca, a distribuției probabilității acestora pentru

perioadele de până și după darea în exploatare a acestuia (fig. 3.20). A fost estimat că debitele maxime medii pentru a doua perioadă sunt cu $552\text{m}^3/\text{s}$ mai mici, comparativ cu prima, iar debitele de probabilitate 0,1-20% descresc cu $905\text{-}3586\text{ m}^3/\text{s}$ (35-41%). C_v se schimbă nesemnificativ de la 0,54 la 0,48. Analiza comparativă a debitelor de 1-10%, estimate în baza șirului de date de la l.a. Dubăsari, și a debitelor de calcul din regulile de exploatare a acestui lac, indică faptul că debitele maxime probabile estimate pentru perioada de funcționare sunt mai mici cu aprox. $320\text{-}700\text{ m}^3/\text{s}$ (fig. 3.21), lacul de acumulare având un efect mai mic în reglarea scurgerii maxime (12-15%). În urma analizei șirului de date de la p. Bender, a fost determinat că valorile medii ale debitelor maxime pentru cele 3 perioade sunt de $1183\text{ m}^3/\text{s}$, $1356\text{ m}^3/\text{s}$ și, respectiv, $1088\text{m}^3/\text{s}$, fiind mai mici pentru perioada de funcționare a întregului sistem de protecție contra inundațiilor. C_v este de 0,34, 0,43 și 0,44 pentru cele trei perioade. Distribuția probabilităților arată, însă, o creștere a debitelor maxime de probabilitate medie și mică (0,1-10%) cu ~22-44% în perioada a doua, și 1-21% în perioada a treia, comparativ cu prima perioadă (fig. 3.22). Creșterea valorilor extreme poate fi explicată prin faptul că trecerea unei de viitură în condițiile impactului antropic are loc printr-o albie mai îngustă limitată de digurile de protecție ce determină majorarea, atât a debitelor, cât și a nivelurilor apei dar și reglarea scurgerii de către l.a. Dubăsari cât și de apariția unor situații sinoptice extreme care au favorizat formarea unor viituri mai semnificative în perioada a doua și a treia, comparativ cu prima. Cu toate acestea, sistemul de protecție contra inundațiilor determină reducerea debitelor probabile de 10-20% cu 1-6%. Sistemul de protecție contra inundațiilor are un efect mai mare în reglarea scurgerii maxime cu probabilitatea de până la 10%, fiind evidențiat, în special, în perioada de după darea în exploatare a l.a. Novodnestrovsk. Astfel, acest lac de acumulare are o influență pozitivă mult mai semnificativă în reglarea scurgerii de viitură în comparație cu l.a. Dubăsari.

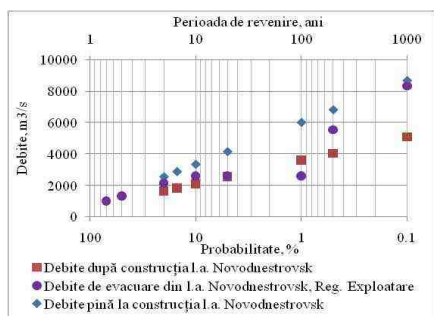


Fig. 3.20. Distribuția debitelor maxime de diferită probabilitate, r. Nistru, p. Hrușca

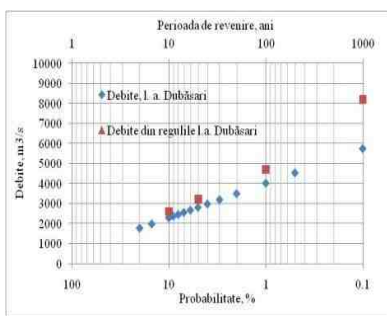


Fig. 3.21. Distribuția debitelor maxime de diferită probabilitate, r. Nistru, p. Dubăsari

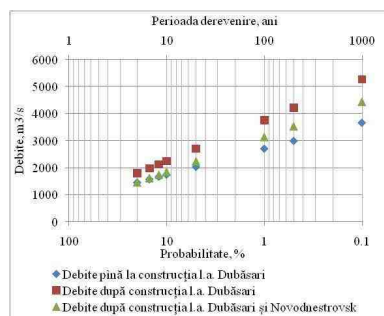


Fig. 3.22. Distribuția debitelor maxime de diferită probabilitate, r. Nistru, p. Bender

Evaluarea impactului lacurilor de acumulare asupra viiturilor r. Nistru a fost efectuată și prin analiza caracteristicilor Componentelor Scurgerii de Mediu: fluctuații de apă mari, viituri mici, viituri mari. Viiturile mari, cu debite maxime ce depășesc $2600\text{ m}^3/\text{s}$ (debit maxime de

referință pentru digurile de protecție) la p. Hrușca, au fost înregistrate în 1969, 1974, 1980 până la construcția l.a. Novodnestrovsk și în 2008 după darea în exploatare a acestuia. Viiturile mici (cu debite maxime ce depășesc $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ - media multianuală a debitelor maxime a viiturilor pluviale pentru întreaga perioadă de observații la p. Bender) sunt mai multe la număr. În anii 1945-1955 la p. Bender (până la construcția l.a. Dubăsari) a fost semnalat în medie 1 caz de viituri mici la 2 ani. În perioada de după începerea funcționării lacurilor de acumulare, numărul mediu al acestor evenimente a fost de 1,5 cazuri pe an la p. Hrușca, 0,8/an - la p. Bender în perioada II și 0,4 cazuri/an pentru ambele posturi în perioada III. Pe parcursul funcționării l. a. Dubăsari, în amonteale acestuia (la p. Hrușca) câte 3 viituri mici pe an au fost înregistrate 1968, 1976, 1978, 1980, 1981, iar în aval (la p. Bender) același număr fiind observat doar în 1968, în ceilalți ani menționați valoarea sumară a lor diminuându-se la 1-2 cazuri. În anii de după construcția l.a. Novodnestrovsk în aval mai mult de 2 viituri mici/an nu au fost înregistrate, dar a sporit numărul de ani fără viituri mici (fig. 3.23). Debitele maxime medii ale viiturilor mici (fig. 3.24) au fost pentru anii 1945-1955 - $1692 \text{ m}^3/\text{s}$ (p. Bender), pentru perioada funcționării l. a. Dubăsari - $1670 \text{ m}^3/\text{s}$ la p. Hrușca (în amonteale acestuia), și reduse la $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ la p. Bender (în aval de l. a. Dubăsari), și pentru perioada de după construcția sistemului anti-viitură: $1442 \text{ m}^3/\text{s}$ la p. Hrușca, și $1634 \text{ m}^3/\text{s}$ la p. Bender. În medie, durata viiturilor mici a fost pentru perioada funcționării l. a. Dubăsari - 25,4 zile la p. Hrușca, și 65 zile la p. Bender, și pentru perioada de după construcția l.a. Novodnestrovsk: 24 zile la p. Hrușca, și 50 zile la p. Bender.

Frecvența anuală a fluctuațiilor mari de apă de $\pm 30\%$ (cazurile cu debite maxime cuprinse între $310/470-1200 \text{ m}^3/\text{s}$) se caracterizează prin valori cuprinse între 2 și 9 cazuri /an (media - 3,2 cazuri/an) cu un debit mediu de $664 \text{ m}^3/\text{s}$ în perioada 1945-1955 la p. Bender. În anii de după construcția l. a. Dubăsari media frecvenței fluctuațiilor este de 7,8 cazuri /an la p. Hrușca și doar 2,8 cazuri/an la p. Bender, diminuarea numărului acestora sub acțiunea lacului de acumulare menționat fiind chiar și cu 8-10 evenimente. În acest sens, exemple pot servi anii 1972 și 1977 când la p. Hrușca au fost înregistrate 11 fluctuații mari iar la p. Bender doar 2-3. O situație asemănătoare este specifică și pentru perioada de după construcția l.a. Novodnestrovsk. Însă în acest caz, numărul fluctuațiilor mari de apă la p. Hrușca crește simțitor, în anii 1997-1999 înregistrându-se chiar și 19-24 cazuri/an, iar la Bender numărul acestora în aceeași ani fiind de 3-9 adică de 2-8 ori mai puțin (fig. 3.23). Debitele maxime medii ale fluctuațiilor sunt de $530 \text{ m}^3/\text{s}$ la p. Hrușca, $674 \text{ m}^3/\text{s}$ la p. Bender pe parcursul funcționării l.a. Dubăsari și $496 \text{ m}^3/\text{s}$ la p. Hrușca, și $632 \text{ m}^3/\text{s}$ la p. Bender după darea în exploatare a l.a. Novodnestrovsk. Durata acestora este aprox. aceeași la p. Hrușca - 4,5 zile pentru toate perioadele, iar la p. Bender - 23,8 și 15 zile pentru perioada II și III (fig. 3.24).

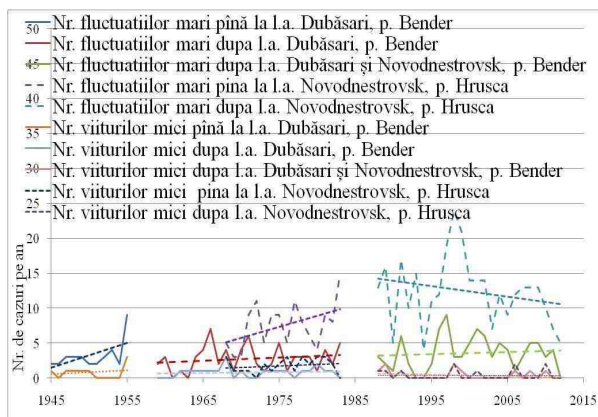


Fig. 3.23. Numărul de cazuri a viiturilor mici și fluctuațiilor apei r. Nistru

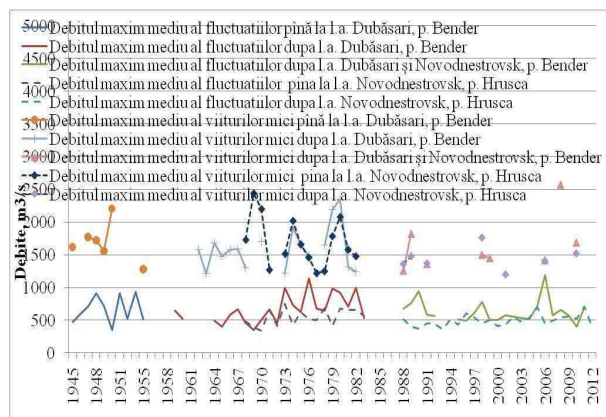


Fig. 3.24. Debitul mediu maxim al viiturilor mici și fluctuațiilor mari ai apei r. Nistru

Pentru a evita inundarea terenurilor adiacente, în anii '50 ai secolului trecut, a fost construit sistemul de diguri de pe r. Nistru. Trebuie remarcat faptul, că valoare debitului maxim admisibil adoptat ca referință pentru digurile de protecție este de $2600 \text{ m}^3/\text{s}$. Pe parcursul perioadei de funcționare, această valoare a fost depășită de 4 ori la p. Hrușca (1969, 1974, 1980, 2008) (fig. 3.16). Nivelurile maxime de apă ale viiturilor din 1969 și 2008 au depășit cu 3-10 m pe cele medii, iar pe anumite porțiuni au depășit și pe cele ale digurilor de protecție, astfel, arii însemnate au fost inundate (fig. 3.25). Conform datelor de monitoring, s-a stabilit că valorile nivelurilor maxime ale apei pe porțiunea între or. Soroca - s. Hrușca depășeau cotele nivelurilor digurilor de protecție. În amonte și aval de l.a. Dubăsari cotele nivelului apei s-au apropiat de valorile critice ale cotelor digurilor, astfel, anumite sectoare fiind acoperite cu apă. În rezultatul viiturilor, au fost inundate zeci de sate și câteva orașe cum ar fi: Soroca, Râbnîța, Bender, Tiraspol.

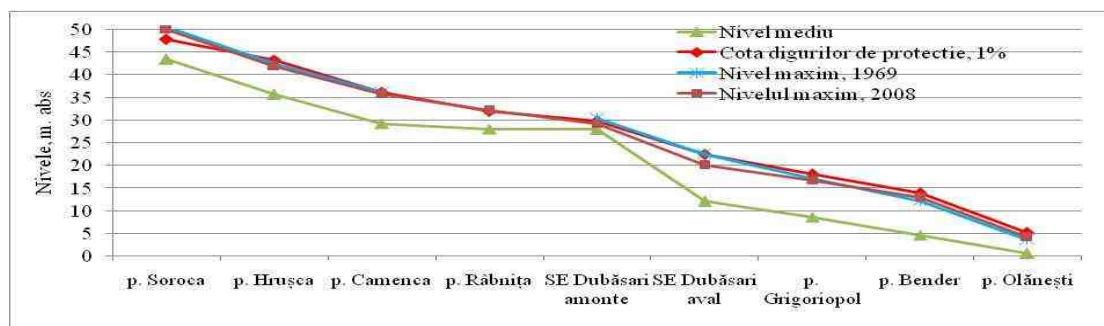


Fig. 3.25. Dinamica nivelului maxim al viiturilor de pe r. Nistru

Evaluarea impactului principalelor structuri hidrotehnice de protecție contra inundațiilor asupra scurgerii de viitură de pe r. Prut a fost efectuată în baza analizei debitelor și nivelurilor maxime a apei de la p. Șirăuți, Corpaci, l.a. Costești-Stânca, Brănești, Ungheni, Leușeni, Leova, Brâzna, pentru două perioade de timp: înainte și după darea în exploatare a l. a. Costești-Stânca (fig. 3.26, 3.32, 3.33). K a fost calculat ca raport între debitele maxime de la posturile situate în amonte l. a. Costești-Stânca: p. Corpaci și p. Șirăuți precum și de la p. Ungheni (poziționat în

aval) (tab. 3.4). Valoarea acestui coeficient înainte de construcția lacului de acumulare este în medie de 0,41, iar pe parcursul funcționării s-a diminuat la 0,29, acest fapt indicând o capacitate de reglare mai mare a scurgerii maxime în condițiile prezenței sistemului anti-viitură. În calitate de exemple, în figurile 3.27 și 3.28 sunt reprezentate hidrografele viiturilor din 1975, anterior l.a. Costești-Stânca, și din 2010, în perioada de funcționare a acestei structuri hidrotehnice. După cum poate fi observat, forma hidrografului de la p. Șirăuți se păstrează neschimbată iar cea de la p. Ungheni se modifică substanțial, din triunghi în trapez, fapt ce indică un impact semnificativ în dinamica undei de viitură de către l.a. Costești-Stânca. Debitele de referință de evacuare din lacul de acumulare sunt de $700\text{m}^3/\text{s}$ (1% probabilitate), iar cele pentru digurile de protecție construite anterior l.a. Costești-Stânca sunt de $1260\text{m}^3/\text{s}$. Valorile maxime a debitelor de evacuare au depășit limitele de 1% ca urmare a trecerii viiturilor din 2008 și 2010 însă au fost mult mai mici decât cele ale digurilor de protecție. Cu toate acestea, Luînd în considerare procesele de degradare a structurilor hidrotehnice, construite în anii '50-60 ai sec. al XX-lea, gradul de protecție a acestora a scăzut, fapt demonstrat de cedarea lor ca urmare a viiturii din 2010 și inundarea localităților din lunca r. Prut.

Tabelul 3.4. Modificarea K sub acțiunea lacului de acumulare Costești-Stânca de pe r. Prut

Perioada I: 1960-1977				Perioada II: 1990-2012			
Anul	Debite maxime instantanee, m^3/s		K	Anul	Debite maxime instantanee, m^3/s		K
	p. Corpaci	p. Ungheni			p. Șirăuți	p. Ungheni	
1964	930	483	0.52	1996	1260	251	0.20
1965	1440	620	0.43	1998	1980	610	0.31
1969	3130	674	0.22	2002	1110	174	0.16
1970	2070	622	0.30	2005	1820	583	0.32
1973	1150	543	0.47	2006	1100	579	0.53
1974	2690	591	0.22	2008	4090	691	0.17
1975	1160	798	0.69	2010	2220	738	0.33
Media			0.41	Media			0.29

Modificarea scurgerii de viitură ca rezultat a construcției l. a. Costești-Stânca a fost evaluată și prin analiza debitelor maxime multianuale și distribuția probabilității acestora (fig. 3.26, 3.29) pentru perioadele de timp de până și după construcția lacului de acumulare. Astfel, debitul maxim mediu al r. Prut, p. Ungheni, este cu $108\text{m}^3/\text{s}$ mai mic în perioada a doua, fiind egal cu $346\text{m}^3/\text{s}$. Această valoare, însă, este de 3 ori mai mică decât debitele maxime medii estimate pentru p. Șirăuți. Diminuarea semnificativă a debitelor maxime sub acțiunea l. a. Costești-Stânca este reprezentată în graficul din figura 3.26, prin compararea debitelor de după construcția acestuia de la p. Șirăuți și Ungheni. Acest fapt poate fi observat și analizând distribuția debitelor probabile (fig. 3.29) de la aceste două posturi din care reiese că debitele cu probabilitatea de 0,1-10% de la postul din amonte sunt de 3,5-8 ori mai mari decât cele de la

postul din aval. Valorile debitelor maxime de 0,1-0,5% din regulile de funcționare a lacului sunt de 1,6-1,9 mai mari, iar cele de 1% sunt mai mici cu 10% comparativ cu cele de la p. Ungheni fapt ce indică necesitatea reevaluării ultimei valori. Au fost constatate, de asemenea, anumite modificări ale duratei viiturilor ca urmare a exploatării lacului de acumulare. Respectiv, datele de la p. Ungheni arată că durata totală a viiturii a crescut cu o zi, iar cea de creștere cu 1,7 zile după construcția l. a. Costești-Stânca.

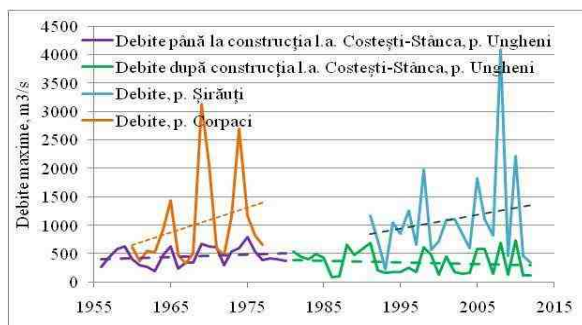


Fig. 3.26. Debite maxime anuale ale viiturilor pluviale, r. Prut

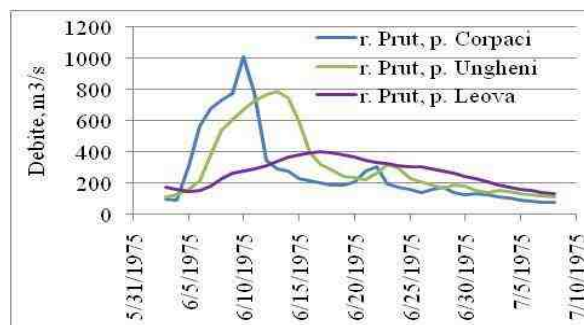


Fig. 3.27. Hidrografele viiturii din 1975, r. Prut

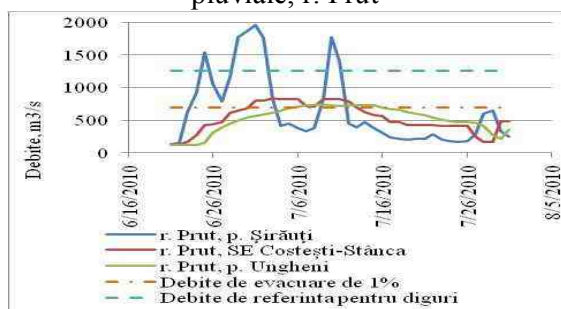


Fig. 3.28. Hidrografele viiturii din 2010, r. Prut

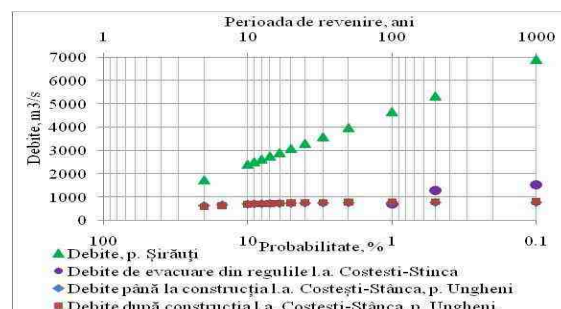


Fig. 3.29. Distribuția probabilității debitelor maxime a r. Prut

Identificarea și aprecierea modificărilor regimului scurgerii de apă a râului Prut sub acțiunea construcțiilor hidrotehnice a fost efectuată prin analiza comparativă a caracteristicilor Componentelor Scurgerii de Mediu (fluctuații mari, viituri mici, viituri mari) determinate în baza informației hidrologice de la p. Ungheni pentru perioada de până și după construcția l. a. Costești-Stânca precum și de la p. Corpaci și p. Șirăuți situate în amonte lacului de acumulare. Numărul viiturilor mari cu debite ce depășesc $700 \text{ m}^3/\text{s}$ (tab. 3.4) înregistrat la p. Corpaci (anii 1960-1977) este de 16 iar la p. Ungheni - de 1 caz pe parcursul perioadei pre-impact. Pentru perioada următoare numărul acestora la p. Șirăuți este de 23 (anii 1990-2012) iar la p. Ungheni - 1. Debitele maxime medii ale viiturilor mari sunt de $1460 \text{ m}^3/\text{s}$ - p. Corpaci și $1352 \text{ m}^3/\text{s}$ - p. Șirăuți. Reducerea debitelor maxime din partea de mijloc către partea inferioară a râului este semnificativă atât pre- cât și post-impact. Frecvența viiturilor mici pentru perioada de până la construcția l.a. Costești-Stânca este de 1,4 cazuri/an la p. Corpaci și 1,1 cazuri/an la p. Ungheni. Trei cazuri de viituri mici au fost înregistrate în 1974, 1976 la p. Corpaci, și în 1964 la p.

Ungheni. În anii de după darea în exploatare a nodului hidroelectric, frecvența anuală a viiturilor mici este de 1,1 cazuri/an la p. Șirăuți iar la p. Ungheni aceasta se reduce la 0,5 cazuri/an, numărul maxim de 3 cazuri/an fiind înregistrat în 1997 și 2005 la postul din amonte, iar în aval acesta fiind nul (în 1997) sau 1 caz/an (în 2005). Debitele maxime medii ale viiturilor mici sunt de aprox. 504 m³/s la ambele posturi în perioada de pre-impact, iar în perioada de reglare a scurgerii acestea fiind de 557 m³/s la p. Șirăuți și 532 m³/s la p. Ungheni. Durata viiturilor mici este de în medie de 13 zile la posturile din amonte iar la p. Ungheni aceasta este de 32 zile în perioada I și 54 zile în perioada II.

Fluctuațiile mari de apă (cu debite maxime în limitele 80/150-400 m³/s) la p. Corpaci sunt în medie 8 cazuri/an, numărul maxim fiind înregistrat în 1972 (15 cazuri), 1976 (12 cazuri), la postul din aval numărul acestora se reduce cu 1-7 evenimente, media fiind de 5,7 cazuri/an. În perioada de după construcția l. a. Costești-Stânca la p. Șirăuți tendința apariției fluctuațiilor mari este în creștere (fig. 3.30), numărul maxim fiind înregistrat în 2002 și 2008 (14 evenimente), media fiind de 8 cazuri/an. La p. Ungheni valoarea medie anuală a numărului fluctuațiilor mari este de 2,8 sau de ~3 ori mai mică comparativ cu postul din amonte lacului de acumulare. Debitele maxime medii ale fluctuațiilor mari sunt de 173 m³/s, p. Corpaci, și 191 m³/s, p. Ungheni pentru perioada pre-impact și ~140 m³/s pentru perioada post-impact pentru ambele posturi (fig. 3.31). Durata medie a fluctuațiilor mari este de 4,66 zile la p. Corpaci, și crește la 10,6 zile la p. Ungheni pentru perioada I. Pe de altă parte, pentru perioada II durata acestor evenimente este de 6,8 zile în amonte lacului de acumulare și 20,5 zile în avalul acestuia.

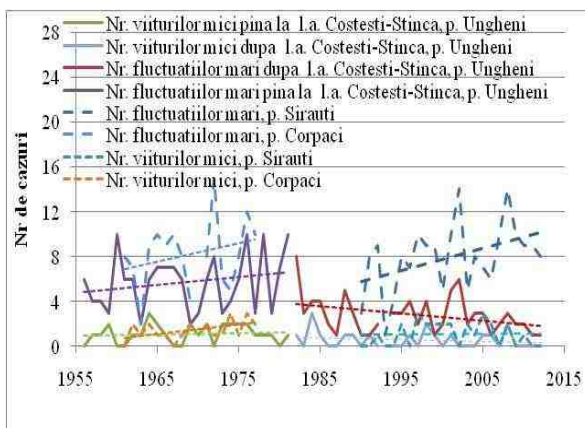


Fig. 3.30. Numărul de cazuri a viiturilor mici și fluctuațiilor apei r. Prut

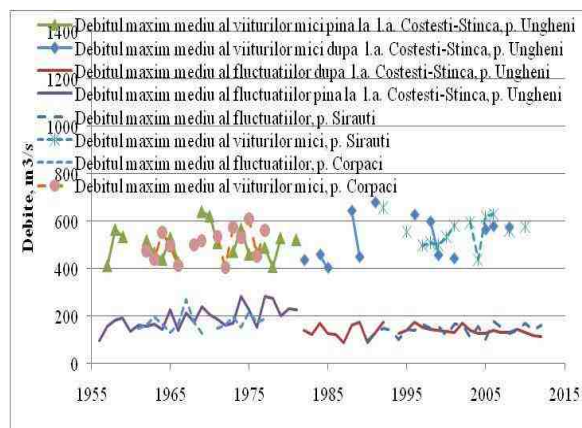


Fig. 3.31. Debitul maxim mediu al viiturilor mici și fluctuațiilor apei r. Prut

De asemenea, au fost apreciate modificările nivelului de apă ca urmare a construcției structurilor hidrotehnice. Creșterea valorilor nivelurilor maxime, în special, în secțiunea l.a. Costești-Stânca (fig. 3.32, 3.33), poate fi observată analizând profilele longitudinale unde sunt evidențiate valorile cotelor maxime ale apei ale celor mai semnificative viituri până (cele din

1969, 1974, 1975) și după (cele din 2008, 2010) construcția lacului de acumulare. Analiza comparativă a cotelor maxime ale apei din avalul l.a. Costești-Stânca și ale digurilor indică faptul prezenței unor rezerve în capacitatea de protecție a sistemului anti-viitură, ultimele fiind mai mari decât primele, însă starea actuală a acestora ne determină să recomandăm efectuarea unor cercetări în privința reconstrucției și ridicării gradului lor de siguranță.

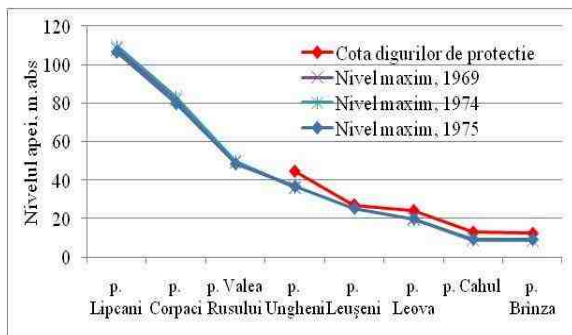


Fig. 3.32. Nivelului maxim al apei viiturilor de pe r. Prut până la construcția l.a. Costești-Stânca

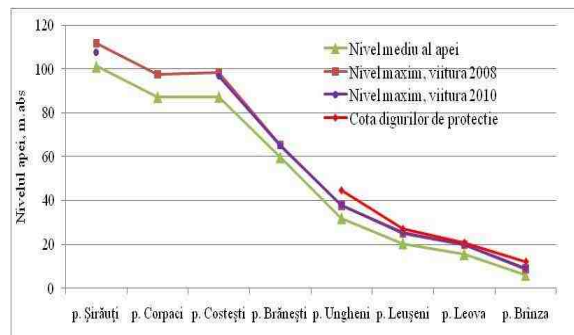


Fig. 3.33. Nivelului maxim al apei viiturilor de pe r. Prut după construcția l.a. Costești-Stânca

Evaluarea impactului l.a. Ghidighici asupra scurgerii de viitură a r. Bâc a fost efectuată în baza analizei debitelor de la p. Chișinău, situat în aval, și p. Strășeni, poziționat în amonte de acesta. Șirul de date hidrologice de la p. Strășeni este destul de scurt fiind doar pentru perioada 1973-1977. Șirul de date de la p. Chișinău cuprinde perioada până la construcția l.a. Ghidighici, anii 1945-1962, și după darea în exploatare a acestuia, anii 1968-prezent (fig. 3.34). Analiza debitelor din amonte și avalul lacului a permis identificarea a două viituri sincrone pentru cele două posturi (fig. 3.35, 3.36). Viitura din 1973 (fig. 3.35) indică faptul unui management neeficient al lacului de acumulare din motivul că hidrograful viiturii de la p. Chișinău este mai mare ca cel de la p. Strășeni, debitele maxime fiind cu $10\text{m}^3/\text{s}$ mai ridicate. Pe de altă parte, hidrografele viiturii din 1975 arată descreșterea debitelor maxime, însă repartitia volumelor viiturii în cadrul lacului de acumulare a determinat evacuarea unor debite mai mari în perioada de după apariția maximului comparativ cu cele de la p. Strășeni (fig. 3.36).

Analiza informației hidrologice de la p. Chișinău până și după construcția l.a. Ghidighici rezultă în faptul, că debitele maxime de după darea în exploatare a acestuia sunt de 2 ori mai mici iar cele de 0,1-10% se reduc de 3,2-3,6 ori (fig. 3.37). Durata totală a viiturilor pluviale de pe r. Bâc în perioada de până la construcția l.a. Ghidighici și pe parcursul funcționării acestuia nu s-a schimbat semnificativ, aceasta fiind egală cu 12,1 zile pentru perioada 1946-1962 și 12,3 zile pentru 1968-2010. Durata creșterii viiturii pentru prima perioadă este de 3,8 zile, iar pentru a doua - aceasta a crescut până la 4,5 zile, cea de descreștere s-a diminuat de la 8,3 la 7,8 zile.

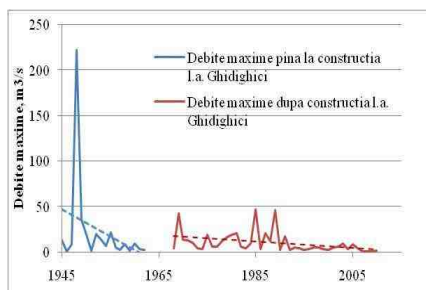


Fig. 3.34. Debite maxime anuale ale viiturilor pluviale, r. Bâc, p. Chișinău

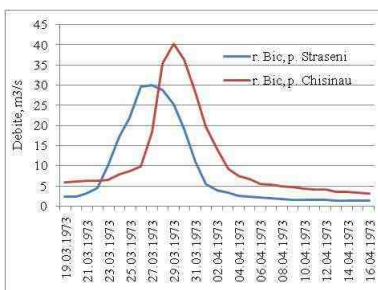


Fig. 3.35. Hidrografele viiturii din 1973

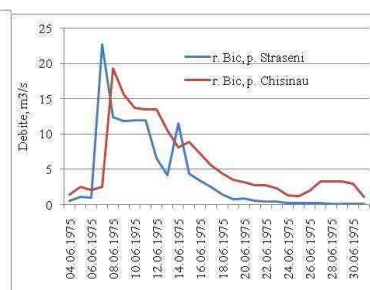


Fig. 3.36. Hidrografele viiturii din 1975

Componentele Scurgerii de Mediu au fost analizate doar debitelor înregistrate la p. Chișinău pentru o perioadă de 17 ani de până la construcția l.a. Ghidighici și pentru o perioadă de 45 ani de după darea în exploatare a acestuia. Astfel, a fost identificat că viituri mari cu debite de peste $50 \text{ m}^3/\text{s}$ au fost înregistrate doar de două ori și doar în anul 1948. Viituri mici cu debite maxime de peste $30 \text{ m}^3/\text{s}$ au fost înregistrate în 1945 și 1949 în perioada de pre-control a scurgerii și în 1969, 1973, 1985, 1989 în perioada funcționării l. a. Ghidighici. Debite maxime medii ale acestor evenimente sunt de $35,2 \text{ m}^3/\text{s}$ în prima perioadă și $42,4 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru perioada a doua. Durata viiturilor mici este de 15,5 zile și 28,5 zile pentru cele două intervale temporale.

Fluctuațiile mari au o tendință de creștere în prima perioadă (fig. 3.38), numărul anual mediu este de 5 cazuri /an, iar maximul de peste 10 cazuri fiind înregistrat în anii 1949 și 1955. Fluctuațiile mari de după darea în exploatare a l. a. Ghidighici cu un număr ≥ 10 cazuri/an se înregistrează în 14 ani din 45, valoarea acestora fiind maximă în primii 20 de ani de funcționare a lacului de acumulare. În ultimii 20 de ani numărul mediu a fluctuațiilor mari este de 4,5 cazuri/an, în această perioadă înregistrându-se și ani fără acest fel de evenimente. Numărul mediu al acestora pentru perioada de după darea în exploatare a lacului de acumulare este de 6,4 cazuri /an. Debitele maxime medii ale fluctuațiilor mari sunt aprox. egale, fiind de $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ în prima perioadă și $3 \text{ m}^3/\text{s}$ în a doua (fig. 3.39). Durata acestor evenimente este de 6,5 zile în perioada de pre-control și 7,5 zile în cea de post-control.

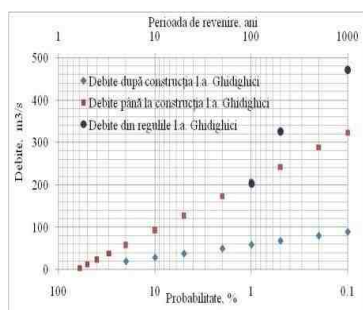


Fig. 3.37. Distribuția debitelor maxime probabile, r. Bâc, p. Chișinău

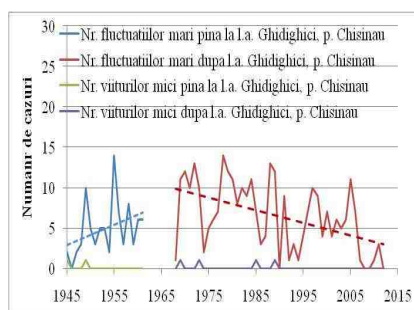


Fig. 3.38. Numărul de cazuri a viiturilor mici și fluctuațiilor apei r. Bâc, p. Chișinău

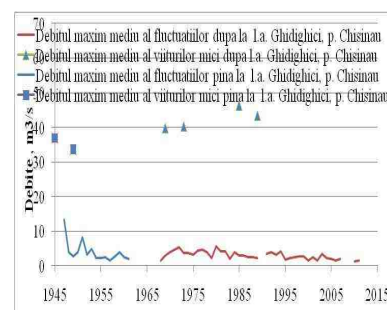


Fig. 3.39. Debitul maxim mediu al viiturilor mici și fluctuațiilor apei r. Bâc, p. Chișinău

Ca urmare a cercetărilor a fost determinat că debitele maxime probabile din cadrul regulilor de exploatare a l. a. Ghidighici sunt mult mai mari decât cele de calcul, ceea ce ne permite să concluzionăm posibilitatea de reglare eficientă a unor viituri extreme, însă faptul diminuării volumelor lacului de acumulare cu practic 50% datorită proceselor de colmatare și a reducerii calității digului transversal [134] ne determină să recomandăm efectuarea unor lucrări de decolmatare și întărire pentru ridicarea siguranței structurii hidrotehnice.

3.3. Potențialul de formare, acumulare și propagare a viiturilor pluviale

Printre numărul imens de modele elaborate pentru estimările zonelor potențial inundabile, cele mai importante sunt cele care pot da un răspuns hidrologic adecvat despre procesele de formare și propagare a viiturilor. Aplicarea acestor modele, de obicei, depinde de calitatea și cantitatea datelor hidrologice care deseori sunt absente sau insuficiente. În aceste cazuri, pentru a estima zonele supuse inundării și formării viiturilor rapide, sunt elaborați indicii care pot fi rapid aplicați și pot oferi o înțelegere preliminară a proceselor hidrologice ce se manifestă în timpul acestor fenomene periculoase: *FFP* și *FPI* - utilizați pretutindeni în lume și ușor adaptați la condițiile locale de mediu din diferite regiuni [85, 111, 158, 172, 187, 201], inclusiv, și pentru cele ale Republicii Moldova. Indicele Potențialului de Propagare a undei de Viitură, ce descrie procesul de propagare a undei de viitură prin albia râului, este propus în cadrul cercetării prezente.

Indicele Potențialului Viiturilor Rapide (FFPI) constă în integrarea factorilor naturali și antropici importanți în formarea scurgerii de viitură, ce au o distribuție spațială pe întregul bazin hidrografic: precipitațiile maxime cartate pentru probabilitatea de depășire de 1% (fig. B46), panta (fig. B47), factorul înclinației și lungimii pantei (*LS*) (fig. B48), indicele de convergență (fig. B49), curbura în profil (fig. B50), învelișul de sol, acoperirea terenului (fig. B51). Factorii au fost clasificați din perspectiva evidențierii potențialului scurgerii maxime în 5 clase, de la 1 - potențial mic la 5 - potențial mare (tab. B17). Precipitațiile maxime de 1% probabilitate determină un potențial de scurgere mai mare în partea centrală și de nord a republicii, în partea de sud evidențiindu-se valori caracteristice potențialului mic și mediu. Panta - un determinant al vitezei scurgerii de versant - a fost grupată în dependență de tipul suprafeței și morfodinamica contemporană [7, p. 91], pantelor abrupte a fost atribuită valoarea 5, iar celor slab inclinate, ce determină acumularea apelor pluviale în luncă - valoarea 1. Același principiu a fost utilizat în cazul clasificării factorului *LS*. Estimarea ponderii claselor pantei și factorului *LS* a arătat că 70% din suprafața țării este caracterizată de valori minime ale acestor factori ceea ce determină potențial mic de formare a viiturilor rapide, însă, maxim pentru acumularea apei în luncă. Evaluarea și clasificarea impactului indicelui de convergență și a curburii în profil în formarea

scurgerii de versant a rezultat în faptul, că scurgerea accelerată și cea decelerată precum și scurgerea divergentă și cea convergentă se formează în proporție relativ egală pe teritoriul republicii (fig. B49, fig. B50). Clasificarea solului a fost efectuată în dependență de caracteristica texturală a acestuia și rata de scurgere. Astfel, solului cu textură argiloasă și potențial de scurgere mare i-a fost atribuită valoarea 5 iar celui cu textură nisipoasă și rată de scurgere mică - valoarea 1. Învelișul de sol este caracterizat, în mare parte, de o rată scăzută de infiltrare și un potențial ridicat de scurgere datorită faptului că 60% din suprafața totală este de textura luto-argiloasă [131]. Acoperirea terenului (fig. B51) a fost analizată din perspectiva capacității de retenție a apei. Cea mai mare contribuție la reducerea scurgerii maxime este cauzată de pădure prin capacitatea de a menține volume considerabile de apă din ploile torențiale. Pe de altă parte, localitățile (10% din teritoriul țării) creează condiții favorabile pentru ca ploile torențiale să fie transformate, practic, total în scurgeri de suprafață fără posibilitatea de a fi reținute de vegetație sau de a fi infiltrate de sol. Cea mai mare parte a teritoriului țării este acoperită de teren arabil și chiar dacă acesta are un impact mai redus asupra formării scurgerii de viitură în comparație cu zonele urbane, ponderea ridicată, de peste 55%, îl face unul dintre cei mai importanți factori în formarea scurgerii de versant. Pădurile, pajiștile și livezile predomină în partea centrală a republicii, astfel încât, chiar dacă aici relieful este deluros și pantele sunt abrupte, capacitatea de retenție a vegetației reduce scurgerea de viitură. Pe de altă parte, regiunile de nord și de sud ale țării sunt acoperite, în principal, de arabil ceea ce determină un *FFPI* mai mare.

În baza însumării tuturor factorilor *FFPI* și valorilor ponderate ale acestora conform formulei 3.4 în mediul SIG, a fost obținut un rastru cu valorile cuprinse între 13,6-46,7 care a fost clasificat în baza metodei intervalelor egale în 5 grupe, cărora au fost atribuite clasele *FFPI* de la foarte mic la foarte mare. În rezultat, a fost calculat că un potențial de scurgere mic și foarte mic este caracteristic pentru aprox. 11% din teritoriul Moldovei, pe de altă parte aprox. 29% din suprafața țării se integrează în clasa potențialului mare și foarte mare de formare a viiturilor rapide. Majoritatea teritoriului Republicii Moldova se caracterizează printr-un potențial de scurgere mediu, aprox. 60% (fig. 3.40).

$$FFPI = (PP_{1\%} * 1,8) + (Sl * 1,0) + (LS * 0,8) + (CI * 1,5) + (PC * 1,4) + (ST * 1,8) + (LU * 1,6) \quad (3.4)$$

unde: LS - factorul înclinației și lungimii pantei PC - curbura în profil
 Sl - panta CI - indicele de convergență ST - solul (textura)

În baza rastrului *FFPI*, au fost extrase valorile medii pentru bazinele hidrografice elementare și comune. În final, a fost estimat, că pentru majoritatea comunelor și bazinelor hidrografice, *FFPI* se caracterizează prin valori medii, și doar pentru 7 (0,9%) bazine mici și 4 (0,41%) comune - prin valori mici și pentru 36 (4,56%) bazine mici și 50 (5,1%) comune -

valoarea *FFPI* este mare (fig. B52, B53). Bazinele și comunele cu valori ridicate ale *FFPI* sunt localizate, în mare parte, în partea centrală și de nord a țării unde valoarea precipitațiilor maxime de 1% este mai semnificativă în comparație cu alte regiuni și gradul de impact antropic asupra sistemelor peisagistice este mare. Valoarea a *FFPI* din cadrul podișului Codrilor este medie din considerentele prezenței unei ponderi mari a solurilor cu textura nisipoasă și a suprafețelor mari ocupate de păduri, ce reduc scurgerea apelor pluviale.

Estimarea *Indicelui Potențialului Inundării (FPI)* a fost efectuată în baza însumării valorilor ponderate a factorilor determinanți în acumularea apelor pluviale în cadrul luncilor râurilor: precipitațiile maxime de 1% probabilitate, panta, indicele de convergență, indicele topografic al umidității (*TWI*), solul, acoperirea terenului. Atribuirea scorului pentru sol, precipitații, acoperirea terenului a fost efectuată după principiul descris anterior pentru *FFPI*. Panta și indicele de convergență au fost clasificați în dependență de principiul concentrării apelor de viitură în cadrul luncilor, respectiv, în ordine inversă cazului *FFPI*. *TWI* (fig. B54), derivat în SAGA GIS [184], a fost clasificat în funcție de valorile maxime distribuite în luncile râurilor mari și mijlocii, care au fost atribuite clasei 5 și valorile minime estimate pentru zonele cu cele mai înalte altitudini, care au fost atribuite clasei 1. În final, în baza combinării hărților factorilor menționați (tab. B18) și a valorilor ponderate ale acestora conform formulei 3.5 a fost primit un rastru cu valori 13,3-49,5 care a fost clasificat în intervale egale și grupat în 5 clase.

$$FPI = (PP_{1\%} * 1,8) + (Sl * 1,9) + (CI * 1,4) + (TWI * 1,4) + (ST * 1,8) + (LU * 1,6) \quad (3.5)$$

Cele mai importante clase ce caracterizează acumularea apei de viitură în lunci sunt cele cu potențial mare și foarte mare. Ponderea suprafețelor specifice acestor clase este de 28% din suprafața totală a țării (fig. 3.41). 2/3 din total le revine suprafețelor cu *FPI* mediu și 15% celor cu *FPI* mic și foarte mic. Estimarea *FPI* pentru bazine elementare și comune a rezultat faptul că *FPI* este mic și foarte mic pentru 22 bazine (2,79%) și 33 comune (3,36%) situate în podișul Codrilor, mare pentru 111 (14,1%) bazine și 99 (10,1%) comune din regiunile de luncă, și mediu pentru celelalte arii (fig. B55, B56).

Conform aceluiași principiu aplicat pentru estimarea *FFPI* și *FPI*, a fost elaborat *Indicele* care descrie *Potențialul de Propagare a undei Viiturilor (FPPI)* pluviale prin albie, aplicat pentru 50 râuri-pilot. Pentru estimarea *FPPI*, au fost aleși și clasificați factorii naturali și antropici ce caracterizează cursul principal cum sunt: panta (fig. B57), căderea (fig. B58), sinuozitatea râului (fig. B59), ponderea lungimii râului transformat în lacuri de acumulare (fig. B61), ponderea lungimii râului îndiguit (fig. B62, B63), ponderea lungimii râului ce traversează localități (fig. B64) și păduri (fig. B65), precum și precipitațiile maxime de 1%. Clasificarea pantei și căderii râului a fost efectuată prin analiza valorilor maxime și minime locale și împărțită

în clase folosind metoda intervalelor egale (tab. B19). Cele mai mari valori a pantei și căderii râului sunt specifice pentru râurile din partea centrală, iar cele mai mici în partea de nord și sud a țării. Un element important care determină viteza și propagarea viiturii este sinuozitatea râului. În prezent, majoritatea râurilor studiate sunt relativ rectilinii, valoarea medie a sinuozității fiind $<1,3$. Clasificarea măsurilor de protecție împotriva inundațiilor a fost efectuată din perspectiva impactului asupra propagării undelor de viitură prin albia râului. Lacurile de acumulare sunt construite, în principal, pentru înmagazinarea apei și diminuarea dinamicii viiturilor. Numărul lacurilor de acumulare în cascadă diferă de la un râu la altul, maximum fiind specific pentru r. Camenca, pe care sunt situate 41 de acumulări de apă (fig. B60). Ponderea lungimii râului care a fost modificată în lacuri de acumulare cu baraj transversal cursului râului a fost considerată drept criteriu de bază de clasificare pentru calculul *FPPI*. Dacă acest indicator este $<10\%$, râul este slab regulat, iar valoarea atribuită este 5. În schimb, dacă ponderea este $>50\%$, capacitatea de reglare a viiturilor este ridicată, iar potențialul de propagare este scăzut, deci valoarea atribuită este de 1. Ponderea lungimii râului transformată în lacuri de acumulare pentru 29 râuri este $<10\%$, maxima fiind pentru râurile din bazinului râului Camenca (afluent al r. Prut), unde valoarea acesteia crește peste 43% . Un alt factor - digurile - cauzează întreruperea conexiunii longitudinale a râului cu lunca acestuia. În timpul inundațiilor, viiturile riverane nu sunt distribuite în lunca naturală, ci curg printr-o luncă artificială, limitată de diguri, ceea ce determină un potențial de propagare mai mare. Într-o astfel de situație, râurile cu o pondere de îndiguire de peste 50% au un potențial de propagare foarte mare și acele $<10\%$ - un potențial foarte mic. Alți doi parametri, care au un impact diferențiat asupra propagării undelor de viitură, sunt localitățile și pădurile. Procesul de urbanizare determină creșterea scurgerii și, în special, cea de viitură, iar, în comparație, pădurile stabilesc condițiile inverse - reduc scurgerile de pantă și potențialul de propagare a undei de viitură. În aceste condiții, clasificarea ponderii lungimilor râurilor care trec prin localități și păduri a fost efectuată de la maxim la minim. Dacă ponderea lungimii râului care trece prin păduri este <10 , potențialul de propagare este foarte mare și dacă această valoare este mai mare de 50% - potențialul este foarte mic. În cazul localităților, clasificarea se face în ordine inversă.

Caracteristicile opționale, utilizate în calculul *FPPI*, descriu particularitățile bazinelor hidrografice: forma (întinderea) bazinului (fig. B66), gradul de asimetrie (fig. B68), densitatea și textura rețelei hidrografice (fig. B67, B69). Potențialul regimului de torențialitate este unul scăzut pentru toate bazinele hidrografice datorită faptului că forma acestora este foarte alungită. De asemenea, un potențial destul de mic de propagare a undei de viitură este determinat de specificul densității și texturii rețelei hidrografice. Media densității rețelei de drenaj este de 0,9

km/km² pentru râurile studiate, amplitudinile variind de la 0,61 la 1,33 km/km². Textura rețelei de drenaj, fiind în medie de 2, este caracterizată de roci grosiere. Estimarea, clasificarea și analiza gradului de asimetrie a bazinelor hidrografice a rezultat în faptul că ~70% sunt bazine simetrice sau aproape simetrice ceea ce le include în clasa potențialului mic și foarte mic.

Ca urmare a combinării tuturor factorilor pentru estimarea *FPPI* și a clasificării acestora în 5 clase, s-a stabilit că aprox. 56% din râurile studiate indică un potențial mediu de propagare a undelor de viitură, 36% sunt caracterizate de un *FPPI* mare, 4% - de unul mic și alte 4% - de unul foarte mare (fig. 3.42). Majoritatea râurilor cu *FPPI* mare sunt situate în regiunea de podiș, în partea centrală și sudică a țării. Cel mai mare *FPPI* a fost estimat pentru râurile Salcia Mare și Cogâlnic. Aici, în primul caz, au fost atribuite valori maxime pentru gradul de asimetrie a bazinului hidrografic, ponderea lungimii râurilor ce trece prin localități, păduri și lacuri de acumulare. În cazul r. Cogâlnic scorul cel mai mare a fost dat căderii, coeficientului de sinuozitate, ponderii lungimii râurilor ce trece prin localități, păduri și lacuri de acumulare. Un *FPPI* mic este specific râurilor Lunguța și Draghiște. Aici, scorul maxim a fost doar lipsei de păduri de-a lungul râului.

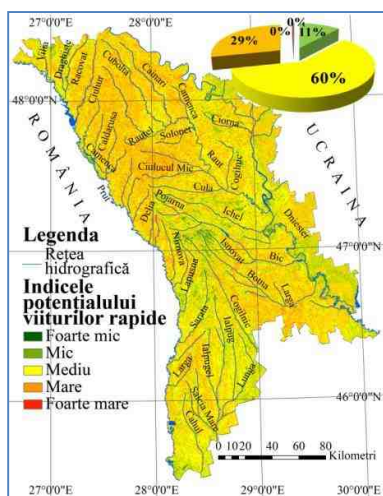


Fig. 3.40. Indicele potențialul viiturilor rapide

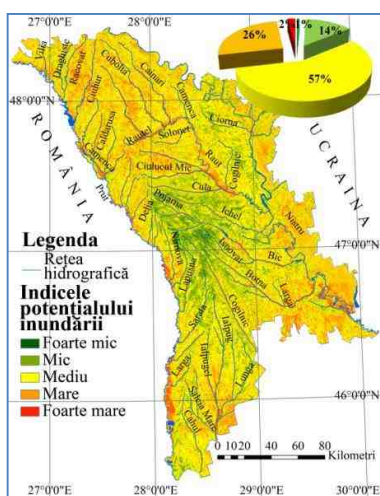


Fig. 3.41. Indicele potențialul inundații

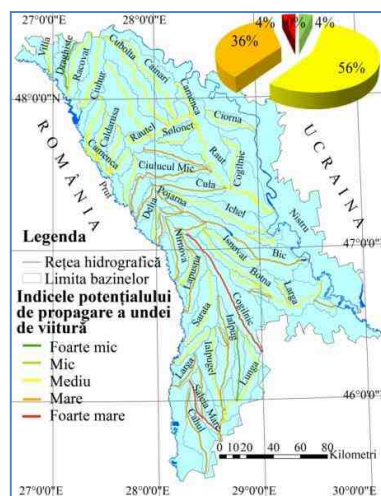


Fig. 3.42. Indicele potențialul propagării undelor de viitură

În concluzie, trebuie menționat faptul că, distribuția spațială a componentelor factorilor naturali și antropici este neuniformă, iar evaluarea impactului acestora asupra proceselor de formare, acumulare și propagarea a undei de viitură variază de la bazin la bazin sau de la un râu la râu. Analiza factorială efectuată pentru estimarea *FFPI*, *FPI* și *FPPI* a arătat că râurile sunt expuse la impactul unui număr diferit de factori, dintre care unii sunt expuși la un singur factor, unii - la 7 sau mai mulți. Suplimentar factorilor utilizați, pentru modelare pot fi aplicate alte caracteristici care sunt considerate importante în estimarea potențialului viiturilor. Ca exemplu, poate servi estimarea și clasificarea scurgerii de viitură bazată pe metode indirecte. Pot fi

aplicate diferite scenarii cum ar fi modificările în *LU*, ale albiei râului, ale construcțiilor hidrotehnice. Evaluarea și modelarea *FFPI*, *FPI* și *FPPI* evidențiază cunoștințe generale despre procesele de formare și propagare a undelor de viitură precum și despre practicile de management a inundațiilor efectuate în cadrul bazinelor hidrografice și oferă o reflecție asupra celor ce trebuie implementate.

3.4. Variațiile regionale ale stratului scurgerii de viitură determinate de activitatea antropică

Repartiția spațială a stratului scurgerii de viitură sub acțiunea factorilor naturali și antropici

Estimarea valorilor scurgerii de viitură și a impactului antropic pentru bazine slab studiate din punct de vedere hidrologic este deseori efectuată prin aplicarea metodelor indirecte, prioritatea fiind atribuită celor metode în cadrul cărora se regăsesc elemente ce ar caracteriza activitatea umană. În cadrul modelului SCS-CN, parametrii prin care poate fi estimat impactul antropic sunt acoperirea terenurilor, ce se modifică în funcție de cerințele economice, precum și starea solului influențată, de exemplu, de gradul de tasare cauzat de modul de prelucrare a terenului sau de procesul de irigare ce determină creșterea gradului de umiditate și, respectiv, diminuarea capacității de infiltrare a apei pluviale. Evaluarea scurgerii de viitură a fost efectuată pentru 789 de râuri mici și 984 comune. Pentru a valida metoda SCS-CN, rezultatele primite cu ajutorul acesteia au fost comparate cu valorile stratului scurgerii maxime calculat în baza ecuației 2.9 (fig. 3.43) pentru cele 26 râuri monitorizate. Aprecierea relației între valorile scurgerii maxime estimate utilizând cele două metode a rezultat în R^2 egal cu 0,71 - destul de satisfăcător pentru a afirma aprobarea aplicării modelului SCS-CN pe teritoriul țării.

Estimarea distribuției spațiale a scurgerii de viitură a fost efectuată pentru 2 scenarii și anume pentru cazul când *PP* se atribuie valorile de 1% probabilitate (fig. 46), și pentru cazul când acestea sunt egale cu 100 mm (în cazul lipsei informației privind precipitațiile această valoare este recomandată de documentul normativ național [17] ca referință pentru precipitațiile maxime de 1%). Pentru ambele scenarii umiditatea solului a fost considerată ca mică, medie și mare iar utilizarea terenului a rămas constantă. În rezultat, au fost primite 6 modele cartografice (fig. B70-B75) în baza cărora a fost apreciat, că valorile medii ale scurgerii de viitură pentru teritoriul țării pentru scenariile I și II sunt de 31,4 și 24 mm în cazul solului uscat, 90,7 și 79,3 mm în cazul umidității mari a solului și egale cu 63,8 și 53,5 mm pentru solul cu umiditate medie. După cum se observă, pentru scenariul II valorile sunt cu ~10 mm mai mici pentru aceleași condiții de umiditate a solului.

Scurgerea de viitură depinde, în mare măsură, de cantitatea de precipitații de 1% care la rândul său este destul de neuniformă, atât din punct de vedere spațial, cât și din perspectiva amplitudinii valorilor acestora, maxima atingând 180 mm. Pentru aprecierea stratului scurgerii de viitură în dependență de precipitațiile maxime, s-a recurs la regionalizarea și identificarea scurgerii de viitură ca medie pe bazine mici și comune pentru care au fost estimate PP pe trei intervale: ≤ 100 mm, 100-150 mm și ≥ 150 mm. Cele mai afectate regiuni sunt, evident, cele unde valorile PP sunt peste 150 mm. Astfel, în aceste regiuni valoarea scurgerii de viitură va depăși 100 mm fiind estimată pentru partea de nord a republicii, în special, raioanele Dondușeni, Sângerei, Fălești, dar și anumite regiuni din partea de est - Căușeni și Ștefan Vodă - și vest - Ungheni, Nisporeni. Valoarea medie a scurgerii de viitură la nivel de comună/bazin va crește peste 130 mm în cazul solului umed și se va diminua sub 60 mm pentru condițiile solului uscat (fig. 3.44, B76-B87). Cele mai mici valori ale scurgerii de viitură sunt estimate pentru partea de sud dar și de est a republicii, în condițiile când PP 1% sunt sub 100 mm. Astfel, în cadrul raioanelor Dubăsari, Criuleni, Strășeni, Hâncești, Leova, Basarabeasca, UTA Găgăuzia sunt situate bazinele mici și comunele pentru care scurgerea de viitură se estimează a fi < 50 mm, diminuându-se sub 20 mm în cazul condițiilor de umiditate mică a solului și majorându-se la 70 mm în cazul când precipitațiile maxime vor cădea pe sol bine umezit.

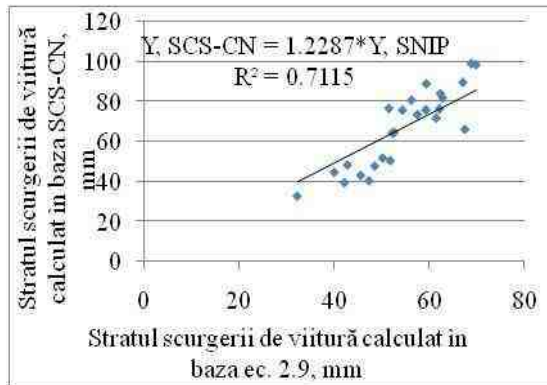


Fig. 3.43. Raportul între scurgerea estimată în baza SCS-CN și ecuația 2.9

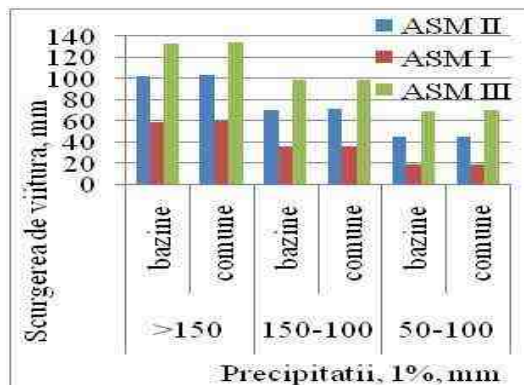


Fig. 3.44. Scurgerea de viitură în condițiile precipitațiilor maxime de 1% probabilitate, mm

Scurgerea de viitură este semnificativ influențată de specificul solului. Pentru evaluarea impactului solului, acesta a fost clasificat, în funcție de textură, în 4 grupe hidrologice de soluri [65, 190]. Solurile din clasa D au o textură fină (argiloasă), având potențial de scurgere maxim și capacitate minimă de infiltrație, în timp ce grupa A cuprinde soluri cu textură grosieră (nisipoasă), care au cel mai mic potențial de scurgere și infiltrație maximă. Grupele hidrologice B și C sunt intermediare. Pe teritoriul țării, predomină solurilor din grupa hidrologică C, cu o pondere de peste 60%. Grupa de soluri A cu o pondere de ~2% precum și B cu ~25 % este distribuită spațial în partea centrală și de nord a republicii. Solurile din grupa D (~10%) sunt

situate, în mare parte, în partea de nord a țării [131, p. 38]. Astfel, cea mai mare parte a teritoriului țării este acoperită de soluri cu capacitate de infiltrare mică dar cu un potențial de scurgere puțin peste medie. Aprecierea modificării scurgerii de viitură sub acțiunea diferitor caracteristici ai solului, s-a efectuat prin estimarea valorilor medii a scurgerii de viitură pentru bazinele hidrografice și unitățile administrativ-teritoriale unde se observă predominarea unei clase hidrologice de soluri cu o pondere de peste 50%. Diferențierile scurgerii de viitură generate pe terenuri acoperite de soluri de diferită textură arată că solurile din grupa hidrologică D determină o majorare a scurgerii cu circa 13% și, respectiv, 30% comparativ cu cele din grupa C și B. Valoarea medie a scurgerii maxime pentru bazinele și comunele unde predomină solurile grupei D constituie 75-80 mm în cazul solurilor cu umiditate medie, 41-46 mm pentru cele cu umiditate mică și 99-106 mm pentru cele cu umiditate mare. În cazul predominării solurilor din grupa hidrologică C, valorile scurgerii de viitură constituie 66-67 mm în cazul solurilor cu ASM II, 34 mm în cazul celor cu ASM I și 94 mm în cazul celor cu ASM III (fig. 3.45). Astfel, condițiile de umiditate dar și structura solurilor au un impact semnificativ asupra scurgerii de viitură. Valorile acesteia pot crește de la 30 la 60% în cazul când solurile sunt bine umezite fie de precipitațiile anterioare, fie de procesul de irigare, și, respectiv, se pot diminua cu 35-56% în cazul când solurile sunt uscate complet. Gradul continuu de tasare a solului sub influența prelucrării acestuia de tehnica agricolă va determina o majorare a scurgerii de viitură cu circa 26% în condițiile ASM II, 38% pentru solurile cu ASM I și 17% pentru solurile cu ASM III. Aproximativ aceleași legități se mențin și în cazul modelării scurgerii de viitură egalând valorile precipitațiilor maxime cu 100 mm (fig. 3.46).

O atenție specială a fost atribuită variației scurgerii de viitură sub acțiunea categoriilor de acoperire a terenurilor. Estimarea modificărilor scurgerii de viitură a fost efectuată comparativ pentru bazinele hidrografice și comunele unde predomină, cu o pondere de peste 50%, vegetație naturală (păduri), precum și teritorii moderat și puternic modificate de activitatea antropică: plantații multianuale, terenurile arabile și localitățile umane. Rezultatele modelării au arătat o creștere logică a scurgerii de viitură de la acoperirea terenului cu vegetație naturală la teritoriile urbanizate (fig. 3.47, 3.48). Cele mai mici valori sunt estimate pentru zonele cu predominarea vegetației naturale, fiind de în medie de 44 mm în cazul solului umed mediu, 17 mm în cazul solului cu ASM I și 73 mm pentru ASM III. Valori medii puțin mai ridicate au fost determinate pentru zonele cu predominarea plantațiilor multianuale, 50 mm - pentru soluri cu ASM II, 20 mm - pentru soluri cu ASM I, 78 mm - pentru soluri cu ASM III. Terenurile arabile determină un impact mai semnificativ asupra scurgerii de viitură. Valoarea acesteia crește la 66 mm în cazul solurilor umezite mediu, 33 mm pentru cele uscate și 92 mm pentru cele umede. Cea mai mare

scurgere de viitură a fost modelată pentru zonele cu predominarea terenurilor urbane, valorile medii fiind de 70 mm pentru ASM II, 40 mm pentru solurile cu ASM I și 90 mm pentru cele cu ASM III. Scurgerea de viitură în cadrul bazinelor mici și comunelor unde zonele urbane acoperă peste ½ din suprafață este cu 50% mai mare decât în cele unde predomină vegetație naturală.

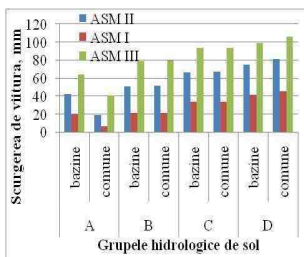


Fig. 3.45. Scurgerea de viitură (PP 1%), influențată de textura solului

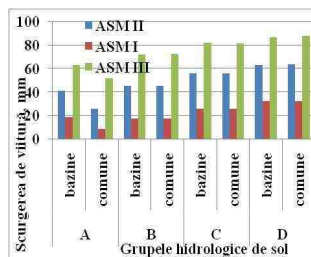


Fig. 3.46. Scurgerea de viitură (PP 100 mm), influențată de textura solului

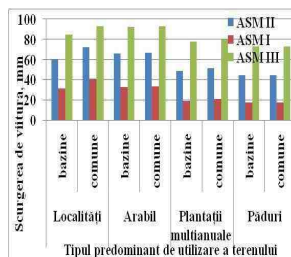


Fig. 3.47. Scurgerea de viitură în condițiile PP 1%, modificată sub acțiunea LU

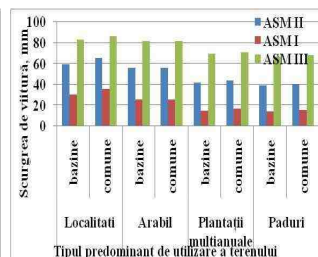


Fig. 3.48. Scurgerea de viitură în condițiile PP 100 mm, modificată sub acțiunea LU

Recomandările actuale de dezvoltare durabilă în domeniul protecției corpurilor de apă sunt orientate spre naturalizarea râurilor prin reducerea impactului antropic exprimat atât prin poluare punctiformă și difuză cât și prin alterări hidromorfologice [4, 55, 69, 137]. Modalitățile de naturalizare a râurilor se rezumă la readucerea lor în condițiile maximal naturale, menținând un management sustenabil și determinând un impact antropic ce nu ar depăși limitele maximal admisibile. Tendințele actuale de utilizare a terenurilor arată că peste ½ din teritoriul Republicii Moldova este ocupat de terenuri arabile. Modificarea destinației terenurilor de la arabil la natural ar constitui un prim pas pentru restabilirea scurgerii naturale a râurilor. Conform estimărilor efectuate, majorarea ponderii plantațiilor multianuale și a pădurilor, astfel, ca acestea să predomină în bazin, va determina scăderea scurgerii de viitură de la 13 la 44%. Pe de altă parte creșterea ponderii zonelor urbane >50%, determinată de migrarea populației de la sat la oraș și ar duce la majorarea scurgerii maxime de suprafață cu 2 - 40% (fig. 3.49).

Pentru a evalua impactul modificărilor ce se pot manifesta în cazul schimbării destinației terenurilor, s-a încercat de a estima legătura între acoperirea terenurilor și scurgerea maximă. În acest scop s-a recurs la încercarea de a determina ecuația regresiei multiple utilizând programul STATGRAPHICS [192]. La baza modelării acesteia au fost datele: stratul scurgerii, ponderea categoriei de *LU* care, nemijlocit, determină retenția de suprafață precum și valoarea precipitațiilor de 1%, estimate pentru cele 789 bazine mici. În final, s-a obținut ecuația regresiei multiple 3.6. Pentru a elimina impactul diferențierii spațiale a precipitațiilor maxime, acestea au fost egalate pentru toată suprafața cu 100 mm, iar ecuația de regresie a primit forma 3.7. Pentru corelarea valorilor scurgerii de viitură estimată în baza SCS-CN și ecuațiile regresiei multiple au fost construite graficele din figurile 3.50, 3.51, ce arată legătura destul de mare între

caracteristicile modelate. Astfel, R^2 în cazul corelării rezultatelor utilizării metodei SCS-CN și a ecuației 3.6 este de 92%, iar în cazul excluderii impactului precipitațiilor, legătura între valorile scurgerilor modelate este de 52%. Impactul precipitațiilor maxime asupra scurgerii este factorul determinant în procesul formării viiturilor pluviale însă retenția apei de către covorul vegetal, de asemenea, joacă un rol semnificativ. În pofida faptului că, R^2 din figura 3.51 este la limita valorilor admisibile condiționat de retenția de suprafață reprezentată spațial, poziționarea punctelor în cadrul câmpului de coordonate formează un nor integră.

$$Y_{reg1} = -118.841 + 0.622161 * Pr_{P\ddot{a}duri} + 0.946481 * Pr_{P\ddot{a}șuni} + 0.973797 * Pr_{Sate} + 0.587012 * Pr_{Vii} + 0.882476 * PPm1\% + 0.891529 * Pr_{Arabil} + 0.756157 * Pr_{Livezi} + 1.04003 * Pr_{Orașe} \quad (3.6)$$

$$Y_{reg2} = -25.2683 + 0.920384 * Pr_{Sate} + 0.975952 * Pr_{Orașe} + 0.58122 * Pr_{P\ddot{a}duri} + 0.899814 * Pr_{P\ddot{a}șuni} + 0.542697 * Pr_{Vii} + 0.83569 * Pr_{Arabil} + 0.692535 * Pr_{Livezi} \quad (3.7)$$

Rezultatele estimării scurgerii maxime în baza aplicării modelului SCS-CN pot servi ca argument pentru aprecierea în continuare a caracteristicilor viiturilor pluviale în bazinele nemonitorizate, pentru planificarea și construcția structurilor hidrotehnice și altor activități de inginerie civilă. Hărțile scurgerii de viitură prezentate la nivel de bazin și comună (fig. B76-B87) pot servi drept suport necesar autorităților locale și factorilor de decizie în procesul de optimizare a practicilor de utilizare a terenurilor, elaborare a planurilor de gestionare eficientă a resurselor funciare, de apă, inundațiilor, etc.

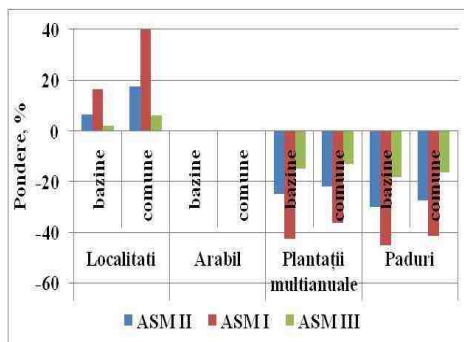


Fig. 3.49. Pondere modificărilor scurgerii de viitură (PP 100mm), raportată la scurgerea de pe terenuri arabile

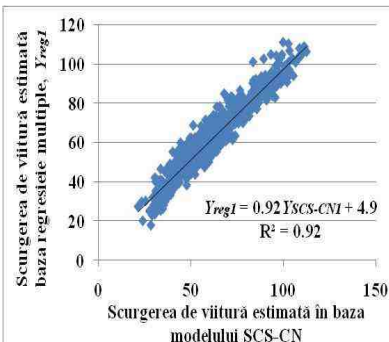


Fig. 3.50. Raportul între valorile scurgerii de viitură modelate în baza SCS-CN și ecuația 3.6

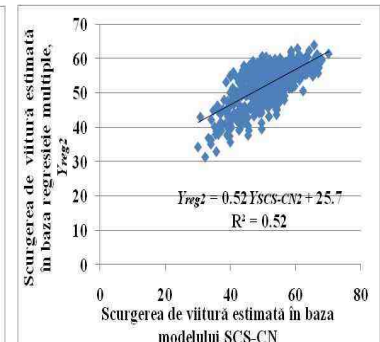


Fig. 3.51. Raportul între valorile scurgerii de viitură modelate în baza SCS-CN și ecuația 3.7

Îmbunătățirea rezultatelor cercetării poate fi efectuată prin măsurători directe actualizate în teren a relației dintre precipitațiile maxime, grupele de sol și categoriile de acoperirea a terenului pentru calibrarea CN în condițiile Republicii Moldova. O altă activitate importantă constă în estimarea valorilor și distribuției spațiale a precipitațiilor extreme de o înaltă precizie fapt ce poate determina o variație semnificativă a scurgerii de viitură. În general, metoda SCS-CN reprezintă un mare potențial pentru estimarea scurgerii de viitură și este recomandată pentru dezvoltare și aplicarea ulterioară pe râurile Republicii Moldova.

Impactul modificării acoperirii terenurilor asupra scurgerii de viitură de pe râuri-pilot

Pentru estimarea impactul acoperirii terenurilor asupra scurgerii maxime de suprafață utilizând modelul SCS-CN, s-a parcurs la identificarea, nemijlocit, a dinamicii structurii temporale și spațiale ale acesteia. În acest scop, cu ajutorul tehnicilor SIG a fost extrasă informația spațială a utilizării terenului de pe imaginile satelitare (LANDSAT MSS, TM, ETM) [152] și hărțile topografice 1:50000 realizate în 1982 și 2013 [25] pentru bazinele celor 8 râuri-pilot (fig. 2.7, cap. 2) și 102 afluenți ale acestora (tab. B20). Astfel, au fost elaborate reprezentările spațiale ale următoarelor categorii de acoperire a terenului:

- | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|------------|---------------|
| 1. Localități urbane | 3. Livezi | 5. Arabil | 7. Pășuni | 9. Zone umede |
| 2. Localități rurale | 4. Vii | 6. Păduri | 8. Arbuști | 10. Ape |

Modificarea acoperirii terenurilor a fost estimată utilizând analiza comparativă a valorilor procentuale evidențiate de creșterea sau descreșterea suprafețelor ocupate de diferite categorii din 1982 până în 2013 (fig. B88-B90). Astfel, în profil general, pentru întreaga suprafață studiată, se observă o creștere ușoară (0,1-1%) a zonelor urbane și rurale, a zonelor umede și acumulărilor de apă precum și a pădurilor și a plantațiilor de tufari și arbuștilor. Cu circa 5% se majorează ponderea pășunilor și fânețelor. O descreștere în suprafață este specifică pentru livezi (cu 1%), vii (cu 4%) și teren arabil (cu 4%).

Ca rezultat al analizei comparative a ponderii suprafețelor ocupate de diferite categorii ale acoperirii terenurilor, s-a observat că modificări semnificative se estimează la nivelul bazinelor hidrografice mici (subbazine). Modificări spațiale între categoriile de acoperire a terenului de până la 10% se observă în 60 bazine mici, în celelalte evoluția pozitivă/negativă a suprafețelor utilizate pentru diferite necesități economice este peste 10% și chiar 20%, maxima atingând 30% (b.h. Sagaidacinâi din b.h. Bălțata). Trebuie remarcate 4 subbazine din cadrul b.h. Bălțata și 3 din cadrul b.h. Bâc unde modificarea ponderii diferitor categorii ale acoperirii terenurilor este esențială. În subbazinul r. Vinogradnâi (b.h. Bălțata) se observă, pe de o parte, diminuarea cu 16,7% a terenurilor acoperite de livezi, cu 25,9% a celor cu vii iar, pe de altă parte, creșterea terenurilor acoperite de arabil cu 12% și arbuști cu 28,8%. În subbazinul r. Sagaidacinâi (b.h. Bălțata) se evidențiază o diminuare semnificativă cu 30% și 9,8% a terenurilor ocupate de vii și de arabil și o sporire a ponderii cu 7,9, 11,7, 18% a localităților rurale, pășunilor și fânețelor și arbuștilor. În subbazinul r. Stanționâi (b.h. Bălțata) terenurile arabile descresc cu 23,4% pe când cele cu livezi și vii cresc cu 7,5 și 7,8%, iar în Cimișeni (b.h. Bălțata) au fost defrișate 21,7% vii, dar cu 5%, 6% și 9,4% crește ponderea terenului arabil, a pășunilor și fânețelor și a pădurilor. În Valea Roșcanei (b.h. Bâc) s-au redus terenurile acoperite cu arabil cu 22,2%, arbuști cu 8,5%,

însă au avansat cele cu pășuni și fânețe cu 16%, și vii cu 6%. În subbazinul r. Bostancea (b.h. Bâc) s-au micșorat teritoriile ocupate de vii cu 19,3% și cele cu livezi cu 12,4%, dar s-au mărit localitățile rurale cu 10,5% și terenurile arabile cu 14,8%. În subbazinul r. Ciocana (b.h. Bâc) descresc terenurile ocupate de arabil cu 11,6% și cresc localitățile urbane cu 14,2%. Aceeași dinamică se observă și în subbazinul r. Durești (b.h. Bâc), iar în subbazinul r. Schinoasa (b.h. Bâc) descresce suprafața viilor cu 9%, și crește cea a orașelor cu 16,4%. În subbazinul r. Berezovka (b.h. Căinari) ponderea arabilului scade cu 24,4% dar crește cea a pajiștilor și fânețelor cu 20,7%, iar în Frasin (b.h. Răut, or. Bălți) arabilul se diminuează cu 24,9%, dar se mărește suprafața terenul acoperit de livezi cu 19,5%. În cadrul a 8 subbazine se observă o diminuare de circa 10-20% a ponderii arabilului în favoarea creșterii ponderii pășunilor și fânețelor cu 10-14% (Pelina, Valea Nicorenilor, Valea Șerpia, Valea Ștuhăria, Copăceanca (Recea), Sturzova, (b.h. Răut), Larga, Valea Vraticului (b.h. Botna)).

Evidențierea specificului diferențierilor spațiale ale acoperirii terenului și a impactului antropic asupra peisajelor Republicii Moldova este efectuată în baza metodelor de regionalizare și clasificare a modului de utilizare a terenului, de estimare a coeficientului de stabilitate ecologică a terenurilor din cadrul unităților administrativ teritoriale ale țării. Principiile generale de regionalizare și clasificare constau în identificarea ponderii categoriilor predominante a terenurilor [6]. Conform estimărilor [6, p. 109-116] au fost evidențiate 10 tipuri de comune și 7 tipuri de regiuni de utilizare a terenului. Același principiu de clasificare, simplificat pentru primele două categorii predominante a terenurilor, a fost aplicat pentru aprecierea tipurilor subbazinelor hidrografice și determinarea evoluției acestora pe parcursul ultimilor 30 ani. În linii generale, în prezent, ponderea cea mai mare a terenurilor este ocupată de arabil pentru 93 subbazinele variind de la 29,5 la 86,4%, păduri pentru 7 subbazine de la 32,8 la 81%, vii - 1 cu 29,6%, orașe 1 cu 57,5%. A doua ca mărime pondere (peste 10%) revine pășunilor și fânețelor (33 subbazine), viilor (22 subbazine), pădurilor (19 subbazine), satelor (13 subbazine), arabilului (6 subbazine), livezilor (5 subbazine), orașelor (3 subbazine) și arbuștilor (1 subbazin). Astfel, ca urmare a analizei categoriilor predominante a acoperirii terenurilor, subbazinele hidrografice au fost clasificate în 12 tipuri și anume, pentru perioada actuală, acestea sunt: arabile - 15, arabil-pastorale - 25, arabil-pomicole - 5, arabil-rezidențiale - 11, arabil-silvice - 16, arabil-viticole - 21, viticol-arabile - 1, silvice - 2, silvic-arabile - 4, silvic-viticole - 1, rezidențial-silvice - 1. Analizând repartitia spațială a tipurilor subbazinelor (fig. B92, B93) se observă o diviziune clară a regiunilor de utilizare a terenurilor și anume majoritatea subbazinelor din partea de nord a republicii sunt arabil-pastorale, cele din partea centrală - arabil-silvice, iar cele din partea de sud - arabil-viticole. Modificările tipurilor de subbazine pe parcursul ultimilor 30 ani au fost

identificate pentru 44 din acestea, celelalte 58 păstrându-și tipologia (fig. B92, B93). Schimbările caracteristice sunt evidențiate de faptul că în deceniile precedente subbazinele din partea de nord se încadrau în tipul arabil în prezent predominând cel arabil-pastoral, de asemenea, un număr semnificativ de subbazine din partea centrală au trecut din tipul arabil/arabil-viticol în arabil-silvic, arabil-pastoral, arabil-rezidențial. Subbazinele din partea de sud, în linii generale, nu și-au schimbat tipologia.

Stabilitatea ecologică a terenurilor a fost determinată în conformitate cu recomandările din publicația [6, p. 123]. În rezultatul estimării coeficientului respectiv, pentru cele două perioade de timp, a fost apreciat că pe parcursul a 3 decenii 43 din subbazinele hidrografice continuă a fi ecologic foarte instabile, 11 - instabile, 10 - cu stabilitate nesigură, doar unul este de stabilitate ecologică medie și 3 sunt ecologic stabile, 6 subbazine hidrografice au degradat, devenind din instabile - foarte instabile, 1 s-a modificat de la stabilitate nesigură la instabilitate, 16 și-au îmbunătățit situația trecând de la ecologic foarte instabile la instabile, 9 - de la instabile la stabilitate nesigură, și doar 2 - de la stabilitate nesigură la stabilitate ecologică medie (fig. B94, B95). Agravarea stării ecologice se atestă pentru Valea Nemților, Valea Pădurii, Valea Carlăcului (b.h. Lunga), Salcia Mică, (b.h. Salcia Mare), Valea Schinoasa, Valea Bostancea (b.h. Bâc) unde coeficientul de stabilitate ecologică descrește de la instabil la foarte instabil, iar pentru Valea Iuzacai (b.h. Lunga) de stabilitate nesigură la instabilitate. Valorile maxime ale coeficientului de stabilitate ecologică sunt specifice pentru subbazinele b.h. Bâc situate, în special, în partea superioară a acestuia unde se atestă o pondere mai mare a terenurilor silvice.

Ponderea grupurilor hidrologice de *soluri* se caracterizează prin predominarea solurilor cu potențial de scurgere peste medie (fig. B91, B96-B99). În cadrul bazinelor hidrografice din partea de nord a republicii, se atestă o pondere de 64-72% a solurilor din grupa hidrologică C și 24-32% a celor din D. Aceeași legitate este specifică și pentru b. h. Lunga din partea de sud a țării. În alte bazine din partea centrală și de sud a țării solurile din grupa hidrologică C prevalează însă ponderea acestora se încadrează între 43-58%, scade valoarea celor din grupa D la 2-15% dar crește rata solurilor din grupa B la 28-40%, astfel, diminuându-se potențialul de scurgere comparativ cu bazinele hidrografice din partea de nord. Aproximativ aceeași legitate este specifică pentru subbazine. În cadrul a 72 de subbazine predomină solurile din grupa hidrologică C cu o pondere de >50%, în 7 - solurile D, în 9 - solurile B (fig. B96-B99).

În rezultatul **modelării scurgerii de viitură** (fig. B100-B106) pentru condițiile egalării *PP* cu 100 mm, a fost apreciat că valorile medii ale acestora se încadrează între 57-61 mm pentru r. Lunga și râurile din partea de nord a țării, 51-53 mm pentru r. Botna și Bălțata și aprox. 46,6 mm pentru r. Salcia Mare și Bâc. Specificul bazinelor în cadrul cărora se observă valori mai mari ale

scurgerii de viitură este determinat de o pondere mai mare a solurilor din grupa hidrologică C și D și valori de peste 60% a terenurilor arabile și, practic, de lipsa vegetației forestiere. Scurgerea de viitură a r. Bălțata și Botna este influențată de prezența solurilor din grupa C și B cu 55-58% și, respectiv, 28-30%, de asemenea, de circa 50% a arabilului dar și prezența pădurilor (aprox. 15%) în cadrul bazinelor, ceea ce determină reducerea potențialului scurgerii comparativ cu alte râuri. Valorile scurgerii de viitură ale r. Bâc și Salcia Mare diferențiază din considerentele prezenței în cadrul bazinelor a unor ponderi mai mari a solurilor din grupa B de aprox. 40-44%, a vegetației ce contribuie la retenția scurgerii de viitură: păduri (22% în b.h. Bâc, 7 % în Salcia Mare), vii (9 în b.h. Bâc, 23,5% în b.h. Salcia Mare).

Valorile medii ale scurgerii de viitură ale afluenților râurilor din partea de nord a țării: **Răut (Bălți), Căinari, Cubolta**, se încadrează între 54-65,3 mm, (79,8-89,6 mm în cazul solurilor umede și 24-34 mm în cazul solurilor uscate). Scurgerea de viitură medie pentru afluenții râului **Bălțata** este de 51,5 mm, limitele fiind de 41,2-57,4 mm (69,4-83,2 mm în cazul solurilor umede și 14-26,7 mm în cazul solurilor uscate). Râul Vinogradnâi este caracterizat de valori medii minime datorită ponderii mari a solurilor din grupa B (55%) și a vegetației naturale (păduri, 25,6%, arbuști, 28,8%), lipsa localităților și ponderea redusă a arabilului (35,9%) din cadrul bazinului acestuia. Pe de altă parte, în subbazinul r. Cimișeni cu valori medii ridicate ale scurgerii de viitură se observă ponderi mari ai terenurilor arabile, 54%, localităților, 11,2%, și prezența a solurilor din grupa C, 82%. Valoarea medie a scurgerii de viitură a celor 21 de afluenți ai r. **Bâc** este de 45,9 mm variind între 33,7 mm (r. Valea Redenilor) - 59,4 mm (r. Durlești), și fiind de 61,2-83,4 mm în cazul solurilor umede și 11,6-30 mm în cazul solurilor uscate. Spațial, cea mai redusă valoare (33,7-36,7 mm) este observată pentru afluenții din partea superioară a r. Bâc și r. Ișnovăț: Valea Redenilor, Valea Sadovei, Valea Condrîței și Valea Suricea. Acest fapt poate fi explicat, pe de o parte, printr-o pondere ridicată a solurilor caracterizate de ratele de infiltrare ridicate și medii și de un potențial de scurgere mic: grupurile hidrologice A (9-16%) și B (43,8-54%) și, pe de alta, de o pondere ridicată a pădurilor (34-81%) care reduc semnificativ scurgerea datorită capacității mari de retenție a apei dar și de un procent scăzut a terenurilor arabile (5-23%) și a localităților (4-8%). Cele mai mari valori a scurgerii maxime (51,8-59,4 mm) se observă pentru afluenții din partea de mijloc și inferioară a r. Bâc: Durlești, Valea Bostancea, Valea Schinoasa, Ciocana, Valea Merenilor, Valea Cobuscăi, fapt ce se explică prin creșterea ponderii terenurilor arabile (8,7-66,5%), localităților (7,6-57,5%) și trecerea treptată la soluri cu rata de scurgere mai mică (solurile din grupa C ocupă ponderi de 28-71%). Scurgerea maximă medie a celor 11 afluenți ale r. **Botna** este de 54,6 mm variind între 49,6-61,5 mm (77-85,2 mm în cazul solurilor umede și 20,4-30,3 mm în cazul solurilor uscate).

Valorile maxime sunt estimate pentru r. Copanețu, iar minime pentru Larga, diferențierile fiind determinate de faptul că pentru primul râu, în cadrul subbazinului predomină arabilul cu 80% și localitățile cu 11,5%, solurile fiind caracterizate de cele din grupa C cu o pondere de 90%, iar pentru al doilea - ponderea arabilului este de 62,4%, a pajiștilor - de 13,2%, a solurilor din grupul C - 59,5% și din grupul B - 34%. Media scurgerii de viitură a celor 9 afluenți ale r. **Salcia Mare** este de 47 mm variind între 43-56 mm, minima fiind estimată pentru Valea Cuciurgoaia (din partea de mijloc), iar maximele pentru Salcia, Valea Hagichioiului, Valea Biseriucei din partea inferioară a bazinului. Deosebirea între bazinele acestor râuri constă în faptul că în primul predomină soluri din grupa B și ponderea arabilului este de 55%, a viilor - de 32%, iar în celelalte prevalează solurile din grupa C, iar acoperirea terenului este caracterizată, în special, de arabil cu o pondere de 66,5-78,7%, a viilor de 18,4-20,6%. În cadrul bazinului r. **Lunga** media scurgerii de viitură a celor 14 afluenți este de 56,4 mm, variind între 47,2 (Congaz Culaa) - 62,9 mm (Valea Carlăcului). Diferențieri mari în acoperirea terenurilor ale bazinelor râurilor Congaz Culaa și Valea Carlăcului nu sunt, dar există la nivel de soluri, în cazul primului predomină cele din grupa C, iar în cazul celui de-al doilea - din grupa D. Pentru cazurile când umiditatea solului va fi mare, valorile scurgerii de viitură pentru afluenții r. Lunga vor fi 74,2-87,6 mm iar când aceasta se va diminua, acestea vor fi de 18,5-31,6 mm.

Pentru aprecierea **impactului modificărilor acoperirii terenurilor asupra scurgerii de viitură**, au fost analizate comparativ rezultatele simulărilor pentru care au fost utilizate diferențiat informațiile despre acoperirea terenului din 1982 și 2013 (fig. 3.52-3.54). La nivel local, au fost apreciate creșteri dar și descreșteri semnificative ale scurgerii de viitură cu -94-+85,6mm (-67-56,7 mm în cazul solurilor uscate, ± 99 mm pentru soluri umede). La nivelul bazinal, nu se observă schimbări evidente ale scurgerii maxime între cele două perioade. Pentru toate cele 8 râuri-pilot scurgerea de viitură se modifică doar cu -1,9-1,2 mm. Diminuarea scurgerii de viitură cu 0,3, 0,7, 1,6, 1,7 mm este identificată pentru r. Cubolta, Botna, Răut (or. Bălți), Căinari în condițiile descreșterii ponderii terenului arabil cu 3-12,3% și creșterii suprafeței pășunilor și fânețelor cu 4,5-10,8%, restul categoriilor de terenuri păstrându-și ~ aceeași pondere în cadrul bazinelor hidrografice. Creșterea valorilor scurgerii de viitură este specifică pentru r. Bâc în bazinul căruia scad terenurile acoperite de culturi pomi-viticole cu 11,3%, cresc suprafețele pădurilor și pășunilor cu 3,4% și 4,6% și a localităților cu 3,4%.

La nivel de **afluenți**, cele mai mari **schimbări ale scurgerilor de viitură**, caracterizate de creșteri de până la 6,2 mm, pot fi observate pentru r. Valea Bostancea, Valea Schinoasa, Durlești, Ciocana (b.h. Bâc) unde ponderea localităților a crescut până la 10%. Diminuarea scurgerii de viitură cu 2,5-4,3 mm este caracteristică pentru 8 afluenți: Frasin (b.h. Răut, Bălți), Stanționâi

(b.h. Bălțata), Berezovka, Teleșeuca, Bolata (b.h. Căinari), Valea Roșcanei (b.h. Bâc), Valea Vraticului (b.h. Botna), Valea Cuciurgoaia (b.h. Salcia Mare). În subbazinul r. Frasin (b.h. Răut, Bălți) diminuarea este condiționată de reducerea suprafețelor arabile de la 74,4 la 49,5%, și creșterea livezilor și pășunilor de la 4,3 la 23,9%, și respectiv, de la 7,9 la 12,6%. Aceeași legitate se observă în subbazinele Teleșeuca și Bolata (b.h. Căinari) unde se reduce arabilul cu 14%, și crește ponderea livezilor și pășunilor cu 4-6%, și, respectiv, cu 3-5%. Descreșterea scurgerii de viitură a r. Stanționâi (b.h. Bălțata) este cauzată de diminuarea arabilului de la 70,6 la 47,2%, creșterea ponderii viilor cu 7,75%, a livezilor cu 7,5% și a pajiștilor cu 5,24%. Diminuarea scurgerii de viitură a r. Valea Cuciurgoaia (b. h. Salcia Mare) se explică prin scăderea ponderii suprafețelor ocupate de arabil cu 13%, și creșterea ponderii viilor cu 11% în cadrul subbazinului. Reducerea scurgerii de viitură a r. Berezoca (b.h. Căinari), Valea Vraticului (b.h. Botna), Valea Roșcanei (b.h. Bâc) este influențată de descreșterea ponderii arabilului cu 22-30% și creșterea pășunilor cu 14-21%, livezilor cu 3%. Pentru 5 afluenți scurgerea de viitură nu se modifică deloc iar pentru 51/34 se observă o scădere/creștere ne semnificativă. Un impact mare asupra scurgerilor de viitură este cauzat de condițiile anterioare de umiditate a solului. Astfel, diminuarea medie a scurgerii datorate solului uscat este de 45,4%, iar creșterea medie datorată solului umed poate fi de <47,5% comparativ cu condițiile de umiditate medie a solului.

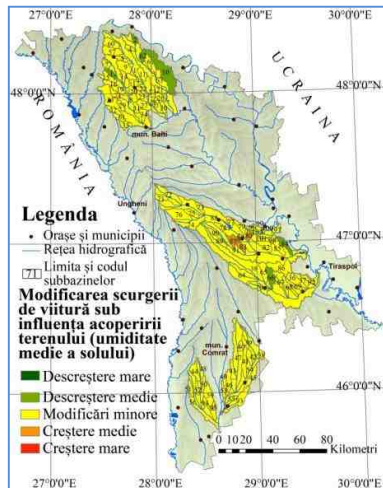


Fig. 3.52. Modificarea scurgerii de viitură sub influența schimbării LU, când ASM II

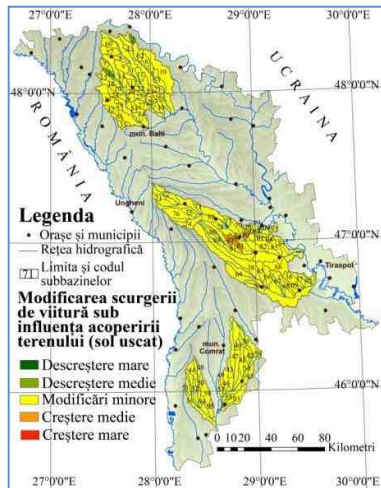


Fig. 3.53. Modificarea scurgerii de viitură sub influența schimbării LU, când ASM I

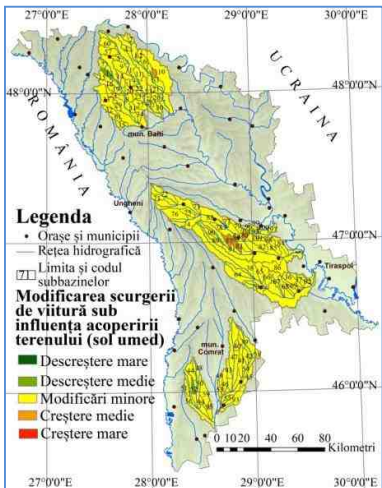


Fig. 3.54. Modificarea scurgerii de viitură sub influența schimbării LU, când ASM III

În rezultatul analizei impactului modificărilor în acoperirea terenului asupra scurgerii maxime, a fost determinat că deosebiri esențiale pe parcursul ultimilor 30 nu au fost observate pentru râurile medii și afluenții acestora, însă este semnificativă la nivel local. În pofida faptului că în anumite bazine hidrografice mici se observă schimbări destul de mari a ponderii diferitor categorii de terenuri scurgerea de viitură se schimbă neesențial [41].

3.5. Modelarea debitelor maxime în condițiile impactului utilizării terenului și funcționării lacurilor de acumulare

Influența utilizării terenului

Pentru aprecierea caracteristicilor scurgerii de viitură de pe râurile nemonitorizate, a fost utilizată *metoda genetică* recomandată de documentul normativ [17] și de cercetările naționale și regionale [234, 247, 249, 260]. Totuși, determinarea unor parametri de bază ai aceste metode a fost efectuată în baza datelor de la 26 posturi hidrologice situate pe râurile mici și mijlocii precum și de la 8 posturi din componența stației de bilanț al apei din b.h. Bălțata, monitorizate de SHS. Ulterior, informația acumulată a fost aplicată pentru calculul debitului maxim probabil a celor 50 râuri pilot delimitate în baza principiilor expuse în capitolul 2.

Componentele *metodei genetice* de calcul a debitului maxim al scurgerii de viitură depind în mare măsură de caracteristicile bazinului hidrografic, a râului propriu-zis, a construcțiilor hidrotehnice din cadrul bazinului dar și a celor ce sunt situate pe cursul de apă etc. În cadrul modelului, specificul scurgerii de viitură este determinat de caracterul proceselor de formare a scurgerii de versant dar și de capacitatea de propagare a unde de viitură prin albie. Aprecierea diferențiată a scurgerii de pantă este efectuată cu ajutorul estimării coeficientului de neregularitate în timp a scurgerii de pantă, coeficientului forme hidrografului scurgerii de pantă, duratei scurgerii de versant, coeficientului de retenție a stratului generat de apă ș.a. Pe de altă, parte, procesele scurgerii de albie sunt exprimate prin estimarea duratei scurgerii de albie, coeficientului regularizării de albie, coeficientului aplatizării undelor de viitură, coeficientului de reglare a debitelor maxime cu ajutorul lacurilor de acumulare, ș.a. (ecuația 2.7). În cadrul documentelor normative, sunt propuse recomandări generale pentru fiecare component. În prezenta cercetare, au fost efectuate calcule pentru a preciza valorile forme hidrografului n și a coeficientului de reglare a debitelor maxime cu ajutorul lacurilor de acumulare δ - elemente ce reprezintă impactul antropic asupra proceselor scurgerii de viitură fie de pantă sau de albie.

Pentru a demonstra importanța estimării n , au fost efectuate o serie de experimente numerice cu scopul de a evidenția deosebirea valorilor debitului specific elementar (calculat în baza ecuației 2.8) în condițiile modificării mărimii forme hidrografului evaluate utilizând informația de la posturile hidrologice din cadrul stației de bilanț Bălțata. Astfel, a fost apreciat impactul utilizării terenului asupra valorilor debitului specific prin înlocuirea valorii n propuse de documentul normativ național cu 0,5 (identificat pentru condițiile predominării plantațiilor multianuale în bazin), cu 0,6 (pentru predominarea terenului arabil și a plantațiilor multianuale în bazin), și cu 0,7 (valoarea maximă medie calculată). Modificarea n de la 0,4 la 0,5 va duce la diminuarea debitului specific elementar în medie cu 14,3%, majorarea n de la 0,4 la 0,6 va

rezulta în reducerea scurgerii maxime cu 23,8%, iar în cazul egalării n cu 0,7, valoarea debitului specific elementar va scădea în medie cu 30% (tab. B22). Respectiv, perfecționarea modalității de determinare a valorii formei hidrografului viiturii este absolut necesară pentru optimizarea calculelor debitului maxim al scurgerii de viitură ale râurilor nemonitorizate. Pentru extrapolarea valorii n pentru bazinele hidrografice mari s-a recurs la determinarea ecuației regresiei multiple între n și ponderea suprafețelor ocupate de diferite tipuri de utilizare a terenurilor prezente în cadrul bazinelor stației de bilanț Bălțata (tab. B16) utilizând STATGRAPHICS [192]. Așa cum panta joacă un rol important în repartitia categoriilor de utilizare a terenurilor și fiind invers proporțională cu valoarea n , aceasta a fost inclusă în cadrul calculului dependenței n . În final, a fost primită următoarea ecuație:

$$n = 1.55701 - 0.046558 * Panta - 0.0318469 * Pr_{Pasuni} + 0.00070026 * Pr_{Pasuni}^2 - 0.0167192 * Pr_{Arabil} + 0.00009631 * Pr_{Arabil}^2 + 0.00759181 * Pr_{PL_multianuale} - 0.000165105 * Pr_{PL_multianuale}^2 \quad (3.8)$$

R^2 al ecuației regresiei multiple este de 0,99, valoarea căruia poate fi considerată în limite rezonabile. Pentru validarea valorii n s-a recurs la estimarea generalizată a acesteia în baza datelor de la 26 posturi ale măsurătorilor hidrologice, prezentate în tabelul B21. Raportul debitului specific elementar unde valoarea n a fost determinată cu ajutorul regresiei multiple și celui unde n este evaluat în baza analizei bazei de date de la posturile hidrologice a rezultat într-un R^2 de 0,58, iar diferența medie între rezultate este de aprox. $1,21 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ (fig. 3.55).

O altă modalitate de extrapolarea a n a constat în aplicarea funcției de regresie între n și stratul scurgerii de viitură a afluenților r. Bălțata (fig. 3.56). În pofida faptului că R^2 a raportului între debitului specific elementar unde valoarea n a fost determinată cu ajutorul ecuație de regresie din figura 3.56 și celui unde n este primită în baza analizei bazei de date de la posturile hidrologice este de 0,74, diferența medie între rezultatele calculului debitului specific elementar este de $19 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, fiind mult mai mari valorile calculate cu ajutorul ecuației din fig. 3.56 (fig. 3.57, tab. B22-B24).

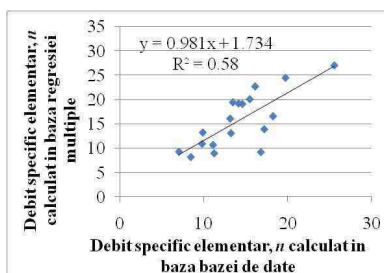


Fig. 3.55. Raportul dintre debitul specific elementar, n calculat în baza regresiei multiple și bazei de date

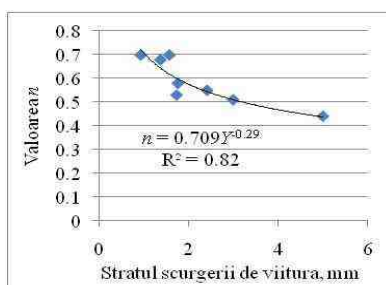


Fig. 3.56. Raportul dintre n și stratul scurgerii mediu al de viitură de la subbazinele stației de bilanț Bălțata

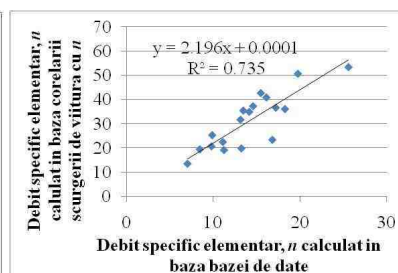


Fig. 3.57. Raportul dintre debitul specific elementar, n calculat în baza corelării stratului scurgerii și n , și bazei de date

În rezultatul cercetărilor, aplicând ecuațiile de regresie 3.8 și din fig. 3.56 pentru aprecierea n , precum și n recomandat de documentul normativ (egal cu 0,4) au fost evaluate valorile debitului specific elementar a 50 râuri-pilot, pentru cele 2 scenarii când PP sunt de 1%, și PP egale cu 100mm (tab. B23, B24) care ulterior au fost utilizate pentru calculul debitului maxim probabil cu ajutorul metodei genetice.

Efectul lacurilor de acumulare

Exploatarea lacurilor de acumulare joacă un rol important în reglarea scurgerii de viitură. Așa cum monitoringul hidrologic al lacurilor de acumulare situate pe râurile mici practic lipsește, impactul acestora asupra scurgerii maxime este mai puțin studiat și poate fi determinat prin metode indirecte. În cadrul modelelor genetică și reduțională, determinarea efectului exploatării sistemului lacurilor de acumulare asupra scurgerii maxime este efectuată prin aplicarea coeficientului δ (ecuația 2.11, cap. 2). Pentru efectuarea calculului respectiv sunt necesare datele despre parametrii lacurilor de acumulare existente în cadrul bazinelor hidrografice. În acest scop au fost analizate și prelucrate imaginile satelitare Landsat 8, hărțile topografice și DEM [25, 152, 191] în baza cărora au fost apreciate caracteristicile spațiale a peste 2100 de acumulări de apă din cadrul celor 50 bazine ale râurilor-pilot. Luând în considerare faptul că ponderea suprafeței oglinzii apei lacurilor de acumulare pentru majoritatea bazinelor hidrografice este sub 2%, utilizarea ecuației 2.12 pentru estimarea impactului lacurilor de acumulare prin δ este problematică. Respectiv, determinarea gradul mediu ponderat de acoperire cu lacuri a bazinului hidrografic a fost efectuată cu ajutorul altei ecuații recomandate în [17] precum și în alte lucrări științifice [234, 249] și anume ecuația 2.13.

În general, recomandările normative se bazează pe estimarea interdependenței f'_L și f_L exprimată prin ecuația 2.12. În realitate, însă, prin această estimare se ignoră esența fizică de reglare a scurgerii de viitură cu ajutorul lacurilor de acumulare ce se bazează pe analiza raporturilor volumelor de reglare ale acestora și a volumului scurgerii de viitură. În consecință, substituirea acestor parametri poate diminua gradul de încredere în rezultatele obținute. Cu toate acestea, în cazul când estimarea volumelor forțate de retenție ale lacurilor de acumulare este destul de problematică, determinarea dependenței f'_L și f_L este o opțiune satisfăcătoare.

Rezultatele calculelor f'_L în baza ecuației 2.13 au arătat că valorile se mențin în limitele 0,003 la 0,49, media fiind 0,085. Aceste date au servit drept bază pentru estimarea ecuației de regresie între f'_L și f_L . Ecuația are dependență liniară, iar forma ei este reprezentată de ecuația B8 în tabelul B26.

Compararea ecuației 2.12 propuse de documentul normativ și cea primită în baza efectuării prezentei cercetări (ecuația B8, tab. B26) arată că valoarea limită a f_L poate fi de 2 ori mai mică. Acest lucru înseamnă că impactul lacurilor de acumulare are o anumită influență asupra debitelor maxime chiar și în cazul când ponderea oglinzii apei lacurilor de acumulare din cadrul bazinelor hidrografice este $<2\%$. În același timp, a fost determinat că dependența f'_L și f_L are un grad destul de mic de încredere deoarece R^2 este mai mic decât valorile limitative. Cu alte cuvinte, asupra dependenței f'_L și f_L influențează și alți factori. În baza analizei ulterioare a rezultatelor f'_L au fost precizate ecuațiile de regresie pentru bazinele hidrografice a râurilor mijlocii și mari utilizând valorile primite pentru bazinele afluenților acestora (tab. B26). Rezultatele acestui tip de analiză au arătat că valorile variabilei independente a ecuațiilor de regresie (ec. B1-B8, tab. B26) variază de la 0,23 (b.h. Bâc) până la 1,6 (b.h. Camenca). Aceste valori sunt, însă, mai mici decât valoarea variabilei independente din cadrul ecuației 2.12 propuse de documentul normativ. Astfel, substituirea valorilor f'_L calculate în baza ecuației 2.12 în ecuația 2.11 duce la o subestimare substanțială a impactului acumulărilor asupra debitelor maxime ceea ce poate determina greșeli în procesul de proiectare a structurilor hidrotehnice.

Substituirea valorilor f'_L calculate în baza ecuației 2.13 în ecuația 2.11 a permis identificarea rolului lacurilor de acumulare în reglarea scurgerii de viitură. Astfel, a fost estimat, că pentru majoritatea râurilor mici și mijlocii ale Republicii Moldova, diminuarea debitelor maxime ale viiturilor pluviale sub acțiunea lacurilor de acumulare este de până la 5%. Micșorarea acestei caracteristici cu 5-10% este specifică pentru r. Botnișoara (b.h. Botna,) și r. Șovățul Mare (b.h. Camenca), Delia, Musa, Șoltoiaia, Lăpușna, Călmățui (fig. B108). Cea mai semnificativă diminuare a debitelor maxime ale viiturilor pluviale, peste 10%, este caracteristică pentru r. Brătuleanca și Larga (b.h. Botna). Rezultatele aprecierii impactului lacurilor de acumulare pentru râurile monitorizate sunt reprezentate în tabelul B25. Astfel, impactul lacurilor de acumulare asupra diminuării debitului maxim are o slabă legătură cu ponderea acestora din cadrul bazinelor (fig. B107). Viitoare cercetări în acest domeniu trebuie extinse pentru identificare altor caracteristici ce pot influența reglarea scurgerii de viitură cum ar fi mărimea și volumele lacurilor de acumulare, poziția acestor în cadrul bazinului hidrografic și a cursului de apă, ș.a. Așa cum, acumulările de apă joacă un anumit rol în procesele de propagare a scurgerii de viitură, identificarea unei metode ce ar aprecia obiectiv gradul de transformare a scurgerii de viitură devine a fi o problemă principală.

Din considerente teoretice și practice pentru efectuarea unor noi proiectări a construcțiilor hidrotehnice în condițiile impactului antropic crescând, o importanță majoră o are alegerea sistemului optim de reglare a scurgerii maxime. Analiza rezultatelor modelării a arătat că evaluarea obiectivă a impactului lacurilor de acumulare poate fi efectuată nu doar prin utilizarea gradului mediu ponderat de acoperire cu acumulări de apă a bazinului hidrografic ci și a volumelor acestora ce pot fi calculate în baza recomandărilor din literatura de specialitate [234]. În același timp, rezultate primite pot fi utilizate pentru recalculul debitelor maxime în condițiile lor naturale de formare, fără a include impactul lacurilor de acumulare.

În baza estimărilor coeficientului de formă a hidrografului n , și coeficientului de reglare a debitelor maxime cu ajutorul lacurilor de acumulare δ , a fost aplicată integral metoda genetică. Rezultatele determinării debitului maxim probabil pentru scenariile când PP 1% și PP 100 mm precum și n determinat în baza ecuației regresiei multiple, a celei lineare din figura 3.56 și preluat din documentul normativ național sunt reprezentate în tabelul B22, B24. În total, au fost primite valorile pentru 6 modele matematice. R^2 între perechile de valori a debitului maxim pentru cele două scenarii a precipitațiilor este destul de ridicat, $\sim 0,9$ (fig. 3.58, 3.59).

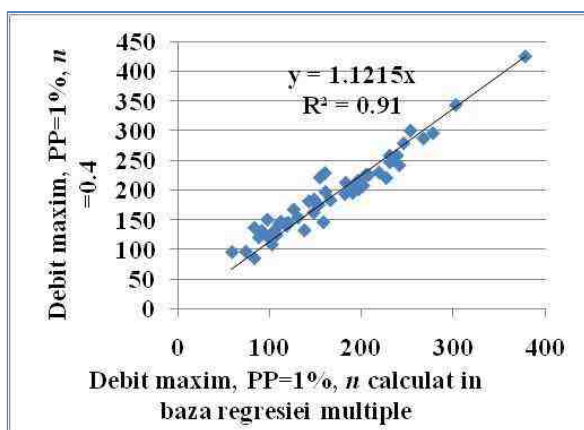


Fig. 3.58. Raportul dintre debitul maxim, $n = 0,4$ și calculat în baza regresiei multiple

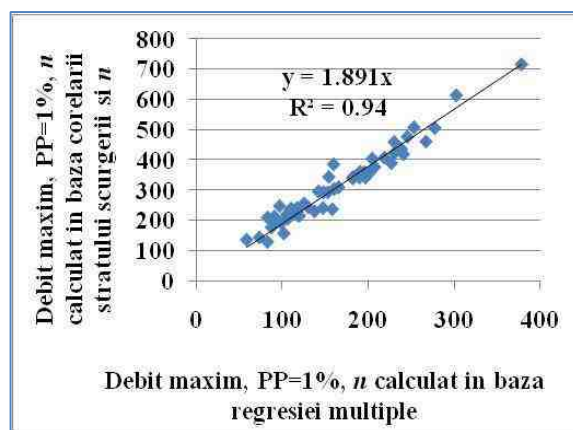


Fig. 3.59. Raportul dintre debitul maxim, n calculat în baza corelării cu stratul scurgerii și estimat în baza regresiei multiple

În rezultat, analizând graficele de corelare și valorile debitului maxim se poate observa o supraestimate a valorilor debitului maxim utilizând valoarea n calculată în baza dependenței scurgerii de viitură și n , comparativ cu celelalte. Respectiv, identificarea n trebuie efectuată cu atenție, iar ecuația regresiei multiple 3.8 poate servi drept bază pentru estimările ulterioare, cu condiția de a perfecționa această metodologie cu cercetări în teren mai detaliate.

pluviale formate pe diferite categorii de acoperire a terenurilor a fost făcută ca medie pentru ambele scenarii.

Ponderea *volumelor* scurgerii de viitură formate pe *terenuri naturale* (silvice) în cadrul celor 50 bazine hidrografice este, în medie, de 11,5%, pe când ponderea suprafețelor acestei categorii de terenuri este de 14,1%. Cea mai mare pondere a volumelor viiturilor acumulate din păduri este de 40% caracteristică pentru b.h. r. Pojarna, unde terenurile silvice ocupă 50,7%, iar cea mai mică, sub 5%, - pentru Cubolta, Cogâlnic (afluent al r. Răut), Căinari, Larga (afluent al r. Botna), Camenca (afluent al r. Răut), Soloneț. O pondere medie de 8,8% din *volumul* total al viiturii se formează de pe *terenurile acoperite de plantații multianuale*, în condițiile când suprafețele acestora constituie în medie 11%. Maximele volumelor de acest gen se observă în b.h. Cula unde ponderea categoriei de terenuri este de 39% pe când valori minime, sub 5%, sunt specifice pentru 22 bazine hidrografice. Cele mai mari volume se formează de pe *terenuri arabile*, media fiind de 56%, valorile ponderii suprafețelor acestora fiind, de asemenea, considerabile, 51,5%. Cele mai mari valori a volumelor scurse de pe arabil, de peste 70%, sunt caracteristice pentru Salcia Mica, Salcia Mare, Ialpug, Larga (b.h. Botna), Soloneț, Lunguța, Cahul, Lunga. Ponderea cea mai mică a volumelor formate de pe această categorie de terenuri este de 24% caracteristic pentru r. Cula.

Ponderea medie a *volumului* ce se acumulează de pe *teritorii antropice* (sate și orașe) este 12%, pe când valoarea suprafețelor acestora raportată la suprafața bazinelor hidrografice este de 9,1%. Volume cu o pondere de aprox. 20% din volumul total se formează în cadrul b.h. Bâc, Ișnovăț, Boldurești în condițiile unei ponderi a categoriei respective de terenuri de aprox. 15%. Aportul satelor și orașelor în formarea scurgerii de viitură este cel mai mic în cadrul bazinelor Larga (afluent al r. Botna), Lunguța, Bratuleanca, fiind de până la 7%, valoarea terenurilor antropice egalându-se cu 5-6%.

După cum se observă, aportul categoriilor de terenuri în formarea volumelor scurgerii depinde de ponderea suprafețelor acestora din cadrul bazinelor hidrografice. Creșterea scurgerii de viitură este determinată de gradul de urbanizare și de terenurile arabile, iar diminuarea - de plantațiile multianuale, silvice și de pășuni. De exemplu, în cazul în care ponderea pădurilor din cadrul bazinului hidrografic este de aprox. 50%, aportul acesteia în formarea scurgerii va fi de 40%, iar în cazul în care ponderea aceasta este ocupată de arabil volumul scurgerii formate va fi de aprox. 57% (fig. 3.65, 3.68). Plantațiile multianuale determină diminuarea scurgerii ca și cele forestiere, însă rata acestei diminuări este mai mică (fig. 3.66). După cum se poate observa din figura 3.67, terenul antropic are cel mai mare aport în creșterea scurgerii de viitură. În cazul

ponderii suprafeței acestei categorii de terenuri de 10%, volumul format va fi de 13% din total, adică cu 30% mai mare decât ponderea ariei satelor și orașelor [132].

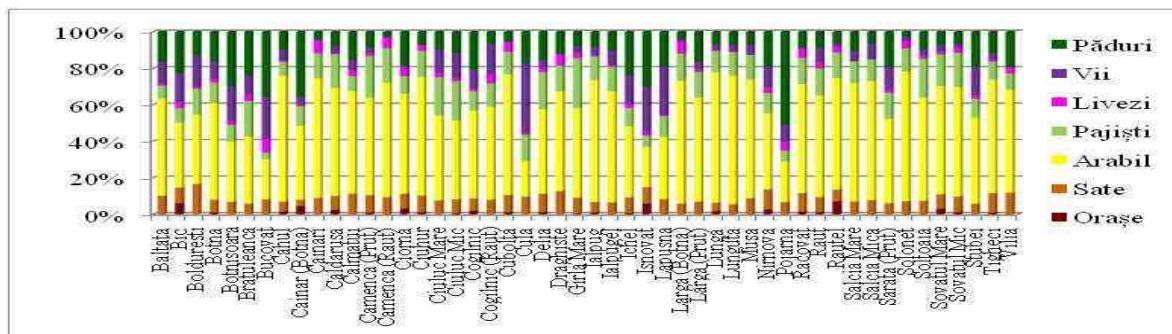


Fig. 3.62. Ponderea suprafețelor ocupate de diferite categorii ale acoperirii terenurilor

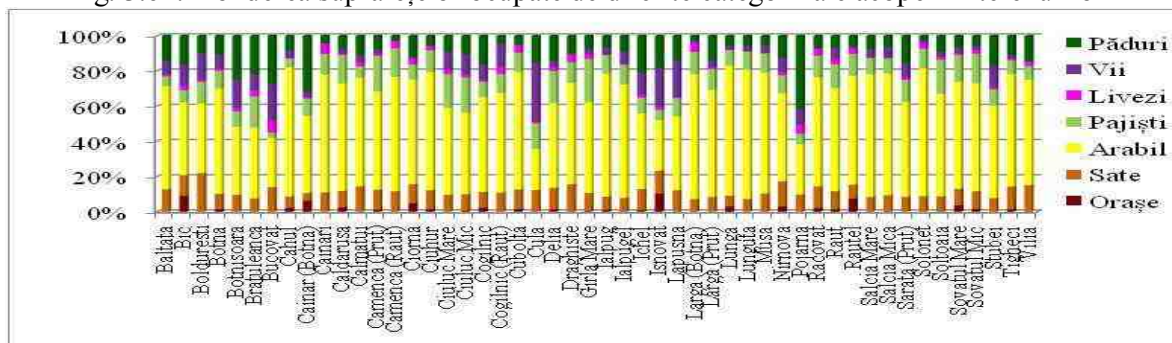


Fig. 3.63. Ponderea volumelor viiturii generate pe categorii ale acoperirii terenurilor, PP=1%

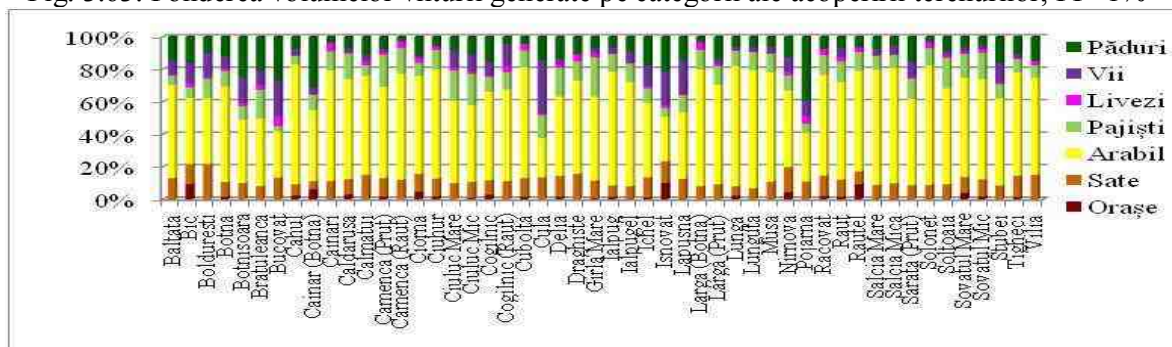


Fig. 3.64. Ponderea volumelor viiturii generate pe categorii ale acoperirii terenurilor, PP=100mm

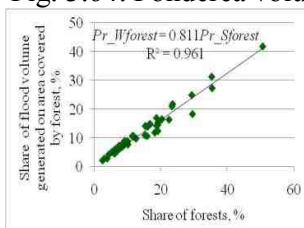


Fig. 3.65. Raportul între ponderea W de pe terenuri silvice și Pr terenuri silvice

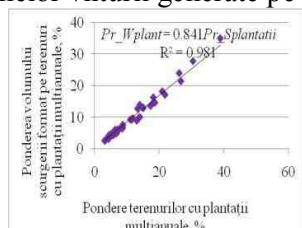


Fig. 3.66. Raportul între ponderea W de pe terenuri pomi-viticole și Pr plantații multianuale

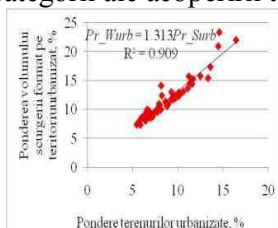


Fig. 3.67. Raportul între ponderea W de pe teritorii urbanizate și Pr urbanizate

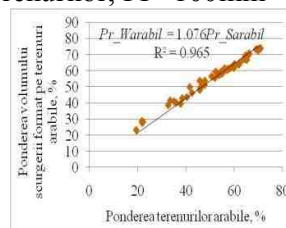


Fig. 3.68. Raportul între ponderea W de pe terenuri arabile și Pr terenurilor arabile

În final, a fost apreciat că terenurile antropice, pădurile și pajiștile influențează formarea a câte 12% fiecare (aprox. 35%) din volumul total al viiturii, cea mai mare pondere a scurgerii maxime formându-se de pe terenuri agricole.

3.7. Concluzii la capitolul 3

1. Analiza datelor hidrologice de la stațiile de scurgere din b.h. Bălțata a arătat că, în condițiile utilizării terenului în scopuri agricole, caracteristicile scurgerii de viitură cresc semnificativ: debitul maxim - până la 70%, volumul și stratul scurgerii - până la 50% comparativ cu cele formate pe terenuri acoperite de pajiști. Pe de altă parte, un semnal clar în modificarea scurgerii de viitură în cadrul bazinelor mici nu a fost identificat. Cu toate acestea, a fost determinată modificarea formei hidrografului scurgerii de viitură în condițiile diferențierii acoperii terenurilor și a fost propusă o modalitate de extrapolare a ei pentru alte râuri.
2. Funcționarea lacurilor de acumulare a determinat creșterea coeficientului de atenuarea a viiturilor de la 0,4 la 0,5 în cazul r. Nistru, diminuarea acestuia de la 0,4 la 0,3 pentru r. Prut. Lacurile de acumulare joacă un rol important în reglarea undei de viitură, însă un management mai reușit este observat în cazul trecerii viiturilor de probabilitate medie. Cel mai eficient în reglarea viiturilor de pe râurile mari rămâne a fi l. a. Costești-Stânca.
3. Analiza calitativă a informației hidrologice evidențiază că scurgerea de viitură pentru marea majoritate a râurilor se caracterizează prin procese cvasi staționare.
4. Evaluarea FFPI și FPI a fost efectuată în baza informației spațiale a componentelor factorilor naturali și antropici, care au fost clasificați în 5 clase în dependență de potențialul de formare a viiturilor, și de inundare. S-a constatat că 2/3 din teritoriul țării se caracterizează prin valori medii, iar 30% - prin valori mari și foarte mari ale FFPI și FPI. De asemenea, a fost elaborat indicele FPPI aplicarea căruia care a rezultat în faptul că pentru 60% de râurile studiate este specific potențialul de propagare a undei de viitură mic și mediu iar pentru 40% - mare și foarte mare.
5. În baza aplicării modelului SCS-CN, au fost apreciate variațiile regionale ale scurgerii de viitură și evaluată modificarea acesteia ca urmare a dinamicii utilizării terenului din ultimii 30 ani. A fost constatat că în bazinele mici unde predomină vegetația naturală stratul scurgerii maxime este, în medie, 44 mm, unde predomină plantațiilor multianuale - 50 mm, unde sunt terenuri arabile - 66 mm, și localitățile - 70 mm. Modificări importante ca urmare a schimbării utilizării terenului au fost observate la nivel local, la nivel de bazin acestea fiind minore.
6. Pentru evaluarea volumelor viiturilor pluviale a fost aplicată metoda volumetrică din documentul normativ național [18] utilizând coeficientul scurgerii propus de [65]. Forma nouă a ecuației acestei metode a fost validată cu succes pe exemplul râurilor monitorizate și aplicată pentru estimarea aportului categoriilor utilizării terenurilor din cadrul bazinelor celor 50 râuri-pilot asupra formării volumelor viiturilor pluviale.

4. EVALUARE A IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA PROCESELOR DE FORMARE ȘI PROPAGARE A SCURGERII DE VIITURĂ ÎN BAZA MODELELOR DINAMICE

4.1. Modificarea proceselor de formare a viiturilor pluviale sub acțiunea schimbării în utilizarea terenurilor și funcționării lacurilor de acumulare

Râurile-pilot și modificările specifice ale acoperirii terenului

Aprecieră aprofundată a modificării proceselor scurgerii de viitură sub acțiunea impactului antropic a fost efectuată pentru râurile-pilot reprezentative din partea de nord, centrală și de sud a țării, caracterizate prin prezența informației hidrologice: r. Căinari - p. Sevrova, r. Cubolta - p. Cubolta, r. Răut - p. Bălți, r. Bălțata - p. Bălțata, r. Bâc - p. Strășeni și p. Chișinău, r. Pojarna - p. Sipoteni, r. Ișnovăț - p. Sângera, r. Botna - p. Căușeni, r. Ialpug - p. Comrat, r. Salcia Mare - p. Musait, r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga (tab. C1).

Râurile-pilot din **partea de nord a țării** traversează subregiunile fizico-geografice: Podișul de Silvestepă al Moldovei de Nord, Câmpia de Stepă a Cuboltei Inferioare, Podișul de Silvestepă al Nistrului [8]. Lungimea râurilor (până la posturile hidrologice) este de 87,3km - r. Căinari, 97,7km - r. Cubolta, 83,5km - r. Răut, lățimea acestora variază între 4-30m, 6-18m și, respectiv, 3-6 m iar adâncimea: 1-1,2m, 0,4-1,3m, și 0,1-0,5m. Luncile râurilor sunt bilaterale cu lățimi de 60-700m - r. Căinari, 100-800 m - r. Cubolta, 50m-1,3km - r. Răut [58]. În perioadele viiturilor pluviale, luncile sunt acoperite cu un strat de apă de 0,2-2,5 m - r. Căinari, 0,5-2,8 m - r. Cubolta, 2-4 m - r. Răut [58]. Relieful bazinelor hidrografice până la posturile hidrologice este deluros cu altitudini medii de 178-191m. Cele trei bazine hidrografice sunt caracterizate de un număr mare de vâlcele și ravene. Structura geologică este formată din roci cretacice și terțiare (calcare, marnă, nisipuri, luturi), acoperite de argile nisipoase, loessoidale, luturi de vârstă cuaternară [58]. Substraturile geologice sunt acoperite preponderent de solurile grupei hidrologice C cu o pondere de 71,7-77,6%, urmate de cele din grupa hidrologică D de 18,5-25,1%. (tab. C1). Evaluarea direcției de modificare a acoperirii terenurilor a fost efectuată cu ajutorul aplicării tehnicilor SIG și a matricei lui Markov [44]. Pentru aceasta au fost inițial digitizate și codificate categoriile de utilizare a terenurilor pentru două perioade 1982 și 2013, apoi layer-urile acestora au fost suprapuse și au fost identificate arealele ce se caracterizează printr-o stabilitate/instabilitate a structurii acoperirii terenului (fig. B88, B89, tab. C1, tab. C2). În rezultatul analizei comparative a ponderii categoriilor de acoperire a terenurilor pentru cele trei bazine hidrografice, a fost depistat că dominante sunt terenurile arabile care dețin peste 60% din suprafața teritoriilor menționate. În baza literaturii de specialitate [254, 255] a fost identificat că această tendință se menține nu doar pentru perioada de studiu dar este specifică și pentru perioada anterioară, anii 1965-1975 (tab. C2). Cu toate acestea, ponderea terenului arabil este în descreștere pe parcursul

ultimilor 3 decenii cu 3-11,5%. Terenurile acoperite de plantații multianuale ocupă arii nesemnificative, în mare parte fiind reprezentate de livezi, a căror pondere practic a rămas neschimbată, în b.h. Cubolta acestea s-au diminuat de la 6,8 la 4%, iar în bazinul r. Căinari au crescut de la 5,2 la 9%. Localitățile (urbane și rurale) precum și terenurile acoperite de vegetație silvică, arbuști, zone umede, ape au o ușoară tendință de creștere în suprafață. Totuși, trebuie remarcat faptul majorării suprafețelor acoperite de pajiști, ponderea acestora plasându-le pe locul 2 de predominare după terenurile arabile. Astfel, în cadrul b.h. Răut (p. Bălți), ponderea acestora a crescut de la 4,4 la 13,7%, practic de 3 ori, în b.h. Căinari (p. Sevirova) - de la 8 la 13,6%, iar în b.h. Cubolta (p. Cubolta) - de la 6,6 la 11,2% (aprox. de 2 ori). Analiza dinamicii categoriilor de terenuri dezvăluie faptul că terenurile antropice (localitățile), silvice, arabile, viticole își mențin ponderea (de peste 80%) pentru ultimii 30 ani. Dinamică semnificativă se observă în cazul suprafețelor acoperite de pajiști, care se mențin pe aceleași arii cu o pondere de 55,6-68,5%, o parte din ele fiind transferate către arabil (10-27%); de livezi, care fiind defrișate, în prezent, sunt utilizate în mare parte ca teren arabil, 45,5-62%, și pajiști, 7,7-11,3%. Și-au menținut poziția geografică circa 19-40% din terenurile destinate culturilor pomicole. Din ariile acoperite de arbuști au rămas neschimbate doar procente neînsemnate 4,7-6,5%, o bună parte din acestea, în prezent, sunt pajiști (13,8-51,4%), livezi (0,8-11,6%), păduri (7-40,3%) sau arabil (16-52,7%). Zonele umede și-au păstrat ponderea de 20-30% din totalul suprafețelor ocupate în 1982. În locul lor, în prezent, anumite teritoriile sunt acoperite de pășuni, arabil și păduri. Terenurile acoperite de ape s-au diminuat la 41-54,5%, lacurile de acumulare fiind secate și acoperite de pășuni, sau transformându-se în zone umede (tab. C2, fig. C1-C3).

Râurile-pilot din **partea centrală a țării** se situează în mare parte în Podișul Codrilor precum și trec prin Câmpiile de Silvostepă a Bâcului Inferior și a Cogâlnicului de Mijloc. Râurile-pilot identificate pentru cercetare sunt Bălțata, Botna și Bâc precum și doi afluenți ai acestuia: Pojarna și Ișnovăț. Lungimea și suprafața bazinelor hidrografice (până la postul hidrologic) diferențiază de la un râu la altul. Cel mai mic este râul Bălțata urmat de afluenții r. Bâc, cele mai lungi fiind Bâc și Botna. Lățimea râurilor este de 1,5-4m - r. Bălțata, 1-7m - r. Pojarna, 1-6m - r. Ișnovăț, 2-18 m - r. Bâc, 2-8m - r. Botna, iar adâncimea: 0,5-1,5m - r. Bălțata, 0,1-1m - r. Bâc, 0,1-0,8m - r. Botna. Luncile sunt bilaterale cu lățimi 200-250m - r. Bălțata, 60-800 m - r. Ișnovăț, 50m - 1,4km - r. Bâc, 50m - 1,6km - r. Botna. Uneori, lunca este acoperită de ape pluviale cu până la 0,5m - r. Bălțata, 6m - în b.h. Bâc, 4,2m - în b.h. Botna [58]. Relieful bazinelor râurilor pilot este caracterizat prin fragmentare puternică în partea superioară a bazinelor hidrografice cu altitudini maxime specifice țării trecând treptat în relief de câmpie către partea inferioară a râurilor. Orientarea generală a bazinelor este de la NV la SE. La baza

bazinului r. Bâc sunt situate roci sedimentare neogene (calcare, nisipuri, luturi), iar al r. Botna - rocile terțiene reprezentate prin calcare și nisipuri, cuvertura cuaternară fiind caracterizată de pietriș eluvial nestratificat în cadrul Codrilor și argile și luturi loessoidale pentru restul bazinelor hidrografice [58]. Solurile caracteristice sunt preponderent din grupele hidrologice B și C. Cea mai mare pondere a solurilor din grupa C, peste 50% este specifică b. h. Botna, solurile din grupa B formează aici aprox. 37%. Ponderea maximă a solurilor din grupa B, peste 50%, se observă în cadrul b.h. Ișnovăț, aici solurile din grupa C sunt de aprox. 34%. Ponderi aproximativ egale a solurilor grupelor B și C sunt evidențiate în cadrul b.h. Bălțata, unde valorile acestora sunt de 48% și 46%. În cadrul b. h. Bâc și Pojarna ponderea acestor două grupe de soluri este de asemenea aprox. egală, de 40% și 43%, și, respectiv, de 32% și 35%, însă se observă suprafețe mai mari, comparativ cu alte bazine, a solurilor din grupa A, care sunt de 13% și 28% (tab. C1).

În baza analizei modificărilor utilizării terenurilor, s-a depistat că localitățile urbane și rurale precum și acumulările de apă și zonele umede își mențin ponderea pentru ultimele decenii (fig. 4.1, 4.2 fig. B88, B89, tab. C2-C3). În același timp, se observă o creștere a suprafețelor acoperite de pășuni și arbuști (în mediu cu 4%, cea mai mare fiind specifică pentru b.h. Botna, cu 11,5%) și o diminuare a arealelor viilor (cu 3% în b.h. Pojarna, în celelalte bazine cu 7-10,4%) și livezilor (cu aprox. 8% în b.h. Bălțata și Bâc, neschimbat în b.h. Ișnovăț și Botna). Analiza comparativă a ponderii terenurilor arabile identificată în literatura de specialitate [254] cu cea extrasă din date spațiale a arătat că în cazul b. h. Bălțata suprafața arabilului pentru toate perioadele de timp (anii '60-prezent) este aproximativ aceeași, însă în cazul b. h. Ișnovăț și Botna ponderea acestei categorii este de 2 ori mai mare, crescând de la 15% în anii '70 la 27% în anii '80 și, respectiv, de la 25%, în anii '70 la 57% în anii '80. Modificarea ponderii acestor suprafețe pentru b.h. Bâc și Pojarna este și mai mare crescând de 4-5 ori de la 5% la 21-26%. Diferențe procentuale sunt evidențiate și pentru terenurile silvice. În cadrul b.h. Bălțata, valorile ponderii pădurilor pe parcursul unui deceniu se schimbă de la 3% în anii '70, la 8,5% în anii '80, în cadrul b.h. Bâc acestea au constituit 20% crescând la 25%, în b.h. Pojarna diminuarea fiind de la 60 la 53%, în b.h. Ișnovăț – de la 44 la 30%, iar în b.h. Botna de la 22 la 15,5%. Aceste diferențieri care se consideră a fi produse practic pe parcursul a 10-15 ani (anii '70-80 ai sec. al XX-lea) comparativ cu modificările ce sau produs pe parcursul perioadei 1982-2013 unde se constată creșteri cu 0,4-4,8% a pădurilor și descreșteri de 1-7% a arabilului, ne determină să concluzionăm că valorile prezentate în literatura de specialitate sunt exagerate pentru bazinele din partea centrală a republicii. Analiza dinamicii categoriilor de terenuri a arătat că practic pe parcursul ultimilor decenii nu se schimbă ponderea și poziția terenurilor antropice, silvice, arabile. Modificări substanțiale se observă pentru teritoriile ocupate de pășuni, care și-au

menținut stabilitatea spațială doar la 13,4-40%, o parte din acestea în prezent fiind acoperite preponderent cu arabil (12,1-32,8%), păduri (11,5-38,8%) și arbuști (1-25,9%). Direcția de modificare a livezilor este clar vizibilă (din suprafața totală s-au păstrat doar 16,2-35,8%), o parte din aceste terenuri fiind, în prezent, ocupată de arabil (35,7-42,1%), pajiști (1,8-16,2%), păduri (4,3-15,5%), arbuști (1,2-10,9%). Terenurile cu destinație viticolă și-au păstrat parțial ponderea. În prezent, din totalul suprafețelor ocupate de vii au rămas doar 27-44%, o mare parte din acestea fiind transformate în teren arabil 35-48%, pajiști 1-9,2%, arbuști 0,3-12%, ș.a. Zonele ocupate de arbuști au cunoscut modificări semnificative. Din 1982 nu s-au schimbat doar 0,2-18,4% din terenurile acoperite de această categorie. În locul lor, în prezent, teritoriul este acoperit de pășuni (4,9-24%), arabil (6,4-23,4%) și păduri (29,4-65%). Circa 9-45,2% din zonele umede nu și-au schimbat poziția, însă celelalte terenuri au fost redistribuite pajiștilor (15,7-55,7%), arabilului (17,7-22%), apelor (1,5-5,2%). Terenurile acoperite de ape, de asemenea, cunosc modificări, în prezent, în mare parte lacurile de acumulare fiind secate, și ocupate de pajiști, zone umede (tab. C2, C3, fig. C4-C8).

Râurile-pilot din **partea de sud a țării** curg prin Câmpia de Stepă a Ialpugului, a Cahulului precum și prin Colinele de Silvostepă a Tigheciului. Lungimile râurilor (până la postul hidrologic) sunt de aprox. 40-50km: 48 km - r. Ialpug, 40,9km - r. Salcia Mare, 49,5km - Lunga, lățimea se încadrează în limitele 1-6m, 1-10m, 1-6m și, respectiv, adâncimea - 0,3-1m, 0,1-0,3m, 0,1-1,5m. Lățimea luncii este de 150-600m - r. Ialpug, 30-600m - r. Salcia Mare, 40-300 m - r. Lunga. În perioada viiturilor pluviale, luncile râurilor sunt acoperite de un strat de apă de până la 2 m - r. Ialpug și r. Lunga, 3m - r. Salcia Mare [58]. Relieful bazinelor reprezintă o câmpie deluroasă, caracterizată de un număr mare de vâlcele și ravene. Panta medie a bazinelor este de 3,75-4,6 grade, expoziția generală - sudică. Substratul geologic este, în general, constituit din roci sedimentare reprezentate din calcare și roci nisipo-argiloase depuse pe argile nisipoase [58]. Grupa hidrologică de soluri care predomină în b.h. Ialpug și Lunga este C, fiind de 85% în primul și 76% în al doilea. Solurile din cadrul b.h. Salcia Mare sunt împărțite în 45% - grupei C, 41% - grupei B și 14% - grupei A (tab. C1).

Acoperirea terenurilor este caracterizată de predominarea terenului arabil, ca și în cazul bazinelor hidrografice din partea de nord a țării, însă ponderea acestora este puțin mai mică 50-70%. Categoria de terenuri ce ocupă locul doi după suprafața și urmează după arabil este reprezentată de vii fiind de 14-24%. Celelalte categorii de terenuri ocupă suprafețe sub 10% (fig. 4.1, 4.2, tab. C4). Modificările ponderii anumitor categorii de terenuri pe parcursul ultimilor decenii diferențiază de tendințe descrise pentru bazinele din partea centrală și de nord a țării. Analiza comparativă a utilizării terenurilor a arătat o creștere a suprafețelor arabile cu aprox.

10% în b. h. Lunga, în b.h. Salcia Mare acestea menținându-și ponderea din 1982. Diminuarea se observă pentru suprafețele ocupate de pășuni (de la 7% la 3% în b.h. Salcia Mare și de la 10,6% la 2,3% în b.h. Lunga), pentru cele ocupate de păduri (de la 10,8% la 9,8% în b.h. Salcia Mare și de la 5,1% la 4% în b.h. Lunga), și vii (de la 17,3% la 14,4% în b.h. Lunga). Creșteri ușoare ale suprafețelor sunt specifice pentru localități, livezi, arbuști (fig. 4.1, 4.2, tab. C4). Dinamica suprafețelor diferitor categorii de terenuri din 1982 și 2013 nu prezintă modificări evidente pentru terenurile antropice precum și arabil. O mare parte din terenurile ocupate de păduri (41% în b.h. Lunga, și 14% în b.h. Salcia Mare) au fost defrișate, în prezent, fiind utilizate ca terenuri arabile, celelalte suprafețe împădurite, 43-71%, practic și-au păstrat destinația. Terenurile ocupate de pajiști din suprafața totală existentă în 1982, în prezent, sunt de 14,4-20,7%, modificându-se în mare parte în terenuri arabile (35,8-65,4%), sate (1,3-13,6%) ș.a. Livezile au rămas practic cu 38,2-36,3% din suprafețele din trecut, și s-au transformat în arabil (36-37,2%), vii (6,5-18,2%) și păduri (1,2-15,7%). Viile se mențin doar la o pondere de 62-71%, celelalte suprafețe fiind modificate în arabil. Suprafețele arabilului, la rândul său, nu se modifică, fiind de 77,2-90,2%, o mică pondere schimbându-și destinația în vii, pajiști. Din suprafețele ocupate de arbuști în prezent au rămas doar 0,1-23,4%, terenurile acestora fiind transferate arabilului (33,2-55,9%), pădurilor (15,5-27,7%), livezilor (6,6-14,4%). În cadrul bazinelor hidrografice din partea de sud a țării practic lipsesc zonele umede, iar acumulările de apă ce au fost colmatate pe parcursul timpului și nu mai prezintă interes economic au fost transformate în arabil (14,4 - 31,1%) sau au rămas ca pajiști (4,8-8,1%) (fig. C9-C11).

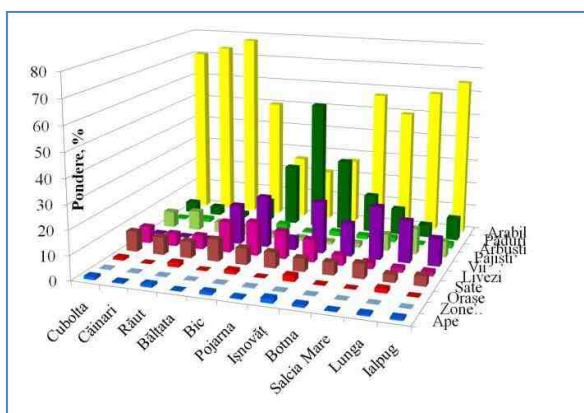


Fig. 4.1. Ponderea categoriilor acoperirii terenului bazinelor hidrografice, până la post, 1982

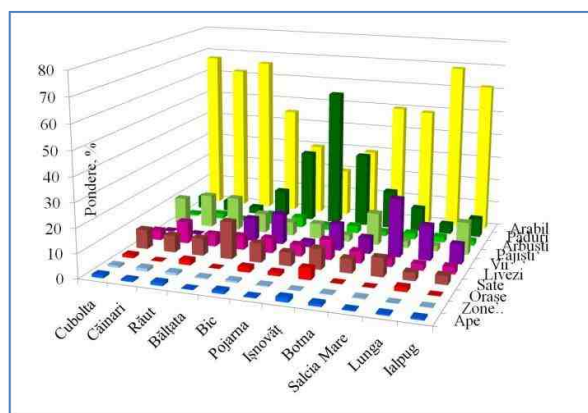


Fig. 4.2. Ponderea categoriilor acoperirii terenului bazinelor hidrografice, până la post, 2013

Aplicarea modelului hidrologic pe râuri-pilot

Evaluarea efectului modificării acoperirii terenurilor asupra caracteristicilor scurgerii de viitură a fost efectuată utilizând modelul hidrologic fizic distribuit JAMS/J2000. Avantajul acestui model constă în faptul posibilității simulării scurgerii de apă în condiții naturale precum

și sub acțiunea activităților de management din cadrul bazinului hidrografic. Strategiile de aplicare, calibrare și validare a rezultatelor au fost expuse în cadrul capitolul 2. Reprezentarea spațială combinată a componentelor de mediu (solurile, substraturile geologice, relieful) dar și a celor antropice (utilizarea terenurilor) a fost efectuată utilizând principiul de delimitare a Unităților de Răspuns Hidrologic, ceea ce permite evaluarea proceselor și factorilor de formare a viiturilor pluviale la nivel local și regional. Pentru râurile-pilot au fost delimitate un număr mare de poligoane HRU (tab. C1), care se încadrează în limitele 2043 (b.h. Bălțata) - 40306 (b.h. Botna). Pentru a evita diferențierea spațială și a stabili suprafețe permanente ale HRU pentru 2 perioade de timp, s-a recurs la codificarea combinată a categoriilor de utilizare a terenurilor pentru 1982 și 2013, utilizând codurile aplicate pentru construcția matricei lui Markov [44]. În acest fel, în cadrul tabelii de attribute HRU, codurile pentru substratul geologic, relief și sol se vor menține neschimbate, iar diferența va constitui doar codul acoperirii terenului. Această modalitate de deliniere a HRU permite analiza detaliată a scurgerii de viitură pentru fiecare HRU și, respectiv, estimarea modificărilor rezultante din schimbarea destinației terenurilor.

O bună reprezentare a specificului mediului în cadrul modelelor virtuale necesită o bună înțelegere a proceselor care au loc în bazinele hidrografice, în special, în perioada trecerii viiturilor pluviale. Factorii importanți care trebuie luați în considerare sunt, desigur, factorii generatori a inundațiilor: ploile torențiale, relieful, factorii de retenție a apei: caracteristicile solului (în special, umiditatea solului, capacitatea de infiltrare și de stocare etc.), acoperirea terenului (terenurile naturale, antropizate și mai ales cele antropice), precum și caracteristicile hidrogeologice. Toți acești factori au fost luați în considerare în timpul procesului de modelare hidrologică. În total, 36 de variabile au fost adaptate la condițiile bazinelor hidrografice pilot. Pe parcursul calibrării și validării, au fost depistate cele mai sensibile variabile ale modelului, acestea fiind integrate în modulul Solurile, care merită o atenție mai specială.

Precipitațiile sunt principalii factori de formarea a scurgerii de apă. Monitorizarea acestora are loc la stații și posturi meteorologice, iar distribuția spațială a acestora asupra bazinelor hidrografice se estimează prin metode de interpolare. Procesul scurgerii de pantă se inițiază atunci când are loc umplerea cu apă a formelor locale de microrelief iar rata infiltrării este depășită de intensitatea precipitațiilor. Are loc saturarea solului cu apă și excesul de apă se scurge pe pantă către râul colector. Aceste tipuri de pierderi (pierderi inițiale) se estimează la 10-35mm [219, p. 334]. Valoarea acestora descrește odată cu creșterea cantității de precipitații și de înmagazinarea apei în sol precum și retenția de stratul vegetativ (fig. 4.3). Textura solului joacă un rol important în retenția și viteza de infiltrare a apei. Cu cât sunt mai mari dimensiunile particulelor solului, cu atât este mai mare rata de infiltrare a apei. De obicei, viteza de infiltrare

este maximă în primele minute ale ploii și scade odată cu înmagazinarea apei în pori după aceasta devenind constantă în timp. Valorile acesteia pentru soluri nisipoase pot fi de 4-5 ori mai mari decât cele pentru soluri argiloase (fig. 4.4). Spre exemplu, conform estimărilor [219, p. 335] capacitatea de infiltrare a apei în solul cu 60% de nisip este de 3-4 ori mai mare decât în solul cu 30% nisip și 70% argilă. Capacitatea de infiltrare a solurilor este influențată de umiditatea precedentă. De exemplu, conform [219, p. 336] stratul apei de 20 mm în cazul deficitului de umiditate a solului de 45 mm va fi infiltrat complet iar în cazul deficitului de 10mm se vor infiltra doar 10mm. În cazul diferențierii umidității solului în cadrul bazinului hidrografic, intensitatea și viteza apei va avea caracter pulsatoriu în dependență de specificul intensității ploii, iar hidrograful va fi format din mai multe vârfuri [219, p. 336]. Infiltrarea apei în sol este influențată de stratul vegetativ. Conform analizei rezultatelor experiențelor în teren [213, p. 27] (raionul Călărași, Florești) efectuate pentru estimarea infiltrării apei în solul acoperit de diferite culturi agricole: grâu de toamnă, lucernă, viță de vie, porumb, roșii, precum și necultivat se poate concluziona că infiltrările inițiale sunt maxime pe terenul cu sol recent arat comparativ cu alte arii (fig. 4.5). O explicație ar fi faptul că apariția porilor mari și cavităților între macroagregatele solului a determinat viteze mari de infiltrare a apei, iar diminuarea bruscă - prin înmagazinarea rapidă a unui volum de apă mare în sol. Infiltrarea crește proporțional și este mult mai mare pe terenuri acoperite cu grâu ajungând la >2000mm/5h comparativ cu cele ocupate de alte culturi unde infiltrarea este mai mică și uniformă atingând valori de 1100mm/5h pentru lucernă, 600 mm/5h pentru roșii (fig. 4.5). Un element important în estimarea capacității de infiltrare a apei de către sol este relieful. Aceasta va fi maximă pentru solurile situate pe interfluvii diminuându-se pe pantă și fiind minimă în luncă. Acest fapt se explică prin acumularea solului erodat în albia majoră a râului [213, p. 9]. Ascensiunea capilară - un factor important în procesul de formare a scurgerii de pantă - crește odată cu micșorarea diametrului fracțiunilor. Valoarea maximă a acesteia este de 200 cm fiind caracteristică pentru solurile cu diametrul particulelor de 0,05-0,01 mm. Cantitatea maximă de apă pe care solul saturat cu apă o poate reține (capacitatea de câmp) diferă la rândul său în funcție de textura și structura solului. Astfel, pentru solurile nisipoase ea constituie circa 6%, pentru cele lutoase este de până la 32%, iar pentru cele argiloase de până la 42% [5, p. 79].

În final, trebuie subliniat faptul, că estimarea tuturor parametrilor și variabilelor necesari modelării din modulele integrate în modelul JAMS/J2000 se bazează pe analiza literaturii de specialitate și a experiențelor de teren ce au avut loc pe teritoriul Republicii Moldova în diferite perioade de timp [6, 25, 28, 50, 56, 67, 207, 213, 219, 225, 234, 236, 239, 240].

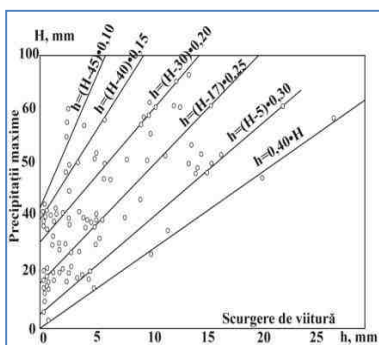


Fig. 4.3. Dependenta stratului scurgerii de viitură de stratul precipitațiilor și stratul pierderilor inițiale [219, p. 338]

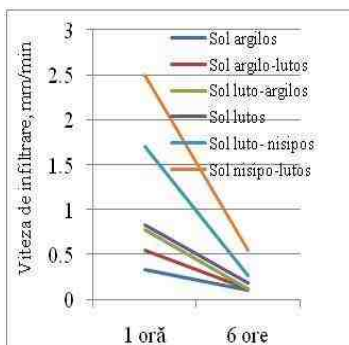


Fig. 4.4. Capacitatea de infiltrare (construit din [219])

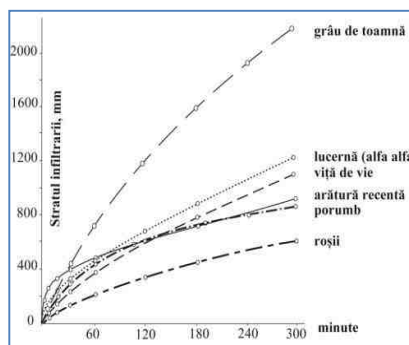


Fig. 4.5. Stratul infiltrării apei în sol în dependență de acoperirea terenului cu plante agricole [213, p. 27]

În baza analizei factorilor generatori ai inundațiilor și identificării valorilor corecte a variabilelor și parametrilor modelului, a fost efectuată procedura de construcție, calibrare și validare a modelelor pentru toate râurile-pilot pentru întreaga perioadă de monitoring hidrologic. Pentru aprecierea calității modelului au fost utilizate criteriile de eficiență și calificativele atribuite acestora [161]: coeficientul de determinare (R), funcția de eficiență Nash-Sutcliffe (E) și forma sa logaritmată ($\ln E$), eroarea medie a modelului % ($PBIAS$). Performanța modelării viiturilor pluviale pentru evenimente viiturilor utilizate atât, pentru calibrare, cât și pentru validare, precum și hidrografele caracteristice sunt prezentate în tabelul C5 și figurile C12-C22. Calitatea tuturor modelelor efectuate se încadrează în limitele admisibile descrise în [161] și tabelul 2.2 atât pentru perioada calibrării cât și pentru cea a validării.

Pentru **râurile-pilot din partea de nord a republicii** ai căror scurgere maximă se formează în condiții geografice similare, s-a recurs la procedura de intercalibrare pentru a identifica valorile regionale ale parametrilor JAMS/J2000 dar și a aprecia potențialele diferențieri ale proceselor viiturilor pluviale. Majoritatea variabilelor pentru aceste 3 râuri este caracterizată prin valori ~ egale. Trebuie menționat că scurgerea râurilor Căinari și Cubolta este reglată de structuri hidrotehnice, iar în amontele postului hidrologic Cubolta se situează un lac de acumulare. Cu toate acestea, volumele forțate mici nu reduc semnificativ scurgerea de viitură. Acest fapt a fost observat ca rezultat al analizei hidrografelor modelate (fig. 4.6, 4.7), care sunt simulate fără a ține cont de funcționarea lacului de acumulare, și cele reale care exprimă, practic, procesul de evacuare a apelor pluviale. Este clar evidențiată forma mai puțin specifică a hidrografului viiturii r. Cubolta în comparație cu cea a r. Răut care se formează în condițiile lipsei structurilor hidrotehnice transversale în apropierea postului hidrologic. Cu toate acestea hidrografele viiturilor din 1989, 1991 modelate simultan pentru cele trei râuri (rezultate în E și $PBIAS$ bune și foarte bune) arată că se atestă un proces de naturalizare a scurgerii maxime, formele acestora

fiind, clasic, triunghiulare, după anii '90 (fig. C13-C14). Efectul mic al funcționării lacurilor de acumulare asupra viiturilor pluviale a fost apreciat și în baza aplicării metodei genetice de calcul a debitelor maxime.

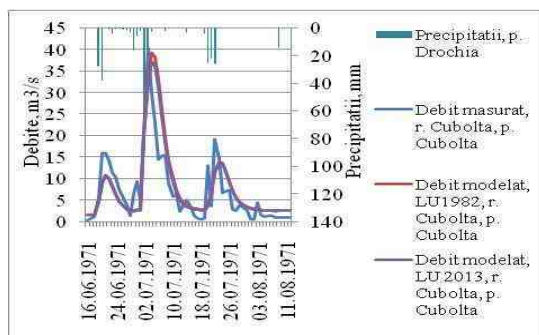


Fig. 4.6. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, 1971, r. Cubolta, p. Cubolta

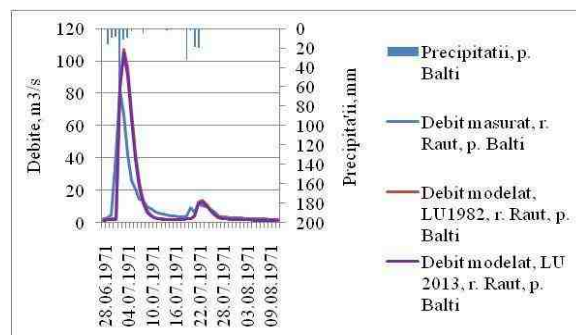


Fig. 4.7. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, 1971, r. Răut, p. Bălți

Pentru simularea hidrografelor viiturilor pluviale formate pe *râurile-pilot din partea centrală a republicii* s-a recurs la aceeași strategie ca și în cazul râurilor din partea de nord a țării. În rezultatul modelării, s-a constatat că cel mai reușit model hidrologic este cel al r. Pojarna care este caracterizat de o pondere ridicată a vegetației naturale și de prezența mai mare a datelor meteorologice. Majoritatea hidrografelor viiturilor pluviale au fost modelate cu succes (fig. C16). Pe de altă parte, mai puțin reușite au fost modelările unde de viitură de pe r. Ișnovăț, scurgerea căruia este afectată de lacurile de acumulare situate în partea de mijloc a râului dar și de procesele de urbanizare (fig. C18). Cu toate acestea, postul hidrologic se află la o distanță apreciabilă de lacurile de acumulare. Astfel, au fost depistate viiturile pluviale în baza cărora s-a reușit realizarea modelărilor scurgerii maxime, rezultatele căreia se includ în limite admisibile. De asemenea, s-a recurs la procesul de modelare a viiturilor pluviale de pe r. Bâc pentru perioada scurgerii naturale, până la construcția l.a. Ghidighici. În rezultat, au fost primite hidrografe ale căror calitate este destul de înaltă (tab. C5, fig. C17). Rezultate satisfăcătoare au fost obținute și în cazul modelării viiturilor de pe r. Botna și Bălța (tab. C5, fig. C15, C19).

Râurile-pilot din partea de sud a republicii se caracterizează prin prezența unui număr mic de viituri pluviale catastrofale. Cu toate acestea, au fost depistate și modelate cele mai reprezentative evenimente hidrologice care au rezultat în valori destul de bune ale eficiențelor utilizate pentru aprecierea calității modelării (tab. C5, fig. C20-C22).

În anumite cazuri, performanța modelării este satisfăcătoare din considerentele că anumiți factori ce influențează scurgerea maximă nu au putut fi pe deplin reprezentați. Procesul irigației, captarea apei și evacuarea apelor uzate nu au fost luate în considerare. Convențional au fost reprezentate lacurile de acumulare din cadrul bazinelor hidrografice. O altă cauză a rezultatelor

nesatisfăcătoare a modelării este insuficiența bazei de date ce ar reprezenta dinamica proceselor climatice și hidrologice. Chiar și în cazul evenimentelor calibrate și validate reprezentate în hidrografele din figurile C12-C22 se poate observa o subestimare sau o supraestimare a debitelor din cauza lipsei informației necesare. De exemplu, în cadrul b.h. Botna precipitațiile sunt monitorizate doar la p. Căușeni, aici este situat și postul hidrologic al r. Botna. Astfel, pentru simularea scurgerii râului s-a recurs la utilizarea datele meteorologice de la posturile situate în nemijlocita apropiere de bazin: Hâncești, Chișinău, Anenii Noi, Strășeni, Cimișlia. În rezultat, a fost efectuată modelarea destul de reușită a viiturilor pluviale formate în condițiile trecerii unor ploi torențiale regionale. O situație asemănătoare este specifică și pentru râurile din partea de sud a țării. De exemplu, pentru simularea scurgerii r. Salcia Mare au fost utilizate datele meteorologice de la stațiile Leova, Comrat, Cahul situate destul de departe de limitele bazinului hidrografic. Râurile din partea centrală și de nord se caracterizează printr-o prezență mai mare a informației meteorologice, ceea ce a permis simularea unui număr mai mare a hidrografelor viiturilor pluviale, însă constatăm că și aici aceasta este insuficientă. Respectiv, pentru a perfecționa cunoștințele în domeniul proceselor formării scurgerii de viitură este absolut necesară extinderea rețelei de observații meteorologice. De asemenea, este importantă și majorarea numărului posturilor hidrologice, ridicarea calității procesului de monitorizare și identificarea erorilor măsurătorilor deoarece în anumite circumstanțe debitele zilnice nu reacționează la căderi de precipitații. În calitate de exemplu pot servi hidrografele râurilor Bălțata și Lunga care reprezintă linii, practic, drepte, în condițiile înregistrării precipitațiilor (fig. 4.8, fig. 4.9), pe albia râurilor nefiind construite acumulări de apă. Pe de altă parte, pentru aprecierea directă a impactului lacurilor de acumulare asupra scurgerii râurilor mici și medii, este necesară informația hidrologică din amonte și avalul acestora. În cazul lipsei acestei informații, modelarea impactului lor este efectuată conceptual, rezultatele fiind la limita acurateței.

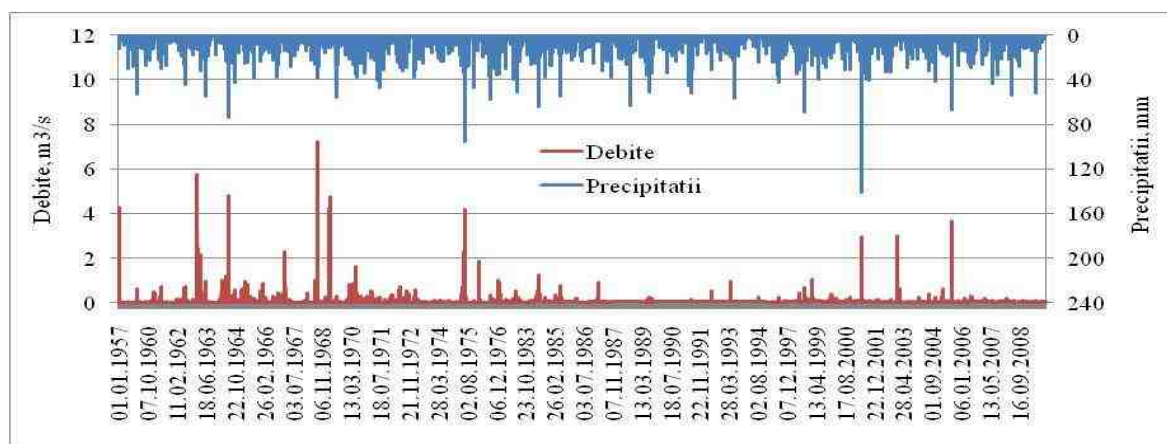


Fig. 4.8. Scurgerea zilnică a apei r. Bălțata și precipitațiile zilnice de la p. Bălțata

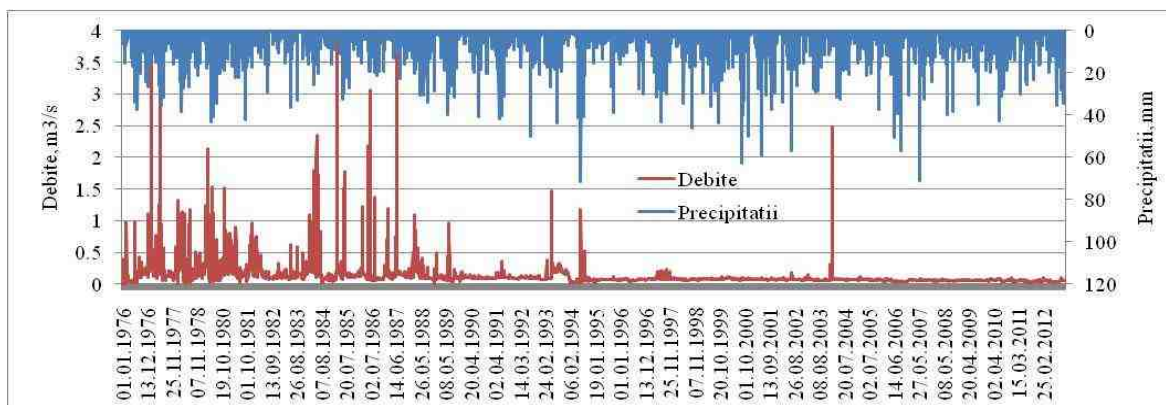


Fig. 4.9. Scurgerea zilnică a apei r. Lunga și precipitațiile zilnice de la p. Ceadâr-Lunga

Evaluarea impactului modificărilor acoperirii terenului

Pentru evaluarea impactului modificărilor utilizării terenurilor din ultimele 3 decenii asupra scurgerii de viitură, modelarea hidrologică a fost efectuată cu accent asupra hidrografelor viiturilor pluviale. Luând în considerare faptul că situațiile sinoptice ce determină formarea viiturilor au tendința de repetare și de intensificare în ultimii ani, s-a considerat importantă evaluarea modificărilor debitului maxim, mediu și volumului viiturii pentru toate evenimentele viiturilor pluviale modelate în prezenta cercetate, utilizând pentru modelare consecutiv datele spațiale ale categoriilor terenului din 1982 și din 2013 (fig. C12-C22). Așa cum la nivel procentual nu se observă mari modificări în utilizarea terenurilor din cele 2 perioade, aceeași tendință poate fi caracteristică și pentru componentele scurgerii. Pentru generalizarea rezultatelor modelărilor, s-a recurs la calculul diferenței medii pentru toate hidrografele între modelele hidrologice simulate în baza *LU 2013* și cele modelate în baza *LU 1982* (tab. 4.1). Astfel, în baza analizei rezultatelor, se observă, în general, o tendință de creștere a valorilor caracteristicilor scurgerii de viitură pentru râurile din partea centrală și de sud și o descreștere pentru cele din partea de nord a țării.

În cazul formării situațiilor sinoptice similare celor care au determinat viiturile pluviale de pe ***râurile din partea de nord a țării***, caracteristicile scurgerii maxime în condițiile *LU* actuale vor descrește cu 10% în cazul r. Răut și Căinari comparativ cu condițiile *LU* din 1982, pentru r. Cubolta această descreștere va fi de 4%. Acest fapt este explicat prin procesul de naturalizare a bazinelor hidrografice, în special, prin reducerea ponderii suprafețelor arabile și creșterea celor ocupate de pajiști, păduri (tab. C2).

Modificarea scurgerii de viitură de pe ***râurile din partea centrală a țării*** diferă de la un râu la altul. În cazul viiturilor de pe r. Pojarna nu se atestă modificări majore. Micșorarea debitului maxim, debitului mediu precum și volumului viiturii din bazinul r. Botna se datorează diminuării ariilor arabile și viilor, dar de mărirea celor ocupate de pajiști și arbuști. Mărirea caracteristicilor

viiturilor pluviale de pe r. Bălțata și Ișnovăț este determinată de creșterea localităților, descreșterea suprafețelor ocupate de culturi pomi-viticole. Cea mai semnificativă modificare a debitului maxim, debitului mediu precum și volumului viituri se atestă totuși pentru r. Ișnovăț, această fiind de +35%. Creșterea, practic, dublă a localităților urbane și rurale, descreșterea dublă a terenurilor viticole sunt principalele cauze ale acestei majorări.

În cazul *râurilor din partea de sud a țării* modificarea utilizării terenurilor determină o reducere a debitului maxim, debitului mediu precum și volumului viituri formate pe r. Ialpuș cu circa 10% dar o majorare a acestora cu circa 2-10% în cazul r. Lunga și Salcia Mare. Diminuarea caracteristicilor scurgerii de viitură de pe r. Ialpuș este condiționată de creșterea pășunilor, livezilor și descreșterea suprafețelor arabile. Mărirea caracteristicilor viiturilor în cazul r. Lunga este determinată de creșterea suprafețelor arabile, reducerea ariilor ocupate de vii, păduri, pajiști. Modificările scurgerii de viitură de pe r. Salcia Mare sunt minore din cauza lipsei schimbărilor esențiale în *LU* pentru 1982 și 2013.

În rezultatul analizei modificărilor scurgerii de viitură, a fost observat că diminuarea caracteristicilor viiturilor se datorează proceselor de naturalizare a bazinelor hidrografice datorate emigrării masive a populației și abandonului terenurilor arabile. Pe de altă parte creșterea scurgerii de viitură este condiționată de majorarea suprafețelor antropice și descreșterea celor pomi-viticole.

Tabelul 4.1. Modificarea caracteristicilor scurgerii de viitură modelate utilizând diferite scenarii ale acoperirii terenului comparativ cu cele modelate în baza *LU 1982*, media %

Râul, postul	Acoperirea terenului bazinului hidrografic											
	LU 2013			100 % arabil			100 % pădure			100 % localități		
	Debitul maxim	Debitul mediu	Volum viituri	Debitul maxim	Debitul mediu	Volum viituri	Debitul maxim	Debitul mediu	Volum viituri	Debitul maxim	Debitul mediu	Volum viituri
r. Răut, p. Bălți	-11.1	-12.3	-12.3	-14.4	-11.4	-11.8	-85.3	-80.6	-81.1	586	566	571
r. Căinari, p. Sevirova	-10.0	-11.3	-11.4	2.0	6.1	6.0	-69.7	-67.8	-68.3	471	409	414
r. Cubolta, p. Cubolta	-4.2	-4.3	-4.4	9.6	11.6	11.6	-85.5	-81.1	-81.5	334	341	341
r. Bălțata, p. Bălțata	16.2	14.2	14.5	-18.2	-4.7	-5.8	-52.9	-51.2	-51.6	705	820	829
r. Pojarna, p. Sîpoteni	1.7	0.9	0.9	12.2	38.5	37.4	-14.4	-23.0	-22.8	117	169	167
r. Bâc, p. Chișinău	4.3	3.6	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
r. Ișnovăț, p. Sîngera	34.7	36.5	37.0	-36.9	-34.2	-35.2	-84.0	-85.7	-85.7	436	684	684
r. Botna, p. Căușeni	-4.1	-7.5	-7.3	24.6	31.3	31.5	-63.2	-66.0	-66.2	651	617	622

r. Ialpug, p. Comrat	-10.5	-10.1	-10.4	22.2	34.6	32.5	-94.3	-95.4	-95.4	1446	1590	1579
r. Lunga, p. Ceadâr-Lunga	9.6	10.1	10.0	-65.3	-30.4	-34.8	-93.8	-85.7	-87.1	1294	1323	1354
r. Salcia Mare - p. Musait	6.9	1.6	1.8	52.3	63.3	63.1	-73.9	-75.9	-76.1	602	600	614

Următoarea etapă a cercetării a constituit modelarea impactului diferitor scenarii de acoperire a terenului asupra proceselor de formare a viiturilor utilizând modelele calibrate și validate în baza hidrografelor reale. Au fost luate în considerare 3 scenarii analitice (extreme) de modificare a utilizării terenului:

1. Acoperirea bazinului hidrografic doar cu teren arabil (scenariu bazat pe concentrarea activităților agricole);
2. Acoperirea bazinului hidrografic doar cu pădure (cel mai optimist scenariu);
3. Acoperirea bazinului hidrografic doar cu localități (cel mai pesimist scenariu).

Pentru analiza și compararea rezultatelor modelării scenariilor analitice, hidrografele simulate în baza *LU din 1982* au fost considerate pilon (fig. C23-C32). Trebuie menționat că acest tip de modelare și analiză arată influența maximă teoretică a schimbărilor în acoperirea terenurilor asupra viiturilor. În rezultat, s-a observat că caracteristicile scurgerii de viitură se modifică radical sub influența modificărilor utilizării terenurilor. În cazul în care, tot bazinul hidrografic va fi acoperit doar cu pădure debitele maxime, cele medii precum volumele viiturilor se va micșora cu circa 80% pentru toate râurile studiate. O modificare mai mică se observă în cazul r. Pojarna din considerentele unei ponderi mari deja existente a acestei categorii în cadrul bazinului hidrografic. În cazul în care, tot bazinul va fi acoperit doar de localități urbane scurgere medie și maximă va crește de la 100 la 1600%. Modificări diferențiate a scurgerii se atestă în cazul acoperirii bazinelor doar cu teren arabil. Pe de o parte, diminuarea caracteristicilor scurgerii de viitură este observată pentru r. Răut, Bălțata, Ișnovăț, Lunga cu circa 5-35%, pe de alta, creșterea acestora este identificată pentru r. Căinari, Cubolta, Pojarna, Botna, Ialpug, Salcia Mare. Aceste modificări sunt, pe de o parte, determinate de înlocuirea suprafețelor urbane, ce dețin ponderi mai mari în cadrul bazinelor hidrografice, cu suprafețe arabile și, respectiv, micșorarea viiturilor, pe de alta, de diminuarea suprafețele naturale în favoarea celor prelucrate, ceea ce duce la creșterea scurgerii maxime. Trebuie remarcat faptul că, în rezultatul modificării acoperirii terenului cu vegetație, are loc schimbarea caracteristicilor solului cum ar fi capacitatea de infiltrare, potențialul scurgerii etc. care la rândul său influențează diferențierile rezultatelor simulărilor.

Pe viitor în dependență de planurile de amenajare a terenurilor, pot fi construite hărți a repartiției spațiale a categoriilor de acoperire a terenurilor care ulterior pot fi utilizate pentru modelarea hidrologică a proceselor de formare a viiturilor pluviale.

Aprecierea impactului funcționării lacurilor de acumulare

Aprecierea influenței lacurilor de acumulare asupra scurgerii maxime a fost efectuată în baza analizei scurgerii de viitură a r. Bâc, de la p. Chișinău, modificată de funcționarea l.a. Ghidighici. În acest scop, a fost construit, calibrat și validat modelul hidrologic pentru r. Bâc, p. Chișinău, situat în aval de lacul de acumulare, și p. Strășeni, amenajat în amonte ale acestuia. În scopul ridicării acurateței modelelor s-a recurs la procedura de intercalibrare pentru evaluarea valorilor variabilelor din cadrul modelelor r. Bâc, p. Strășeni și p. Chișinău, ultimul fiind construit pentru perioada scurgerii naturale (1945-1962). Cu toate că, șirurile de date sunt destul de scurte, a fost efectuată modelarea hidrografelor undelor de viitură cu o precizie destul de înaltă (fig. 4.10, fig. C17). Modelul calibrat al r. Bâc, p. Chișinău, a fost ulterior utilizat pentru simularea scurgerii în condițiile lipsei l.a. Ghidighici, iar rezultatele au fost comparate cu valorile reale ale scurgerii de viitură monitorizate la p. Chișinău în perioada funcționării lacului de acumulare (fig. 4.11-4.13). În final, s-a observat că lacul de acumulare, în general duce, la o uniformizare a scurgerii pe parcursul anului, diminuând scurgerea maximă, însă trebuie menționat faptul gestionării inadecvate a acestui lac în perioada sovietică ceea ce este demonstrat, de exemplu, de efectul pulsatoriu al undelor (fig. 4.14).

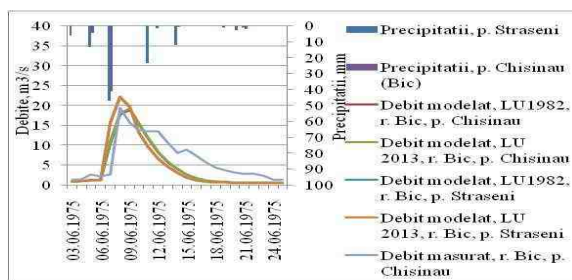


Fig. 4.10. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, 1975, r. Bâc, p. Strășeni și p. Chișinău

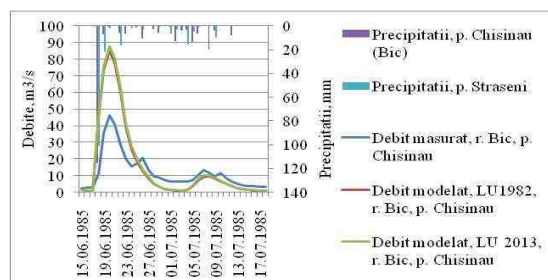


Fig. 4.11. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, 1985, r. Bâc, p. Chișinău

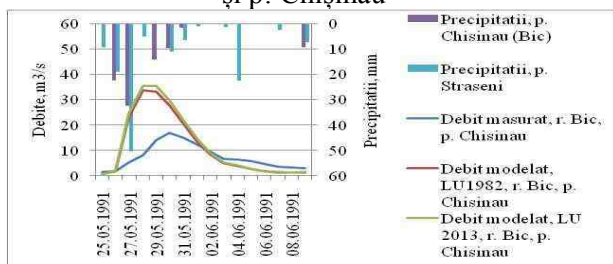


Fig. 4.12. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, 1991, r. Bâc, p. Chișinău

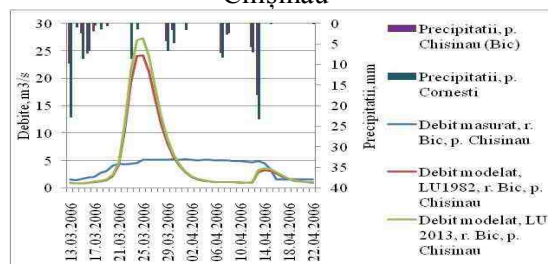


Fig. 4.13. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, 2006, r. Bâc, p. Chișinău

Diminuarea caracteristicilor scurgerii maxime de către I.a. Ghidighici se datorează capacității destul de mari de acumulare a apei viiturilor pluviale ce se formează în partea superioară a lacului. Modificarea debitului maxim este semnificativă, acesta fiind de 3, 5, în anumite cazuri, chiar și 15 și 20 ori mai mic decât în cazul modelării scurgerii naturale. Trebuie menționat că transformarea undei de viitură până la începutul anilor '90 se caracterizează prin evacuări mai mari a debitelor, comparativ cu aceasta, în perioada actuală nu se observă o crește a debitelor evacuate peste 5-6 m³/s în pofida faptului majorării frecvenței precipitațiilor maxime (fig. 4.13, 4.14). Astfel, I.a. Ghidighici joacă un rol pozitiv în protecția mun. Chișinău de viiturile pluviale ce se formează în partea superioară a bazinului r. Bâc, însă devine actuală problema decolmatării și reconstrucției structurii hidrotehnice care funcționează deja peste 50 ani.

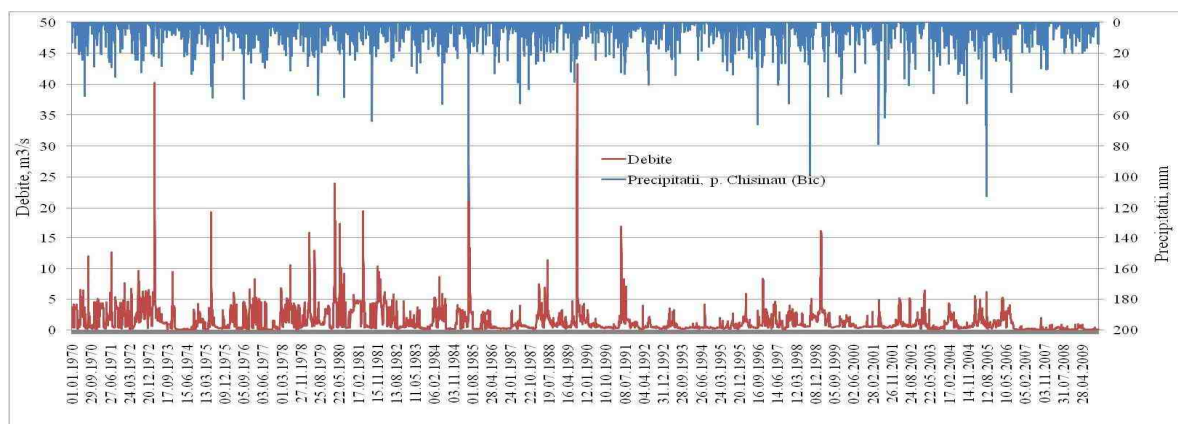


Fig. 4.14. Debitele zilnice ale apei r. Bâc și precipitațiile zilnice de la p. Chișinău

4.2. Modificarea proceselor de propagare a undei de viitură sub acțiunea impactului structurilor hidrotehnice și schimbărilor climatice

Râurile pilot

Evaluarea dinamicii undei de viitură în condițiile modificării albiei râurilor a fost efectuată pentru două zone pilot: prima fiind sectorul de pe r. Nistru de la p. Hrușca (amonte de I.a. Dubăsari) până la s. Talmaza (bifurcarea Nistrului în Nistru și brațul Turunciuc), iar a doua - sectorul de pe r. Bâc de la I.a. Ghidighici până la gura de vărsare a acestuia. Sectorul de pe r. Nistru se caracterizează prin versanți cu înălțime de 60-150 m diminuându-și valorile către sudul regiunii. Lățimea luncii r. Nistru este de 3-5,5 km până la or. Dubăsari, în cursul inferior aceasta crește la 4-6 km pe sectorul Dubăsari-Bender, la 6-12 km în aval de Bender și 16 km după bifurcarea Nistrului. Albia minoră este meandrată, lungimea meandrelor atingând 12-15km (în cursul inferior coeficientul de sinuozitate atinge 2,5). Pe alocuri se pot observa insule mici, inundabile, înierbate și cu arbuști. În partea de mijloc, pe cursul râului a fost construit I.a.

Dubăsari, pe o lungime de 125km, care a modificat caracteristicile albiei minore. Zona lacului este împărțită proporțional în trei sectoare: superior (lungimea de 45km), de mijloc (lungimea de 50km) și inferior (lungimea de 30km). Sectorul superior are o lățime de 250-300m, cel de mijloc - 1,2-1,5 km, cel inferior - 0,8-2km. Lățimea râului Nistru descrește de la nord la sud, în zona lacului de acumulare fiind de 200-1500m, iar în partea inferioară fiind de 50-100m, adâncimea este de 1,6-2,5m pe alocuri 4-12m. [58]

Zona de studiu de pe r. Bâc corespunde cu partea de mijloc și inferioară a acestuia. Râul se caracterizează prin debite mici, lunca este relativ plată trecând din zonă de podiș la câmpie, unde se lărgeste până la 8km. Valea capătă formă de chei în apropierea localității Vatra și Bulboaca. Activitățile de reglare a cursului râului efectuate în a doua jumătate a sec. al XX-lea au transformat r. Bâc practic în canal rectiliniu. Lățimea albiei minore este de 0,5-8 metri, ocazional 10-16m, adâncimea în jur de 0,5-1,5m, vegetația hidrofită invadează albia minoră, sunt prezente algele, trestia, papura ș.a. Malurile sunt abrupte de la 0,5 - 5 m uneori ajung până la 6-7 m. În regiunea mun. Chișinău malurile râului sunt întărite de construcții de beton.

În cadrul luncilor râurilor Nistru și Bâc sunt prezente construcțiile hidrotehnice de protecție contra inundațiilor printre care principalele fiind lacurile de acumulare Novodnestrovsk, Dubăsari și Ghidighici și digurile de protecție cu o lungime de 424,1 km (194,4km pe dreapta și 229,7 km pe stânga a r. Nistru) și 127,2 km ce ar trebui să protejeze contra inundațiilor o suprafață de peste 38184 ha și, respectiv, 4591 ha [35]. Pentru prima zonă de studiu, digurile de protecție sunt construite în partea inferioară a râului, fiind poziționate la o distanță de 20-100m de albia minoră, înălțimea lor fiind de până la 4m. În cazurile viiturilor catastrofale apa depășește nivelurile digurilor de protecție și acoperă lunca cu un strat de apă de până la 3 m pentru o perioadă de 1-3 săptămâni [58]. Albia r. Bâc este îndiguită în aval de Chișinău și până la gura de vărsare (digurile au înălțimi de ~2, 2,5m, și lățimi de 1,5-2m). Digurile sunt localizate la o distanță aproximativă de 55-60 m de o parte și alta de albia minoră a râului, distanța minimă înregistrată este de 10m. Lacurile de acumulare au fost construite în anii '60 ai secolului trecut pentru irigație, recreere, piscicultură, protecție contra inundațiilor ș.a. L. a. Dubăsari este construit în partea de mijloc a r. Nistru fiind situat în aval de complexul de lacuri de acumulare Novodnestrovsk gestionat de Ucraina. Astfel, dinamica caracteristicilor hidrologice este dependentă de condițiile naturale din partea superioară a bazinului hidrografic Nistru dar și de gestionarea l.a. Novodnestrovsk construit în anii '80. L. a. Ghidighici este situat în partea de mijloc a bazinului hidrografic Bâc, acumulând apele sale din Podișul Codrilor, acesta fiind cea mai înaltă dar și cel mai fragmentată unitate peisagistică a Moldovei. Parametrii de bază a lacurilor de acumulare sunt reprezentați în tabelul 4.2. Din cauza proceselor de colmatare, pe

parcursul perioadei de funcționare, volumul lacurilor de acumulare s-a micșorat semnificativ. Astfel, volumul la NNR al l.a. Dubăsari s-a diminuat de la 485 mln.m³ în 1956 la 266 mln.m³ în 1982 și la 235 mln.m³ în 2000 [215, 251, 252]. Volumul la NNR al l.a. Ghidighici s-a diminuat de la 40 mln.m³ în 1962 la 32,8 mln.m³ în 1987 și la 27,6 mln.m³ în 2000 [134, 215, 250]. Valorile actualizate ale lacurilor de acumulare nu se cunosc însă se poate presupune că capacitatea lor a continuat să scadă, în prezent, volumul fiind sub 50% din cel proiectat. Din aceste considerente, ținem să recomandăm efectuarea unor lucrări ample de evaluare a caracteristicilor a tuturor lacurilor de acumulare și a iazurilor precum și reabilitarea/reconstrucția acestora la necesitate.

Tabelul 4.2. Parametrii de bază a lacurilor de acumulare [250-252]

Parametri	l.a. Dubăsari (1982)	l.a. Ghidighici (1987)
Distanța până la gura de vărsare	351	73
Suprafața bazinului hidrografic, km ²	53600	878
Lungimea, km	127,5	7,9
Anul construcției	1956	1962
Nivel, m / volum la, mln. m ³ / suprafața la, km ²		
Nivelul forțat de retenție (NFR)	30,0 / 401,4 / 80,0	58,1 / 50 / 9,5
Nivelul normal de retenție (NNR)	28,0 / 266 / 67,5	56,2 / 32,8 / 7,2
Nivelul volumului mort (NVM)	24,2 / 10,6 / 46,8	50,55 / 1,5 / 2,4
Debite maxime de 0,1%/0,5%/1%/10%, m ³ /s	8200/-/4700/2600	471/325/202/-

În cazul trecerii undelor de viitură, regimul special de evacuare a apei din l. a. Dubăsari începe în cazul când debitele de intrare trec peste valoarea de 400m³/s sau când nivelul lacului depășește 28m. Prognozarea viiturii constituie 4-6 zile. Așa cum viiturile cu volume de >2 km³ de apă nu pot fi pe deplin atenuate de volumul forțat de retenție pentru reglarea lor poate fi utilizat volumul util al lacului. Umplerea de scurtă durată a lacului de acumulare are loc până la nivelul 28,5-29 m, astfel, atenuând debitele maxime a viiturilor de probabilitatea medie. Viiturile de probabilitate mică trec practic prin tranzit prin cuveta lacustră. Deciziile cu privire la regimul de evacuarea a apei sunt luate de o comisie specială formată pentru aceste cazuri, în baza datelor meteorologice de la serviciile meteorologice și starea de moment a lacului de acumulare [252].

Conform Regulamentului de exploatare a l.a. Ghidighici [250] în cazul viiturilor, evacuarea apei se realizează prin două metode: prima și principală metodă constă în creșterea automată a debitului de evacuare până la valorile de 0,1-0,5% fără a lua în calcul prognoza meteorologică; a doua metodă se bazează pe prognoza meteorologică preluată de la SHS și constă în diminuarea nivelului apei din cadrul lacului de acumulare cu până la 2m sub NNR și, respectiv, creșterea proporțională a debitului de evacuare. În cazul umplerii totale a lacului de acumulare viitura trece prin cuveta lacustră prin tranzit.

Aplicarea modelării hidraulice pe râurile-pilot

Râul Nistru

Aprecierea impactului structurilor hidrotehnice asupra viiturilor pluviale de pe râurile Nistru și Bâc a fost determinată în baza modelării dinamicii undei de viitură utilizând modelul HEC-RAS 5.0.3. Modalitatea de aplicare a modelului, datele de intrare și strategiile de modelare conform cărora a fost efectuată simularea undelor de viitură au fost expuse în capitolul 2.

Modelarea undei de viitură de pe r. Nistru a fost efectuată pentru sectorul s. Hrușca - s. Talmaza. În total au fost construite 549 de secțiuni transversale care au fost extrase de pe DEMul cu o rezoluție de 1m. Calibrarea și validarea modelului a fost efectuată în baza viiturilor reale din 1969, 1980, 2008 prin analiza înregistrărilor de la p. Hrușca (date de intrare în model), p. Dubăsari (debitele de evacuare din l. a. Dubăsari) precum și p. Bender. Pentru modelarea hidrografelor undei de viitură evacuate din l.a. Dubăsari au fost aplicate două metode integrate în modelul HEC-RAS 5.0.3: metoda Deversor Controlat în baza Cotei de Nivel al Apei (Elevation Controlled Gates method) și metoda Baraj de Navigare (Navigation Dam method). Pentru implementarea primei metode în calitate de cote de nivel de referință au fost utilizate nivelurile apei de la p. Hrușca precum și cele de la barajul lacului de acumulare. Astfel, în total au fost efectuate 3 modele hidrodinamice la baza cărora a fost metoda Deversor Controlat în baza Cotei de Nivel al Apei de la p. Hrușca - M1, metoda Deversor Controlat în baza Cotei de Nivel al Apei de la barajului l.a. Dubăsari - M2, și metoda Baraj de Navigare - M3. Valorile de calibrare sunt reprezentate în tabelele C6 și C7 iar rezultatele modelărilor - în figurile 4.15-4.17 și tabelul 4.3. Erorile apărute în procesul modelării sunt rezultatul unor factori limitativi cum sunt: erorile măsurătorilor, erorile datelor de intrare atât temporale cât și spațiale, competențele resurselor umane, specificul programei de calculator și metodelor de modelare, ș.a. Pentru aprecierea calității modelului au fost utilizate criteriile de eficiență și calificativele atribuite acestora: coeficientul de determinare (R), funcția de eficiență Nash-Sutcliffe (E) și forma sa logaritmată ($\ln E$), eroarea medie % ($PBIAS$), precum și raportul între eroare medie pătrată și deviația standard (RSR). Rezultatele evaluării performanței modelului sunt prezentate în tabelul 4.3. Valorile ridicate ale R , E , $\ln E$, RSR precum și cele satisfăcătoare ale $PBIAS$ caracterizează o înaltă calitate a modelelor.

Una din cel mai mari provocări în procesul modelării a fost obținerea hidrografelor modelate ale undei de viitură evacuate din l.a. Dubăsari de o înaltă calitate. Funcționarea acestei construcții hidrotehnice în condiții speciale se efectuează în baza unui regulament stabilit însă totuși deciziile asupra evacuării debitelor maxime sunt luate de o echipa de specialiști. Astfel, hidrografele modelate ale undei de viitură evacuate din l. a. Dubăsari sunt supuse unor reguli

stricte pe când cele reale sunt rezultatul deciziilor factorului uman ce este destul de complicat de modelat. Rezultatele arată că modelul a reprodus caracteristicile hidrologice destul de reușit și a trecut testele de validare. Propagarea viiturilor pluviale din 1969 și 1980 s-a produs în condițiile prezenței unui singur lac de acumulare pe cursul r. Nistru - l.a. Dubăsari. Astfel, hidrografele de intrare, de la p. Hrușca au forma triunghiulară bine evidențiată. Se observă, de asemenea, reducerea debitelor maxime la posturile din aval și modificarea formei hidrografului ca urmare a impactului construcției hidrotehnice. Viitura din 2008 a fost propagată prin lunca r. Nistru deja în condițiile existenței atât a nodului hidroelectric Novodnestrovsk cât și Dubăsari. Hidrografele reale de la p. Hrușca și Dubăsari sunt practic identice, rolul reglării viiturii de l.a. Dubăsari fiind redus la minimum. Analiza comparativă hidrografelor reale și a celor simulate de la p. Dubăsari precum și a celor de la p. Bender rezultă în faptul că modelul reprezintă eficient debitele de evacuarea din l.a. Dubăsari însă calitatea acestuia descrește către aval. Trecerea undei de viitură în aval de lac este condiționată de prezența sistemului de diguri a căror capacitate de protecție a fost calibrată în baza descrierilor existente în literatura de specialitate [176].

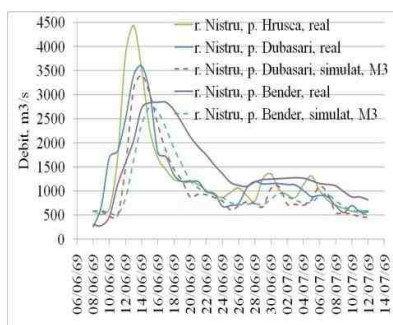


Fig. 4.15. Hidrografe reale și modelate, viitura 1969, r. Nistru

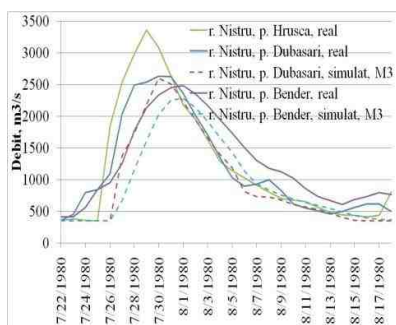


Fig. 4.16. Hidrografe reale și modelate, viitura 1980, r. Nistru

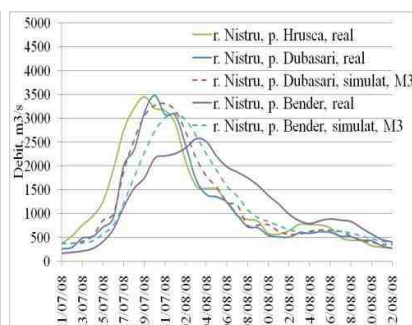


Fig. 4.17. Hidrografe reale și modelate, viitura 2008, r. Nistru

Tabelul 4.3. Rezultatele modelării viiturilor reale ale r. Nistru

Viitura	Modelul	Debit maxim, p. Hrușca, m ³ /s	Debit maxim, p. Dubăsari, m ³ /s		Debit maxim, p. Bender, m ³ /s	
			observat	simulat	observat	simulat
08.06.-12.07. 1969	M1	4430	3600	3266	2840	2616
	M2	4430	3600	3258	2840	2615
	M3	4430	3600	3412	2840	2741
25.07.-18.08. 1980	M1	3420	2630	2537	2480	2246
	M2	3420	2630	2537	2480	2246
	M3	3420	2630	2603	2480	2277
21.07.-22.08. 2008	M1	3450	3480	3306	2570	3076
	M2	3450	3480	3298	2570	3073
	M3	3450	3480	3312	2570	3103

Tabelul 4.4. Performanța modelării viiturilor reale ale r. Nistru

Viitura	Modelul	Postul	R^2	RSR	Performanța RSR	E	Performanța E	$\ln E$	$PBIAS$, %	Performanța $PBIAS$
08.06- 02.07. 1969	M1	Dubăsari	0,88	0,29	foarte bine	0,71	bine	0,55	15,2	satisfăcător
		Bender	0,93	0,48	foarte bine	0,52	satisfăcător	0,44	27,5	nesatisfăcător
	M2	Dubăsari	0,88	0,29	foarte bine	0,71	bine	0,55	15,2	satisfăcător
		Bender	0,95	0,48	foarte bine	0,52	satisfăcător	0,44	27,5	nesatisfăcător
	M3	Dubăsari	0,88	0,30	foarte bine	0,70	bine	0,44	15,2	satisfăcător
		Bender	0,92	0,50	foarte bine	0,50	satisfăcător	0,36	27,7	nesatisfăcător
25.07- 16.08. 1980	M1	Dubăsari	0,92	0,22	foarte bine	0,78	foarte bine	0,60	17,0	satisfăcător
		Bender	0,96	0,31	foarte bine	0,69	bine	0,35	24,6	satisfăcător
	M2	Dubăsari	0,92	0,22	foarte bine	0,78	foarte bine	0,60	17,0	satisfăcător
		Bender	0,96	0,31	foarte bine	0,69	bine	0,35	24,6	satisfăcător
	M3	Dubăsari	0,95	0,16	foarte bine	0,84	foarte bine	0,63	16,5	satisfăcător
		Bender	0,97	0,27	foarte bine	0,73	bine	0,39	24,2	satisfăcător
21.07- 16.08. 2008	M1	Dubăsari	0,98	0,04	foarte bine	0,96	foarte bine	0,93	-8,24	foarte bine
		Bender	0,91	0,23	foarte bine	0,77	foarte bine	0,73	1,25	foarte bine
	M2	Dubăsari	0,99	0,04	foarte bine	0,96	foarte bine	0,96	-6,94	foarte bine
		Bender	0,91	0,21	foarte bine	0,79	foarte bine	0,83	3,11	foarte bine
	M3	Dubăsari	0,99	0,03	foarte bine	0,97	foarte bine	0,97	-7,47	foarte bine
		Bender	0,89	0,26	foarte bine	0,74	bine	0,80	2,7	foarte bine

Râul Bâc

Simularea dinamicii undei de viitură de pe r. Bâc a fost efectuată pe sectorul I.a. Ghidighici - confluența cu r. Nistru. Pentru a reprezenta albia râului au fost extrase de pe DEM 142 de secțiuni transversale. Calibrarea și validarea modelului a fost realizată în baza viiturilor reale din 1948, 1973, 1975 prin analiza înregistrărilor de la p. Strășeni (post situat în amonte de I.a. Ghidighici), p. Chișinău (post situat în aval de I.a. Ghidighici) precum și p. Bulboaca. Pentru modelarea evacuării scurgerii de viitură din I.a. Ghidighici au fost aplicate aceleași metode ca și în cazul r. Nistru: metoda Deversor Controlat în baza Cotei de Nivel al Apei (Elevation Controlled Gates method) și metoda Baraj de Navigare (Navigation Dam method) [114]. Luînd în considerare lipsa informației despre batimetria lacului, pentru utilizarea primei metode în calitate de cote de nivel de referință au fost considerate nivelurile apei de la barajul lacului de acumulare, iar valoarea volumului acestuia a fost considerată atât cea inițială precum și cea evaluată în anul 2000 [215, 250]. În total, au fost executate 2 modele hidrodinamice la baza cărora a fost metoda Deversor Controlat în baza Cotei de Nivel al Apei de la barajului lacului de acumulare Ghidighici - M2, și metoda Baraj de Navigare - M3. Informații privind calibrarea modelelor se regăsește în tabelele C8 și C9 iar rezultatele obținute: hidrografele undelor de viitură și debitele maxime reale și simulate - în figurile 4.18 și 4.19 și tabelul 4.5. Aprecierea

calității modelului a fost efectuată în baza criteriilor de eficiență utilizate în cazul precedent, valorile cărora sunt prezentate în tabelul 4.6.

Modelarea trecerii undei de viitură prin l.a. Ghidighici a fost evaluată în baza informației de la p. Strășeni care a funcționat o perioadă scurtă de timp: 1973-1977 și debitelor de la p. Chișinău ce se află în aval de barajul lacului. Pentru procesul de calibrare și validare au fost identificate 2 viituri, cea din 1973 și cea din 1975. Analiza evenimentului viiturii din 1973 (fig. 4.18) arată că hidrograful de la p. Chișinău depășește valorile celui de la p. Strășeni. Lacul de acumulare nu reduce debitul maxim ci din contra acesta este cu $10 \text{ m}^3/\text{s}$ mai mare decât cel de la intrare. În perioada trecerii viiturii precipitații la p. Chișinău nu au fost. Hidrografele modelate reprezintă bine forma hidrografului real, valorile înalte ale criteriilor de eficiență (tab. 4.6) demonstrează acest fapt, acestea de asemenea arată modalitatea de atenuare a undei de viitură în condițiile când lacul de acumulare este la NNR. Hidrografele viiturii din 1975 (fig. 4.19) de asemenea, descriu trecerea viiturii prin construcția hidrotehnică. Atenuarea debitelor maxime este nesemnificativă cu toate că hidrografele viiturilor simulate în baza celor două metode în condițiile când volumul lacului de acumulare este la NNR arată că acesta ar fi trebuit să le diminueze practic de 2 ori. O anumită influență asupra hidrografului de la p. Chișinău revine precipitațiilor locale care au avut loc în perioada trecerii viiturii, însă modelarea scurgerii inclusiv cu luarea în considerare a acestora a arătat că debitul maxim ar crește cu $2\text{-}3 \text{ m}^3/\text{s}$ și nu ar afecta semnificativ valorile viiturii modelate. Valorile criteriilor de eficiență rezultate ca urmare a aplicării metodei Baraj de Navigare precum și forma hidrografului modelat reprezentată mai bine de această metodă a determinat să o alegem drept referință pentru simularea undelor de viitură de probabilitate mică.

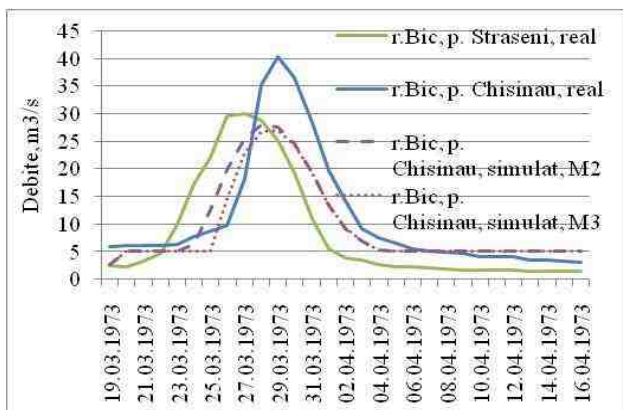


Fig. 4.18. Hidrografe reale și modelate, viitura 1973, r. Bâc

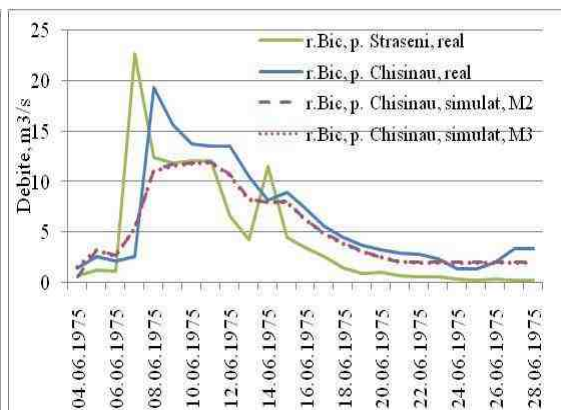


Fig. 4.19. Hidrografe reale și modelate, viitura 1975, r. Bâc

Tabelul 4.5. Rezultatele modelării viiturilor reale ale r. Bâc

Viitura	Modelul	Debit maxim, p. Strășeni, m ³ /s	Debit maxim, p. Ghidighici, m ³ /s		Debit maxim, p. Chișinău, m ³ /s	
			observat	simulat	observat	simulat
19.03 - 16.04. 1973	M2	30	-	27,9	40,2	27,8
	M3	30	-	26,9	40,2	26,9
04.06 - 28.06. 1975	M2	22,7	-	11,9	19,3	11,9
	M3	22,7	-	11,9	19,3	11,9

Tabelul 4.6. Performanța modelării viiturilor reale ale r. Bâc

Viitura	Modelul	R^2	RSR	Performanța RSR	E	Performanța E	ln E	PBIAS, %	Performanța PBIAS
19.03 - 16.04. 1973	M2	0,90	0,23	foarte bine	0,77	foarte bine	0,81	12,0	bine
	M3	0,94	0,20	foarte bine	0,80	foarte bine	0,81	17,4	satisfăcător
04.06 - 28.06. 1975	M2	0,95	0,18	foarte bine	0,82	foarte bine	0,83	16,6	satisfăcător
	M3	0,95	0,18	foarte bine	0,82	foarte bine	0,88	16,1	satisfăcător

O altă strategie de evaluare a calității modelului a constituit în aprecierea acurateței modelării nivelurilor apei unde de viitură în special în partea inferioară a râului. Pentru aceasta a fost efectuată analiza comparativă a nivelului apei real și modelat de la p. Bulboaca care a funcționat pe parcursul perioadei 1946-1949. Modelul a fost calibrat și validat în baza a 2 evenimente a viiturilor din 1948: prima viitură a trecut în perioada 8-23 iunie cu maximum de 81,8 m³/s (p. Chișinău) iar a doua - 7-11 iulie cu maximul de 222 m³/s (p. Chișinău). Rezultatele arată că fluctuațiile nivelurilor modelate ale apei sunt de 2,32 m și 3,14 și diferă puțin de cele reale ale căror valori sunt de 2m pentru primul eveniment și 3,35m pentru al doilea. Respectiv, concluzionăm că modelul hidraulic elaborat reprezintă realitatea în condițiile erorilor admisibile și poate fi utilizat pentru aprecierea caracteristicilor spațiale și temporale ale viiturilor de diferită probabilitate.

Evaluarea impactului lacurilor de acumulare asupra dinamicii unde de viitură

Râul Nistru

Pentru aprecierea impactului l. a. Dubăsari precum și a modificării volumului acestuia (fig. 4.20) pe parcursul perioadei de funcționare, a fost utilizat modelul validat anterior în baza viiturilor reale pentru simularea propagării undelor de viitură de probabilitatea 10, 5, 1, 0,5 și 0,1%. Hidrografele undelor de viitură pentru aceste 5 scenarii au fost construite în baza hidrografului viiturii din 2008 de la p. Hrușca care de asemenea au servit drept date de intrare în modelul hidraulic. Metoda aplicată pentru aprecierea debitelor de evacuare din l. a. Dubăsari a fost considerată Baraj de Navigare, luându-se în calcul volumul activ și forțat al lacului de acumulare. În baza simulărilor au fost apreciate hidrografele unde de viitură pentru toate secțiunile transversale și, respectiv, zonele potențial inundabile, nivelul și viteza apei. Trebuie menționat faptul că debitele maxime modelate de evacuare din l.a. Dubăsari și cele din cadrul

regulamentului de exploatare nu diferențiază semnificativ cu excepția celor de 0,1% probabilitate (fig. 4.21). Cu toate acestea conform modelării efectuate, analiza nivelului din amonte barajului ne arată că valorile maxime ale acestuia sunt în limitele de 27-30m pentru viiturile cu probabilitatea de 0,5-10% însă în cazul trecerii undei de viitură de 0,1% probabilitate, nivelul maxim va atinge valoarea de 32m ceea ce este cu 1m peste creasta barajului, fapt ce va duce la distrugerea acestuia. Diminuarea debitelor maxime sub acțiunea l. a. Dubăsari este în limitele 60-500m³/s. (fig. 4.21). Gradul de colmatare și respectiv reducerea volumului lacului de acumulare pe parcursul perioadei de funcționare nu influențează semnificativ asupra capacității de reglare a undelor de viitură. Debitele maxime de evacuare simulate luând în considerare volumul inițial (V56) al lacului [252] comparativ cu cele modelate utilizând valorile volumului estimat (V00) în anul 2000 [215] nu diferențiază semnificativ, cele din urmă fiind mai mici cu 15-100m³/s.

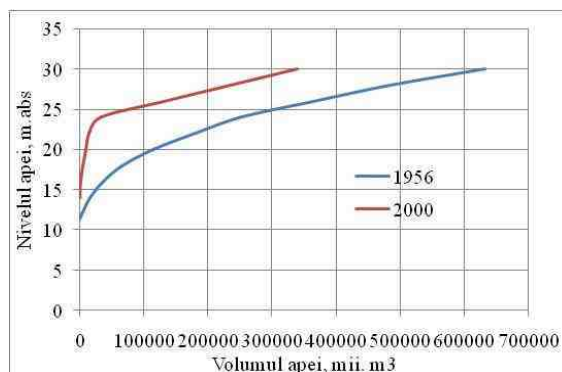


Fig. 4.20. Modificarea volumului l.a. Dubăsari pe parcursul perioadei de funcționare [construit în baza 58, 215, 251, 252]
Râul Bâc

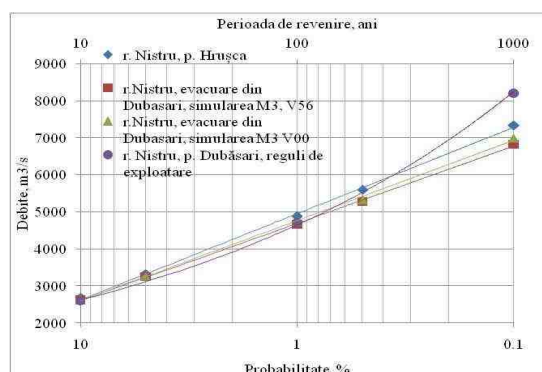


Fig. 4.21. Modificarea debitului maxim probabil sub influența colmatării l.a. Dubăsari

Modelarea influenței l.a. Ghidighici asupra viiturilor r. Bâc a fost efectuată utilizând modelul calibrat și validat în baza viiturilor reale. Acest model a fost aplicat pentru evaluarea transformării undelor de viitură de probabilitatea 10, 5, 1, 0,5 și 0,2% prin cuveta lacustră. Construirea hidrografelor a fost efectuată în baza viiturii din 1948. Debitele probabile au fost calculate utilizând șirul de date pentru întreaga perioadă de observații de la p. Chișinău (până și după construcția l.a. Ghidighici). Din cauza lipsei informației din amonte lacului de acumulare hidrografele construite au fost considerate ca hidrografe de intrare în lac. În rezultatul modelării dinamicii undei de viitură prin lac s-a constatat că capacitatea de diminuare a debitelor maxime este destul de semnificativă. Coeficientul de atenuare se încadrează în limitele 0,67-0,75, debitele de probabilitate medie fiind mai eficient reglate comparativ cu cele de rare. De asemenea, a fost calculat impactul diminuării volumului lacului de acumulare (fig. 4.22) asupra capacității de reglare a lacului. A fost estimat că coeficientul de atenuare crește nesemnificativ

egalându-se cu 0,71-0,78, debitele de evacuare fiind puțin mai mici în cazul modelării trecerii undei de viitură prin l. a. Ghidighici în condițiile volumului estimat în anul 2000 (fig. 4.23).

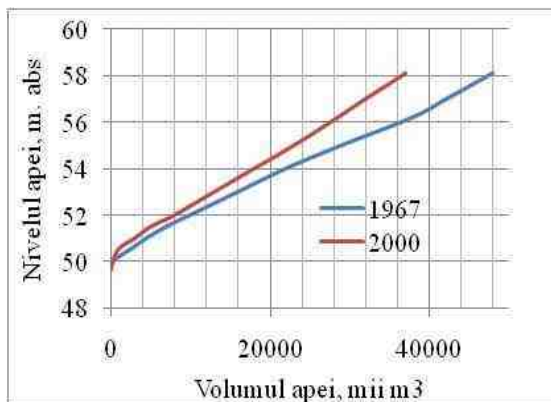


Fig. 4.22. Modificarea volumului l.a. Ghidighici pe parcursul perioadei de funcționare [construit în baza 215, 250]

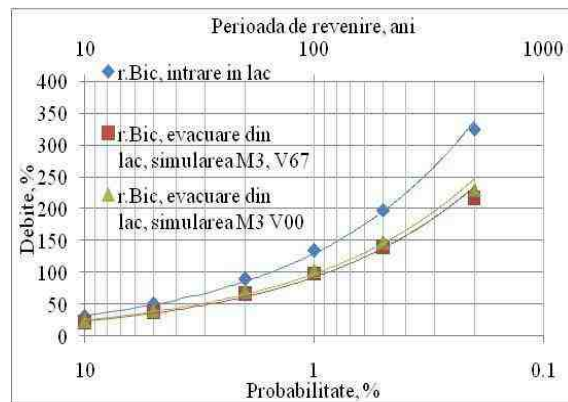


Fig. 4.23. Modificarea debitului maxim probabil sub influența colmatării l.a. Ghidighici

Estimarea impactului digurilor de protecție supra propagării viiturilor pluviale

Evaluarea impactului digurilor de protecție asupra dinamicii undei de viitură a fost efectuată pentru sectoarele de studiu ale r. Nistru și Bâc în baza modelării undelor de viitură de probabilitățile 0,1-10% (5 scenarii). Au fost apreciate modificările caracteristicilor temporale și spațiale ale viiturilor pluviale în condițiile prezenței și lipsei structurilor hidrotehnice de protecție. Estimarea caracteristicilor digurilor de protecție a fost efectuată în baza expedițiilor de teren, descrierilor din literatura de specialitate [176] și informației extrase de pe DEM. În linii generale, starea digurilor de protecție pentru zonele de studiu este satisfăcătoare, pe anumite sectoare evidențiindu-se surpături, tasări, creșterea vegetației pe pantele digurilor, utilizarea acestora pentru transport.

Râul Nistru

Pentru sectorul r. Nistru, în baza modelelor efectuate, a fost estimată dinamica undei de viitură reprezentată în forma hidrografelor de diferită probabilitate (fig. 4.24-4.26), profilurilor longitudinale cu caracteristici specifice scurgerii de apă (fig. 4.30, 4.31), hărților hazardului și riscului la inundații (fig. 4.32-4.35) etc. Analizând hidrografele undelor de viitură pentru cele 5 scenarii a fost observată diminuarea debitelor maxime în cazul lipsei digurilor de protecție. Spre exemplu, valorile debitelor maxime de la p. Bender și de la s. Talmaza se diminuează cu până la 200 m³/s (fig. 4.24-4.27). Lipsa structurilor hidrotehnice ar cauza, de asemenea, majorarea perioadei de parcurs ale undei de viitură. În medie pentru cele 5 scenarii, perioada de apariție a debitelor maxime în regiunea bifurcării r. Nistru crește cu 1-2 zile. Pentru întreaga zonă de studiu, se observă că nivelul mediu al apei este cuprins în limitele 4,95-5,75m în cazul prezenței

construcțiilor hidrotehnice și 2,9-4,45m în cazul lipsei acestora, respectiv, în condițiile naturalizării luncii acesta se va diminua cu circa 0,5-2,3m (fig. 4.28). Diferența nivelului apei este bine vizibilă și în profil longitudinal (fig. 4.30), în special, în regiunea din avalul l.a. Dubăsari unde nivelul apei în cazul prezenței structurilor de apărare se deosebește prin valori mai mari comparativ cu cazul lipsei acestora. După cum se poate observa din figura 4.28, odată cu diminuarea debitelor probabile, tendința adâncimii medii este în descreștere în primul caz și în creștere în al doilea caz. Egalarea valorilor adâncimii în condițiile trecerii viiturii cu perioada de revenire de 1000 ani înseamnă că digurile de protecție practic în totalitate cedează sau sunt acoperite cu apă, trecerea viiturii fiind condiționată de caracteristice naturale ale luncii. Specificul modificărilor vitezei medii de apă este comparabil cu cel al adâncimilor (fig. 4.29). Diferențele vitezei între modele ce iau în calcul digurile și cele fără ele sunt de 0,02-0,33m/s, aceasta fiind cuprinsă în limitele 0,6-0,8m/s în primul caz și 0,45-0,6m/s în al doilea. Valorile mai mici ale vitezei și adâncimii apei în cazul lipsei structurilor de apărare sunt determinate de faptul că unda de viitură se propagă prin albie necondiționat de obstacole, apa revărsându-se pe teritorii extinse în special în partea inferioară a r. Nistru unde lunca este foarte largă, lățimea cursului de apă fiind în medie de 2,5 ori mai mare decât în cazul prezenței digurilor de protecție (fig. 4.31). Suprafața totală a hazardului crește în condițiile descreșterii probabilității de apariție și cedării consecutive a digurilor de protecție. Construcția structurilor hidrotehnice de apărare contra inundațiilor a fost efectuată în așa fel ca acestea să reziste apariția debitelor maxime de 1% probabilitate. Astfel, capacitatea de protecție a digurilor poate fi estimată pentru trecerea viiturilor de 1-10%. Atât modelul cât și datele de proiect arată că efectul acestora este minor în cazul trecerii unor viituri cu probabilități mai rare. Se observă, de asemenea, că pe anumite sectoare digurile existente cedează chiar și în cazul trecerii unor viituri de 1-5% (fig. 4.32-4.35).

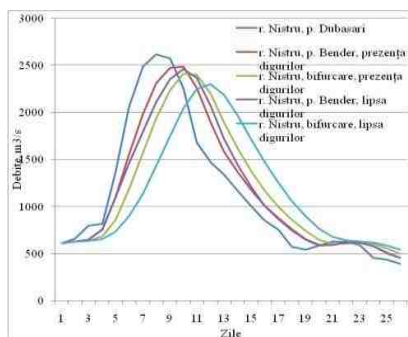


Fig. 4.24. Dinamica unei de viitură cu probabilitatea de 10% sub acțiunea digurilor de protecție, r. Nistru

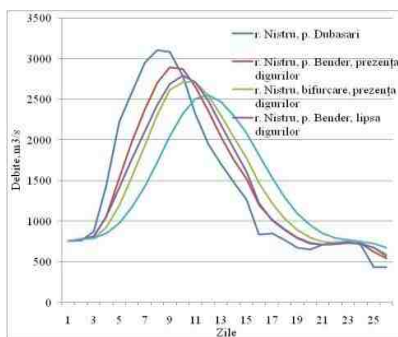


Fig. 4.25. Dinamica unei de viitură cu probabilitatea de 5% sub acțiunea digurilor de protecție, r. Nistru

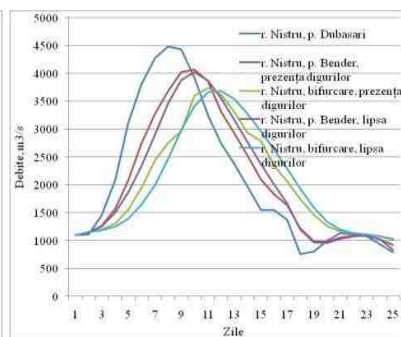


Fig. 4.26. Dinamica unei de viitură cu probabilitatea de 1% sub acțiunea digurilor de protecție, r. Nistru

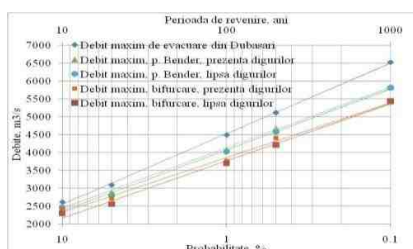


Fig. 4.27. Modificarea debitelor maxime probabile sub acțiunea digurilor de protecție, r. Nistru

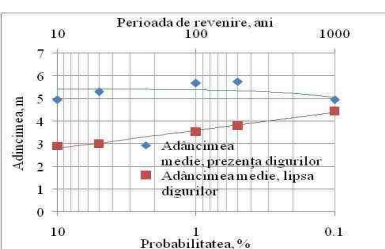


Fig. 4.28. Modificarea adâncimii medii a apei sub acțiunea digurilor, r. Nistru

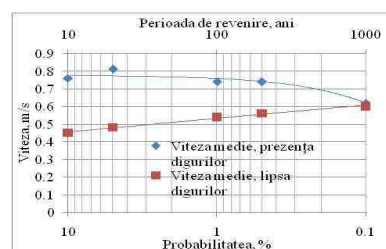


Fig. 4.29. Modificarea vitezei medii a apei sub acțiunea digurilor de protecție, r. Nistru

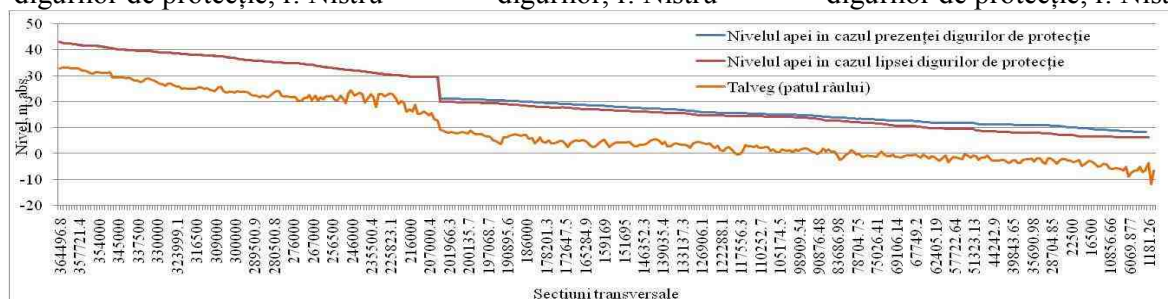


Fig. 4.30. Profilul longitudinal al r. Nistru în cazul unei de viitură cu probabilitatea de 1% (sectorul p. Hrușca - s. Talmaza)

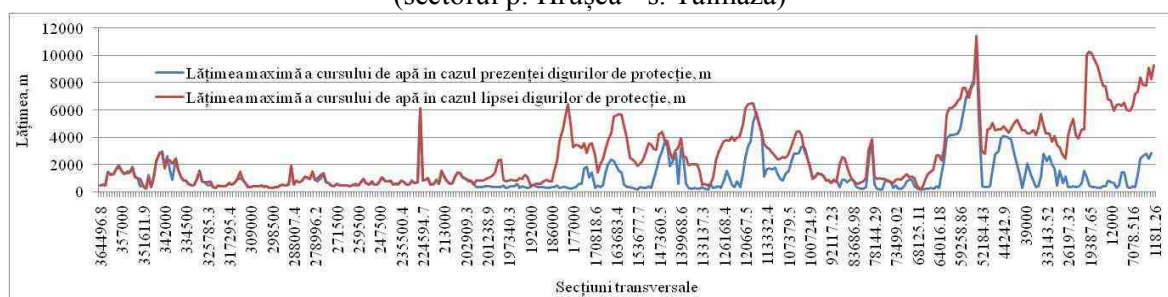


Fig. 4.31. Lățimea maximă a cursului de apă din cadrul profilelor transversale ale r. Nistru în cazul unei de viitură cu probabilitatea de 1% (sectorul p. Hrușca - s. Talmaza)

Analiza repartiției spațiale a zonelor inundabile a arătat că zona de studiu poate fi subîmpărțită în două secțiuni caracteristice limita cărora este l.a. Dubăsari (fig. 4.33-4.38). Suprafețele hazardului la inundații pe secțiunea p. Hrușca - p. Dubăsari sunt mult mai mici comparativ cu secțiunea din avalul lacului de acumulare din considerentele specificului reliefului. După cum a fost menționat anterior, partea inferioară a r. Nistru se situează în zonă de câmpie, lunca fiind lată și plată determinând condiții favorabile pentru repartiția apei de viitură pe suprafețe extinse. În cazul lipsei digurilor de protecție dar și, în general, în perioada trecerii viiturilor de probabilitate mică, lunca r. Nistru va fi în totalitate inundată (fig. 4.32-4.37). Suprafețe hazardului vor constitui 82-380 km² în cazul prezenței structurilor anti-viitură și 293-442 km² în cazul lipsei acestora pentru cele 5 scenarii (fig. 4.38). Aria potențial inundabilă în perioada trecerii viiturilor de 5-10% va fi de 3,5 ori mai mică dacă va fi protejată de construcțiile hidrotehnice de apărare, și se va diminua de aprox. 2 ori în perioada viiturilor de 0,5-1% în aceleași condiții (fig. 4.39, tab. C10).

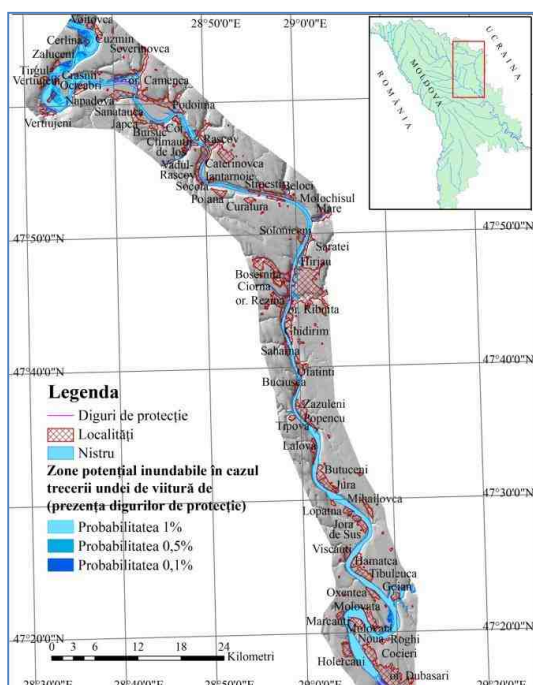


Fig. 4.32. Zonele hazardului la inundații în condițiile prezenței digurilor de protecție, secțiunea p. Hrușca - p. Dubăsari

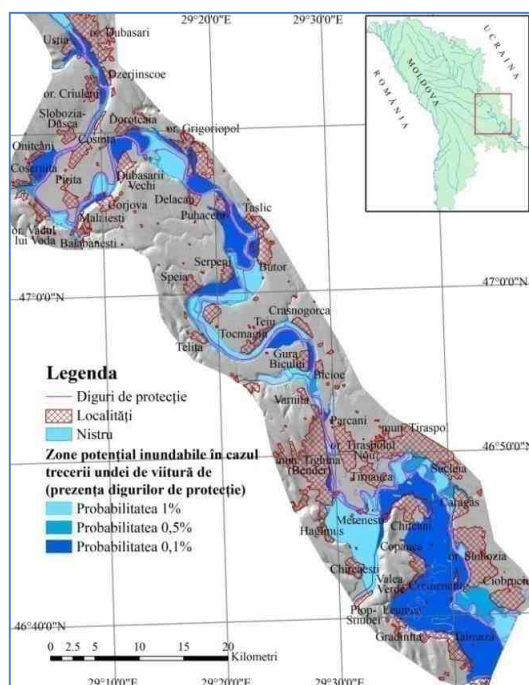


Fig. 4.33. Zonele hazardului la inundații în condițiile prezenței digurilor de protecție, secțiunea p. Dubăsari - s. Talmază

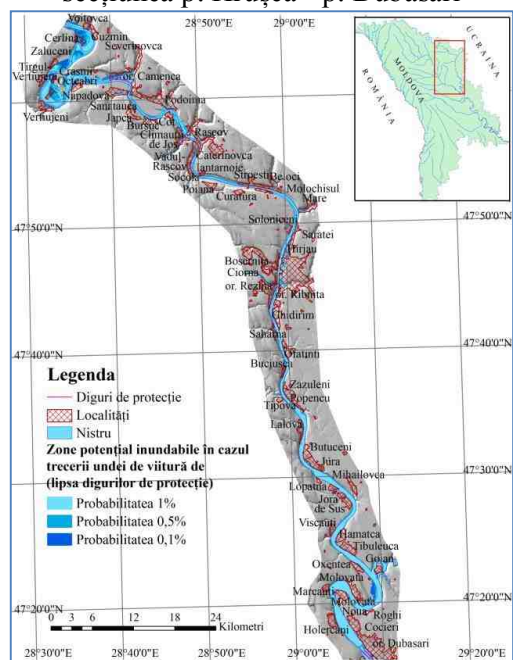


Fig. 4.34. Zonele hazardului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție, secțiunea p. Hrușca - p. Dubăsari

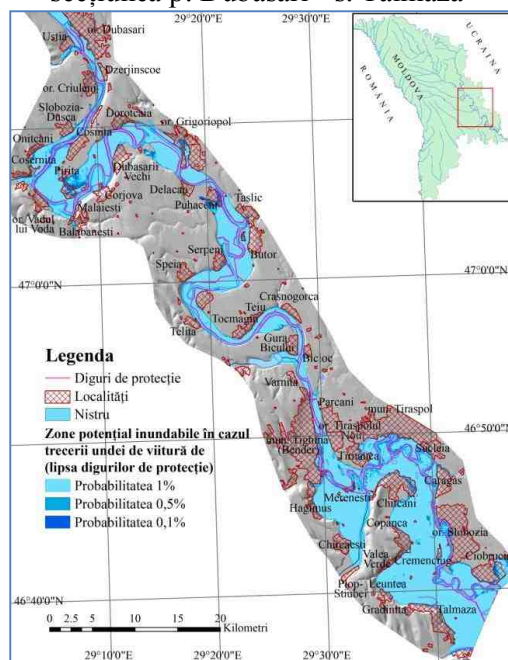


Fig. 4.35. Zonele hazardului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție, secțiunea p. Dubăsari - s. Talmază

Suprafețele riscul la inundații au fost apreciate în baza caracteristicilor hazardului la inundații: ariile inundabile, viteza și adâncimea apei dar și ale specificului acoperirii terenurilor. A fost apreciată expunerea categoriilor acoperirii terenului la inundate și vulnerabilitatea acestora la trecerea undei de viitură în baza metodologiei descrise în capitolul 2. Aprecierea

riscului la inundații a fost efectuată pentru cele 5 scenarii în condițiile prezentei și lipsei sistemului de diguri anti-viitură (fig. 4.39). În baza estimării zonelor riscului la inundații, a fost identificat că suprafețele ce intră în categoria riscului mare sunt net inferioare celor din categoria riscului mediu și nu se modifică substanțial în condițiile existenței și lipsei construcțiilor de protecție. Ariile riscului mediu cresc proporțional în condițiile luncii nemodificate însă o majorare semnificativă a acestora se observă în cazul prezentei digurilor în special în perioada apariției viiturilor ale căror perioadă de revenire depășește 100 ani din motivul cedării consecutive a structurilor de apărare. Din analiza rezultatelor estimării riscului la inundații se observă o diferențiere semnificativă a suprafețelor riscului mic. În condiții prezentei digurilor de apărare ariile riscului mic cresc odată cu diminuarea probabilității viiturilor. În cazul lipsei acestora, suprafețele riscului mic scad odată cu creșterea perioadei de revenire trecând în categoriile riscului mediu și mare datorită majorării intensității viiturii caracterizate de viteze și adâncimi mai mari ai apei viiturilor pluviale.

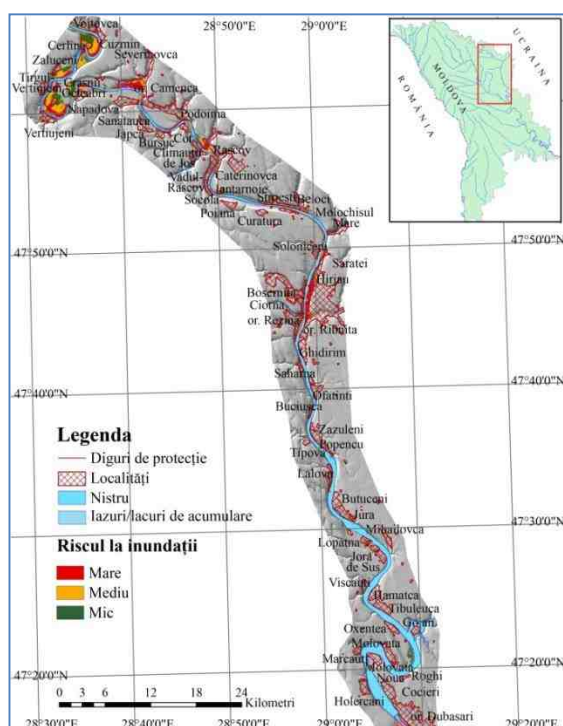


Fig. 4.36. Zonele riscului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție, secțiunea p. Hrușca - p. Dubăsari

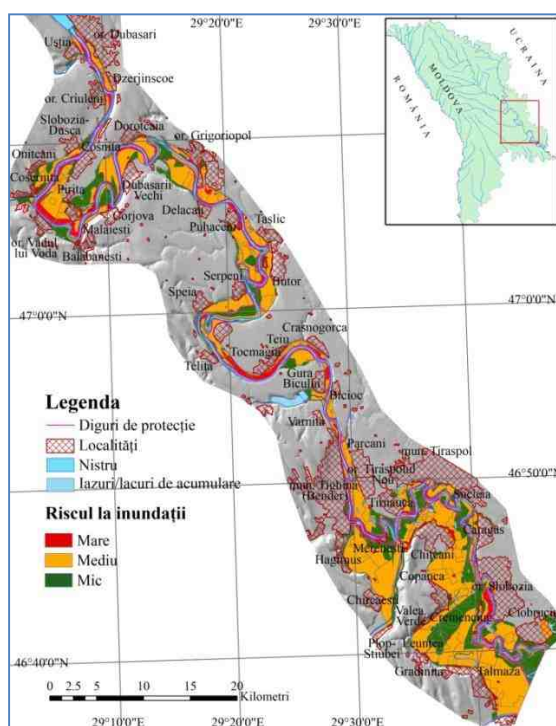


Fig. 4.37. Zonele riscului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție, secțiunea p. Dubăsari - s. Talmază

Pe lângă evaluarea hazardului și riscului la inundații, o anumită atenție a fost acordată estimării numărului persoanelor afectate și a daunelor care pot fi cauzate de viituri. Conform studiului [176], prejudiciul anual total cauzat de riscul la inundații în Moldova este de 56 mil. Euro iar numărul mediu anual de persoane afectate se ridică la 5200 (44% - puternic afectați și

15% - foarte puternic afectați). Cu toate acestea, în cercetarea prezentă, accentul a fost pus pe determinarea persoanelor afectate și a daunelor potențiale care pot fi cauzate de viiturile cu probabilitate de 0,1-10% (5 scenarii) fără normalizare anuală, utilizând metodologia din cap. 2.

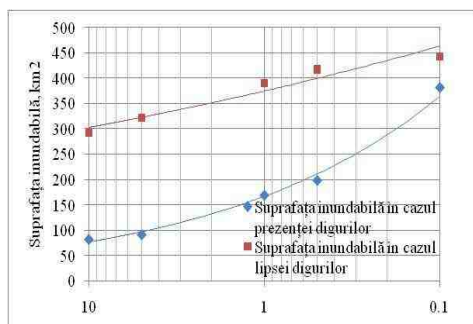


Fig. 4.38. Modificarea zonelor hazardului la inundații în condițiile prezenței / lipsei digurilor de protecție, r. Nistru (secțiunea p. Hrușca - s. Talmaza)

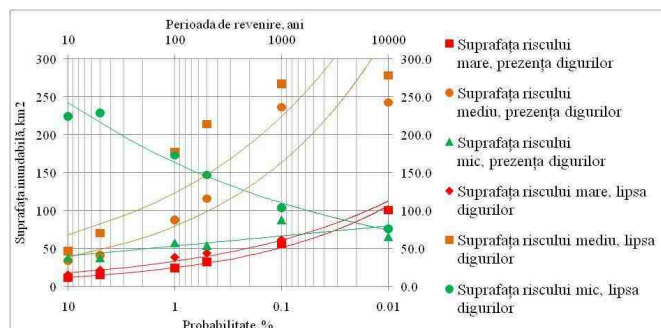


Fig. 4.39. Modificarea zonelor riscului la inundații în condițiile prezenței / lipsei digurilor de protecție, r. Nistru (secțiunea p. Hrușca - s. Talmaza)

A fost apreciat că numărul populației afectate de inundații se poate ridica la 10000-45000 mii în dependență de probabilitatea de depășire și gradul de protecție (fig. 4.40). Din totalul persoanelor afectate, ponderea populației foarte puternic afectate în cazul prezenței digurilor de protecție este de 31-41%, procentul crescând proporțional cu perioada de revenire. Ponderea populației afectate mediu se încadrează în limitele 41-53% descrescând odată cu diminuarea probabilității de apariție. În cazul lipsei structurilor hidrotehnice de apărare, ponderea populației foarte puternic afectate va constitui 20-36%, iar a celei afectate mediu - 47-66%, legitățile păstrându-se aceleași (fig. 4.42, 4.43). Creșterea numărului populației foarte puternic afectate în cazul probabilităților rare este cauzată de majorarea intensității viiturilor fapt ce determină trecerea unui anumit număr de persoane din categoria populației afectate mediu în cea a populație puternic și foarte puternic afectate.

Dauna potențială cauzată de viituri este o valoare calculată în dependență de adâncimea viiturii și prejudiciul cauzat diferitor categorii de acoperire a terenului. După cum a fost estimat (cap. 2), pierderile maxime sunt apreciate pentru zonele industriale și localități. În baza acestei informații a fost calculat că dauna potențială cauzată de viituri se va ridica la 83-330 mil. Euro în cazul prezenței digurilor de protecție și la 102-339 mil. Euro în cazul lipsei acestora (fig. 4.41). Pentru a valida aceste valori este necesar de menționat că a fost calculat inițial prejudiciul material cauzat de viitura din anul 2008 de pe r. Nistru care se egalează cu 131 mil. Euro conform literaturii de specialitate [227, p. 265]. Datele modelării prejudiciului viiturii din 2008 sunt de 132 mil. Euro fiind puțin peste valoarea înregistrată. În linii mari, acest fapt denotă că valorile estimate a daunelor pot fi aproape de realitate însă totuși aprecierea exactă a prejudiciului va fi efectuată în cazul apariției viiturilor reale. De asemenea, a fost calculată

ponderea daunelor potențiale pe categorii de terenuri. Astfel, a fost determinat că zonele industriale, orașele și satele vor fi afectate în proporții aproximativ egale. În cazul apariției viiturilor de probabilitate 0,1-10% și prezenței structurilor de apărare ponderea daunelor cauzate zonelor rurale va constitui 26-37%, zonelor urbane - 31-37% și zonelor industriale - 27-35%. Procentul prejudiciului cauzat ultimilor două categorii este în descreștere odată cu creșterea perioadei de revenire a inundațiilor, fiind determinat de creșterea ponderii pierderilor materiale cauzate satelor (fig. 4.44). În condițiile lipsei digurilor de protecție dauna cauzată localităților rurale va fi de 32-38%, celor urbane - 29-30%, zonelor industriale - 26-29%. Terenurile agricole vor fi prejudiciate cu circa 6-13% din total, valoarea diminuându-se odată cu descreșterea probabilității de apariție (fig. 4.45).

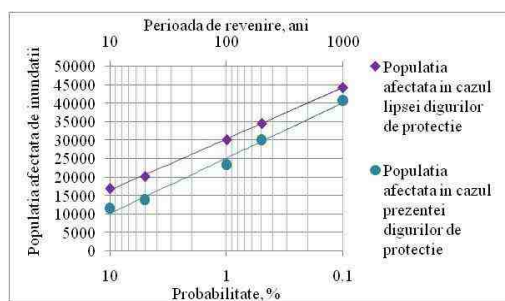


Fig. 4.40. Populația afectată în caz de inundații de diferită probabilitate de pe r. Nistru

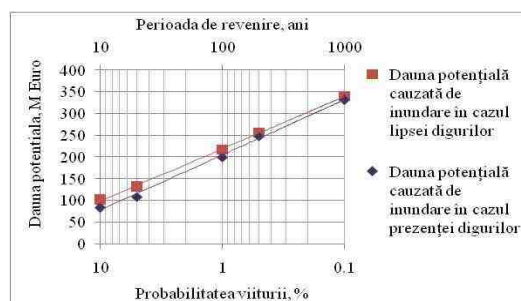


Fig. 4.41. Dauna potențială ce poate fi provocată de viiturile pluviale de diferită probabilitate de pe r. Nistru

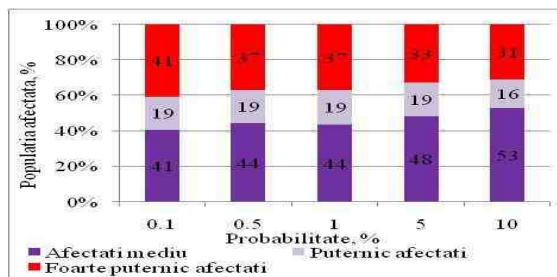


Fig. 4.42. Ponderea categoriilor populației afectate în caz de inundații de diferită probabilitate pe r. Nistru, în condițiile prezenței digurilor de protecție

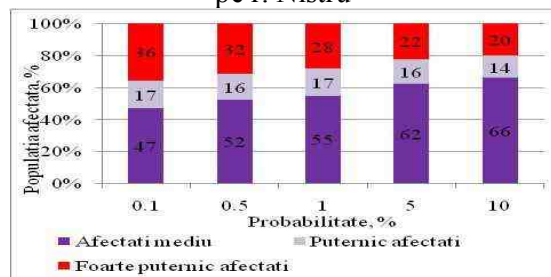


Fig. 4.43. Ponderea categoriilor populației afectate în caz de inundații de diferită probabilitate pe r. Nistru, în condițiile lipsei digurilor de protecție

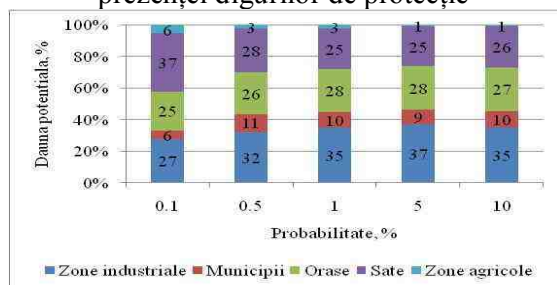


Fig. 4.44. Ponderea daunei potențiale diferențiate pe categorii de terenuri în caz de inundații de diferită probabilitate pe r. Nistru, în condițiile prezenței digurilor de protecție

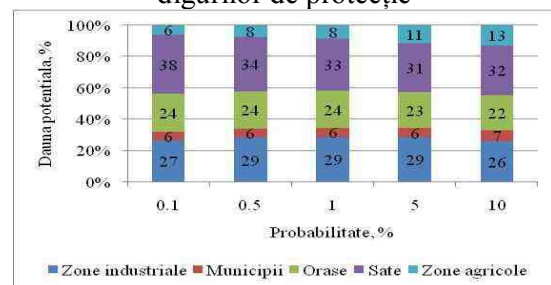


Fig. 4.45. Ponderea daunei potențiale diferențiate pe categorii de terenuri în caz de inundații de diferită probabilitate pe r. Nistru, în condițiile lipsei digurilor de protecție

Râul Bâc

Modelul hidraulic calibrat și validat pentru simularea viiturilor de pe r. Bâc a fost aplicat pentru modelarea viiturilor de probabilități 0,1-10% în condițiile prezenței și lipsei sistemului digurilor de protecție. Au fost utilizate hidrografele construite în baza datelor multianuale de la p. Chișinău precum și în baza debitelor maxime din cadrul regulamentului de exploatare a l. a. Ghidighici [250]. A fost identificat că debitul maxim de evacuare din l. a. Ghidighici de probabilitatea 1% ($202 \text{ m}^3/\text{s}$) se egalează cu cel de 0,5% estimat prin metode statistice ($198 \text{ m}^3/\text{s}$), iar debitul de 0,5% ($325 \text{ m}^3/\text{s}$) este identic cu cel de 0,2% calculat utilizând șirul de date hidrologice de la p. Chișinău. Valoarea maximă a debitului este atribuită probabilității de 0,1% extrasă din regulile de exploatare, aceasta fiind de $471 \text{ m}^3/\text{s}$. În continuare, pentru simplificarea analizei rezultatelor, referința se va face pentru scenariile care includ debitele maxime calculate în baza metodelor statistice. În rezultatul modelării, au fost obținute caracteristicile hidrologice ale viiturilor pentru secțiunile transversale ale râului în baza cărora a fost apreciată dinamica undei de viitură (fig. 4.46-4.48). Analizând hidrografele de la gura de vărsare a r. Bâc în condițiile prezenței și lipsei digurilor de protecție a fost determinat că în cazul luncii naturale are loc atenuarea viiturilor și respectiv întârzierea și diminuarea debitului maxim. Acest fapt este caracteristic pentru viiturile de probabilitate medie de până la 1%. Odată cu cedarea digurilor de protecție, debitele maxime și hidrografele se egalează pentru cazurile prezenței și lipsei structurilor de apărare (fig. 4.49). Viteza medie în condițiile prezenței digurilor de protecție scade odată cu diminuarea probabilității iar pentru cazul când acestea lipsesc, viteza se majorează odată cu creșterea perioadei de revenire (fig. 4.50). Adâncimea medie a apei se caracterizează prin aceeași legătură ca și viteza apei (fig. 4.51). În calitate de exemplu, în figurile 4.52 și 4.53 este reprezentat profilul longitudinal ale r. Bâc, fiind arătate nivelurile și lățimea maximă a cursului de apă din cadrul secțiunilor transversale în condițiile lipsei și prezenței digurilor. Lățimea cursului de apă în mod logic este mult mai mare în condițiile când lunca râului nu este îndiguită, și se reduce odată cu îngustarea zonei destinate trecerii viiturilor.

Suprafețele hazardului la inundații diferențiază în dependență de prezența/lipsa structurilor de apărare și de probabilitatea viiturii. Aria potențial inundabilă pe sectorul r. Bâc de la l.a. Ghidighici până la gura de vărsare se va încadra în limitele $5\text{-}30 \text{ km}^2$ în cazul prezenței digurilor de protecție și, respectiv, $11,7\text{-}34 \text{ km}^2$ în cazul lipsei acestora pentru cele 5 scenarii (fig. 4.54). Construcția structurilor anti-viitură determină diminuarea zonelor potențial inundabile de $2,0\text{-}2,5$ ori în cazul trecerii viiturilor de 1-10% probabilitatea. Reducerea suprafețelor inundabile în cazul viiturilor mai mici de 1% este mult mai mică din considerentele cedării digurilor de protecție. Analizând repartitia spațială a hazardului și riscului la inundare (fig. 4.55-4.59, tab. C11) se

poate observa că cele mai afectate zone sunt situate în partea inferioară a râului, în aval de or. Chișinău din cauza prezenței unui relief de câmpie care permite revărsarea și distribuția apelor viiturilor pluviale în cadrul luncii.

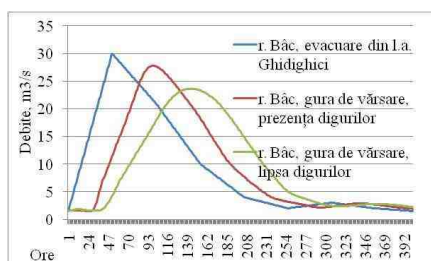


Fig. 4.46. Dinamica unei de viitură cu probabilitatea de 10% sub acțiunea digurilor de protecție, r. Bâc

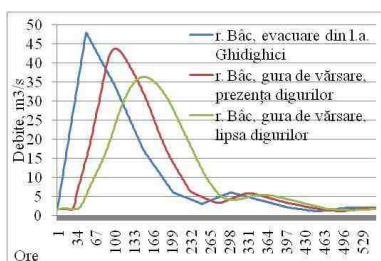


Fig. 4.47. Dinamica unei de viitură cu probabilitatea de 5% sub acțiunea digurilor de protecție, r. Bâc

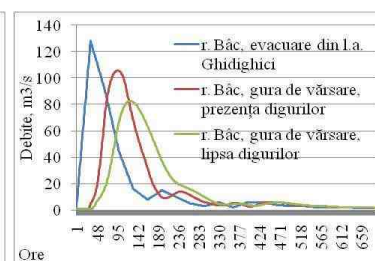


Fig. 4.48. Dinamica unei de viitură cu probabilitatea de 1% sub acțiunea digurilor de protecție, r. Bâc

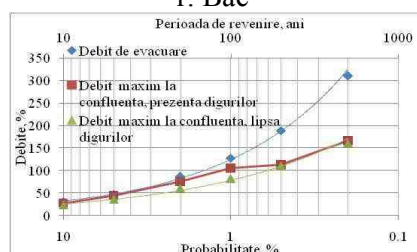


Fig. 4.49. Modificare debitelor maxime probabile sub acțiunea digurilor de protecție, r. Bâc

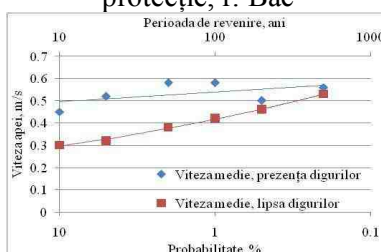


Fig. 4.50. Modificare vitezei medii sub acțiunea digurilor de protecție, r. Bâc

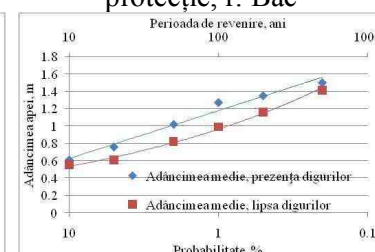


Fig. 4.51. Modificare adâncimii apei sub acțiunea digurilor de protecție, r. Bâc

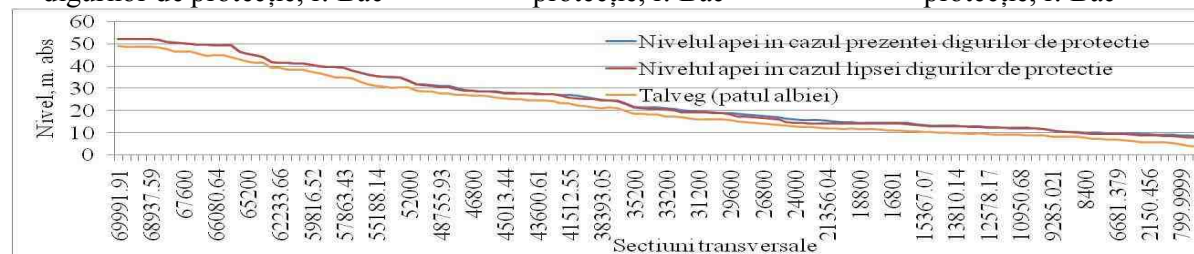


Fig. 4.52. Profilul longitudinal al r. Bâc în cazul unei de viitură cu probabilitatea de 1% (sectorul aval de l.a. Ghidighici - gura de vărsare)

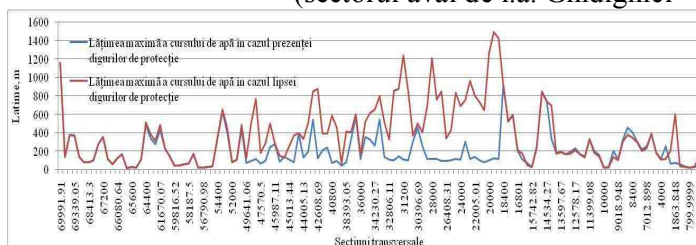


Fig. 4.53. Lățimea maximă a cursului de apă din cadrul profilelor transversale ale r. Bâc în cazul unei de viitură cu probabilitatea de 1% (sectorul aval de l.a. Ghidighici - gura de vărsare)

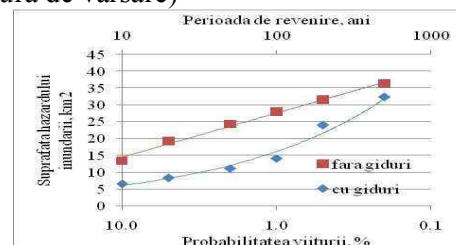


Fig. 4.54. Modificarea zonelor hazardului la inundații în condițiile prezenței / lipsei digurilor de protecție, r. Bâc

În baza aprecierii riscului la inundații, s-a constatat că zonele riscului mare și mediu sunt, pentru toate cazurile, mai mici decât cele ale riscului mic, fapt determinat de prezența vegetației naturale dar și de intensitatea redusă a viiturilor. Suprafețele riscului la inundații cresc

proporțional cu perioada de revenire (fig. 4.60). Creșterea semnificativă a ariilor riscului mic se observă în cazul viiturilor cu probabilitatea peste 1% comparativ cu cele sub 1% datorită faptului cedării digurilor de protecție. Odată cu majorarea perioadei de revenite suprafețele riscului pentru cazurile prezenței și lipsei digurilor de protecție tind să se egaleze.

Numărul populației afectată crește proporțional cu diminuarea probabilității viiturilor. Diferențierea în numărul populației afectate în condițiile prezenței și lipsei structurilor de apărare nu este mare fapt explicat prin poziționarea localităților în cadrul luncii și practic lipsa digurilor în apropierea acestora. Numărul populației afectate poate crește la 5000 locuitori, fiind practic nul în cazul trecerii viiturilor medii din motivul că inundația nu pătrunde în localități (fig. 4.61). Majoritatea populației va fi afectată mediu de către viiturilor pluviale atât în condițiile prezenței cât și lipsei digurilor de protecție (fig. 4.63, 4.64).

Daunele materiale estimate pentru cel 5 scenarii sunt cuprinse în limitele 5-95 mil. Euro pentru cazul prezenței digurilor de protecție și 7-110 mil. Euro în cazul lipsei acestora (fig. 4.62). Cele mai afectate zone vor fi cele industriale, prejudiciul cauzat acestora va depăși 75% din dauna totală cauzată de viituri (fig. 4.65, 4.66). În special, vor fi supuse inundării zonele industriale din regiunea mun. Chișinău. Ponderea prejudiciul cauzat zonelor agricole comparativ cu cel din zonele industriale și urbane practic va fi nesemnificativă.

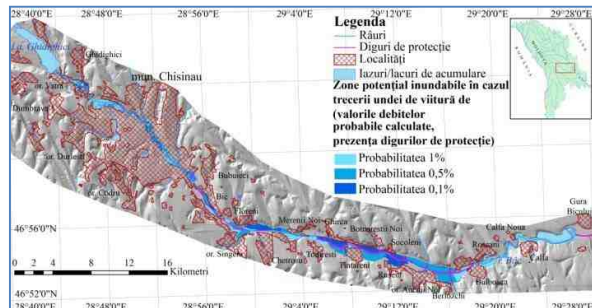


Fig. 4.55. Zonele hazardului la inundații în condițiile prezenței digurilor de protecție, debitele probabile calculate

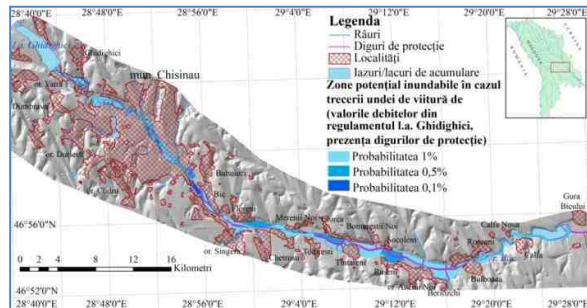


Fig. 4.56. Zonele hazardului la inundații în condițiile prezenței digurilor de protecție, debite probabile din regulamentul de exploatare l.a. Ghidighici

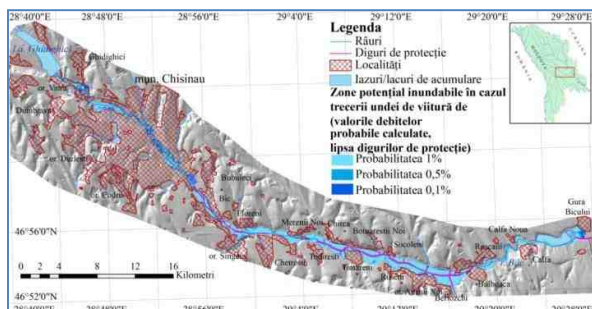


Fig. 4.57. Zonele hazardului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție, debitele probabile calculate

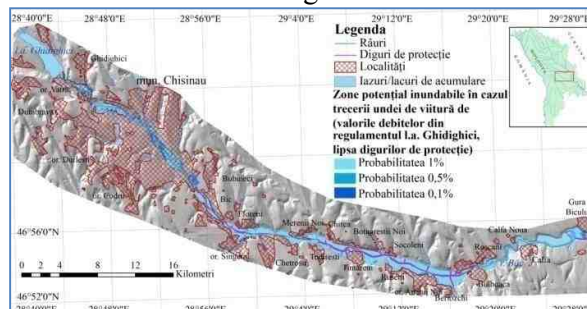


Fig. 4.58. Zonele hazardului la inundații în condițiile lipsei digurilor, debite probabile din regulamentul de exploatare l.a. Ghidighici

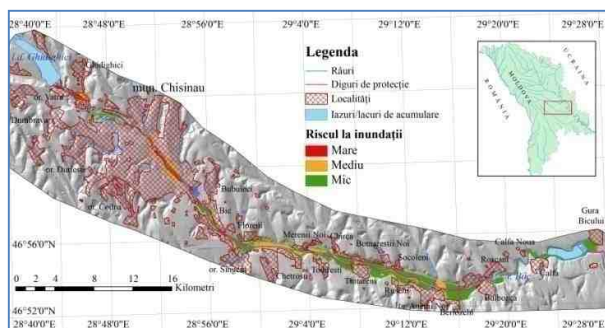


Fig. 4.59. Zonele riscului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție

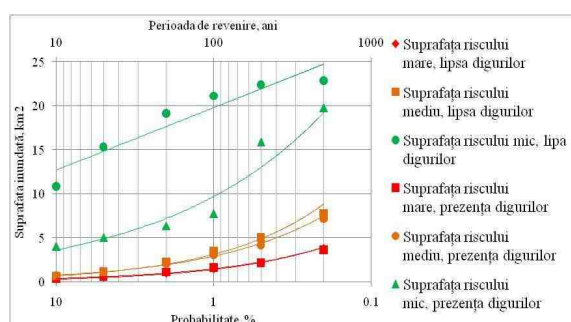


Fig. 4.60. Modificarea zonelor riscului la inundații în condițiile prezenței / lipsei digurilor de protecție, r. Bâc (secțiunea aval de l. a. Ghidighici - gura de vărsare)

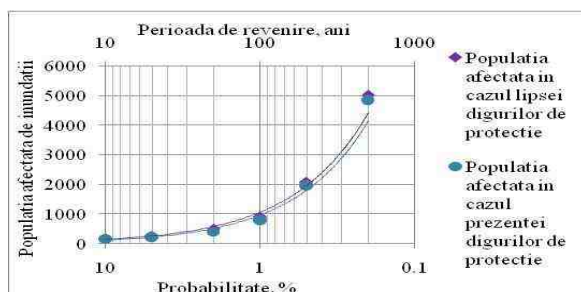


Fig. 4.61. Populația afectată în caz de inundații de diferită probabilitate de pe r. Bâc

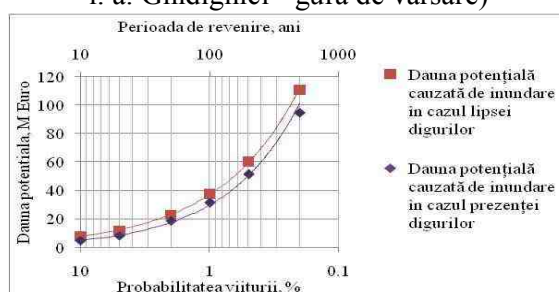


Fig. 4.62. Dauna potențială ce poate fi provocată de viiturile pluviale de diferită probabilitate de pe r. Bâc

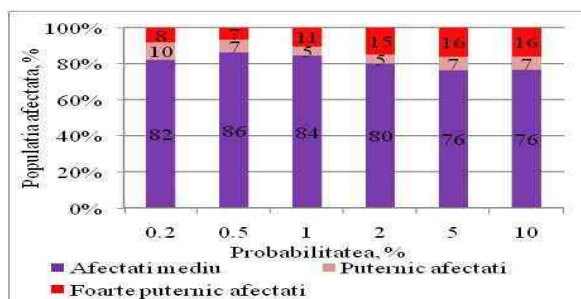


Fig. 4.63. Ponderea categoriilor populației afectate în caz de inundații de diferită probabilitate pe r. Bâc, în condițiile prezenței digurilor de protecție

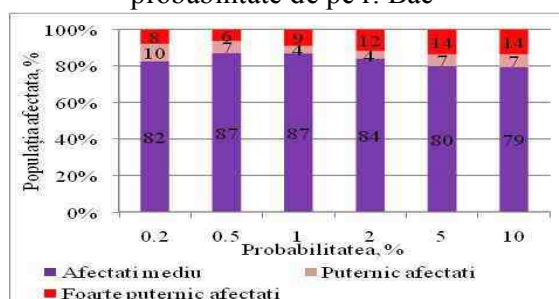


Fig. 4.64. Ponderea categoriilor populației afectate în caz de inundații de diferită probabilitate pe r. Bâc, în condițiile lipsei digurilor de protecție

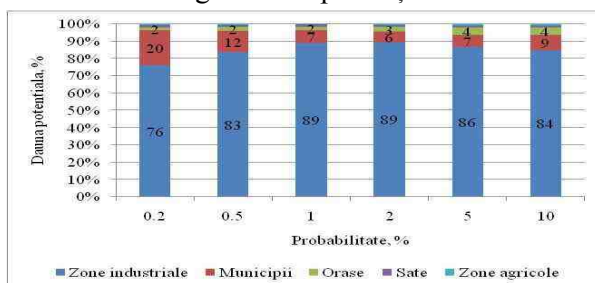


Fig. 4.65. Ponderea daunei potențiale diferențiate pe categorii de terenuri în caz de inundații de diferită probabilitate pe r. Bâc, în condițiile prezenței digurilor de protecție

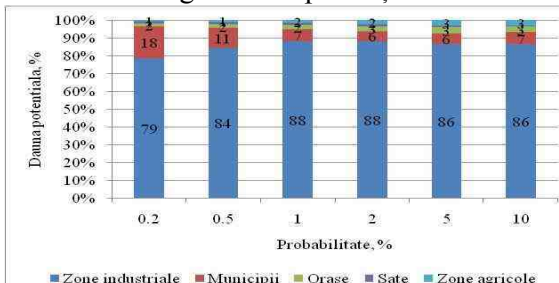


Fig. 4.66. Ponderea daunei potențiale diferențiate pe categorii de terenuri în caz de inundații de diferită probabilitate pe r. Bâc, în condițiile lipsei digurilor de protecție

Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra riscului la inundații

Aprecierea modificărilor scurgerii de viitură sub acțiunea impactului schimbărilor climatice a fost efectuată în baza analizei literaturii de specialitate naționale și internaționale. A fost determinat că principalele caracteristici hidrologice analizate și pentru care au fost identificate anumite prognoze de modificare sunt: stratul scurgerii de viitură, intensitatea viiturilor, frecvența anuală a viiturilor, debitul maxim de 1% probabilitate etc.. Pentru studiul prezent, o atenție deosebită a fost acordată valorii debitului de 1%. Astfel, în anul 2009 autorii Dankers R., Feyen L. [87] au estimat că modificările debitului de 1% ale r. Nistru conform scenariilor A2 și B2 sfârșitul secolului vor fi de $\pm 5\%$ și respectiv -5-+35% (tab. 4.7). Valoarea debitului de 1% al r. Bâc se va schimba în limitele -15- +18%. Estimări mai recente [182] au arătat că pentru scenariul A1B debitul maxim de 1% al r. Nistru va crește cu 10-20% iar al r. Bâc - cu $\pm 5\%$. Alte cercetări [88] au apreciat că scurgerea de viitură se va diminua cu 35% pe întreg teritoriul țării către sfârșitul secolului. După cum se observă, amplitudinile sunt destul de semnificative pentru a putea fi utilizate.

Tabelul 4.7. Modificările debitului de 1% probabilitate sub acțiunea schimbărilor climatice, scenarii A2 și B2 pentru perioada 2071-2100 comparativ cu perioada 1961-1990 [87]

Modele generale climatice/ Scenarii	HIRHAM				RCAO			
	HadAM3H		ECHAM4/OPYC		HadAM3H		ECHAM4/OPYC	
	Nistru	Bâc	Nistru	Bâc	Nistru	Bâc	Nistru	Bâc
A2	± 5	-15	± 5	+18	± 5	-5	-5	-10
B2	+25	+25	± 5	+5	+35	+30	± 5	± 5

Ultimele estimări efectuate în baza aplicării modelării hidrologice globale și a proiecției RCP 8.5 din cadrul raportului al V-lea al IPCC [71], (fig. 4.67) se rezumă la faptul că valorile debitului de 1% al r. Nistru pentru perioada 2006-2035 (în continuare 2020) vor crește cu 15%, pentru anii 2036-2065 (în continuare 2050) vor fi cu 17% mai mare, pentru perioada 2066-2095 (în continuare 2080) se vor majora cu 22% comparativ cu perioada de referință (în continuare 1990). Debitul maxim de 1% al r. Bâc va crește cu 10% pentru prima perioadă, cu 15% pentru a doua și 32% pentru a treia comparativ cu valorile actuale (tab. 4.8).

Tabelul 4.8. Creșterea debitelor viiturilor pluviale sub acțiunea schimbărilor climatice comparativ cu perioada de referință, %

Autori/ Râul/ Perioada	Alfieri L. et. al. 2015, RCP 8.5 [71]					Rojas R. et. al., 2012 [182]		Dankers R. et. al. 2014 [88]
	r. Nistru		r. Bâc		General pe Moldova, $Q_{1\%}$	r. Nistru, SRES A1B $Q_{1\%}$	r. Bâc, SRES A1B, $Q_{1\%}$	General pe Moldova RCP 8.5, $Q_{3\%}$
	Q_{med}	$Q_{1\%}$	Q_{med}	$Q_{1\%}$				
2020	8.0	15	9	10	+82	+10	+5	-
2050	10.0	17	10	15	+77	+12	-5	-
2080	12.0	22	25	32	+56	+20	-5	-35

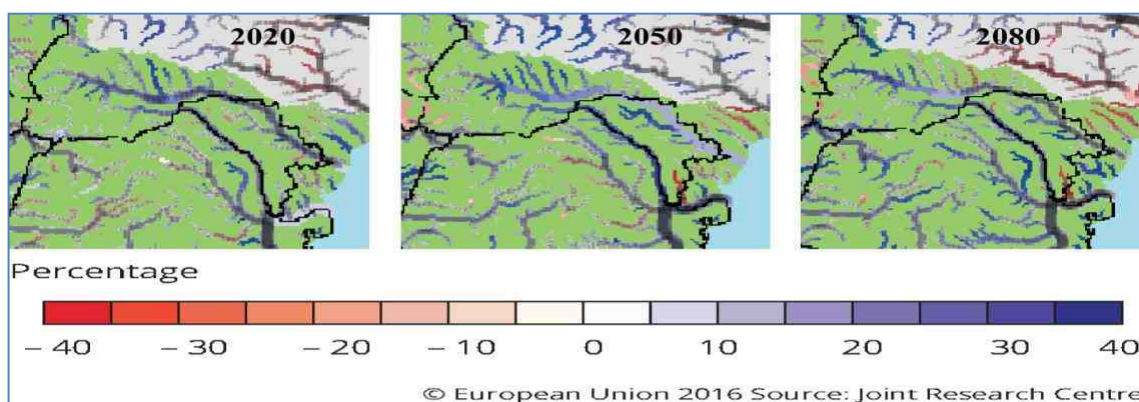


Fig. 4.67. Modificarea debitelor maxime pluviale de 1% probabilitate sub acțiunea schimbărilor climatice [71]

Pentru evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra caracteristicilor spațiale și temporale ale viiturilor pluviale au fost utilizate estimările creșterii valorilor debitelor de 1% (tab. 4.8) din cea mai recentă publicație [71]. Aceste valori au fost aplicate pentru construcția hidrografelor unei de viitură (fig. 4.69, 4.75) care la rândul lor au fost utilizate ca date de intrare în modelele hidraulice calibrate și validate pentru exemplul viiturilor de pe r. Nistru și Bâc, condiția considerată a fost lipsa digurilor de protecție.

Râul Nistru

Pentru estimarea impactului schimbărilor climatice asupra unei de viitură a r. Nistru au fost modificate debitele maxime de 1% de la p. Hrușca utilizând datele din tabelul 4.8, în baza cărora au fost construite noi hidrografele de intrare în modelele hidraulice și evaluate modificările caracteristicilor hidrologice temporale și spațiale ale viiturilor (fig. 4.68, 4.69). Creșterea valorii debitului maxim de 1% va determina schimbarea probabilității acestuia, astfel, valoarea actuală a debitului de 0,5% și 0,3 % va deveni valoarea celui de 1% pentru anii 2020 și pentru anii 2080. În baza aplicării modelării hidraulice, s-a constatat că debitele maxime de evacuarea din l. a. Dubăsari și, respectiv, din partea inferioară a râului Nistru dar și alte caracteristici hidrologice vor crește consecutiv (fig. 4.68). Adâncimea medie a apei se va majora cu 0,5 m iar viteza - cu aprox. 0,2 m/s (fig. 4.70). Valorile ariei hazardului la inundare și, respectiv, riscului total vor crește cu circa 19-25km² comparativ cu perioada prezentă. Suprafețe riscului mare vor fi cu 6-10km² mai mari ca în prezent, cele ale riscului mediu - cu 40-55km² iar cele ale riscului mic se vor diminua cu 28-40km² (fig. 4.71). Modificarea unei de viitură va genera schimbări în numărul populației afectate și a daunelor potențiale (fig. 4.72-4.73). Astfel, numărul populației afectate mediu va crește cu circa 1700-2400 locuitori iar a celei foarte puternic afectate - cu 2500-3500 locuitori (fig. 4.72). Ponderea populației afectate mediu se va

menține în limitele 50%, a celei afectate puternic - 16% iar celei foarte puternic afectate - 32%. Dauna potențială va crește cu 60 mil. Euro către sfârșitul secolului (fig. 4.72). Ponderea pagubei potențiale cauzate de viituri pe categorii de utilizare a terenurilor se va menține la nivelul perioadei actuale.

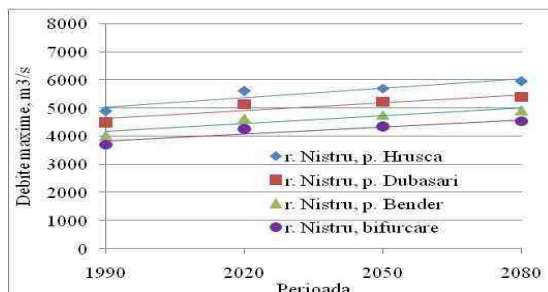


Fig. 4.68. Modificarea debitelor maxime de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Nistru

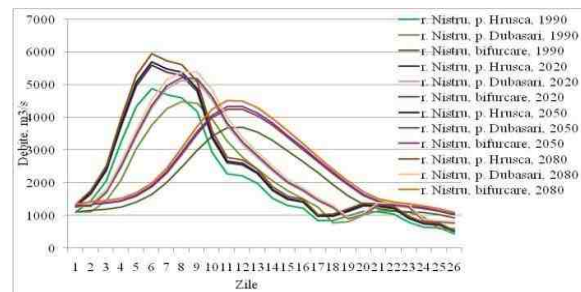


Fig. 4.69. Modificarea hidrografelor undelor de viitură de 1% probabilitate sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Nistru

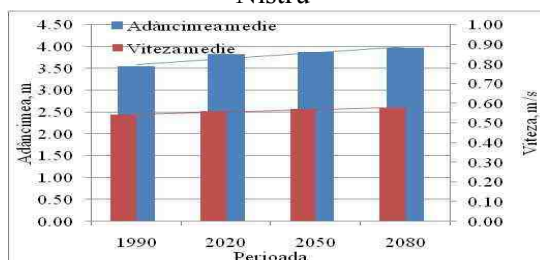


Fig. 4.70. Modificarea vitezei și adâncimii medii în cazul viiturii de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Nistru

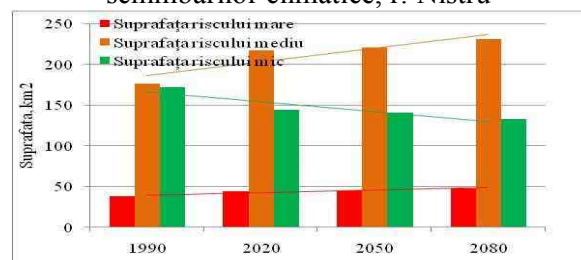


Fig. 4.71. Modificarea suprafețelor riscului la inundații în cazul undelor de viitură de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Nistru

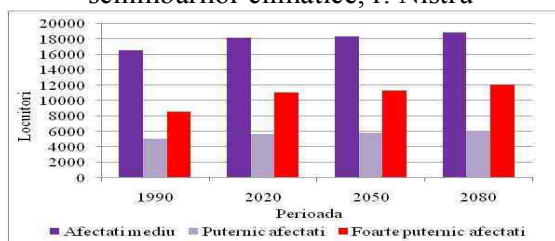


Fig. 4.72. Modificarea categoriilor populației afectate de viiturile pluviale de 1% ale r. Nistru sub acțiunea schimbărilor climatice
Râul Bâc

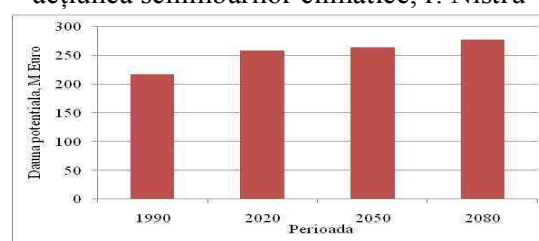


Fig. 4.73. Modificarea daunelor potențiale cauzate de viiturile pluviale de 1% ale r. Nistru sub acțiunea schimbărilor climatice

Modificările debitelor maxime de 1% probabilitate de pe râurile mici sub acțiunea schimbărilor climatice vor fi mai semnificative comparativ cu cele ale râurilor mari. Conform datelor din tabelul 4.8, debitul maxim de 1% al r. Bâc va crește către sfârșitul secolului de la valoarea actuală de 134 m³/s la aprox. 170 m³/s (aprox. cu 32%) și va trece de la probabilitatea de 1% la 0,6% (fig. 4.74). În baza acestei informații au fost construite 3 hidrografe ale undei de viitură (fig. 4.75) pentru perioadele 2020, 2050, 2080 care au servit drept date de intrare în modelul hidraulic efectuat pentru aprecierea impactului schimbărilor climatice asupra caracteristicile hidrologice ale viiturilor r. Bâc. În rezultat, s-a constatat că suprafețe potențial

inundabile vor crește cu 3km² (fig. 4.77), viteza medie a apelor pluviale va rămâne practic neschimbată, adâncimea medie se va majora cu aprox. 15 cm (fig. 4.76). Către sfârșitul secolului suprafețe riscului mare la inundații vor crește de 2 ori, cele ale riscului mediu vor rămâne practic neschimbate, iar cele ale riscului mic se vor mări cu 5 km² comparativ cu datele actuale calculate pentru cazul lipsei digurilor de protecție. Numărul populației afectate în cazul modificărilor suprafețe potențial inundabile cauzate de schimbările climatice va crește de 2 ori, cu toate acestea numărul populației foarte puternic afectate va crește ușor, cel al populației puternic afectate se va majora de 2,75 ori iar cel al populației afectate - de 1,8 ori (fig. 4.78). Dauna potențială, pe parcursul secolului, va crește cu 5-16 mln. Euro (fig. 4.79), ponderea pagubelor pe categoriile de utilizare a terenurilor fiind practic identică cu cea actuală.

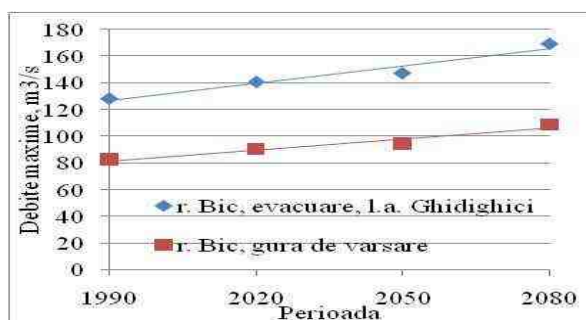


Fig. 4.74. Modificarea debitelor maxime de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Bâc

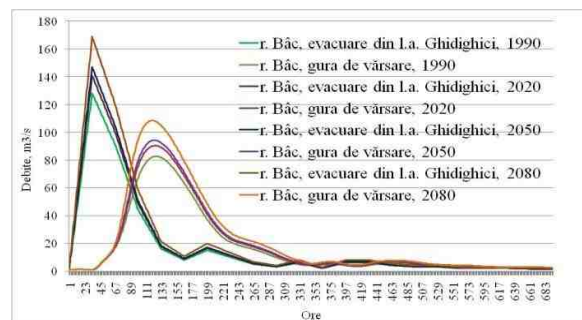


Fig. 4.75. Modificarea hidrografelor undelor de viitură de 1% probabilitate sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Bâc

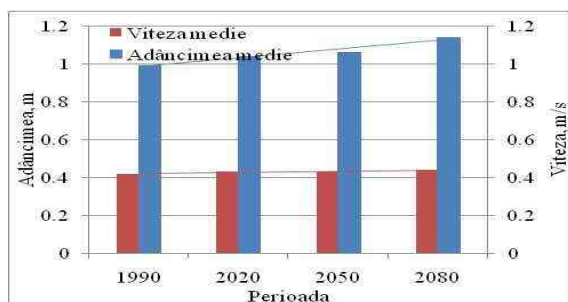


Fig. 4.76. Modificarea vitezei și adâncimii medii în cazul viiturii de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Bâc

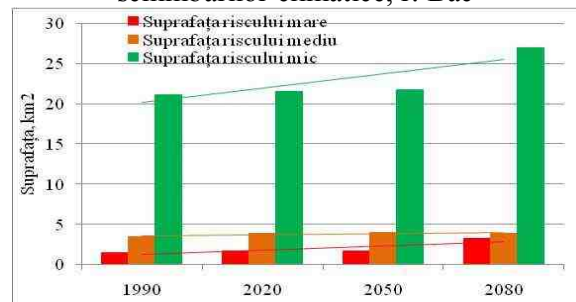


Fig. 4.77. Modificarea suprafețelor riscului la inundații în cazul undelor de viitură de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Bâc

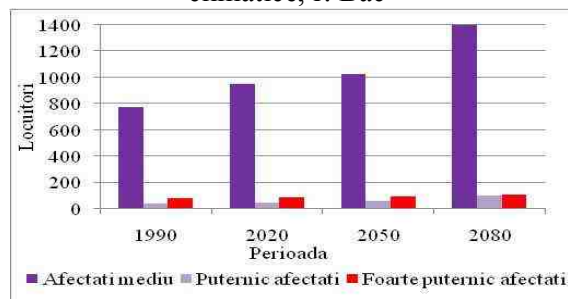


Fig. 4.78. Modificarea categoriilor populației afectate de viiturile pluviale de 1% ale r. Bâc sub acțiunea schimbărilor climatice

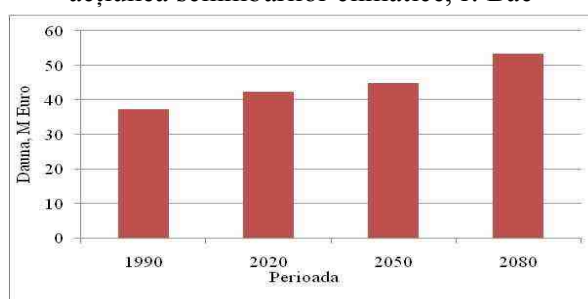


Fig. 4.79. Modificarea daunelor potențiale cauzate de viiturile pluviale de 1% ale r. Bâc sub acțiunea schimbărilor climatice

4.3. Concluzii la capitolul 4

1. În rezultatul aplicării modelului hidrologic J2000, a fost identificat că modificarea caracteristicilor scurgerii de viitură (debitele maxime, medii, volumul viiturilor) ale celor 11 râuri-pilot, determinată de dinamica suprafețelor diferitor categorii de terenuri din ultimele 3 decenii, se încadrează în limitele $\pm 10\%$. Creșteri mai mari sunt evidențiate pentru r. Bălțața și Ișnovăț, fiind condiționate de majorarea ariilor urbane. Dacă considerăm că procesul de emigrare a populației și de abandon a terenurilor agricole și a localităților rurale va continua, și se vor aplica cerințele din cadrul documentelor legislative [33, 45, 46] orientate spre o extindere a suprafețelor ocupate de vegetație naturală (pădurilor, zonelor umede, fâșiilor de protecție a râurilor, ș.a.) putem presupune că pe viitor la nivel local se va reduce scurgerea maximă de versant. Pe de altă parte concentrarea populației în regiunile municipale și extinderea suprafețelor urbanizate vor influența creșterea efectelor scurgerii masive de pantă.
2. În baza utilizării modelului hidrologic J2000 a fost efectuată o tentativă de modelare a scurgerii naturale a r. Bâc în aval de l. a. Ghidighici și evaluare a impactului acestuia asupra scurgerii maxime. A fost apreciat că l.a. Ghidighici își îndeplinește funcțiile de protecție împotriva inundațiilor, acumulând în cuveta lacustră volumele viiturilor pluviale ce se formează în amonte. Atenuarea debitelor maxime este semnificativă, acestea reducându-se chiar și de 20 ori ca urmare a impactului lacului de acumulare.
3. Efectul reglării viiturilor pluviale de pe r. Nistru cu ajutorul l. a. Dubăsari este semnificativ în cazul trecerii undelor de viitură de probabilitate mare, diminuându-se odată cu probabilitatea de depășire și fiind practic nul în cazul viiturilor rare. Evaluarea impactului l. a. Ghidighici asupra dinamicii undei de viitură de pe r. Bâc a arătat că capacitatea de atenuare a viiturilor este semnificativă majorându-se odată cu perioada de revenire. Aici trebuie menționat că apariția undelor de viitură de probabilitate foarte mică va cauza distrugerea barajului. Modificarea volumelor lacurilor de acumulare din cauza proceselor de colmatare nu va avea un efect semnificativ asupra dinamicii undelor de viitură.
4. Schimbările climatice vor determina majorarea debitelor maxime formate atât pe r. Nistru cât și pe r. Bâc. Din categoriile riscului la inundații trebuie menționat că suprafețele riscului mare vor crește de 2 ori în cazul r. Bâc, iar în cazul r. Nistru suprafețele riscului mic se vor diminua în favoarea celui mediu. Schimbările climatice vor determina creșterea numărului populației afectate de inundații, în special, a celei foarte puternic afectate, pentru ambele râuri. Evident este faptul că se va mări și dauna potențială cauzată de viiturile pluviale în creștere. Ponderile daunei cauzate de viituri pe categorii de utilizare a terenurilor se vor menține la nivelul perioadei actuale.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Concluzii:

1. În rezultatul analizei comparative a caracteristicilor viiturilor pluviale în condiții staționare și nestaționare a fost elaborat coeficientul impactului antropic asupra caracteristicilor scurgerii de viitură. Aplicarea acestuia a arătat că, în condițiile activității umane, stratul scurgerii de vară se va schimba - cu 19%, a scurgerii de viitură - cu 12%, iar debitul maxim al viiturilor pluviale - cu 4%. La momentul actual, totuși, scurgerea de viitură, pentru marea majoritate a râurilor se caracterizează prin procese cvasi staționare [39].
2. Lacurile de acumulare au provocat o ușoară creștere a coeficientului de atenuare a debitului maxim format pe r. Nistru de la 0,30-0,40 (în condiții naturale) la 0,50-0,60 (în condițiile influenței antropice). Același coeficient, în cazul r. Prut, s-a micșorat de la 0,41 la 0,29. Analiza comparativă a debitelor maxime probabile de 0,1-10% calculate în baza datelor de monitoring cu cele din cadrul regulilor de exploatare a lacurilor de acumulare au arătat că primele sunt mai mici decât cele din urmă, fapt ce atestă posibilitatea perfecționării metodelor de reglare a scurgerii maxime [140, 242].
3. Rezultatele modelării FFPI, FPI, precum și a indicelui nou FPPI au arătat că ~60% din teritoriul țării și a râurilor studiate se încadrează în clasa potențialului mediu de formare, acumulare și propagare a undei de viitură. Regiunile caracterizate de potențial mare și foarte mare de inundare a terenurilor (~30% din teritoriul republicii) sunt localizate în luncile râurilor mari și medii. Iar potențialul mare și foarte mare de propagare a undei de viitură este specific râurilor din partea centrală și de sud a țării (~40% din cele 50 de râurile studiate) [130].
4. Pentru optimizarea metodei genetice, a fost identificată legătura dintre valorile coeficientului de formă a hidrografului și ponderea categoriilor de terenuri din cadrul bazinelor hidrografice ale stației de bilanț Bălța și propusă o nouă ecuație de calcul a acestui coeficient pentru estimarea debitelor maxime ale râurilor nemonitorizate. Evaluarea coeficientului de reglare a debitelor maxime sub acțiunea lacurilor de acumulare din cadrul aceleiași metode efectuată prin aprecierea gradului mediu ponderat de acoperire cu acumulări de apă a bazinului hidrografic, a arătat că impactul acestora este minor (maxim 16%) [40].
5. Estimările regionale ale scurgerii de viitură formate în cadrul bazinelor mici, unde prevalează anumite categorii de terenuri, au demonstrat că scurgerea maximă este de 2 ori mai mică, în cazul predominării terenurilor naturale, în comparație cu cele antropice. Impactul antropic exprimat prin schimbarea utilizării terenului pentru ultimele 3 decenii a cauzat modificări minore ale scurgerii de viitură la nivel bazinal (-6,2-4,3mm) însă, la nivel local,

creșterea/descrășterea stratului scurgerii maxime este substanțială (-67-57mm) [41, 131].. De asemenea, a fost apreciat cã în condițiile când solurile sunt caracterizate de umiditate mare cauzată fie de precipitațiile antecedente, fie de procesul de irigare, valorile stratului scurgerii de viitură pot crește de la 30 la 60%. În cazul compactării solului determinate de impactul tehnicii agricole, scurgerea de viitură se va majora cu circa 17-38% (în dependență de umiditatea solului) [131].

6. Aprecieria aportului adus de categoriile de terenuri în formarea volumelor viiturilor a demonstrat cã localitățile, precum și pădurile și pajiștile, influențează la formarea a 35% (câte 12% fiecare) din volumul total, marea majoritate a scurgerii de viitură formându-se de pe terenuri agricole, ponderea cărora fiind de 65%. Efectul acoperirii terenului diferă de la un bazin la altul, în dependență de valorile ponderilor diferitor categorii de terenuri. [132].
7. Pentru modelarea proceselor de formare a viiturilor pluviale prin aplicarea modelului J2000, a fost determinată și reprezentată în model dinamica acoperirii terenurilor din ultimii 30 ani. Rezultatele estimării impactului acestei dinamici asupra viiturilor pluviale au arătat cã, pe de o parte, are loc diminuarea caracteristicilor scurgerii de viitură pentru râurile din partea de nord al republicii, iar pe de altă parte - creșterea acestora pentru cele din sud cu circa 10%. Majorarea substanțială (+35%) a scurgerii de viitură este specifică pentru r. Ișnovăț. Descrășterea caracteristicilor viiturilor este cauzată de procesele de naturalizare a terenurilor agricole, pe când majorarea acestora este determinată de extinderea suprafețelor urbanizate [138].
8. Simularea impactului sistemului digurilor de protecție asupra dinamicii undei de viitură din luncile r. Nistru și Bâc utilizând modelul HEC-RAS denotă cã protejarea terenurilor contra inundațiilor este eficientă în cazul apariției viiturilor de probabilitate mare și medie. Îngustarea zonei destinate propagării viiturilor prin îndiguirea luncii a determinat creșterea debitelor maxime, adâncimii și vitezei apei și, respectiv, diminuarea duratei de parcurs a undei de viitură și a zonelor de risc la inundații. Lipsa digurilor poate cauza inundarea unor suprafețe ce în cazul viiturilor de probabilitate mare și medie pot fi chiar de 3 ori mai mari decât în condițiile prezenței structurilor de apărare.
9. Pe parcursul ultimelor decenii, se înregistrează apariția viituri pluviale în lunile nespecifice pentru aceste fenomene (primăvară/toamnă), dar și deplasarea numărului maxim a viiturilor pluviale din iunie în iulie, pentru râurile din partea de nord a republicii. Acest fapt este explicat prin creșterea gradului de instabilitate a proceselor climatice ce favorizează formarea exceselor pluviometrice. Către sfârșitul secolului al XXI-lea, din cauza schimbărilor climatice, valorile debitelor maxime probabile a scurgerii de viitură de pe r. Nistru și Bâc vor

crește cu 22-32% [71], astfel determinând inundarea unor arii vaste ce vor cauza pagube potențiale de peste 230 mil. Euro și vor afecta un număr total de 37000 locuitori din luncile acestor două râuri-pilot.

Recomandări:

1. Pentru studiul viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova, în premieră, au fost utilizate metode/modele noi de calcul/simulare a caracteristicilor scurgerii maxime: FFPI, FPI, FPPI, volumetrică, SCS-CN, JAMS/J2000, HEC-RAS, abordările Indicatorii Modificărilor Hidrologice și Componentele Scurgerii de Mediu și perfecționate cele deja existente și utilizate la nivel național în domeniul proiectării construcțiilor hidrotehnice. Modelele enumerate au fost calibrate, validate și aplicate cu succes și sunt recomandate pentru utilizare ulterioară pentru cercetări hidrologice și pentru evidențierea impactului cauzat de modificările mediului produse/planificate de activitatea umană asupra proceselor de formare și propagare a scurgerii viiturilor pluviale.
2. Ca rezultat al studiilor efectuate, a fost elaborat un set de materiale cartografice ale caracteristicilor scurgerii de viitură. Aceste harți sunt recomandate pentru completarea documentelor normative naționale și pot fi utilizate la calculul caracteristicilor scurgerii maxime de pe râurile insuficient studiate precum și pentru proiectarea diferitor structuri hidrotehnice, dar și la elaborarea planurilor de amenajare a teritoriilor și de management al inundațiilor la nivel raional, bazinal, național. Rezultatele studiului se recomandă a fi utilizate pentru dezvoltarea planurilor de gestionare a bazinelor hidrografice și la stabilirea programului de măsuri de îmbunătățire a stării/potențialului ecologic al corpurilor de apă.
3. Modelele dinamice utilizate în cadrul cercetării sunt recomandate pentru aplicare în procesul efectuării prognozelor hidrologice, estimării zonelor de hazard/risc la inundații, a pagubelor și populației afectate precum și a evoluției temporale a caracteristicilor scurgerii de viitură. Acestea pot fi aplicate pentru simularea propagării unor viituri reale/modelate sau pentru aprecierea impactului unor posibile schimbări din cadrul complexului de măsuri structurate și nestructurate de protecție contra inundațiilor. Rezultatele cercetărilor, de asemenea, pot servi ca argument în extinderea rețelei de monitoring hidrologic și meteorologic pe baza principiilor bazinale pentru eficientizarea prognozelor hidrologice, mai ales a viiturilor rapide, precum și la elaborarea unor noi modele dinamice pentru râurile mici, medii dar și cele mari transfrontaliere. În condițiile funcționării lacurilor de acumulare, se recomandă elaborarea unor noi regulamente de reglare a scurgerii râurilor în baza estimării Componentelor Scurgerii de Mediu pentru ani cu umiditate mică, medie și mare [179, 180].

BIBLIOGRAFIE

1. Acord Nr. RMUCR din 23.11.1994 între Guvernul Republicii Moldova și Guvernul Ucrainei cu privire la folosirea în comun și protecția apelor de frontieră. <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=314241> (vizitat 03.04.2018).
2. Acordul între Guvernul Republicii Moldova și Guvernul României privind cooperarea pentru protecția și utilizarea durabilă a apelor Prutului și Dunării, semnat la Chișinău la 28 iunie 2010. (Hotărâre de Guvern nr. 734 din 11 august 2010) <http://www.apelemoldovei.gov.md/doc.php?l=ro&idc=127&id=252> (vizitat 03.04.2018).
3. Arhiva SHS, Anuarele hidrologice și meteorologie pentru perioada observațiilor instrumentale.
4. Arnaut N. Regimul hidrologic și de albie al râurilor mici din republica Moldova. In: Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie, 2011, nr. 1, p. 85-93.
5. Axinete (Balan) I. Cercetări privind degradarea fizică a solurilor de pe versanții bazinelor hidrografice și creșterea riscului la inundații. Teză de doctorat. Iași, 2015. 219 p.
6. Bejan Iu. Utilizarea terenului în Republica Moldova (monografie). Chișinău: ASEM, 2010. 165 p.
7. Bilașco Ș. Implementarea G.I.S. în modelarea viiturilor de versant. Cluj-Napoca: Casa Cărții de Știință, 2008. 212 p.
8. Boboc N. Probleme de regionare fizico-geografică a teritoriului Republicii Moldova. In: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. 2009, nr. 1, p. 161-169.
9. Boboc N., Constantinov T., Melniciuc O. Utilizarea radarului și a sistemelor informaționale terestre în analiza formării inundațiilor pe râurile mici din Republica Moldova. În: Analele Științifice ale Universității „Al. I. Cuza” din Iași (seria nouă), Geografie, 2004, v. L, p. 7-14.
10. Boboc N., Bejan Iu., Jeleapov, A. Inundațiile în natură și în viața omului, In: Mediul Ambiant, 2012, nr. 2(62), p. 10-12. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/19080 (vizitat 03.04.2018).
11. Bostan V., Tambur M., Burleai E. Simularea numerică a inundațiilor pe riul Nistru. In: Academos, 2009, nr. 3(14), p. 88-94.
12. Cadastru de Stat al Apelor. Date anuale cu privire la regimul și resursele apelor de suprafață, anul 1991-2012. Partea 1, 2. Chișinău, 1992-2013. 145-150 p.
13. Cadastru de Stat al Apelor. Date multianuale despre resursele și regimul apelor de suprafață. Chișinău, 2006. 550 p.
14. Cazac V., Boian I. Riscul inundațiilor în Republica Moldova. In: Mediu ambiant, 2008, nr. 4 (40), p. 43-48.
15. Centrului Operațional de Dirijare în Situații Excepționale <http://www.dse.md/ro/communicate/centrul-opera%C5%A3ional-de-dirijare-%C3%AEn-situa%C5%A3ii-excep%C5%A3ionale-foto-video-de-spc-se> (vizitat 03.04.2011).
16. Comunicarea Națională Trei a Republicii Moldova elaborată în cadrul Convenției-cadru a Organizației Națiunilor Unite privind schimbarea climei. Chișinău: Imprint Plus, 2013. 411 p. <http://clima.md/doc.php?l=ro&id=3506&idc=81> (vizitat 03.04.2011).
17. Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova. Normativ în construcții CP D.01.05-2012, ediție oficială. Agenția Construcții și Dezvoltarea teritoriului Republicii Moldova. Chișinău, 2013. 155 p.

18. Determinarea limitelor admisibile de substanțe nocive în debitele (scurgerile) superficiale pentru condițiile Republicii Moldova CP D. 01.06.2012. Ediție oficială. Agenția construcții și dezvoltarea teritoriului Republicii Moldova. Chișinău, 2012. 109 p.
19. Diaconu C., Șerban P. Sinteze și regionalizări hidrologice. București: Ed. Tehnică, 1994. 388 p.
20. Direcția Hidrologie <http://old.meteo.md/hidro/dhn.htm> (vizitat 03.04.2018).
21. Drobot R. Bazele statistice ale hidrologiei. București: Ed. didactică și pedagogică, 1997. 187 p.
22. Drobot R., Șerban P. Aplicații de hidrologie și gospodărire a apelor, București: HGA, 1999. 369 p.
23. Elaborarea modelului unei cinematice a viiturilor și evaluarea zonelor de risc în caz de inundații pe râurile din Republica Moldova. Dare de seama științifică, IEG ASM. Coordonator: Melniciuc O., Chișinău, 2009. 95 p;
24. Elaborarea suportului geoinformațional pentru gestionarea situațiilor de risc hidrologic în bazinul râului Prut. IEG ASM. Coordonator: Boboc N., Chișinău, 2012. 46 p;
25. Fondul național de date geospațiale, <http://geoportal.md/> (vizitat 03.04.2011).
26. Giurma I. Viituri și măsuri de apărare, Iasi: Gheorghe Asachi, 2003. 138 p.
27. Grudnicki F., Ciornei I. Bazinele hidrografice torențiale, 2006. 78 p. http://www.silvic.usv.ro/cursuri/ct_2.pdf (vizitat 03.04.2011).
28. Harta FAO „Acoperirea/utilizarea teritoriului Republicii Moldova”, 2005. <http://canteav.blogspot.md/> (vizitat 3.04.2013)
29. Hazardurile naturale. Colecția Mediul geografic al Republicii Moldova. Col. aut. Cazac V., Boian I., Volontir N.. Chișinău: Știința, 2008. 207 p.
30. Hîncu S., Stănescu P., Platagea Gh. Hidrologie agricolă. București: Ceres, 1971. 291 p.
31. Hotărîrea Guvernului Republicii Moldova Nr. 887 din 11.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului cu privire la gestionarea riscurilor de inundații <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=350280> (vizitat 03.04.2011).
32. Hotărîrea Guvernului Republicii Moldova Nr. 932 din 20.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului privind monitorizarea și evidența sistematică a stării apelor de suprafață și a apelor subterane <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=350467> (vizitat 03.04.2011).
33. Hotărîrea Guvernului Republicii Moldova nr. 101 din 10.02.2014 cu privire la aprobarea Planului național de extindere a suprafețelor cu vegetație forestieră pentru anii 2014-2018. <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=351561> (vizitat 03.04.2011).
34. Hotărîrea Parlamentului Republicii Moldova Nr. 1030 din 13.10.2000 cu privire la aprobarea Schemei de protecție a localităților din Republica Moldova împotriva inundațiilor, <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=297208> (vizitat 03.04.2011).
35. Informație analitică privind problema inundațiilor în Republica Moldova, Apele Moldovei, Acvaproiect 2010. 11p http://www.acva.md/uploads/Vodnye_problemy/Inundatii_2010_rom.pdf (vizitat 03.04.2011).
36. Instrucțiuni pentru calculul debitelor maxime în bazinele mari. București: INMH, 1997. 53 p.
37. Instrucțiuni pentru calculul scurgerii maxime în bazinele mici. București: INMH, 1997. 39 p.
38. Istoria Serviciului Hidrometeorologic de Stat al Republicii Moldova <http://old.meteo.md/istoria2009.htm> (vizitat 03.04.2018).

39. Jeleapov A. Analiza variațională a caracteristicilor scurgerii viiturilor pluviale. In: Buletinul AȘM. Științele vieții, 2017, nr. 1[331], p. 145-153.
40. Jeleapov A. Evaluarea impactului lacurilor de acumulare asupra scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova. In: Materialele conferinței științifice naționale cu participare internațională Mediul și dezvoltare durabilă, Ed. a 3-a, consacrată aniversării a 80 ani de la nașterea prof. univ., dr. hab. A. Lungu. Chișinău: Universitatea de Stat din Tiraspol, 2016. p. 116-120.
41. Jeleapov A. Evaluarea influenței modificărilor în acoperirea terenurilor asupra scurgerii de viitură (studii de caz). In: Buletinul AȘM. Științele vieții, 2017, nr. 2[332], p. 159-168.
42. Jeleapov A. Evaluarea nivelului actual de cercetare a scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova în condițiile impactului antropic accentuat (studiu bibliografic). In: Materialele conferinței științifice cu participare internațională Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice. Chișinău: UnASM, 2016. p. 141-146.
43. Jeleapov A. Inundațiile de pe râurile din Regiunea de Dezvoltare Centru. In: Dezvoltarea durabilă a Regiunii de Dezvoltare Centru: factori de mediu și contribuții, 2014, p. 25-26.
44. Jeleapov A. Kralisch S., Fink M. Evaluarea impactului modificărilor utilizării terenurilor asupra formării viiturilor pluviale în bazinul râului Botna. In: Materialele Conferinței științifice anuale a INHGA din România, anul 2015, Panta Rhei – Everything flows, 2015, p. 93-106 <http://www.inhga.ro/conferinta-stiintifica/arhiva> (vizitat 03.04.2018).;
45. Legea Parlamentului Republicii Moldova Nr. 1041 din 15.06.2000 pentru ameliorarea prin împădurire a terenurilor degradate. <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=312730> (vizitat 03.04.2011).
46. Legea Parlamentului Republicii Moldova Nr. 440 din 27.04.1995 cu privire la zonele și fișiile de protecție a apelor râurilor și bazinelor de apă. <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=311668> (vizitat 03.04.2011).
47. Legea Parlamentului Republicii Moldova Nr. 764 din 27.12.2001, privind organizarea administrativ-teritorială a Republicii Moldova. <http://lex.justice.md/viewdoc.php?action=view&view=doc&id=291721&lang=1> (vizitat 03.04.2011).
48. Lucaciu M. Câte ceva despre inundații. Mic ghid destinat autorităților locale. 81 p. <http://www.informarepreventiva.ro/noutati.htm> (vizitat 03.04.2011).
49. Melniciuc O., Arnaut N. Influența concentrațiilor de aluviuni asupra cinematicii scurgerilor de ape pluviale de versante. In: Rezumatele Conferinței fizicienilor din Moldova cu participare internațională. Chișinău: Institutului de Fizică Aplicată, 2007, p. 148-149.
50. Melniciuc O., Bejan Iu., Boboc N., Castraveț T. Evaluarea resurselor de apă subterane în condițiile diferențieri componentelor naturale ale peisajului. In: Buletinul AȘM. Științele vieții, 2013, nr. 2 (320), p. 135-144. <http://sfm.asm.md/cfm2007/abstracts%20CFM2007.pdf> (vizitat 03.04.2011).
51. Melniciuc O., Boboc N., Muntean V., Tănase A. Inundațiile catastrofale generate de viiturile pluviale pe râurile din Republica Moldova. In: Lucrările Simpozionului "Sisteme Informaționale Geografice", nr. 12, Anal. Șt. Univ. „Al.I.Cuza” Iași, Tom LII, s. II c. Geografie, Iași: Universitatea „Al. I.Cuza”, 2006, p. 13-22.
52. Mihailescu C. Clima și hazardurile Moldovei – evoluția, starea, predicția. Chișinău: Licorn, 2004. 192p.

53. Nedelcov M. Resursele agroclimatice în contextul schimbărilor de climă. Chișinău: Alina Scorohodova, 2012. 306 p.
54. Pandi G. Riscul în activitatea de apărare împotriva inundațiilor. In: Riscuri și catastrofe, 2002, vol. 1, p. 131-141. http://riscuriscatastrofe.reviste.ubbcluj.ro/Volume/I_2002/Pandi.htm (vizitat 03.04.2011).
55. Planul de gestionare al bazinului hidrografic Prut, ciclul I, 2017-2022. Chișinău: Notograf Prim, 2016. 116 p. http://www.dbga.md/RO_MoldPlan_Prut_MD_final_Red_13.05.2016.pdf (vizitat 03.04.2018).
56. Probleme de studiu a inundațiilor în Republica Moldova. Dare de seamă științifică. Melnicu O., Lăfkin N., Bejenaru G. IEG ASM. Chișinău: CIAPI-Moldova, 2002. 115 p.
57. Productivitatea rurală în Moldova – gestiunea vulnerabilității naturale. Banca Mondială, Departamentul pentru Dezvoltare Durabilă Europa și Asia Centrală, 2007. 112 p. <http://documents.worldbank.org/curated/en/772901468046136456/pdf/421380ROMANIAN1ductivityRom1PUBLIC1.pdf> (vizitat 03.04.2011).
58. Resursele acvatice ale Republicii Moldova. Apele de suprafață. Aut. coord. Cazac V., Mihăilescu C., Bejenaru G., Gîlcă G. Chișinău: Știința, 2007. 248 p.
59. Resursele naturale. Colecția Mediul geografic al Republicii Moldova. Aut. coord. Mihăilescu C., Sochirică V., Constantinov T., Ursu A., Boboc N., Begu A., Munteanu A. Chișinău: Știința, 2006. 184 p.
60. Schema de protecție împotriva inundațiilor a localităților din Republica Moldova. Chișinău: ACVAproiect, 1998, v. 3, 79 p.
61. Schimbările climatice în Republica Moldova: Impactul socio-economic și opțiunile de politici pentru adaptare. PNUD, Chișinău: Nova Imprim, 248 p. http://www.undp.md/publications/2009NHDR/Raport_var_ROM_final_TIPAR_03-12-2009_1.pdf (vizitat 03.04.2015)
62. Starea mediului în Republica Moldova în 2007-2010 (Raport național). Chișinău: Nova-Imprim, 2011. 192 p.
63. Stănescu V. Hidrologie urbană. București: Ed. didactică și pedagogică, 1995. 99 p.
64. Stănescu V., Drobot R. Măsuri nestructurale de gestiune a inundațiilor. București: HGA, 2002. 341p.
65. Stematiu D., Drobot R. Metodologia pentru determinarea bazinelor hidrografice cu caracter torențial în care se află așezări umane expuse pericolului viiturilor rapide. București: UTCB, 2007. 29 p. <https://lege5.ro/Gratuit/geytomzxgm/metodologia-pentru-determinarea-bazinelor-hidrografice-cu-caracter-torential-in-care-se-afla-asezari-umane-expuse-pericolului-viiturilor-rapide-din-21082008> (vizitat 03.04.2011).
66. Șelărescu M., Podani M. Apărarea împotriva inundațiilor. București: Ed. Tehnică, 1993. 171 p.
67. Ursu A. Solurile Moldovei. Chișinău: Știința, 2011. 323 p.
68. Zavoianu I. Morfometria bazinelor hidrografice. București: Edit. Academiei RSS România, 1978. 174 p.
69. 2000/60/EC Directive of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities. L 327/1-72.
70. 2007/60/EC Directive of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. Official Journal of the European Union. L 288 (27).

71. Alfieri L., Burek P., Feyen L., Forzieri G. Global warming increases the frequency of river floods in Europe. In: Hydrol. Earth Syst. Sci., 2015, nr. 19, p. 2247-2260.
72. An overview of the Raster Interpolation toolset. <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/toolreference/3d-analyst/an-overview-of-the-interpolation-tools.htm> (vizitat 12.12.2016)
73. ArcMap <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/> (vizitat 20.08.2017).
74. Ascough J. C. ş. a. Challenges/Advances in Distributed Watershed Modeling: a review and application of the AgroEcoSystem-Watershed (AgES-W) model. In: 7th Intl. Congress on Env. Modelling and Software. San Diego, CA, USA, 2014, <http://www.iemss.org/society/index.php/iemss-2014-proceedings> (vizitat 19.08.2015).
75. Benaman J.. A systematic approach to uncertainty analysis for a distributed watershed model. Ph.D. Thesis. Ithaca, N.Y., 2002. 165 p.
76. Beven K. J., Binley A. M. The future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction. In: Hydrol. Process, 1992, 6, p. 279-298.
77. Boboc N., Melniciuc, O., Bejan Iu., Jeleapov A., Muntean V., Angheluța V. Utilization of HEC-RAS for flood wave modeling on example of Prut river. In: Geographia Napocensis, 2012, an. VI, nr. 2, p. 71-76.
78. Bronstert A., Niehoff D., Burger G. Effects of climate and land-use change on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities. In: Hydrol. Process. 2002, nr. 16, p. 509-529.
79. Changes in Flood Risk in Europe. Ed. by Zbigniew W. Kundzewicz. IAHS Special Publication, 2012, 10. 526 p.
80. Chow V., Maidment D., Mays L. Applied hydrology. New York: McGraw-Hill, 1988. 572 p.
81. Clark M.P., Slater A. G., Rupp D. E., Woods R. A., Vrugt J. A., Gupta H. V., Wagener T. and Hay L. E., (2008), Framework for Understanding Structural Errors (FUSE): A modular framework to diagnose differences between hydrological models, Water Resources Research, 44 (W00B02).
82. Climate Change and Security in the Dniester River Basin <https://www2.unece.org/ehlm/platform/display/ClimateChange/Dniester> (vizitat 03.04.2018).
83. Cooperation in the Transboundary Dniester River Basin <http://dniester-basin.org/> (vizitat 03.04.2018).
84. Costache R., Fontanine I., Corodescu E. Assessment of surface runoff depth changes in Saratel River basin, Romania, using GIS techniques. In: Cent. Eur. J. Geosci., 2014, nr. 6 (3), p. 363-372.
85. Costache R., Prăvălie R., Mitof I., Popescu C. Flood vulnerability assessment in the low sector of Sărățel catchment. Case study: Joseni village. In: Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 2015, vol. 10, No. 1, p. 161-169.
86. Croke B. F. ş. a. Marrying hydrological modelling and integrated assessment for the needs of water resource management. In: IAHS Publ. 364, 2014, p. 351- 356.
87. Dankers R., Feyen L. Flood hazard in Europe in an ensemble of regional climate scenarios. In: Journal of Geophysical Research, 2009, vol. 114, D16108, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2008JD011523> (vizitat 03.04.2011).
88. Dankers R. ş. a. First look at changes in flood hazard in the inter-sectoral impact model intercomparison project ensemble. In: PNAS, 2014, vol. 111, no. 9, p. 3257-3261, <http://www.pnas.org/content/pnas/111/9/3257.full.pdf> (vizitat 03.04.2011).

89. Dawod G. M., Mirza M. N., Al-Ghamdi K. A. Assessment of several flood estimation methodologies in Makkah metropolitan area, Saudi Arabia. In: Arabian Journal of Geoscience, 2013, 6(3), p. 985-993.
90. Decision Matrix <http://blogs.msdn.com/mswanson/archive/2008/07/20/my-decision-matrix.aspx> (vizitat 03.04.2011).
91. Di Baldassarre G., Viglione A., Carr G., Kuil L., Salinas J. L., Blöschl G. Socio-hydrology: conceptualising human-flood interactions. In: Hydrol. Earth Syst. Sci., 2013, 17, p. 3295-3303.
92. Disaster and Climate Risk Reduction in Moldova http://www.md.undp.org/content/moldova/en/home/operations/projects/climate_environment_energy/disaster-and-climate-risk-reduction-in-moldova.html (vizitat 03.04.2011).
93. Doherty J., Johnston J. M. Methodologies for calibration and predictive analysis of a watershed model. In: J. Am. Water Resour. Assoc., 2003, 39, p. 251-265.
94. Duan Q., Sorooshian S., Gupta V., Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall runoff models. In: Water Resources Research, 1992, 28(4), p.1015-1031
95. Edsel B. D. ş. a. Watershed Modeling and its Applications: A State-of-the-Art Review In: The Open Hydrology Journal, 2011, 5, 26-50, p. 1874-3781.
96. EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium www.emdat.be (vizitat 21.01.2018)
97. Finkel D. DIRECT optimization algorithm user guide. 2003. 14p. http://www4.ncsu.edu/~ctk/Finkel_Direct/DirectUserGuide_pdf.pdf (vizitat 03.04.2011).
98. Fischer C. ş. a. Calibration of hydrological model parameters with the JAMS framework, In: Proceedings of the 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. Cairns: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2009, p. 866-872.
99. Merz B. ş. a. Floods and climate: emerging perspectives for flood risk assessment and management. In: Hazards Earth Syst. Sci., 2014, 14, p. 1921-1942.
100. Floods in a Changing Climate: Inundation Modelling / Di Baldassarre G. International Hydrology Series. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 122 p
101. Floods in a Changing Climate: Hydrologic Modeling / Mujumdar P. P., Kumar D. N. International Hydrology Series. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 210 p.
102. Floods in a changing climate: risk management / Simonovic S. International Hydrology Series. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 206 p.
103. Ford D. T., Hamilton D. Computer models for water-excess management. In: Water Resources Handbook, New York: McGraw-Hill, 1996, p. 28.1.
104. Geographic centers of large floods in the Dartmouth Flood Observatory archive. <http://floodobservatory.colorado.edu> (vizitat 03.04.2011).
105. Geographic Information System for Water Resources of R. Moldova <http://www.dbga.md/siga.html> (vizitat 20.08.2017).
106. Global Trends in Water-Related Disasters: an insight for policymakers, 2009. 28 p. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001817/181793e.pdf> (vizitat 03.04.2011).
107. Gutmann H. A Radial Basis Function Method for Global Optimization. In: Journal of Global Optimization, 2001, 19(3), p. 201-227.

108. Hall B. ş. a. Understanding Flood Regime Changes in Europe: A state of the art assessment. In: Hydrology and Earth System Sciences, European Geosciences Union, 2014, 18 (7), p. 2735-2772. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01141526/document> (vizitat 03.04.2011).
109. Handbook of Hydrology. Ed. Maidment D. R., New York: McGraw-Hill, 1993. 1424 p.
110. Han G., Kasperson R. E. Dilemmas and Pathways to Dealing with Flood Problems in Twenty-First Century China. In: Int. J. Disaster Risk Sci. 2011, 2 (3), p. 21-30. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs13753-011-0013-8.pdf> (vizitat 03.04.2011).
111. Hapciuc O.-E., Iosub M., Tomaşciuc A.I, Minea I., Romanescu Gh., Identification of the potential risk areas regarding the floods occurrence within small mountain catchments. In: Proceeding of 2nd Int. Scientific Conference Geobalcanica, Skopje, 2016, p. 177-183.
112. HEC-GeoRAS <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas/> (vizitat 03.04.2011).
113. HEC-RAS model <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/> (vizitat 03.04.2011).
114. HEC-RAS River Analysis System. Application Guide. U.S Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center, Davis, USA, Version 5, 2016. 519 p;
115. HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. U.S Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center, Davis, USA, Version 5, 2016. 538 p;
116. HEC-RAS River Analysis System. User's Manual. US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center, Davis, USA, Version 5, 2016. 960 p.;
117. Hirsch ş. a. The influence of man on hydrologic systems. In: Surface water hydrology, 1990, p. 329-359.
118. Horst R., Pardalos P., Thoai N. Introduction to Global Optimization, 2nd edition. Springer, 2001. 354p.
119. Houston D., Werritty A., Bassett D., Geddes A., Hoolachan A., McMillan M. Pluvial (rain-related) flooding in urban areas: the invisible hazard. York: Joseph Rowntree Foundation, 2011. 92p. <https://www.jrf.org.uk/report/pluvial-rain-related-flooding-urban-areas-invisible-hazard> (vizitat 03.04.2012).
120. Huang M., Jacques G., Wang Z., Monique G. A modification to the soil conservation service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China. In: Hydrological Processes, 2006, 20, 3, p. 579-589.
121. Iosub M., Minea I., Hapciuc O., Romanescu G. The use of HEC-RAS modelling in flood risk analysis. In: Aerul şi apa componente ale mediului, 2015, p. 315-322.
122. International Flood Initiative, UNESCO-IFI, 23p <http://www.ifi-home.info/> (vizitat 03.04.2017).
123. IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
124. IPCC: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 582 p.
125. Islam Z. A review on physically based hydrologic modeling. Technical Report, 2011. 45 p. <https://www.researchgate.net/publication/272169378> (vizitat 03.04.2012).
126. JAMS <http://jams.uni-jena.de/>, http://jams.uni-jena.de/ilmswiki/index.php/Main_Page (vizitat 03.04.2012).

127. Jiang L., Ban X., Wang X., Cai X. Assessment of Hydrologic Alterations caused by the Three Gorges dam in the middle and lower reaches of Yangtze river, China, In: Water, 2014, no. 6, p. 1419-1434.
128. Jeleapov A. Assessment of flood risk in the limits of mun. Chisinau. In: Proceedings of the International conference for young scientists on Modern Hydrometeorology: Topical Issues and the solutions, Odessa: Odessa State Environmental University, 2014, p. 44-45.
129. Jeleapov A. Assessment of flood runoff changes under land cover impact using SCS-CN model and GIS techniques. Case study: the Byc river basin. Moldova. In: Geographia Napocensis, 2016, a. X, nr. 2, p. 101-108.
130. Jeleapov A. Assessment of pluvial floods potential on the rivers of the Republic of Moldova. In: PESD, 2018, vol. 12, no. 2, p. 121-133. http://pesd.ro/articole/nr.12/nr.2/10.2478%20-Volume12_issue_2%2009_paper.pdf (vizitat 10.02.2019).
131. Jeleapov A. Assessment of regional variation of flood runoff in the Republic of Moldova. In: PESD, 2018, vol. 12, no. 1, p. 35-47.
132. Jeleapov A. Contribution of land cover types in flood volume generation in the small and medium-sized rivers of the Republic of Moldova. In: Transboundary Dniester river basin management: platform for cooperation and current challenges. Tiraspol: Eco-Tiras, 2017, p. 105-109. http://www.eco-tiras.org/books/dniester_web.pdf (vizitat 03.04.2018).
133. Jeleapov A. Evaluation of human impact on flood regime of the Byc river. In: Materialele conferinței științifice cu participare internațională Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice, Chișinău: UnASM, 2016, p. 136-140.
134. Jeleapov A. Flood wave modeling and assessment of flood hazard/risk areas in the Byc River Floodplain. In: Buletinul Institutului de Geologie si Seismologie al AȘM, 2014, nr. 1, p. 57-69 http://igs.asm.md/sites/default/files/57_3.pdf (vizitat 03.04.2018).
135. Jeleapov A. Pluvial flood hydrographs modeling basing on the Nistru floods in 2008. In: Збірник докладів і статей до Міжнародної науково-практичної конференції Екологічні проблеми Чорного моря, Одеса: ІНБАЦ, 2011, p. 200-203.
136. Jeleapov A. Possibilities of flood wave management basing on computer modeling on example of Prut river on sector: reservoir Costesti-Stinca and Ungheni town. In: Тези Доповідей Міжнародної Наукової Конференції студентів та молодих вчених Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології, Одеса: Одеський Державний Екологічний Університет, 2012, p. 54-55.
137. Jeleapov A. ș.a. Analysis of hydromorphological alterations of the water bodies of the Prut River Basin (in limits of the Republic of Moldova). In: Materialele Simpozionului Internațional "SIG", Chișinău: IEG, 2015, p. 52-58.
138. Jeleapov A., Fink M., Kralisch S. Assessment of anthropogenic impact on flood dynamics in Moldova using hydrological modeling, 2018 <https://fallmeeting.agu.org/2018/abstract/assessment-of-anthropogenic-impact-on-flood-dynamics-in-moldova-using-hydrological-modeling/> (vizitat 10.02.2019).
139. Jeleapov A., Fischer C., Fink M., Kralisch S. Simulation of the flood dynamics in the Baltata river using the JAMS/J2000 hydrological model. In: Materialele Simpozionului Internațional "SIG", Chișinău: IEG, 2015, p. 84-88.
140. Jeleapov A., Melniciuc O., Bejan Iu. Assessment of flood risk areas in the Dniester River basin (in the limits of the Republic of Moldova). In: Management of water quality in Moldova,

- Springer, 2014, p. 157-173.
141. Konrad C. P. Effects of urban development on floods. U.S. Geological Survey Fact Sheet FS-076-03. 2003. <http://pubs.usgs.gov/fs/fs07603> (vizitat 03.04.2011).
 142. Kralisch S., Krause P. JAMS - a framework for natural resource model development and application. In: Proceedings of the International Environmental Software Society, 2006. 14 p. <https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2951&context=iemssconference> (vizitat 03.04.2011).
 143. Kralisch S., Krause P., Fink M., Fischer C., Flügel W.-A. Component based environmental modelling using the JAMS framework. In: MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation, Canterbury: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2007, p. 812-818.
 144. Kralisch S., Zander F., Krause P. Coupling the RBIS Environmental Information System and the JAMS Modelling Framework. In: MODSIM 2009 International Congress on Modelling and Simulation. Cairns: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2009, p. 902-908.
 145. Krause P., Quantifying the impact of land use changes on the water balance of large catchments using the J2000 Model. In: Physics and Chemistry of the Earth, 2002, 27, p. 663-673.
 146. Krause P., Technical documentation of J2000 modelling system, Internal document. Tech. rep., Friedrich Schiller University Jena. 2010. 300 p.
 147. Krause P., Bende-Michl U., Bäse F., Fink M., Flügel W.-A., Pfennig B. Multiscale Investigations in a Mesoscale Catchment Hydrological Modelling in the Gera Catchment. In: Advances in Geosciences, 2006, 9, p. 53-61.
 148. Krause P., Boyle D. P., Base F. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. In: Advances in Geosciences, 2005, 5, p. 89-97.
 149. Krause P., Kralisch S. The hydrological modelling system J2000 - knowledge core for JAMS. In: MODSIM 2005 International Congress on Modelling and Simulation. Melbourne: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2005, p. 676-682.
 150. Kroll C. N., Kelly E., Croteau K. E., Vogel R. M., Hypothesis tests for hydrologic alteration, In: Journal of Hydrology, 2015, 530, p. 117-126.
 151. Kubal C., Haase D., Meyer V., Scheuer S. Integrated urban flood risk assessment – adapting a multicriteria approach to a city. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2009, 9, p. 1881-1895.
 152. Landsat MSS, TM, L8, for 1975, 1989, 2004, 2010, USGS, <http://glovis.usgs.gov/> <https://earthexplorer.usgs.gov/> (accesat 12.02.2016);
 153. Lastoria B. Hydrological processes on the land surface: a survey of modelling approaches, FORALPS Technical Report, 9. Trento. 2008. 60 p. http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/Quaderni/Foralps_TR_9.pdf (vizitat 03.04.2011).
 154. Liu Y., Gupta H.V., Uncertainty in hydrologic modeling: Toward an integrated data assimilation framework. In: Water Resources Research, 2007. 18 p. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2006WR005756> (vizitat 03.04.2011).
 155. Marsalek J., Watt E., Zeman E., Sieker H. Advances in urban stormwater and agricultural runoff source controls. NATO Science Series, Series IV: Earth and Environmental Series, vol. 6, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. 319 p.
 156. Meinhardt M. ş. a. Semi-arid catchments under change: Adapted hydrological models to simulate the influence of climate change and human activities on rainfall-runoff

- processes in southern Africa. In: Climate change and adaptive land management in southern Africa - assessments, changes, challenges, and solutions, 2018, p. 114-130.
157. Migliaccio K. W., Srivastava P. Hydrologic components of watershed-scale models, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007, vol. 50(5), p. 1695-1703.
 158. Minea G. Assessment of the Flash Flood Potential of Bîsca River Catchment (Romania) based on physiographic factors. In: Cent. Eur. J. Geosci., 2013, 5(3), p. 344-353.
 159. Moldova - Disaster and Climate Risk Management Project. World Bank Group. 2017. 56p. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2015/05/24438230/moldova-disaster-climate-risk-management-project-additional-financing> (vizitat 03.04.2018).
 160. Montanari A. ș. a. Panta Rhei-Everything Flows: Change in hydrology and society - The IAHS Scientific Decade 2013–2022. In: Hydrological Sciences Journal, 2013, 58 (6), p. 1256-1275; <http://iahs.info/Commissions--W-Groups/Working-Groups/Panta-Rhei.do> (vizitat 03.04.2017).
 161. Moriasi D. N. ș. a. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. In: Transactions of the ASABE, 2007, vol. 50(3), p. 885-900.
 162. National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department of Commerce, USA <https://gis.ncdc.noaa.gov/maps/ncei/cdo/daily,https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&resolution=40> (vizitat 03.04.2013).
 163. Nedelcov M. Climate Change and anomalies in the Republic of Moldova. In: Analele universității „Al.I.Cuza”, 2014, v. 8, nr. 1, p. 45-49.
 164. Nepal S., Flügel W.-A, Krause P., Fink M., Fischer C. Assessment of spatial transferability of process-based hydrological model parameters in two neighboring catchments in the Himalayan region. In: Hydrological Processes, 2017, p. 2812-2826.
 165. Niehoff D., Fritsch U., Bronstert A. Land-use impacts on storm-runoff generation: scenarios of land-use change and simulation of hydrological response in a meso-scale catchment in SW-Germany. In: Journal of Hydrology, 2002, 267, p. 80-93.
 166. Pechlivanidis I.G., ș.a. Catchment scale hydrological modelling: a review of model types, calibration approaches and uncertainty analysis methods in the context of recent developments in technology and applications. In: Global NEST Journal, 2011, vol. 13, no. 3, p. 193-214.
 167. Peñas F.J., Barquín J., Álvarez C. Assessing hydrologic alteration: Evaluation of different alternatives according to data availability, In: Ecological Indicators, vol. 60, 2016, p. 470-482 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.021> (vizitat 03.04.2018).
 168. Pfeiffer M., Ionita M. Assessment of Hydrologic Alterations in Elbe and Rhine Rivers, Germany, Water 2017, 9, 684, 18 p.; <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/9/684/htm> (vizitat 03.04.2018).
 169. Pfennig B. ș. a. Development of an extended routing scheme in reference to consideration of multi-dimensional flow relations between hydrological model entities. In: MODSIM 2009 International Congress on Modelling and Simulation. Cairns: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2009, p. 1972-1978.
 170. Philip J.R. The Theory of Infiltration, 1. The Infiltration Equation and Its Solution. In: Soil Science, 1957, 83, p. 345-357.
 171. Ponce V. M., Hawkins R. H. Runoff curve number: has it reached maturity. In: Journal of Hydrologic Engineering, 1996, 1(1), p. 11-19.

- 172.Prăvălie R., Costache R. The analysis of the susceptibility of the flash-floods' genesis in the area of the hydrographic basin of Bîsca Chiojdului river. In: Forum geografic. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului, 2014, vol. XIII, Issue 1, p. 39-49.
- 173.Quantum GIS <https://qgis.org/en/site/> (vizitat 03.04.2011).
- 174.Ramesh A. Response of flood events to land use and climate change analyzed by hydrological and statistical modeling in Barcelonnette. France: Springer, 2013. 261 p.
- 175.Reducing vulnerability to extreme floods and climate change in the Dniester river basin (Dniester III floods & climate) <http://dniester-basin.org/materials/navodneniya-i-izmenenie-klimata/> (vizitat 03.04.2017).
- 176.Reports of Management and Technical Assistance Support to Moldova Flood Protection Project <http://www.betastudio.eu/en/gallery-view/%E2%97%8F-en-%E2%97%8F-moldova-flood-protection-project/> (vizitat 03.04.2015).
- 177.Richter B., Baumgartner J., Powell J., Braun D. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. In: Conserv. Biol., 1996, 10, p. 1163–1174, doi:10.1046/j.1523-1739.1996.10041163.x. (vizitat 03.04.2018).
- 178.Richter B., Baumgartner J., Robert W., Braun D., How much water does a river need? In: Freshwater Biol., 1997, 37(1), p. 231–249, doi:10.1046/j.1365-2427.1997.00153.x (vizitat 03.04.2018).
- 179.Richter B. D., Thomas G. A. Restoring environmental flows by modifying dam operations. In: Ecology and Society, 2007, 12(1). <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art12/> (vizitat 03.04.2018).
- 180.Richter B. D., Warner A. T., Meyer J. L., Lutz K. Collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations. In: River Res. Applic, 2006, 22, pp. 297–318 DOI: 10.1002/rra.892 (vizitat 03.04.2018).
- 181.River basin modelling for flood risk mitigation. Ed. Knight D., Shamseldin A. London: Taylor & Francis Group, 2006. 592 p.
- 182.Rojas R., Feyen L., Bianchi A., Dosio A. Assessment of future flood hazard in Europe using a large ensemble of bias-corrected regional climate simulations. In: Journal of Geophysical Research, 2012, vol. 117, D17109.
- 183.Rose S., Peters N. Effects of urbanization on streamflow in the Atlanta area (Georgia, USA): A comparative hydrologic approach. In: Hydrological Processes, 2001, 15, p. 1441- 1457.
- 184.SAGA GIS <http://www.saga-gis.org/en/index.html> (vizitat 03.04.2011).
- 185.Schwartz C. Deriving Hydrological Response Units (HRUs) using a Web Processing Service implementation based on GRASS GIS. In: Geinformatics FCE CTU, 2008, p. 67-78.
- 186.Sheeder S. ș. a. Dual urban and rural hydrograph signals in three small watersheds. In: Journal of the American Water Resources Association 38, 2002, p. 1027–1040.
- 187.Smith G. Flash Flood Potential: Determining the hydrologic response of FFMP basins to heavy rain by analyzing their physiographic characteristics. 2003. 11 p. http://www.cbrfc.noaa.gov/papers/ffp_wpap.pdf (vizitat 03.04.2011).
- 188.Smith K., Ward R. Floods. Physical processes and human impacts. Chichester: Wiley, 1998. 394 p.
- 189.Sobol I. Global sensitivity indices for nonlinear mathematical models and their Monte Carlo estimates. In: Mathematics and computers in simulation, 2001, v. 55, p. 271- 280.

190. Soil Conservation Service: National Engineering Handbook, Sect. 4, Hydrology, Chapt. 10, Estimation of direct runoff from storm rainfall / V. Mockus, 2004, 79 p. <https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/NEHhydrology/ch10.pdf> (vizitat 03.04.2011).
191. SRTM, USGS 2003 <https://earthexplorer.usgs.gov/> <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> (vizitat 03.04.2011).
192. STATGRAPHICS <http://www.statgraphics.com/> (vizitat 3.04.2017).
193. Țăranu L. An assessment of climate change impact on the Republic of Moldova's agriculture sector. Chișinău: Tipografia Centrală, 2014. 260 p.
194. Textbook of hydrologic models. Upsala: Uppsala University, 2002. 168p.
195. The Nature Conservancy, Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1. User's Manual. Nature Conservancy, 2009, 81 p
196. Transboundary Flood Risk Management: Experiences from the UNECE Region United Nations New York and Geneva, 2009, 98 p. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/mop5/Transboundary_Flood_Risk_Managment.pdf (vizitat 03.04.2011).
197. Valentová J., Valenta P., Weyskrabová L. Assessing the retention capacity of a floodplain using a 2D numerical model. In: J. Hydrol. Hydromech., 2010, 58, 4, p. 221-232. <https://content.sciendo.com/view/journals/johh/58/4/article-p221.xml> (vizitat 03.04.2011).
198. Váňová V., Langhammer J. Modelling the impact of land cover changes on flood mitigation in the upper Lužnice basin. In: J. Hydrol. Hydromech., 2011, 59, 4, p. 262-274.
199. Vernon Knapp H., Durgunoglu A., Ortel T. W. A review of rainfall-runoff modeling for stormwater management. Prepared for the U.S. Geological Survey, Illinois, 1991, 96 p. <https://www.isws.illinois.edu/pubdoc/cr/iswscr-516.pdf> (vizitat 03.04.2011).
200. World Meteorological Organization https://www.wmo.int/pages/index_en.html, <http://dcpc.worldweather.org/> (vizitat 03.04.2011).
201. Zaharia L., Costache R., Prăvălie R., Minea G. Assessment and mapping of flood potential in the Slănic catchment in Romania. In: J. Earth Syst. Sci., 2015, 124, n. 6, p. 1311-1324.
202. Zander, F., Kralisch S., Busch C., Flügel W.-A. RBIS - an environmental information system for integrated landscape management. In: Environmental Software Systems. Frameworks of eEnvironment. 9th IFIP WG 5.11, 2011, p. 349-356.
203. Krause, P., Das hydrologische Modellsystem J2000: Beschreibung und Anwendung in großen Flussgebieten, Schriften des Forschungszentrum Jülich. Jena: Reihe Umwelt, 2001. 229 p.
204. Авакян А., Салтанкин В., Шарапов В. Природа Мира. Водохранилища. Москва: Мысль, 1987. 325 с.
205. Алексеев Г. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 363 с.
206. Алексеев Г. Расчеты паводочного стока рек СССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1955. 196 с.
207. Атлас Молдавской ССР. Кишинев: Штиинца, 1979. Стр. 72.
208. Бефани А. Основы теории ливневого стока. В: Труды ОГМИ, ч.2, вып. XIV. Ленинград: Гидрометеиздат, 1958. 309 с.
209. Бефани А. Вопросы региональной гидрологии. Паводочный сток. Киев: УМК ВО, 1989. 132 с.
210. Бефани А., Бефани Н., Гопченко Е. Региональные модели формирования паводочного стока на территории СССР. Обнинск: ВНИИГИ, МЦД. Вып. 2, 1981. 60 с.

- 211.Бефани Н. Ф. Прогнозирование дождевых паводков на основе территориально общих зависимостей. Ленинград: Гидрометеиздат., 1977. 182 с.
- 212.Бисвас А. Человек и вода. Ленинград: Гидрометеиздат., 1975. 288 с.
- 213.Болокан Н. Воздействие сельскохозяйственных культур и агротехнических приемов на водопроницаемость почвы. Кишинев: Штиинца, 1986. 147 с.
- 214.Будаговский А.И. Впитывание воды в почву. М: изд. АН СССР, 1955. 137 с.
- 215.Водохранилища Республики Молдова. Краткий справочник. Коорд. Лалыкин Н., Катринеску В., Калашник А., Собченко А., Кишинев, 2004. 65 р.;
- 216.Гидрологический ежегодник 1946-1977 гг., Том 2. Вып. 0,1. Ленинград: Гидрометеиздат., 1949-1980, 140-535 с.
- 217.Гопченко Е., Сенченкова Т. Обоснование методики расчета максимальных расходов дождевых паводков на реках Украины. В: Труды УкрНИГМИ, вып. 183, 1980, с. 34-44.
- 218.Гопченко Е., Мельничук О. Упрощения генетической формулы стока для расчета максимальных модулей дождевых паводков. В: Труды КСХИ, т.116, Кишинев, 1974, с. 113-119.
- 219.Горошко И. Гидрологические расчёты. Ленинград: Гидрометеиздат., 1979. 430 с.
- 220.Государственный Водный Кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1978-1992 гг. Том 2. ч. 1-2. 1980-1993. 100-325 с.
- 221.Гришин Н. О влиянии твердых частиц на кинематику переноса щеголих потока жидкости. В: Метеорология и гидрология, № 2, 1981, с. 88-91.
- 222.Доманицкий А. П. Днестр и его бассейн (гидрологический очерк). Ленинград: Гидрометеиздат., 1941, 780 с.
- 223.Железняк И. Регулирование паводочного стока. Ленинград: Гидрометеиздат., 1965. 362 с.
- 224.Иваненко А. Расчет дождевых паводков на основе учета полей факторов дождевого стока. В: Водные ресурсы, 1986, н. 4, с. 38- 46
- 225.Казак В., Лалыкин Н. Гидрологические характеристики малых рек Молдовы и их антропогенные изменения. Кишинев: Mediul ambiat, 2005, с. 208.
- 226.Кишук А. Определения зон риска при наводнениях на реке Ботна путем использования модели “UNDA”, Материалы ежегодной международной научной конференции студентов и аспирантов Географические исследования: история, настоящее, перспективы, посвященная памяти профессора Г.П. Дубинского, Харьков: Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, 2011, с. 59-61.
- 227.Коробов Р., Тромбицкий И., Сыродоев Г., Андреев А. Уязвимость к изменению климата: Молдавская часть бассейна Днестра: Монография. Кишинев: Elan Poligraf, 2014. 336 с.
- 228.Кочуров Б. Геоэкология экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории, 1999, 86 с. http://ksu.edu.kz/files/TB/book/abf/geoec_kochurov.pdf (vizitat 03.04.2011).
- 229.Лалыкин Н. О расчете скоростей добегаания. В: Труды ОГМИ, 1958, вып. XV, с.73-87.
- 230.Лисецкий Ф., Светличный А., Черный С. Современные проблемы эрозиоведения. Белгород: Константа, 2012. 455 с.
- 231.Материалы наблюдений Молдавской воднобалансовой станции, 1970-1978, 1983-1994, Киев, 1972-1995. 150-320 с.

232. Мельничук О. Анализ процессов формирования ливневого стока на экспериментальных водосборах Молдавской стоковой станции. В: Сб. Гидравлика и гидротехника, 1974, том 122, с. 156-162.
233. Мельничук О. О выборе оптимальной повторности опытов при определении впитывающей способности почв инфильтрометрами. В: Сб. Мелиорация и орошаемое земледелие, Тр. Кишиневского СХИ, т. 116, 1974, с. 92-96.
234. Мельничук О. Поводки и наводнения на реках Молдовы (вопросы теории и практические расчеты. Кишинев: Primex - Com, 2012. 233 с.
235. Мельничук О., Арнаут Н., Швец В., Кишук А. Анализ причин и характеристик катастрофических наводнений в бассейнах рек Днестр и Прут. В: Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei, 2009, nr. 2, p. 90-98.
236. Мельничук О., Бобок Н., Бежан Ю., Кастравец Т., Мунтян В., Желяпов А. Оценка склонового дождевого стока с водосборов Среднепрутской равнины. В: Buletinul ASM. Științele vieții. 2011, nr. 3[315], с. 154-162.
237. Мельничук О., Гопченко Е., Лобода Н. Применение генетической теории А. Бефани для разработки Государственного стандарта по гидрологическим расчетам на территории Молдовы. В: Тезисы докладов международного семинара Генетические и вероятностные методы в гидрологии: проблемы развития и взаимосвязи. Одеса: Одесский Государственный Экологический Университет, 2009, р. 16-17.
238. Мельничук О., Гудумак Ю. Жесткие и мягкие стратегии адаптации рек Молдовы к наводнениям в условиях ожидаемого изменения климата. В: Сборник научных статей Трансграничное сотрудничество в адаптации бассейна Днестра к изменению климата, 2011, 82-97 с.
239. Мельничук О., Желяпов А., Бежан Ю., Беженару Г. Оценка поверхностной составляющей нормы годового стока ландшафтных регионов Молдовы. В: Buletinul ASM. Științele vieții, 2016, Nr. 3[330], p. 172-183.
240. Мельничук О., Желяпов А., Беженару Г. Моделирование водных ресурсов под влиянием хозяйственных преобразований речных систем Молдовы. В: Академику Л. С. Бергу – 140 лет: Сборник научных статей, Bender: Eco-Tiras, 2016, p. 433-438.
241. Мельничук О., Кишук А., Анализ катастрофического наводнения на реке Прут летом 2010 года. В: Академику Л. С. Бергу – 135 лет: Сборник научных статей, Bender: Eco-Tiras, 2011, с. 164-167. http://eco-tiras.org/books/berg_135let.pdf (vizitat 03.04.2011).
242. Мельничук О., Кишук А., Гудумак Ю. Влияние каскада Днестровских водохранилищ на режим фазы высокой водности реки Днестр. В: Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами, 2010, с. 143-145.
243. Мельничук О., Лалыкин Н. К учету кинематических особенностей взвесенесущих склоновых потоков в расчетах ливневого стока. В: Труды УкрНИИ Госгидромета, вып. 220, 1987, с. 25-28.
244. Мельничук О., Лалыкин Н., Филиппенков А. Искусственные водоемы Молдовы. Кишинэу: Штиинца, 1992. 210 с.
245. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Ленинград: Гидрометеиздат., 1986. 166 с.
246. Методы гидрологических расчетов при водохозяйственном проектировании (под

- редакцией зарубежных и советских авторов). Ленинград: Гидрометеиздат., 1984. 169 с.
247. Определение основных расчетных гидрологических характеристик СП 2.01.14-83. Москва: Стройиздат, 1985. 36 с.
248. Паламарчук Г., Паламарчук А. Оценка обеспеченности Молдовы водными ресурсами в перспективе. В: *Schimbarea climei, cercetări, studii, soluții*, 2000, с. 73-80.
249. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат., 1984. 447 с.
250. Правила эксплуатации Гидигичского водохранилища. Кишинев: Стимул, 1988. 44с.
251. Правила эксплуатации Днестровских водохранилищ (первая редакция). Киев: УНИИВЕС, 2011. 193с.
252. Правила эксплуатации Дубоссарского водохранилища. Кишинев, 1983. 44с.
253. Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока. Ленинград: Гидрометеиздат., 1984. 78 с.
254. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6, вып. 1. Украина и Молдавия., Ленинград: Гидрометеиздат., 1978. 490 с.
255. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Том 6, вып. 1. Западная Украина и Молдавия. 1963-1970, Ленинград: Гидрометеиздат., 1976. 624 с.
256. Рождественский А. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат., 1977. 269 с.
257. Рождественский А., Чеботарев А. Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеиздат., 1974. 424 с.
258. Светличная И. Расчет потерь дождевого стока на инфильтрацию. В: Сб. Водные ресурсы, 1984, вып. 2, с. 44-48.
259. Свирский Г., Мельничук О., Лалыкин Н. Аналитическое моделирование процесса фильтрации и инфильтрации на основе теории размерностей. В: Проблемы расчета и прогнозирования паводков. 1980, с. 67-71.
260. Система нормативных документов в строительстве. Свод правил по гидрологическим расчетам для строительства. Определение основных расчетных гидрологических характеристик (третья редакция). СП 00-000-2002 Государственный Гидрологический Институт. Санкт-Петербург, 2002, 182 с.
261. Соколов А., Рантц С., Рош М., Расчеты Паводочного Стока. (Методы Расчетов На Основе Мирового Опыта). Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. 303 с.
262. Соколов, А., Чеботарев А. Очерки и развитие гидрологии в СССР. Ленинград: Гидрометеиздат., 1970. 312 с.
263. Чернова Н. Влияние предшествующего увлажнения на формирование дождевых паводков. В: Гидрология малых рек, 1991, с. 12-19.
264. Швеиц Г. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР. Ленинград: Гидрометеиздат., 1972. 244 с.

ANEXE

ANEXA A (referitoare la capitolul I, II)

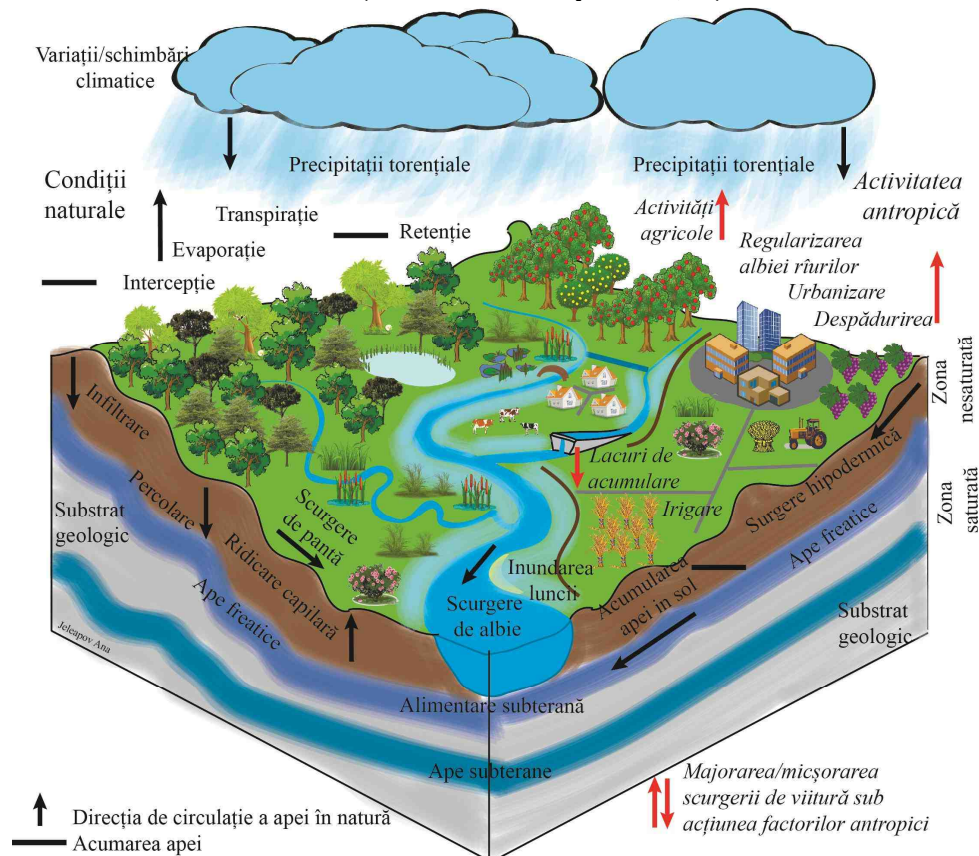


Fig. A1. Factori și variabile ce contribuie la formarea și propagarea viiturilor pluviale
Tabelul A1. Exemple de factori ce cauzează schimbările hazardului și vulnerabilității la viituri [tradus din 79, p. 437]

Zone	Procese	Variabilele	Factorii modificărilor	Influența asupra
Atmosferă	Precipitații, condițiile anterioare ale bazinului	Suma precipitațiilor, intensitatea precipitațiilor, stratul de zăpadă și topirea zăpezii, radiații de undă lungă și de undă scurtă, distribuția sezonieră a variabilelor climatice	Variabilitatea naturală a climei în diferite perioade de timp, schimbările climatice cauzate de activitatea umană	Hazardului
Bazine hidrografice	Formarea și concentrarea scurgerii	Capacitatea de infiltrare, coeficientul scurgerii, capacitatea de stocare a apei, ponderea suprafeței impermeabile	Urbanizarea, despădurirea, practicile managementului agriculturii, construirea bazinelor de retenție a volumelor viiturilor	
Râuri	Propagarea undelor de viitură, superpoziția undelor de viitură	Morfologia râurilor, capacitatea hidraulică, rugozitatea, nivelul și debitul apei, zona inundată	Regularizarea cursului râului, construcția digurilor de protecție, epiurilor și deversoarelor, exploatarea centralelor hidroelectrice și a lacurilor de acumulare	

Zone potențial inundabile și zone afectate indirect	Expunere, susceptibilitate	Numărul de decese, numărul de persoane evacuate, pierderile totale materiale, pierderile asigurate, pierderile patrimoniului cultural, infrastructura afectată, daune sănătății, daune animalelor domestice și sălbatice, pierderi indirecte	Creșterea populației, urbanizarea, planificarea utilizării terenurilor, modificarea valorilor bunurilor (de ex. inflația, modificarea stilului de viață), codurile în construcție, apărarea contra inundațiilor, prognoza și avertizarea timpurie a viiturilor, măsuri de urgență (de ex. întărirea digurilor), perceperea riscului, modificări ale vulnerabilității sociale (îmbătrânirea populației la risc), dependența față de fluxul de servicii și informații	Vulnerabilitate
---	----------------------------	--	---	-----------------

Tabelul A2. Clasificarea categoriilor acoperirii terenurilor în dependență de impactul antropic [228, p. 54]

Categoria terenurilor	Gradul de modificare antropică
• terenuri naturale: pădurile, arbuștii	Foarte slab
• terenuri aflate sub ape: – acumulări naturale și zone umede (mlăștini) – acumulări de apă artificiale (iazuri, lacuri de acumulare)	Foarte slab Foarte puternic
• terenuri antropizate grupate în – terenurile ocupate de pășuni – terenuri acoperite de plantații multianuale: vii și livezi – terenuri arabile	Slab Moderat Ridicat
• terenuri antropice, supuse procesului de urbanizare – localitățile rurale (sate, comune, densitate mică și medie a zonelor rezidențiale) – localitățile urbane (orașe, municipii, densitate mare a zonelor rezidențiale, zone industriale, comerciale)	Puternic Puternic

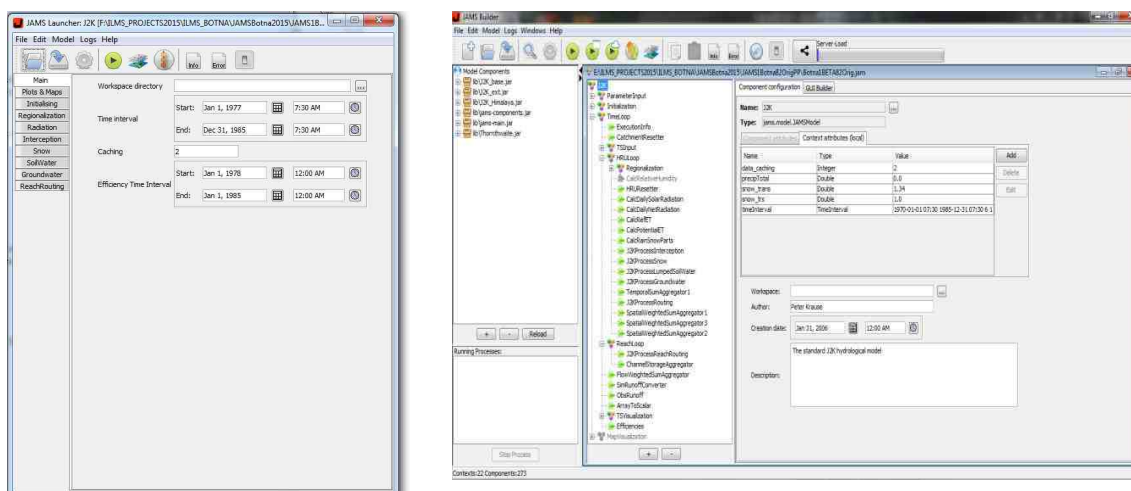


Fig. A2. Interfața JAMS Launcher și JAMS Builder

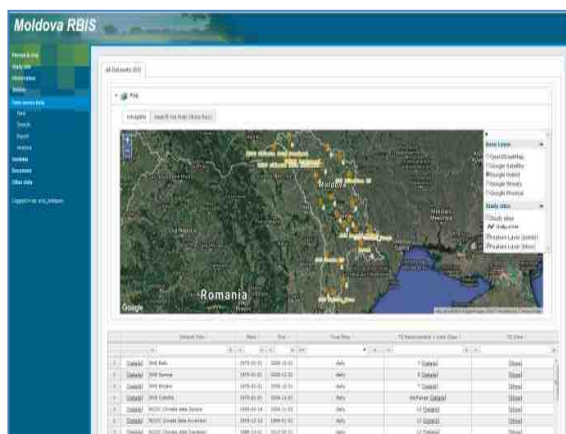


Fig. A3. Interfața Moldova RBIS

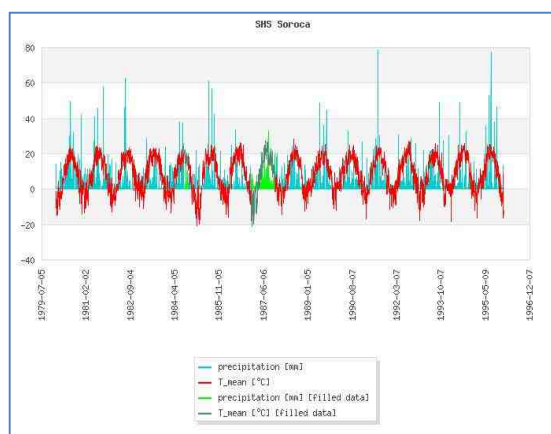


Fig. A4. Reprezentarea datelor în cadrul Moldova RBIS

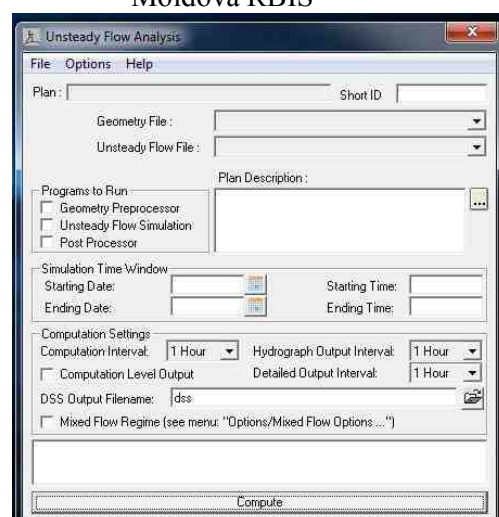
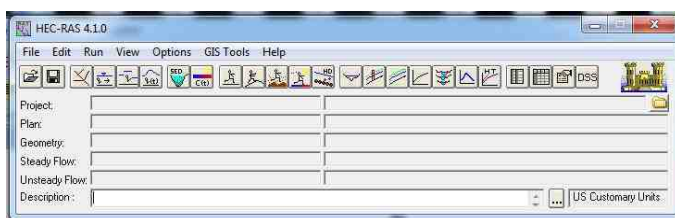


Fig. A5. Interfața HEC-RAS și a modulului Analiza Scurgerii Neuniforme

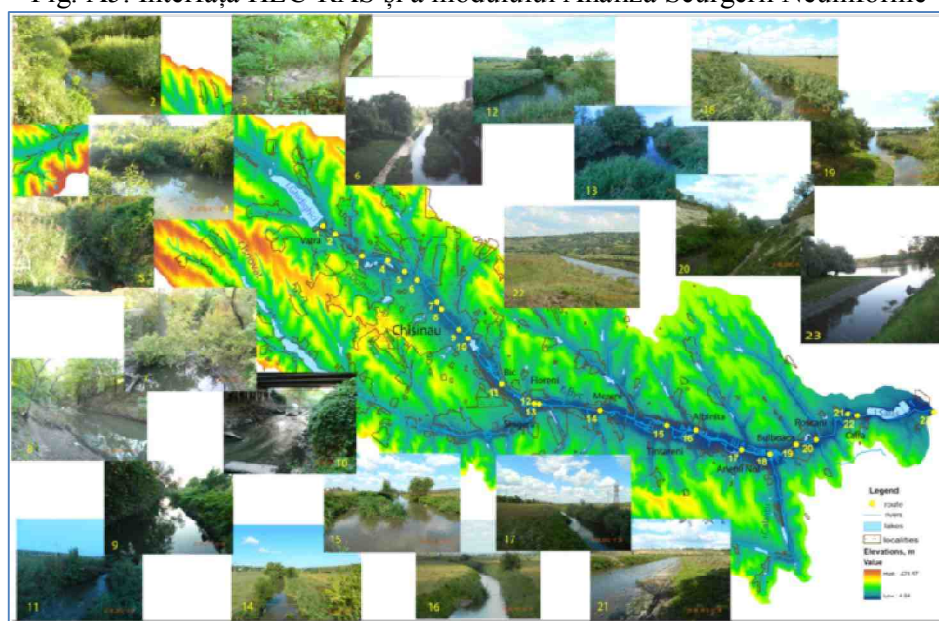


Fig. A6. Punctele cercetărilor de teren din cadrul luncii râului Bâc

ANEXA B (referitoare la capitolul III)

Tabelul B1. Valorile medii ale caracteristicilor hidrologice ale viiturilor pluviale

Nr.	Râul, postul hidrologic	Suprafața bazinului până la post, km ²	Perioada, ani	Numărul de ani	Debit maxim mediu, m ³ /s	Stratul total mediu al viiturii, mm	Volumul total mediu, min. m ³	Durata de creștere medie a viiturii, zile	Durata totală medie a viiturii, zile
1.	Prut - s. Șirăuți	9230	1990-2010	21	1119	39	420	4.0	13,5
2.	Prut - or. Ungheni	15200	1956-1980	25	453	22,5	342	5.8	18,4
3.	Prut - or. Ungheni	15200	1981-2010	30	362	27	411	7.5	19,0
4.	Nistru - s. Hrușca	48700	1968-2010	43	1470	22,6	1104	5.7	16,6
Afluenții râului Prut									
5.	r. Vilia - p. Bălăsinești	261	1953-2010	58	17,4	8,04	2,1	2.83	10,0
6.	r. Draghiște - p. Trinca	225	1957-2010	54	3,96	6,06	1,37	3.34	11,4
7.	r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	1974-2010	37	2,58	3,98	0,57	2.64	9,0
8.	r. Delia - p. Pârlița	125	1961-2010	46	7,77	9,57	1,2	3.30	11,3
Afluenții râului Nistru									
9.	r. Căinari - p. Sevirova	814	1954-2010	57	16,3	4,41	3,6	2.43	9,0
10.	r. Cubolta - p. Cubolta	869	1966-2010	45	13,3	4,46	3,9	3.68	10,4
11.	r. Răut - p. Bălți	1080	1972-2010	39	10,0	5,06	5,47	4.87	14,0
12.	r. Răut - p. Jeloboc	7100	1957-2010	54	55,7	4,77	34,0	4,33	15,7
13.	r. Bălțata - p. Bălțata	62.4	1954-1977, 1983-2010	47	8,42	2,13	0,13	1.55	5,2
14.	r. Ciulucul Mic - p. Telenesti	566	1978-2010	33	8,41	6,27	3,52	4.13	15,5
15.	r. Ichel - p. Goieni	652	1986-1993, 2000-2010	19	6,39	2,49	1,50	3.21	9,52
16.	r. Pojarna - p. Sipoteni	119	1959-1986	28	6,48	9,71	1,21	2.46	8,68
17.	r. Ișnovăț - p. Sîngera	343	1952-1986	35	10,4	1,85	0,62	2.77	8,5
18.	r. Bâc - p. Călărași	296	1950-1969	20	5,49	4,28	1,32	5.05	14,4
19.	r. Bâc - p. Chișinău	1040	1945-1961	18	21,9	5,68	5,77	3.78	12,1
		882	1968-2010	43	10	5,73	5,05	4.46	12,3
20.	r. Botna - p. Căușeni	1210	1949-2010	59	15,0	2,03	2,46	3.03	11,0
21.	r. Camenca - p. Camenca	387	1936-1941, 1945-2010	71	6,46	1,76	0,68	2.03	5,4
22.	r. Beloce - p. Beloce	225	1961-2010	50	7,94	2,48	0,56	2.28	5,6
23.	r. Molochiș - p. Molochișul Mare	184	1966-2010	43	5,34	1,17	0,21	1.58	3,9
24.	r. Râbnița - p. Andreevca	152	1951-2010	59	2,87	1,53	0,25	2.0	6,3
25.	r. Iagorlic - p. Doibani	1220	1949-2010	61	3,91	1,28	1,56	3.92	11,5
Râurile din bazinul Dunărea - Marea Neagră									
26.	r. Cogîlnic - p. Hâncești	179	1959-2010	52	5,06	5,6	0,98	3.56	9,9
27.	r. Ialpug - p. Comrat	241	1962-1989	25	7,78	2,71	0,66	2.56	7,9
28.	r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	370	1976-2010	35	1,98	0,82	0,3	2.97	8,7

29.	r. Salcia Mare - p. Musait	414	1977-2008	25	4,8	1,55	0,64	2.04	7,8
30.	r. Taraclia - p. Taraclia	103	1961-2010	50	12,6	14,4	1,48	3.02	8,4

Tabelul B2. Caracteristicile celor mai semnificative viituri pluviale înregistrate

P. empi- rică, %	Debitul maxim instan- taneu, m ³ /s	Stratul scurgerii, mm	Volumul scurgerii de viitură, mln. m ³	Perioada, zile	P. empi- rică, %	Debitul maxim instan- taneu, m ³ /s	Stratul scurgerii, mm	Volumul scurgerii de viitură, mln. m ³	Perioada, zile
Prut - s. Șirăuți. suprafața bazinului hidrografic până la post 9230 km ² , 1990-2010									
5	4090	141.2	1303	23.07-13.08.2008	18	1820	68.1	629	17.08-30.08.2005
9	2220	86.4	797	21.06-7.07.2010	23	1260	30	281	8.09-21.09.1996
14	1980	65	597	17.05-10.06.1998	27	1160	44	406	27.05-8.06.1991
Prut - or. Ungheni. suprafața bazinului hidrografic până la post 15200 km ² , 1956-1980									
4	798	50.0	761.0	3.06-26.06.1975	12	631	26.0	393.0	14.06-3.07.1959
8	674	34.0	509.0	12.07-25.07.1969	15	622	44.0	669.0	12.05-28.05.1970
Prut - or. Ungheni. suprafața bazinului hidrografic până la post 15200 km ² , 1981-2010									
3	738	115	1743	25.06-30.07.2010	13	652	48	652	27.05-28.06.1988
6	691	79	1203	26.07-25.08.2008	16	610	44	610	18.05-15.06.1998
10	687	33	503	5.08-17.08.1991	19	583	38	583	19.08-9.09.2005
Nistru - s. Hrușca suprafața bazinului hidrografic până la post 48700 km ² , 1968-2010									
2	4500	58.0	2810.0	06.06-2.07.1969	11	2250	25.0	1240.0	13.05-28.05.1970
5	3480	74.3	3618.3	20.07-20.08.2008	14	2230	25.0	1220.0	20.06-29.06.1998
7	3420	56.0	2740.0	25.07-16.08.1980	16	1920	40.0	1950.0	18.09-9.10.1968
9	2800	28.0	1370.0	22.07-6.08.1974	18	1820	28.0	1360.0	4.06-21.06.1975
r. Vilia - s. Balasinești. suprafața bazinului hidrografic până la post 261 km ² , a.1953-2010									
2	349	74.0	19.3	11.07-19.07.1969	10	27.7	38.7	10.1	27.06-21.07.2010
3	84.9	49.0	12.9	1.06-11.06.1988	12	24.3	11.0	2.9	18.08-31.08.1972
5	54.2	4.7	1.2	21.06-26.06.1956	14	23.6	14.3	3.7	24.08-31.08.2005
7	51.5	10.0	2.6	9.06-18.06.1965	15	22.4	6.6	1.7	29.06-4.07.1958
8	28.9	24.0	6.2	27.06-14.07.1971	17	21.4	0.4	0.1	9.06-14.06.1961
r. Draghiște - s. Trinca. suprafața bazinului hidrografic până la post 225 km ² , a.1957-2010									
2	40.0	38.0	8.7	11.07-25.07.1969	9	7.42	16.6	3.7	24.07-9.08.2008
4	17.8	21.0	4.8	16.07-6.08.1970	11	6.44	3.5	0.8	18.08-22.08.2005
5	12.5	17.6	4.0	28.06-7.07.2010	13	5.85	15.0	3.4	19.08-9.09.1972
7	8.94	9.0	2.1	17.06-30.06.1962	15	5.68	0.7	0.2	24.06-30.06.1958
r. Ciuhur - s. Bîrlădeni. suprafața bazinului hidrografic până la post 144 km ² , a.1974-2010									
3	14.5	15.0	2.1	17.06-26.06.1985	11	7.51	9.2	1.3	9.07-19.07.2010
5	13.1	4.6	0.7	19.08-26.08.1979	13	5.67	5.2	0.7	6.06.-12.06.1975
8	8.75	13.0	1.9	30.06-15.07.1991	16	4.08	7.7	1.1	11.08-22.08.2002
r. Delia - s. Pârlița. suprafața bazinului hidrografic până la post 125 km ² , a.1961-2010									
2	47.1	17.0	2.1	2.07-16.07.1987	11	21.9	21.0	2.6	21.09-8.10.1996
4	26.2	23.0	2.8	11.07-20.07.1969	13	19.1	20.0	2.5	4.06-15.06.1975
6	23.8	12.0	1.5	19.08-31.08.1972	15	15.7	54.0	6.7	1.05-13.05.2005
9	23.6	23.0	2.8	26.09-12.10.1998	17	14.9	9.6	1.2	10.05-23.05.1965
r. Căinari - s. Sevirovo. suprafața bazinului hidrografic până la post 814 km ² , a.1954-2010									
2	166	38.0	30.7	2.07-22.07.1991	9	39.1	5.3	4.3	27.06-9.07.1955
3	84.8	24.0	19.5	2.07-12.07.1971	10	38.0	11.0	9.2	31.05-15.06.1970

5	55.7	16.7	13.6	25.07-8.08.2008	12	36.2	7.2	5.9	2.06-8.06.1975
7	43	23.0	18.9	17.06-3.07.1985	14	33.8	19.0	15.2	6.05-31.05.1981
r. Cubolta - s. Cubolta. suprafața bazinului hidrografic până la post 869 km ² , a.1966-2010									
2	59.6	20.0	17.3	17.06-3.07.1985	9	23.5	8.0	7.7	3.06-15.06. 1970
4	43.4	19.0	16.7	1.07-13.07.1971	11	23.2	3.4	3.0	27.07-3.08. 1991
7	37.5	4.9	4.3	7.05-16.05.1987	13	23.0	2.8	2.4	25.05-30.05.1982
r. Răut - or. Bălți. suprafața bazinului hidrografic până la post 1080 km ² , a.1972-2010									
3	59.4	28.0	29.9	17.06-5.07.1985	10	21.3	12.0	13.3	1.07-22.07.1991
5	27.0	5.5	5.9	2.06-8.06.1975	13	18.0	8.7	9.4	3.04-18.04.1979
8	26.7	20.0	21.6	18.08-13.09.2005	15	15.3	7.4	8.0	30.10-12.11.1974
r. Răut - s. Jeloboc. suprafața bazinului hidrografic până la post 7100 km ² , a.1957-2010									
2	449	32.0	229.0	3.07-22.07.1991	9	123	11.0	81.0	11.07-8.08. 1969
4	265	17.0	119.0	1.07-16.07.1971	11	119	7.0	49.8	25.06-11.07.1980
5	179	21.0	153.0	17.06-5.07.1985	13	110	8.7	61.5	30.06-14.07.1982
7	135	10.0	72.7	5.09-23.09.1989	15	109	2.7	19.0	25.08-7.09. 1994
r. Bălțata - p. Bălțata. suprafața bazinului hidrografic până la post 62.4 km ² , a. 1954-1977, 1983-2010									
2	145	10.0	0.7	23.07-4.08.1964	8	18	1.8	0.1	26.04-5.05.1965
4	99.1	13.0	0.8	31.08-5.09.1968	10	14.8	8.6	0.5	20.06-25.06.1956
6	19.7	1.9	0.1	19.06-28.06.1963	13	12.4	5.2	0.3	6.06-14.06. 1975
r. Ciulucul Mic - p. Telenești. suprafața bazinului hidrografic până la post 566 km ² , a.1978-2010									
3	35	3.9	2.2	27.07- 31.07.1980	12	15	12.4	7.0	15.08-28.08.2005
6	33.6	6.6	3.7	24.08- 29.08.1994	15	14.9	5.7	3.2	8.04- 19.04. 1979
9	27.2	19.0	10.5	18.06- 4.07. 1985	18	14.8	15.0	8.4	2.06- 28.06. 1988
r. Ichel - p. Goieni. suprafața bazinului hidrografic până la post 652 km ² , a. 1986-1993, 2000-2010									
5	28	5.8	3.8	18.08- 4.09. 2005	15	13.4	6.1	4.0	25.05- 8.06. 1991
10	20.9	14.0	9.0	4.09- 23.09.1989	20	11	0.3	0.2	20.07-24.07.2004
r. Pojarna - p. Sipoteni. suprafața bazinului hidrografic până la post 119 km ² , a. 1959-1986									
3	39.00	85.0	10.5	4.07-4.08.1969	10	18.70	22.0	2.7	22.08-3.09.1970
7	26.40	30.2	3.6	17.06-30.06.1985	14	16.40	12.0	2.1	4.06-15.06.1975
r. Ișnovăț - p. Sîngera. suprafața bazinului hidrografic până la post 343 km ² , a. 1952-1986									
3	59.60	3.1	0.3	11.06-19.06.1961	11	21.70	1.9	0.7	25.08-30.08.1952
6	27.30	2.6	0.9	11.06-22.06.1958	14	20.30	0.6	0.2	23.05-31.05.1968
8	25.10	1.2	0.4	14.08-19.08.1967	17	18.60	2.5	0.9	30.06-4.07.1955
r. Bâc - p. Călărași. suprafața bazinului hidrografic până la post 296 km ² , a. 1950-1969									
5	20.40	7.3	2.2	25.05-6.06.1960	14	15.40	7.6	2.1	27.07-5.08.1955
10	16.00	7.5	2.3	4.04-10.04.1950	19	8.68	14.0	4.3	9.07-30.07.1969
r. Bâc - p. Chișinău. suprafața bazinului hidrografic până la post 1040 km ² , a. 1945-1961									
5	222	44.0	45.8	6.07- 16.07.1948	16	21.8	13.9	12.9	28.07-17.08.1955
11	35.4	10.2	9.8	20.07- 2.08.1949	21	20	1.1	1.1	26.06- 6.07. 1952
r. Bâc - p. Chișinău. suprafața bazinului hidrografic până la post 882 km ² , a.1968-2010									
2	47.2	29.4	26.0	16.06-3.07.1985	11	20.4	15.4	13.5	7.05-23.05.1981
5	45.7	23.4	20.7	5.09-22.09.1989	14	19.3	14.7	12.9	1.06-25.06.1975
7	42.9	20.4	18.0	12.07-25.07.1969	16	18.9	15.0	13.3	6.06-26.06.1980
9	21	2.0	1.7	16.06-27.06.1987	18	17.3	11.3	10.0	26.05-9.06.1991
r. Botna - or. Căușeni. suprafața bazinului hidrografic până la post 1210 km ² , a.1949-2010									
2	104	10.0	12.5	9.07-18.07.1955	8	46.6	8.0	9.7	1.06-17.06.1970
3	94.3	5.2	6.2	27.06-7.07.1972	10	31	1.0	1.2	6.06-11.06.1975
5	52.8	8.8	10.9	24.06-5.07.1952	12	25.8	1.3	1.6	23.05-31.05.1967

7	47	1.3	1.6	18.07-25.07.2002	13	25.7	3.2	3.9	25.08-5.09.1994
r. Camenca - or. Camenca. suprafața bazinului hidrografic până la post 387 km ² , a. 1936-1941, 1945-2010									
1	51.9	4.7	1.8	27.06-1.07.1939	8	14.8	2.4	0.9	27.07-31.07.1980
3	32.5	5.3	2.1	6.04-13.04.1963	10	14.2	2.0	0.8	9.06-13.06. 1979
4	21.9	2.5	1.0	4.07-6.07.1970	11	10.7	1.9	0.7	15.07-21.07.1972
6	17.4	2.8	1.1	22.05-27.05.1973	13	10.0	1.9	0.8	19.07-24.07.1949
7	15.6	1.6	0.6	15.06-19.06.1965	14	9.62	1.2	0.5	19.07-22.07.1978
r. Beloci - s. Beloci. suprafața bazinului hidrografic până la post 225 km ² , a.1961-2010									
2	31.9	6.2	1.4	16.07-21.07.1972	10	21.7	2.8	0.6	30.08-2.09. 1968
4	30.4	19.0	4.3	3.04-17.04.1963	12	16.7	2.2	0.5	4.07-7.07. 1970
6	22.8	2.8	0.6	10.07-14.07.1962	14	15.8	1.7	0.4	8.08-12.08. 1980
8	22.2	1.5	0.3	19.06-22.06.1964	16	15.6	0.8	0.2	11.08-14.08.1967
r. Molochiș - s. Molochișul Mare. suprafața bazinului hidrografic până la post 184 km ² , a.1966-2010									
2	28.5	4.6	0.8	17.07-20.07.1972	9	19.7	2.0	0.4	26.04-30.04.1976
5	26.9	1.4	0.3	6.06-8.06.1970	11	16.8	1.6	0.3	2.06-5.06. 1975
7	24.3	7.5	1.4	11.06-18.06.1974	14	11.7	1.5	0.3	10.06-13.06.1973
r. Râbnița - s. Andreevca. suprafața bazinului hidrografic până la post 152 km ² , a.1951-2010									
2	27.2	0.5	0.1	19.06-22.06.1964	8	9.16	1.2	0.2	24.06-27.06.1958
3	18.1	2.0	0.3	27.04-30.04.1966	10	8.40	4.4	0.7	1.07-11.07. 1971
5	14.6	17.0	2.6	1.06-10.06.1970	12	8.02	2.1	0.3	3.05-10.05. 1955
7	9.64	1.2	0.2	19.06-23.06.1957	13	6.35	2.3	0.3	1.07-6.07. 1973
r. Iagorlic - s. Doibani. suprafața bazinului hidrografic până la post 1220 km ² , a.1949-2010									
2	26.9	2.2	2.7	20.06-30.06.1964	8	10.2	1.6	1.9	25.05-29.05.1975
3	21.4	2.2	2.6	2.0.6-11.06.1954	10	9.92	5.3	6.5	21.05-6.06. 1988
5	18.8	1.5	1.8	3.0.8-20.08.1950	11	9.18	1.3	1.6	18.05-29.05.1963
6	10.9	2.2	2.7	1.08-24.08.1955	13	8.09	2.6	3.1	16.10-31.10.1998
r. Cogîlnic - or. Hâncești. suprafața bazinului hidrografic până la post 179 km ² , a.1959-2010									
2	21.7	11.0	2.0	26.05-9.06. 1960	9	11.0	1.6	0.3	27.06-30.06.1977
4	20.2	14.0	2.5	19.07-30.07.1997	11	10.9	7.0	0.9	19.06-25.06.1968
6	19.7	11.0	1.9	6.06-9.06.1975	13	10.5	9.9	1.8	1.10-20.10.1998
8	11.6	35.0	6.3	11.06-28.06.1985	15	9.68	13.0	2.3	2.04-17.04.1979
r. Ialpug - p. Comrat. suprafața bazinului hidrografic până la post 241 km ² , a. 1962-1989									
4	44	12.5	3.0	8.06-20.04.1984	12	16.1	1.7	0.4	24.06-27.06.1966
8	16.4	9.1	2.2	10.06-19.06.1963	15	12.7	2.9	0.7	11.07-18.07.1969
r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga. suprafața bazinului hidrografic până la post 370 km ² , a. 1976-2010									
3	33.2	2.5	0.9	1.07-6.07.1987	11	3.07	1.3	0.5	30.06-10.07.1986
6	5.47	4.1	1.5	7.04-26.04.1979	14	2.39	3.0	1.1	5.04-16.04.1980
8	3.40	1.6	0.6	13.06-18.06.1977	17	2.34	3.1	1.1	7.06-20.06.1984
r. Salcia Mare - p. Musait. suprafața bazinului hidrografic până la post 414 km ² , a. 1977-2008									
4	27.7	9.6	4.0	13.05-17.05.1985	15	9.15	1.1	0.4	11.06-16.06.1988
8	25.2	1.8	0.7	18.06-26.06.2006	19	7.60	4.1	1.7	1.07-8.07.1991
12	15.2	3.4	1.4	2.07-8.07.1987	23	6.78	0.9	0.4	20.06-26.06.1979
r. Taraclia – or. Taraclia. suprafața bazinului hidrografic până la post 103 km ² , a.1961-2010									
2	184	27.0	2.8	19.08-30.08.1968	10	43.7	17.0	1.7	25.06-4.07.1989
4	60	179.0	18.4	3.07-12.07.1991	12	17.8	4.6	0.5	28.09-6.10.1962
6	54.4	26.0	2.7	9.08-14.08.1993	14	17.8	108.0	11.1	12.06-27.06.1983
8	52,2	62.0	6.4	8.08-12.08.1990	16	12.7	16.0	1.7	30.06-5.07.1987

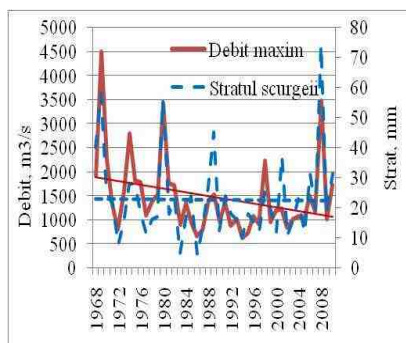


Fig. B1. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Nistru - p. Hrușca

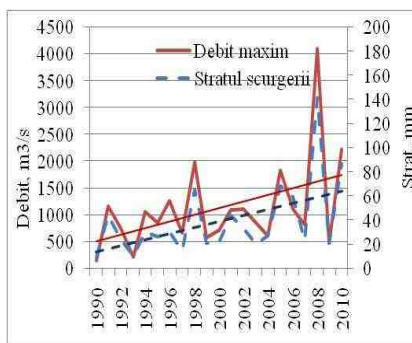


Fig. B2. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Prut - p. Șirăuți

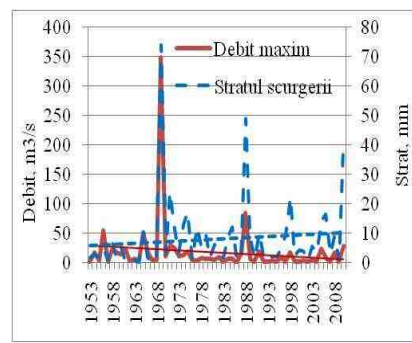


Fig. B3. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Vilia - p. Bălăsinești

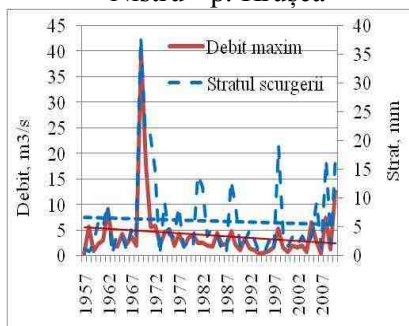


Fig. B4. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Draghiște - p. Trinca

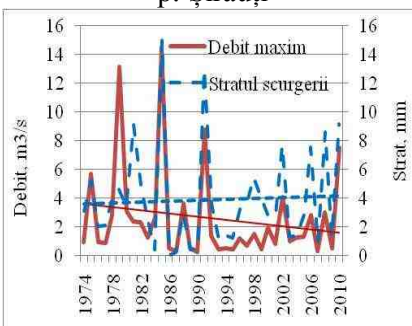


Fig. B5. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Ciuhur - p. Bîrlădeni

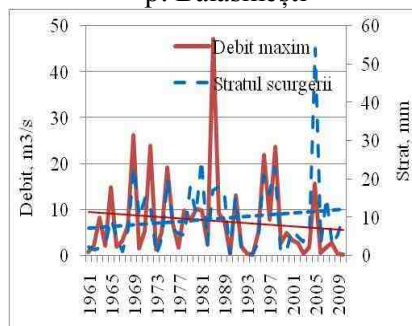


Fig. B6. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Delia - p. Pârlița

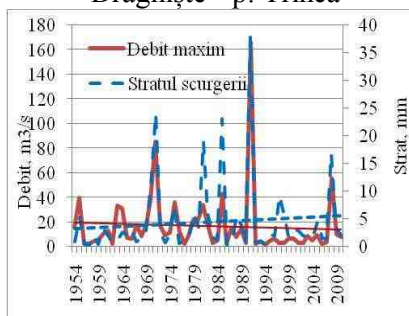


Fig. B7. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Căinari - p. Sevrova

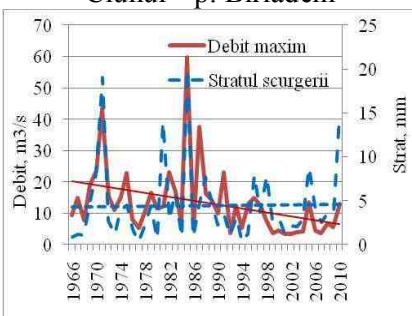


Fig. B8. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Cubolta - p. Cubolta

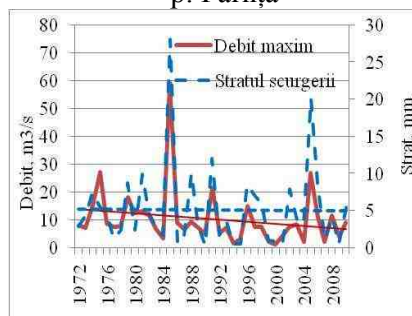


Fig. B9. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Răut - p. Bălți

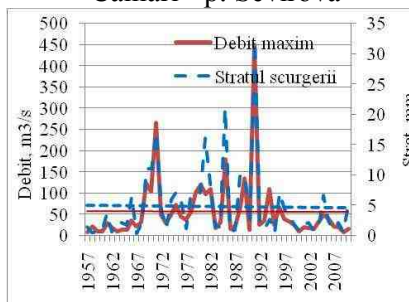


Fig. B10. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Răut - p. Jeloboc

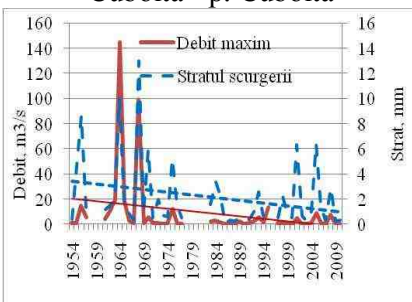


Fig. B11. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Bălțata - p. Bălțata

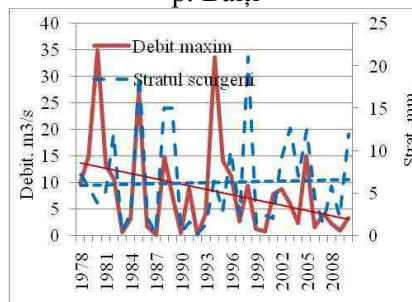


Fig. B12. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Ciulucul Mic - p. Telenești

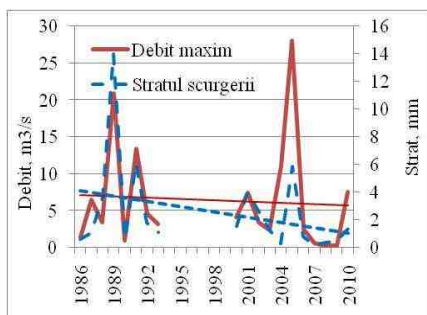


Fig. B13. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Ichel - p. Goieni

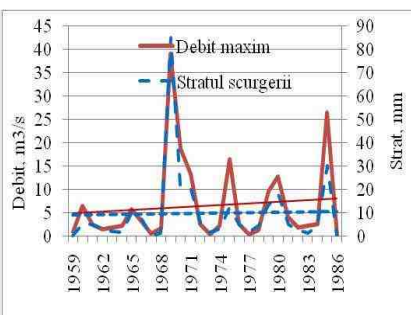


Fig. B14. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Pojarna - p. Sipoteni

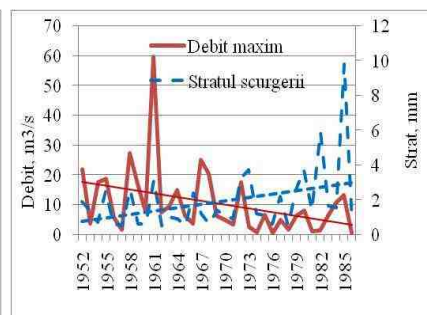


Fig. B15. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Ișnovăț - p. Sîngera

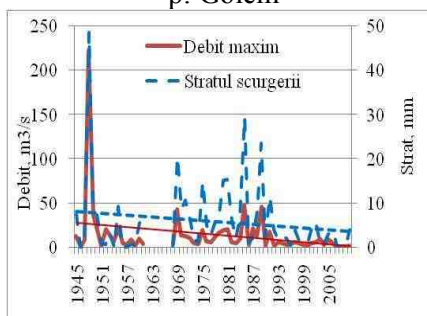


Fig. B16. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Bâc - p. Chișinău

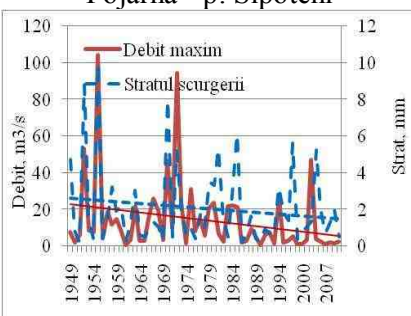


Fig. B17. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Botna - p. Căușeni

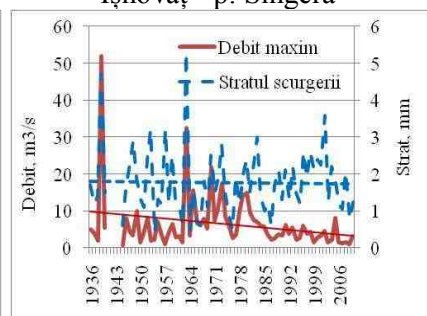


Fig. B18. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Camenca - p. Camenca

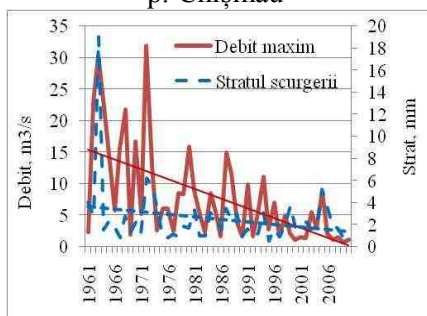


Fig. B19. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Beloce - p. Beloce

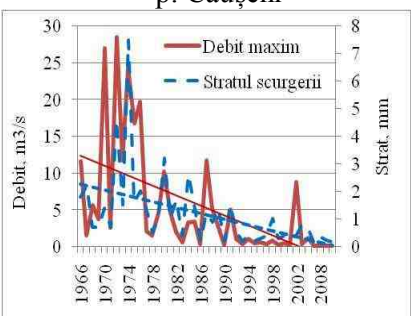


Fig. B20. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Molochiș - p. Molochișul Mare

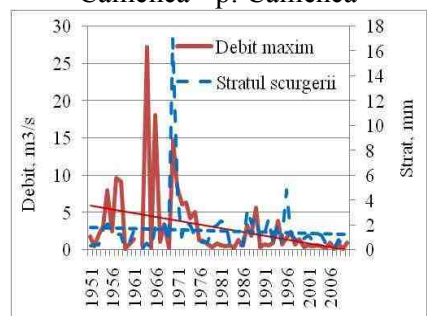


Fig. B21. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Râbnița - p. Andreevca

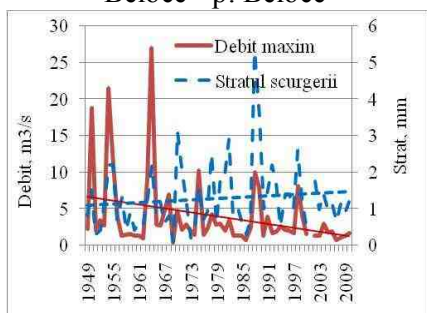


Fig. B22. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Iagorlic - p. Doibani

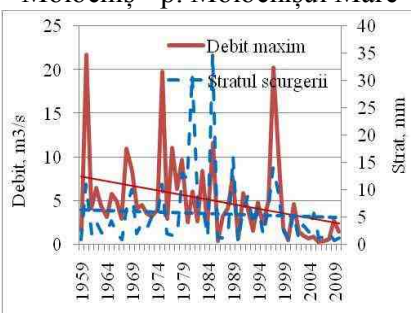


Fig. B23. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Cogîlnic - p. Hâncești

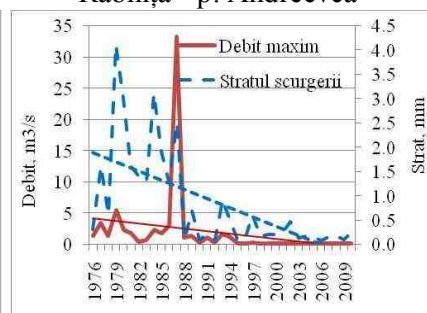


Fig. B24. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga

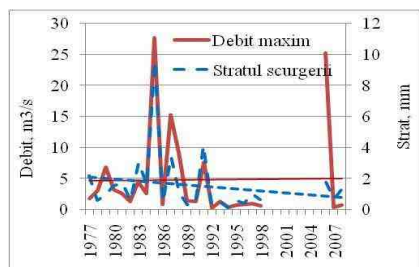


Fig. B25. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Salcia Mare - p. Musait

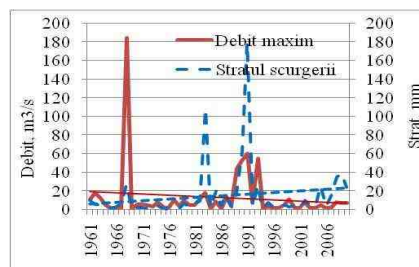


Fig. B26. Debitul maxim anual și stratul scurgerii de viitură, r. Taraclia - p. Taraclia

Tabelul B3. Ecuatiile de regresie între șirurile de date ale debitului maxim și stratului scurgerii de viitură

Nr.	Râul, postul	Suprafața bazinului, km ²	Perioada, ani	Numărul de ani	Ecuatia de regresie între Q și Y	Coeficientul de determinare R ²
1.	r. Bălțata - p. Bălțata	62.4	1954-1977, 1983-2010	51	Q = 5.607Y	R² = 0.51
2.	r. Beloce - p. Beloce	225	1961-2010	50	Q = 2.306Y	R ² = 0.17
3.	r. Bâc - p. Călărași	296	1950-1969	20	Q = 1.094Y	R ² = 0.25
4.	r. Bâc - p. Chișinău	1040	1945-1961	17	Q = 4.337Y	R² = 0.95
		882	1968-2010	43	Q = 1.649Y	R² = 0.85
5.	r. Botna - p. Căușeni	1210	1949-2010	62	Q = 6.469Y	R ² = 0.45
6.	r. Căinari - p. Sevirova	814	1954-2010	57	Q = 3.398Y	R² = 0.78
7.	r. Camenca - p. Camenca	387	1936-1941, 1945-2010	71	Q = 3.927Y	R ² = 0.34
8.	r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	1974-2010	37	Q = 0.681Y	R² = 0.54
9.	r. Ciulucul Mic - p. Telenești	566	1978-2010	33	Q = 1.017Y	R ² = 0.04
10.	r. Cogîlnic - p. Hâncești	179	1959-2010	52	Q = 0.588Y	R ² = 0.04
11.	r. Cubolta - p. Cubolta	869	1966-2010	45	Q = 2.324Y	R ² = 0.34
12.	r. Delia - p. Pârlița	125	1961-2010	50	Q = 0.652Y	R ² = 0.28
13.	r. Draghiște - p. Trinca	225	1957-2010	54	Q = 0.658Y	R² = 0.66
14.	r. Iagorlîc - p. Doibani	1220	1949-2010	62	Q = 2.840Y	R ² = 0.19
15.	r. Ialpug - p. Comrat	241	1962-1989	28	Q = 2.833Y	R² = 0.72
16.	r. Ichel - p. Goieni	652	1986-1993, 2000-2010	18	Q = 2.001Y	R² = 0.50
17.	r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	370	1976-2010	35	Q = 2.417Y	R ² = 0.21
18.	r. Molochiș - p. Molochișul Mare	184	1966-2010	45	Q = 4.219Y	R² = 0.50
19.	r. Pojarna - p. Sipoteni	119	1959-1986	28	Q = 0.553Y	R² = 0.85
20.	r. Răut - p. Bălți	1080	1972-2010	39	Q = 1.800Y	R² = 0.75
21.	r. Răut - p. Jeloboc	7100	1957-2010	54	Q = 11.55Y	R² = 0.85
22.	r. Râbnița - p. Andreevca	152	1951-2010	60	Q = 1.135Y	R ² = 0.05
23.	r. Salcia Mare - p. Musait	414	1977-2008	32	Q = 2.928Y	R² = 0.56
24.	r. Taraclia - p. Taraclia	103	1961-2010	50	Q = 0.456Y	R ² = 0.09
25.	r. Vilia - p. Bălăsinești	261	1953-2010	58	Q = 2.777Y	R² = 0.65

Tabelul B4. Valorile parametrilor statistici ale debitelor maxime

Nr.	Râul, postul	Suprafața bazinului, km ²	Perioada, ani	Debitul maxim mediu, $\bar{Q}$, m ³ /s	Coeficientul de variație, C_v	Coeficientul de asimetrie, C_s	Coeficientul de autocorelare, $r_{(t)}$	Eroare, ε , %	Eroare, ε , m ³ /s	Eroare cu indicarea $r_{(t)}$, m ³ /s	Criteriul de omogenitate Fisher
1.	r. Bălțata - p. Bălțata	62.4	1954-1977, 1983-2010	8.4	2.96	4.73	0.089	43	3.59	3.94	+
2.	r. Beloce - p. Beloce	225	1961-2010	7.8	1.00	2.50	0.352	14	1.08	1.56	+
3.	r. Bâc - p. Călărași	296	1950-1969	5.5	1.09	2.83	-0.071	23	1.28	1.38	+
4.	r. Bâc - p. Chișinău	882	1968-2010	10.0	1.26	3.28	0.012	17	1.73	1.75	+
5.	r. Botna - p. Căușeni	1210	1949-2010	14.1	1.60	6.40	-0.045	19	2.61	2.75	+
6.	r. Căinari - p. Sevirova	814	1954-2010	16.3	1.53	5.20	-0.032	21	3.37	3.49	+
7.	r. Camenca - p. Camenca	387	1936-1941, 1945-2010	6.4	1.15	6.90	0.001	14	0.89	0.89	+
8.	r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	1974-2010	2.6	1.40	5.60	-0.077	21	0.55	0.60	+
9.	r. Ciulucul Mic - p. Telenești	566	1978-2010	8.4	1.10	2.20	0.114	19	1.57	1.77	+
10.	r. Cogîlnic - p. Hâncești	179	1959-2010	5.1	1.05	3.15	0.014	13	0.68	0.69	+
11.	r. Cubolta - p. Cubolta	869	1966-2010	13.3	0.85	3.40	0.032	12	1.65	1.71	+
12.	r. Delia - p. Pârlița	125	1961-2010	7.5	1.15	2.30	-0.089	18	1.36	1.49	+
13.	r. Draghiște - p. Trinca	225	1957-2010	3.9	1.39	4.87	0.265	20	0.80	1.05	+
14.	r. Iagorlîc - p. Doibani	1220	1949-2010	3.9	1.30	7.80	0.152	16	0.63	0.74	+
15.	r. Ialpug - p. Comrat	241	1962-1989	7.8	1.20	3.00	-0.095	23	1.81	1.99	+
16.	r. Ichel - p. Goieni	652	1986-1993, 2000-2010	6.4	1.20	3.00	-0.071	27	1.70	1.82	+
17.	r. Ișnovăț - p. Sîngera	343	1952-1986	10.4	1.10	2.75	-0.003	19	1.92	1.93	+
18.	r. Lunga - p. Ceadâr- Lunga	370	1976-2010	1.9	2.96	5.5	0.062	50	0.94	1.00	+
19.	r. Molochiș - p. Molochișul Mare	184	1966-2010	5.3	1.75	5.25	0.319	22	1.15	1.60	+
20.	r. Pojarna - p. Sipoteni	119	1959-1986	6.5	1.60	5.60	0.122	27	1.72	1.95	+

21.	r. Răut - p. Bălți	1080	1972-2010	10.2	0.95	3.33	-0.071	16	1.63	1.76	+
22.	r. Răut - p. Jeloboc	7100	1957-2010	55.9	1.40	3.64	0.020	18	9.96	10.16	+
23.	r. Râbnița - p. Andreevca	152	1951-2010	2.9	1.65	4.13	0.022	22	0.63	0.64	+
24.	r. Salcia Mare - p. Musait	414	1977-2008	4.8	1.75	7.00	-0.161	31	1.48	1.74	+
25.	r. Taraclia - p. Taraclia	103	1961-2010	12.6	2.00	6.80	0.005	31	4.00	4.02	+
26.	r. Vilia - p. Bălăsinești	261	1953-2010	17.4	1.96	6.66	0.032	35	6.13	6.40	+

Tabelul B5. Valorile parametrilor statistici ale stratului scurgerii maxime de viitură

Nr.	Râul, postul	Suprafața bazinului, km ²	Perioada, ani	Stratul scurgerii maxime mediu, $\bar{Y}$, mm	Coeficientul de variație, C_v	Coeficientul de asimetrie, C_s	Coeficientul de autocorelare, $r_{(t)}$	Eroare, ε , %	Eroare, ε , mm	Eroare cu indicarea $r_{(t)}$, mm	Criteriul de omogenitate Fisher
1.	r. Bălțata - p. Bălțata	62.4	1954-1977, 1983-2010	2.14	1.5	6	-0.09	19	0.41	0.45	+
2.	r. Beloce - p. Beloce	225	1961-2010	2.48	1	6	0.04	15	0.38	0.40	+
3.	r. Bâc - p. Călărași	296	1950-1969	4.28	0.9	1.8	-0.14	20	0.84	0.97	+
4.	r. Bâc - p. Chișinău	882	1968-2010	5.73	1.35	4.05	0.09	18	1.02	1.11	+
5.	r. Botna - p. Căușeni	1210	1949-2010	2.03	1.2	4.2	-0.19	14	0.29	0.35	+
6.	r. Căinari - p. Sevirova	814	1954-2010	4.41	1.69	4.56	-0.05	21	0.92	0.97	+
7.	r. Camenca - p. Camenca	387	1936-1941, 1945-2010	1.76	0.55	1.65	-0.13	6	0.11	0.12	+
8.	r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	1974-2010	3.98	0.5	1.25	-0.31	15	0.58	0.81	+
9.	r. Ciulucul Mic - p. Telenești	566	1978-2010	6.27	1	2	-0.15	16	1.00	1.17	+
10.	r. Cogîlnic - p. Hâncești	179	1959-2010	5.65	1.25	5	0.02	17	0.94	0.95	+
11.	r. Cubolta - p. Cubolta	869	1966-2010	4.46	1.05	3.15	-0.08	15	0.68	0.74	+
12.	r. Delia - p. Pârlîța	125	1961-2010	9.58	1	2	-0.03	15	1.45	1.49	+
13.	r. Draghiște - p. Trinca	225	1957-2010	6.07	1.25	3.75	0.27	16	0.98	1.29	+
14.	r. Iagorlic - p. Doibani	1220	1949-2010	1.28	0.7	1.75	0.18	9	0.12	0.14	+
15.	r. Ialpug - p. Comrat	241	1962-1989	2.71	1.05	4.2	-0.05	20	0.55	0.58	+

16.	r. Ichel - p. Goieni	652	1986-1993, 2000-2010	2.49	1.5	6	-0.05	31	0.76	0.81	+
17.	r. Ișnovăț - p. Sîngera	343	1952-1986	1.85	1.05	5.25	-0.12	17	0.31	0.35	+
18.	r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	370	1976-2010	0.82	1.4	4.2	0.53	21	0.17	0.31	+
19.	r. Molochiș - p. Molochișul Mare	184	1966-2010	1.17	1.2	4.8	0.15	18	0.20	0.24	+
20.	r. Pojarna - p. Sipoteni	119	1959-1986	9.71	1.85	7.4	0.08	32	3.13	3.42	+
21.	r. Răut - p. Bălți	1080	1972-2010	5.06	1.2	3.6	-0.16	18	0.89	1.05	+
22.	r. Răut - p. Jeloboc	7100	1957-2010	4.77	1.3	4.55	0.04	17	0.80	0.84	+
23.	r. Râbnița - p. Andreevca	152	1951-2010	1.53	1.29	5.01	0.13	19	0.30	0.34	+
24.	r. Salcia Mare - p. Musait	414	1977-2008	1.55	1.35	6.75	-0.11	25	0.39	0.44	+
25.	r. Taraclia - p. Taraclia	103	1961-2010	14.39	1.9	4.75	0.17	29	4.25	5.08	+
26.	r. Vilia - p. Bălăsinești	261	1953-2010	8.04	1.6	5.6	-0.09	21	1.65	1.81	+

Tabelul B6. Valorile parametrilor statistici ale scurgerii de vară

Nr.	Râul, postul	Suprafața bazinului, km ²	Perioada, ani	Stratul scurgerii de vară mediu, $\bar{Y}_{vara}$, mm	Coeficientul de variație, C_v	Coeficientul de asimetrie, C_s	Coeficientul de autocorelare, $r_{(t)}$	Eroare, ε , %	Eroare, ε , mm	Eroare cu indicarea $r_{(t)}$, mm	Criteriul de omogenitate Fisher
1.	r. Bălțata - p. Bălțata	62.4	1954-1977, 1983-2010	10.11	0.5	0.5	-0.014	6.8	0.69	0.70	+
2.	r. Beloce - p. Beloce	225	1961-2010	24.4	0.15	0.9	-0.008	1.8	0.43	0.43	+
3.	r. Bic - p. Călărași	296	1950-1969	8.94	1.2	6	-0.138	22.9	2.05	2.36	+
4.	r. Bic - p. Chișinău	882	1968-2010	19.87	0.7	0.7	0.164	11.1	2.21	2.61	+
5.	r. Botna - p. Căușeni	1210	1949-2010	7.63	0.75	1.125	0.056	9.1	0.71	0.75	+
6.	r. Căinari - p. Sevirova	814	1954-2010	20.42	0.65	2.60	0.184	8.5	1.74	2.09	+
7.	r. Căldărușa, p. Cajba,	79.5	1951-2010	18.71	1.00	2.00	0.251	12.5	2.34	3.02	+

8.	r. Camenca - p. Camenca	387	1936-1941, 1945-2010	29.63	0.25	1.50	0.635	2.7	1.41	1.73	+
9.	r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	1974-2010	26.3	0.4	1.00	0.152	6.5	1.72	2.01	+
10.	r. Ciulucul Mic - p. Telenеști	566	1978-2010	14.10	0.9	1.8	0.097	13.7	1.94	2.13	+
11.	r. Cogîlnic - p. Hâncești	179	1959-2010	16.11	0.75	3	0.205	10.0	1.61	1.99	+
12.	r. Cubolta - p. Cubolta	869	1966-2010	21.89	0.6	1.8	0.244	8.3	1.82	2.34	+
13.	r. Delia - p. Pârlița	125	1961-2010	20.5	0.9	1.8	0.024	13.4	2.83	2.90	+
14.	r. Draghiște - p. Trinca	225	1957-2010	22.3	0.75	1.125	0.373	10.7	2.40	3.55	+
15.	r. Iagorlic - p. Doibani	1220	1949-2010	7.48	0.45	0.45	0.376	6.1	0.45	0.67	+
16.	r. Ialpug - p. Comrat	241	1962-1989	5.46	1.05	1.575	0.089	23.7	1.30	1.42	+
17.	r. Ichel - p. Goieni	652	1986-1993, 2000-2010	9.12	1.15	4.6	0.161	24.5	2.24	2.63	+
18.	r. Ișnovăț - p. Sîngera	343	1952-1986	6.1	0.7	1.4	-0.187	11.7	0.71	0.86	+
19.	r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	370	1976-2010	4.57	0.6	2.1	0.610	9.8	0.79	0.93	+
20.	r. Molochiș - p. Molochișul Mare	184	1966-2010	11.31	0.45	0.675	0.691	6.7	1.35	1.84	+
21.	r. Pojarna - p. Sipoteni	119	1959-1986	23.57	1.1	2.75	0.235	20.0	4.71	5.99	+
22.	r. Răut - p. Bălți	1080	1972-2010	15.77	0.75	2.625	-0.016	11.1	1.75	1.77	+
23.	r. Răut - p. Jeloboc	7100	1957-2010	15.88	0.75	2.625	0.249	10.0	1.58	2.04	+
24.	r. Râbnița - p. Andreevca	152	1951-2010	11.04	0.55	0.825	0.393	7.7	0.85	1.28	+
25.	r. Salcia Mare - p. Musait	414	1977-2008	9.74	0.8	1.2	-0.019	13.7	1.54	1.57	+
26.	r. Taraclia - p. Taraclia	103	1961-2010	28.65	1.25	5	0.171	17.3	4.97	5.91	+
27.	r. Vilia - p. Bălăsinești	261	1953-2010	29.4	0.8	2.8	0.257	9.9	2.90	3.77	+

Tabelul B7. Intervalele valorilor parametrilor statistici ai scurgerii de viitură

Caracteristica hidrologică	Media	C_v	C_S	$r_{(t)}$	ε , %	ε , mm	ε cu $r_{(t)}$	Dependența C_v și C_S
Debit maxim	1,9-55,9	0,85-2,22	2,2-7,8	-0,16-0,35	12,4-50	0,55-9,96	0,60-10,16	$C_S=3,3C_v$
Stratul maxim	0,82-14,4	0,5-1,9	1,25-7,4	-0,31-0,53	6,2-32,3	0,11-4,25	0,12-5,08	$C_S=3,5C_v$
Stratul scurgerii de vară	4,6-29,6	0,15-1,25	0,45-6	-0,19-0,69	1,8-24,5	0,43-5,06	0,43-5,99	$C_S=3,0C_v$

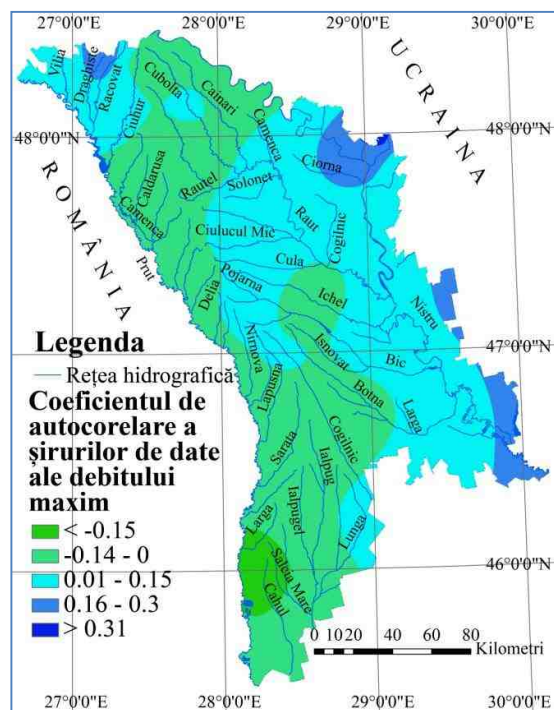


Fig. B27. Coeficientul de autocorelare pentru debitul maxim

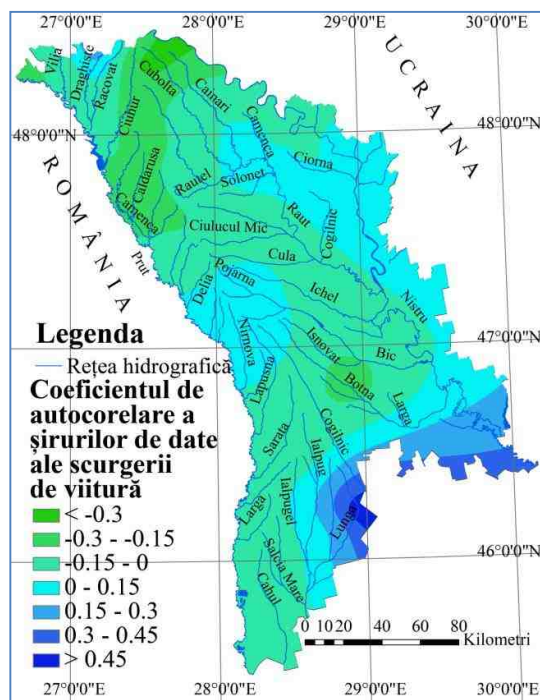


Fig. B28. Coeficientul de autocorelare pentru stratul scurgerii de viitură

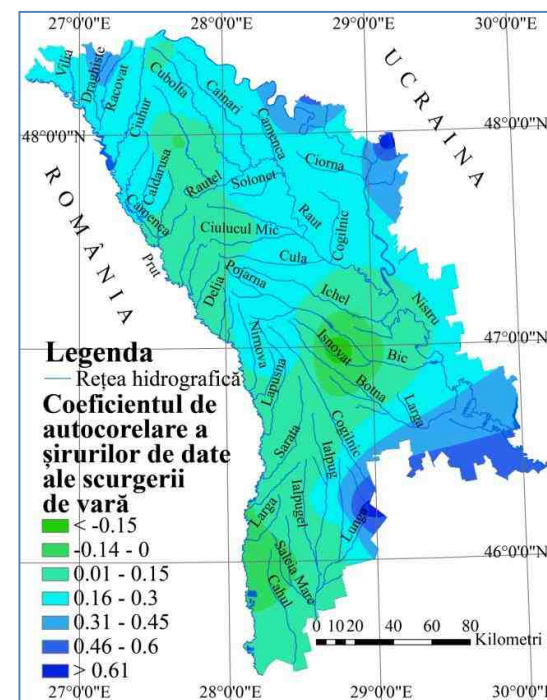


Fig. B29. Coeficientul de autocorelare pentru stratul scurgerii de vară

Tabelul B8. Rezultatele aprecierii coeficientului de modificare a caracteristicilor scurgerii de viitură sub acțiunea activității antropice

Nr.	Râul, postul	Suprafața bazinului, km ²	$\bar{Q}$, m ³ /s	Q'	Q''	Q''/Q'	$\bar{Y}$, mm	Y'	Y''	Y''/Y'	$\bar{Y}_{vara}$, mm	Y'_{vara}	Y''_{vara}	Y''_{vara}/Y'_{vara}
1.	r. Băltaș - p. Băltaș	62.4	8.42	35.9	39.29	1.09	2.14	4.0	4.41	1.09	10.11	6.9	7.00	1.01
2.	r. Beloce - p. Beloce	225	7.83	10.8	15.62	1.44	2.48	3.8	3.99	1.04	24.37	4.3	4.33	1.01
3.	r. Bic - p. Călărași	296	5.49	12.8	13.71	1.07	4.28	8.4	9.63	1.15	8.94	20.5	23.53	1.15
4.	r. Bic - p. Chișinău	882	10.02	17.3	17.50	1.01	5.73	10.2	11.10	1.09	19.87	22.1	26.10	1.18
5.	r. Botna - p. Căușeni	1210	14.08	26.1	27.31	1.05	2.03	2.9	3.49	1.21	7.63	6.9	7.33	1.06

6.	r. Căinari - p. Sevrova	814	16.34	33.7	34.83	1.03	4.41	9.2	9.67	1.06	20.42	17.4	20.94	1.21
7.	r. Căldărușa - p. Cajba	79.5	-	-	-	-	-	-	-	-	18.7	23.37	30.22	1.29
8.	r. Camenca - p. Camenca	387	6.42	8.9	8.94	1.00	1.76	1.1	1.23	1.14	29.63	8.1	17.10	2.12
9.	r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	2.58	5.5	5.94	1.08	3.88	5.8	7.68	1.33	26.3	17.20	20.05	1.17
10.	r. Ciulucul Mic - p. Telenești	566	8.41	15.7	17.65	1.12	6.27	10.0	11.68	1.17	14.10	19.4	21.33	1.10
11.	r. Cogîlnic - p. Hâncești	179	5.07	6.8	6.87	1.01	5.65	9.4	9.53	1.02	16.11	16.1	19.86	1.23
12.	r. Cubolta - p. Cubolta	869	13.29	16.5	17.00	1.03	4.46	6.8	7.39	1.09	21.89	18.2	23.38	1.28
13.	r. Delia - p. Pârlița	125	7.50	13.4	14.68	1.09	9.56	14.4	14.81	1.03	20.5	27.42	28.09	1.02
14.	r. Draghiște - p. Trinca	225	3.93	8.0	10.47	1.31	5.97	9.8	12.65	1.29	22.3	23.99	35.50	1.48
15.	r. Iagorlic - p. Doibani	1220	3.91	6.3	7.38	1.17	1.28	1.2	1.40	1.20	7.48	4.5	6.74	1.48
16.	r. Ialpuș - p. Comrat	241	7.78	18.1	19.90	1.10	2.71	5.5	5.80	1.06	5.46	13.0	14.19	1.09
17.	r. Ichel - p. Goieni	652	6.39	17.0	18.21	1.07	2.49	7.6	8.04	1.06	9.12	22.4	26.32	1.18
18.	r. Ișnovăț - p. Sîngera	343	10.38	19.2	19.27	1.00	1.85	3.1	3.51	1.13	6.06	7.1	8.57	1.21
19.	r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	370	1.89	9.4	10.04	1.06	0.82	1.7	3.13	1.81	4.57	4.49	9.12	2.03
20.	r. Molochiș - p. Molochișul Mare	184	5.27	11.5	16.00	1.39	1.17	2.0	2.38	1.16	11.31	7.5	17.59	2.34
21.	r. Pojarna - p. Sipoteni	119	6.48	17.2	19.46	1.13	9.71	31.3	34.08	1.09	23.57	47.1	59.81	1.27
22.	r. Răut - p. Bălți	1080	10.22	16.3	17.46	1.07	5.06	8.9	10.45	1.18	15.77	17.5	17.74	1.02
23.	r. Răut - p. Jeloboc	7100	55.90	99.6	101.62	1.02	4.77	8.0	8.37	1.04	15.88	15.8	20.44	1.29
24.	r. Râbnița - p. Andreevca	152	2.90	6.3	6.40	1.02	1.53	3.0	3.37	1.14	11.04	8.5	12.84	1.51
25.	r. Salcia Mare - p. Musait	414	4.80	14.8	17.39	1.18	1.55	3.9	4.39	1.12	9.74	13.3	13.57	1.02
26.	r. Taraclia - p. Taraclia	103	12.64	39.6	39.81	1.01	14.39	42.1	50.17	1.19	28.65	49.69	59.06	1.19
27.	r. Vilia - p. Bălăsinești	261	17.43	61.3	63.31	1.03	8.04	16.5	18.05	1.09	29.4	28.99	37.69	1.30

Tabelul B9. Modificările scurgerii de viitură în dependență de coeficientul de autocorelare, dispersia și numărul de ani

Scurgerea de viitură în condiții staționare, mm				
Număr de ani	Dispersia șirului de date			
	5	10	20	30
10	15.8	31.6	63.2	94.9
20	11.2	22.4	44.7	67.1
30	9.1	18.3	36.5	54.8
40	7.9	15.8	31.6	47.4
50	7.1	14.1	28.3	42.4
60	6.5	12.9	25.8	38.7

Scurgerea de viitură în cazul $r_{(t)} = 0,7$, mm				
Număr de ani	Dispersia șirului de date			
	5	10	20	30
10	37.6	75.3	151	226
20	26.6	53.2	106	160
30	21.7	43.5	86.9	130
40	18.8	37.6	75.3	113
50	16.8	33.7	67.3	101
60	15.4	30.7	61.5	92.2

Scurgerea de viitură în cazul $r_{(t)} = 0,5$, mm				
Număr de ani	Dispersia șirului de date			
	5	10	20	30
10	27.4	54.8	110	164
20	19.4	38.7	77.5	116
30	15.8	31.6	63.2	94.9
40	13.7	27.4	54.8	82.2
50	12.2	24.5	49.0	73.5
60	11.2	22.4	44.7	67.1

Scurgerea de viitură în cazul $r_{(t)} = 0,25$, mm				
Număr de ani	Dispersia șirului de date			
	5	10	20	30
10	20.4	40.8	81.6	122
20	14.4	28.9	57.7	86.6
30	11.8	23.6	47.1	70.7
40	10.2	20.4	40.8	61.2
50	9.1	18.3	36.5	54.8
60	8.3	16.7	33.3	50.0

Scurgerea de viitură în cazul $r_{(t)} = 0,1$, mm				
Număr de ani	Dispersia șirului de date			
	5	10	20	30
10	17.5	35.0	69.9	105
20	12.4	24.7	49.4	74.2
30	10.1	20.2	40.4	60.6
40	8.7	17.5	35.0	52.4
50	7.8	15.6	31.3	46.9
60	7.1	14.3	28.5	42.8

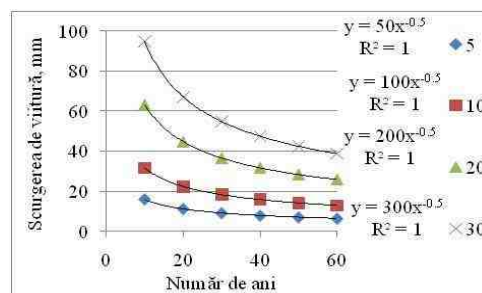


Fig. B30. Scurgerea de viitură în condiții staționare, mm

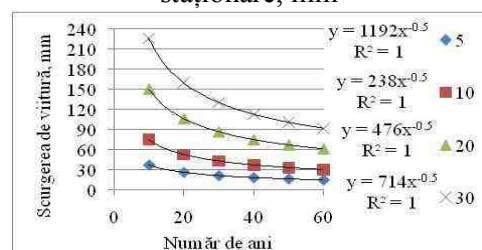


Fig. B31. Scurgerea de viitură în cazul $r_{(t)} = 0,7$, mm

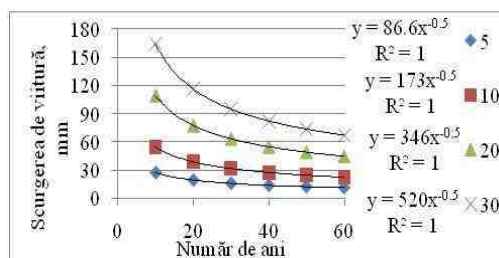


Fig. B32. Scurgerea de viitură în cazul $r_{(t)} = 0,5$, mm

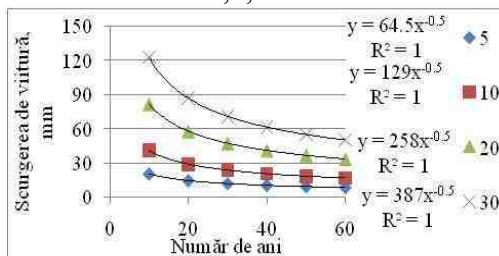


Fig. B33. Scurgerea de viitură în cazul $r_{(t)} = 0,25$, mm

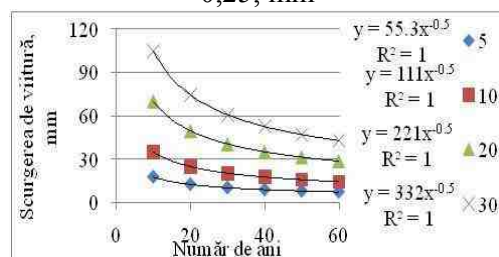


Fig. B34. Scurgerea de viitură în cazul $r_{(t)} = 0,1$, mm

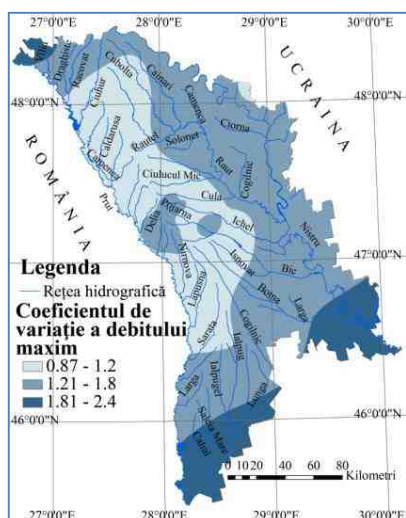


Fig. B35. Coeficientul de variație pentru debitul maxim de viitură

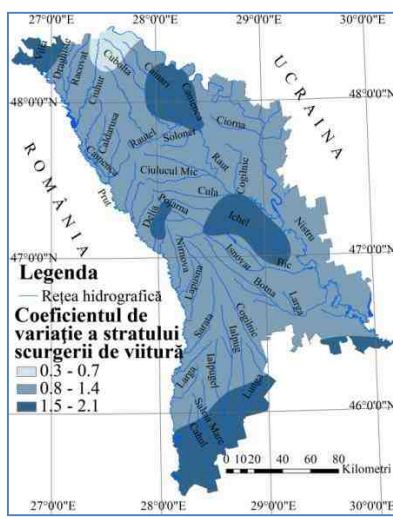


Fig. B36. Coeficientul de variație pentru stratul scurgerii de viitură

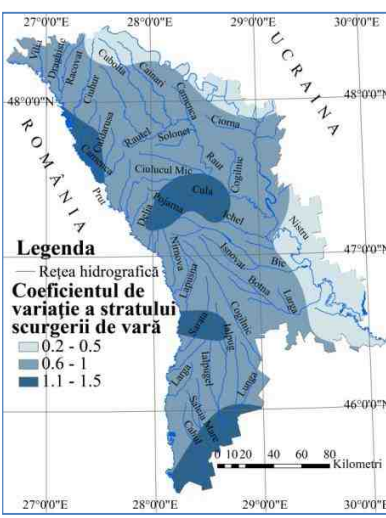


Fig. B37. Coeficientul de variație pentru stratul scurgerii de vară

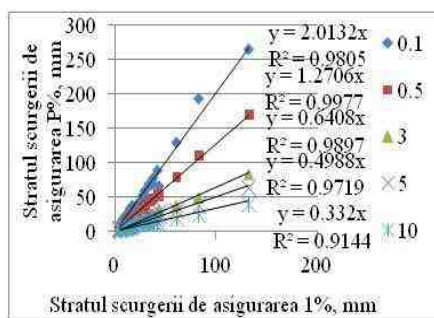


Fig. B38. Coeficientul de trecere de la stratul scurgerii de 1% la altă asigurare

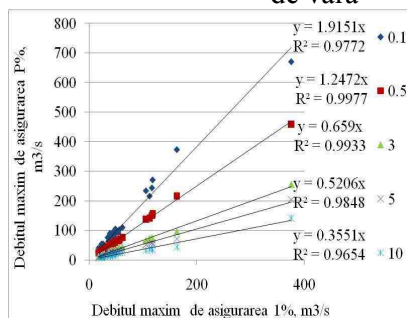


Fig. B39. Coeficientul de trecere de la debitul maxim de 1% la altă asigurare

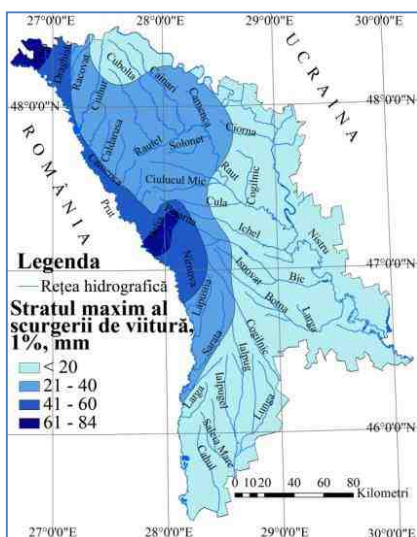


Fig. B40. Stratul maxim al scurgerii de viitură estimat în baza metodelor statistice, 1%, mm

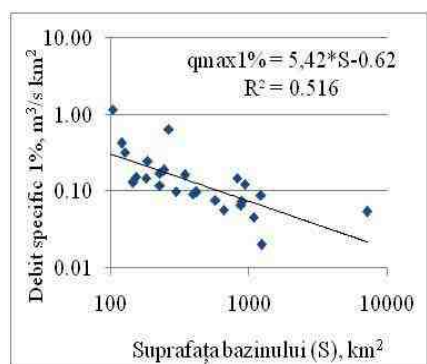


Fig. B41. Dependența reduțională a debitului specific de 1% de suprafața bazinului

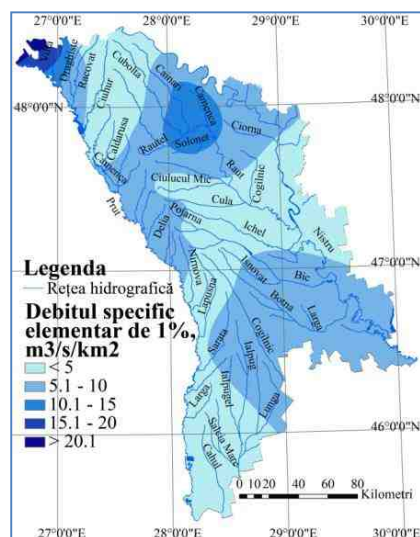


Fig. B42. Debitul specific elementar de 1%, m³/s/km²

Tabelul B10. Debite maxime de diferită probabilitate

Nr.	Râul, postul	Suprafața bazinului, km ²	Debitul maxim mediu, $\bar{Q}$, m ³ /s	Debitul maxim de probabilitatea, P%, m ³ /s								
				0.001	0.01	0.1	0.3	0.5	1	3	5	10
2.	r. Beloce - p. Beloce	225	7.8	115.9	86.9	60.8	49.2	44.1	37.4	27.4	23.0	17.4
3.	r. Bâc - p. Călărași	296	5.5	94.4	70.2	48.1	38.5	34.3	28.9	20.7	17.2	12.7
4.	r. Bâc - p. Chișinău	882	10.0	226	164	109	86	76	62	43	34.9	24.7
5.	r. Botna - p. Căușeni	1210	14.1	725	434	234	165	138	106	65	50.3	33.2
6.	r. Căinari - p. Sevirova	814	16.3	673	425	243	176	149	117	74	58.0	38.9
7.	r. Camenca - p. Camenca	387	6.4	----	146	75.1	53.2	44.8	35.1	22.8	18.3	13.1
8.	r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	2.6	120	72.3	39.5	28.1	23.6	18.3	11.5	8.9	6.0
9.	r. Ciulucul Mic - p. Telenești	566	8.4	111	88.3	65.2	54.4	49.6	42.5	32.0	27.1	20.2
10.	r. Cogîlnic - p. Hâncești	179	5.1	100	69.9	45.3	35.4	31.2	25.8	18.2	15.0	11.1
11.	r. Cubolta - p. Cubolta	869	13.3	253	165	101	77.9	68.3	56.5	40.4	33.8	25.8
12.	r. Delia - p. Pârlița	125	7.5	106	83.6	61.5	50.9	46.5	39.7	29.7	24.8	18.4
13.	r. Draghiște - p. Trinca	225	3.9	145	92.3	53.4	39.2	33.4	26.4	17.1	13.4	9.2
14.	r. Iagorlâc - p. Doibani	1220	3.9	----	105	53.2	36.8	30.7	23.7	15.1	11.9	8.3
15.	r. Ialpuș - p. Comrat	241	7.8	155	114	76.3	60.5	53.6	44.6	31.4	25.8	18.6
16.	r. Ichel - p. Goieni	652	6.4	127	93	62.6	49.7	44.0	36.6	25.8	21.1	15.3
17.	r. Ișnovăț - p. Sîngera	343	10.4	178	133	90.9	72.8	64.9	54.6	39.1	32.5	24.0
19.	r. Molochiș - p. Molochișul Mare	184	5.3	240	157	91.4	66.9	56.7	44.1	27.4	21.0	13.5
20.	r. Pojarna - p. Sîpoteni	119	6.5	296	185	104	75.2	63.4	49.3	30.8	23.8	15.7
21.	r. Răut - p. Bălți	1080	10.2	203	137	85.5	66.0	57.9	47.8	33.8	28.1	21.1
22.	r. Răut - p. Jeloboc	7100	55.9	1431	1029	671	523	458	375	255	204	141
23.	r. Râbnița - p. Andreevca	152	2.9	98.6	68.5	43.7	33.5	28.8	23.1	15.0	11.7	7.7
24.	r. Salcia Mare - p. Musait	414	4.8	284	168	89.0	61.9	51.4	39.2	23.6	17.9	11.5
25.	r. Taraclia - p. Taraclia	103	12.6	826	504	270	190	157	118.3	69.5	51.6	31.8
26.	r. Vilia - p. Bălăsinești	261	17.4	1140	695	373	261	216	163.1	95.9	71.1	43.9

Tabelul B11. Stratul scurgerii maxime de diferită probabilitate

Nr.	Râul, postul	Suprafața bazinului, km ²	Stratul scurgerii maxime mediu, $\bar{Y}$, mm	Stratul scurgerii maxime de probabilitatea, P%, mm								
				0.001	0.01	0.1	0.3	0.5	1	3	5	10
1.	r. Bălțata - p. Bălțata	62.4	2.14	99.6	59.9	32.7	23.3	19.6	15.2	9.5	7.4	5.0
2.	r. Beloce - p. Beloce	225	2.48	77.7	46.6	24.7	17.8	15.2	12.0	8.1	6.6	4.9
3.	r. Bâc - p. Călărași	296	4.28	49.2	39.4	29.6	24.9	22.7	19.7	15.0	12.8	9.8
4.	r. Bâc - p. Chișinău	882	5.73	170.3	115.2	71.1	53.6	46.3	37.3	24.8	19.8	13.7
5.	r. Botna - p. Căușeni	1210	2.03	58.8	38.2	22.8	17.0	14.7	11.8	7.9	6.4	4.5
6.	r. Căinari - p. Sevirova	814	4.41	123.0	83.8	52.0	39.4	34.2	27.6	18.5	14.9	10.4
7.	r. Camenca - p. Camenca	387	1.76	12.9	9.8	7.3	6.2	5.7	5.0	4.0	3.6	3.0
8.	r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	3.98	21.5	17.7	14.0	12.2	11.4	10.3	8.6	7.8	6.6
9.	r. Ciulucul Mic - p. Telenești	566	6.27	72.1	57.7	43.3	36.4	33.2	28.8	22.0	18.8	14.4
10.	r. Cogîlnic - p. Hâncești	179	5.65	197.6	121.7	68.9	50.4	42.9	33.9	22.2	17.7	12.5
11.	r. Cubolta - p. Cubolta	869	4.46	88.1	61.6	39.9	31.2	27.5	22.8	16.1	13.2	9.8
12.	r. Delia - p. Pârlița	125	9.58	110.1	88.2	66.2	55.6	50.8	44.0	33.6	28.7	22.0
13.	r. Draghiște - p. Trinca	225	6.07	158.9	108.6	67.9	51.8	45.0	36.6	24.8	20.0	14.1
14.	r. Iagorlîc - p. Doibani	1220	1.28	11.0	8.6	6.4	5.4	5.0	4.4	3.4	3.0	2.4
15.	r. Ialpuș - p. Comrat	241	2.71	72.2	45.3	26.7	19.9	17.2	13.9	9.5	7.7	5.7
16.	r. Ichel - p. Goieni	652	2.49	116.1	69.8	38.1	27.2	22.8	17.7	11.1	8.6	5.8
17.	r. Ișnovăț - p. Sîngera	343	1.85	-----	34.6	20.2	14.6	12.4	9.8	6.5	5.3	3.8
18.	r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	370	0.82	25.7	17.3	10.6	8.0	6.9	5.5	3.6	2.9	2.0
19.	r. Molochiș - p. Molochișul Mare	184	1.17	38.4	23.7	13.6	10.0	8.5	6.8	4.5	3.6	2.5
20.	r. Pojarna - p. Sîpoteni	119	9.71	626.3	368.5	193.2	133.5	110.2	83.3	49.5	37.1	23.6
21.	r. Răut - p. Bălți	1080	5.06	123.9	84.9	53.6	41.2	35.9	29.3	20.2	16.3	11.6
22.	r. Răut - p. Jeloboc	7100	4.77	156.6	100.7	59.2	43.8	37.5	29.9	19.7	15.7	10.9
23.	r. Râbnița - p. Andreevca	152	1.53	57.0	34.9	19.6	14.3	12.1	9.5	6.2	4.9	3.4
24.	r. Salcia Mare - p. Musait	414	1.55	41.7	30.8	21.7	15.2	12.7	9.8	6.2	4.9	3.4
25.	r. Taraclia - p. Taraclia	103	14.39	631.5	421.5	264.7	202.8	169.8	132.6	83.1	63.2	39.7
26.	r. Vilia - p. Bălăsinești	261	8.04	367.6	230.1	129.5	93.3	78.8	61.2	38.2	29.5	19.5

Tabelul B12. Coeficienții de trecere λ_P la debite maxime și stratul scurgerii de viitură de diversă asigurare

Regiunea, referința	Valorile λ_P la asigurarea P% egală cu					
	0,1	0,5	1	3	5	10
Coeficienții de trecere λ_P la debitele maxime cu diversă asigurare						
Republica Moldova [17]	1,85	1,55	1,0	0,71	0,57	0,42
Republica Moldova, studiul prezent	1,92	1,25	1,0	0,66	0,52	0,36
România [37, p.24]	1,72	1,22	1,0	0,71	0,54	0,37
Coeficienții de trecere λ_P la stratul scurgerii cu diversă asigurare						
Republica Moldova [249]	1,5	1,25	1,0	0,79	0,68	0,52
Republica Moldova, studiul prezent	2,01	1,27	1,0	0,64	0,50	0,33

Tabelul B13. Caracteristica stațiilor de scurgere din cadrul stației de bilanț al apei Bălțata

Numărul	Suprafața, km ²	Lungimea, m	Lățimea, m	Panta, grade	Expoziția versantului	Altitudinea medie, m	Ponderea grupei hidrologice de sol, %			
							A	B	C	D
1	0,0008	40	20	5	NE	75,5	0	0	100	0
2	0,0008	40	20	5	NE	75,5	0	0	100	0
3	0,0008	40	20	11	SV	66	0	100	0	0
4	0,0008	40	20	11	SV	66	0	100	0	0

Tabelul B14. Caracteristica râulețelor din cadrul stației de bilanț al apei Bălțata

Râul	Suprafața bazinului hidrografic, km ²	Lungimea albiei, km	Lățimea medie a bazinului, m	Altitudinea medie a bazinului, m	Panta medie a, grade		Expoziția medie a pantei	Anul și luna începutului observațiilor	Ponderea grupei de sol, %			
					albiei	bazinului hidrografic			A	B	C	D
Staționâi	5.49	4.2	1.5	123	3,3	4.58	S	II 1962	0.00	33.74	63.60	2.66
Vișnevâi	4.23	4.2	0.93	122	3,4	5.16	S	III 1956	0.00	63.37	18.31	18.31
Vinogradnâi	2.96	2	1.4	146	4,2	7.67	SE	XII 1959	0.00	55.16	29.45	15.39
Sagaidacinâi	4.13	2.1	1.6	153	3,8	7.39	SE	III 1956	0.00	22.58	44.80	32.61
Bălțata	62.4	16	4.3	135	1,8	5,72	SE	I 1954-58, VI 1960	0.46	47.87	46.30	5.37

Tabelul B15. Estimarea modificărilor caracteristicilor scurgerii de viitură în dependență de tipul predominant al culturii din cadrul stațiilor de scurgere, stația de bilanț Bălțata

Numărul stației	Suprafața, km ²	Panta, °	Caracteristicile scurgerii de viitură							Tipul predominant al culturii
			Numărul de evenimente analizate	Debitul mediu, l/s	Debitul maxim mediu, l/s	Volum, m ³	Strat, mm	Durata, min	<i>n</i> mediu	
1	0,0008	5	52	2.13	7.72	3.5	4.37	34	0.45	Arabil (sfecă, porumb etc.)
2	0,0008	5	35	3.46	12.74	6.42	8.02	40	0.38	Teren arat
2	0,0008	5	17	1.23	4.54	2.96	3.71	33	0.51	Pârloagă/pășune
3	0,0008	11	41	0.05	0.15	0.11	0.15	51	0.59	Pășune
4	0,0008	11	32	0.06	0.19	0.12	0.17	52	0.63	Pășune

Tabelul B16. Estimarea modificărilor caracteristicilor scurgerii de viitură în dependență de categoria predominantă a utilizării terenurilor din bazinele hidrografice ale râurilor mici, stația de bilanț Bălțata

Numele râulețului	Suprafața bazinului, km ²	Panta bazin, °	Perioada	Caracteristicile scurgerii de viitură							Ponderea medie a categoriilor utilizării terenului, %			
				Numărul de evenimente analizate	Debitul mediu al viiturii, l/s	Debitul maxim mediu al viiturii, l/s	Volum, m ³	Strat, mm	Durata, min	<i>n</i> mediu	Pășuni	Pădure	Arabil	Plantații multianuale
Sagaidacinâi	4.13	7.39	1960-1994	47	1811	5926	9504	2.42	121	0.55	2	1	67	20
Vinogradnâi	2.96	7.67	1960-1978	16	2159	7063	12312	5	119	0.44	37	0	50	9
Vinogradnâi	2.96	7.67	1979-1991	7	1050	3116	9009	3	124	0.51	8	9	3	79
Stanționâi	5.49	4.58	1960-1981	26	488	1545	7531	1.58	211	0.70	1	0	70	20
Stanționâi	5.49	4.58	1982-1994	13	714	1726	7565	1.38	154	0.68	0	0	37	63
Vișnevâi	4.23	5.16	1960-1978	30	1136	3744	7377	1.74	91	0.53	4	0	86	9
Vișnevâi	4.23	5.16	1979-1994	13	1432	5350	7453	1.77	129	0.58	4	6	64	9
Bălțata	62.4	5.72	1961-1971, 1983-1992	18	2560	9525	57327	0.94	335	0.7	3	9	48	30

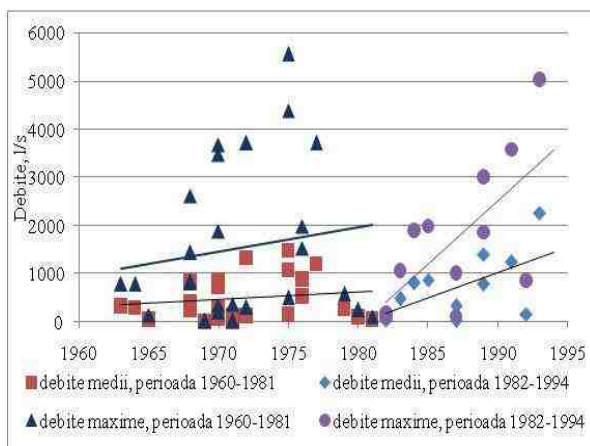


Fig. B43. Debitele maxime și medii ale viiturilor r. Stanționăi

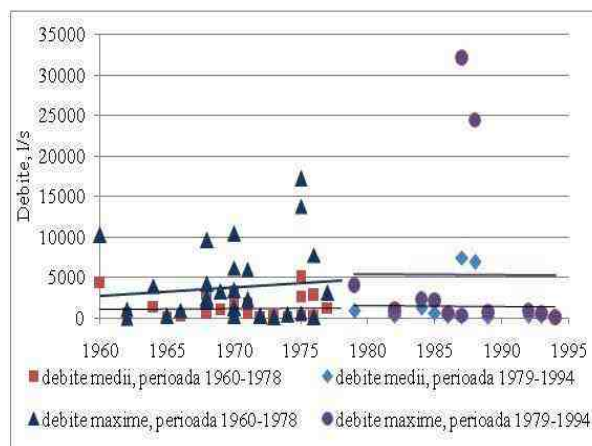


Fig. B44. Debitele maxime și medii ale viiturilor r. Vișnevăi

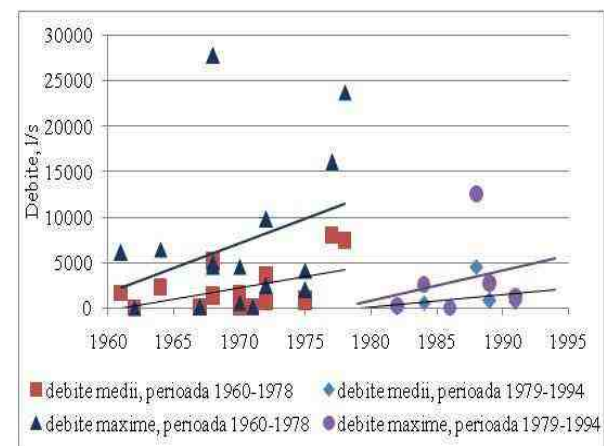


Fig. B45. Debitele maxime și medii ale viiturilor r. Vinogradnăi

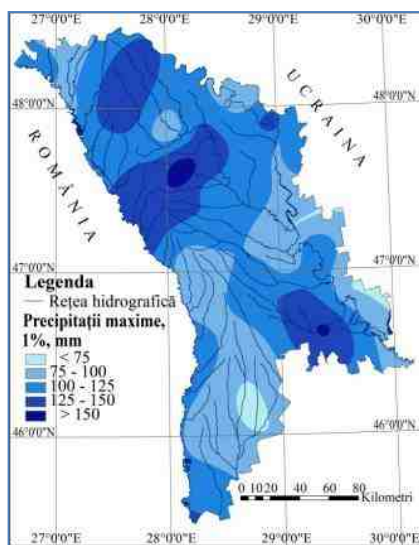


Fig. B46. Precipitații maxime, 1%

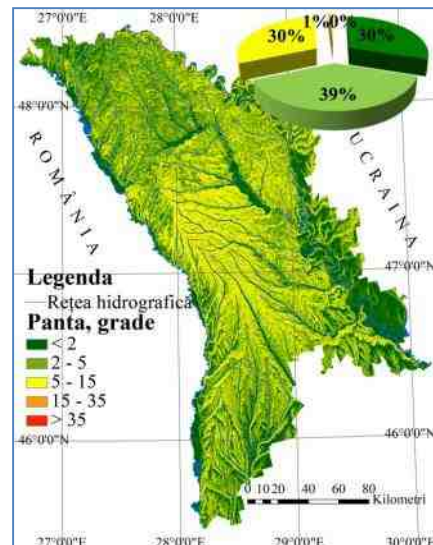


Fig. B47. Panta

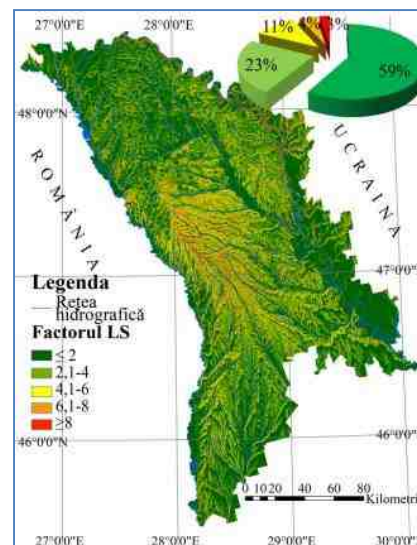


Fig. B48. Factorul LS

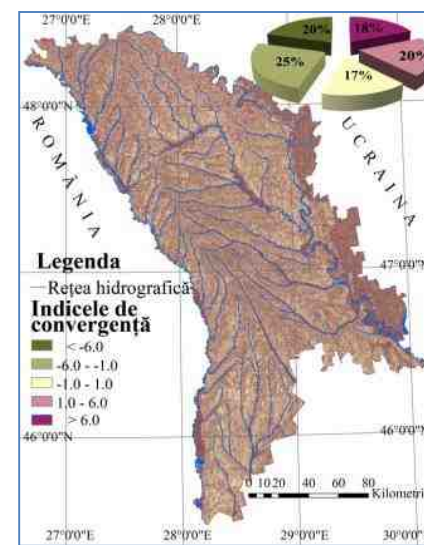


Fig. B49. Indicele de convergență



Fig. B50. Curbura în profil

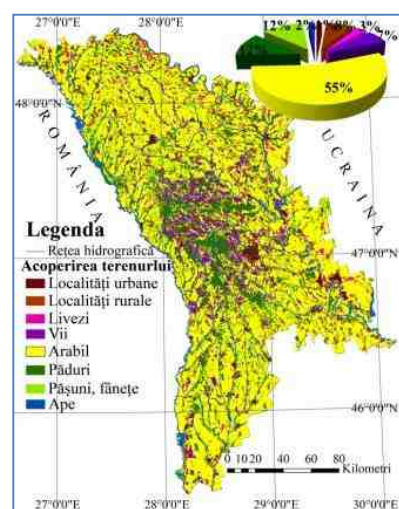


Fig. B51. Acoperirea terenurilor
[elaborat în baza 28]

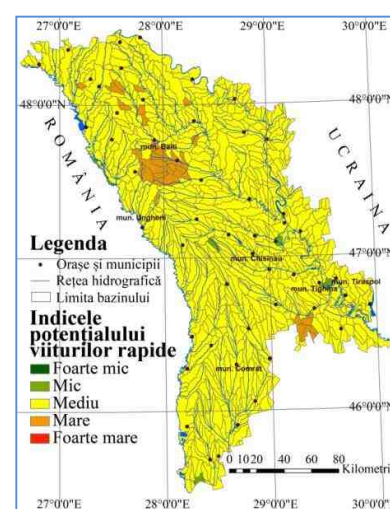


Fig. B52. Indicele potențialul
viiturilor rapide pentru bazine mici

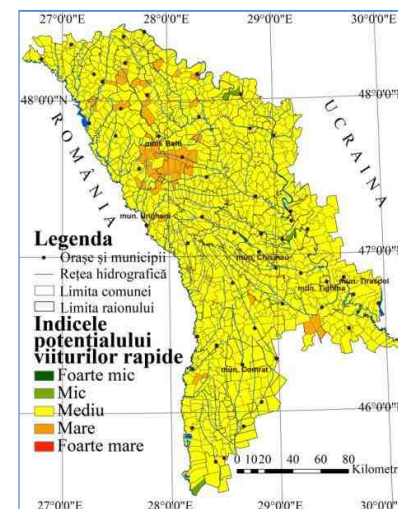


Fig. B53. Indicele potențialul
viiturilor rapide pentru comune

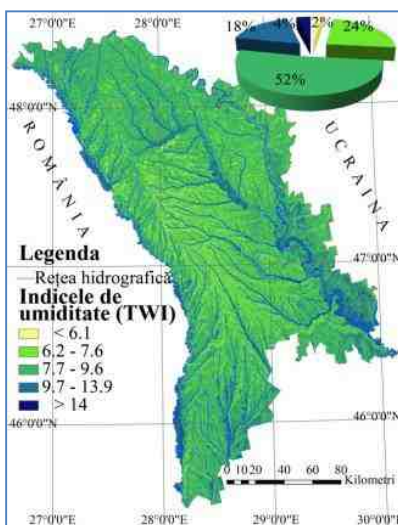


Fig. B54. Indicele de umiditate

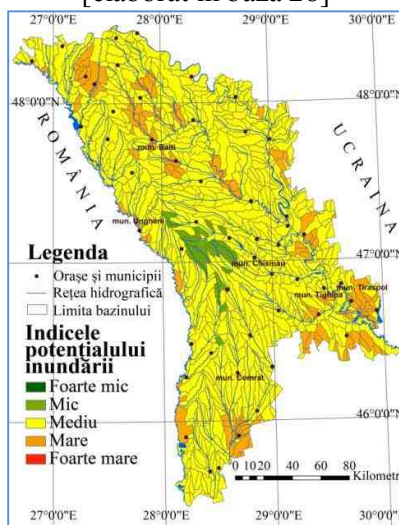


Fig. B55. Indicele potențialul inundații
pentru bazine mici

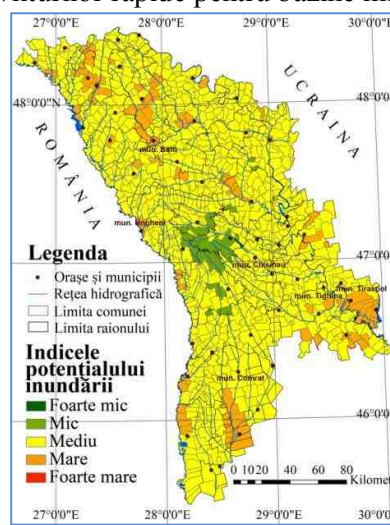


Fig. B56. Indicele potențialul
inundații pentru comune



Fig. B57. Panta mediei a albiei
râurilor



Fig. B58. Căderea albiei râurilor

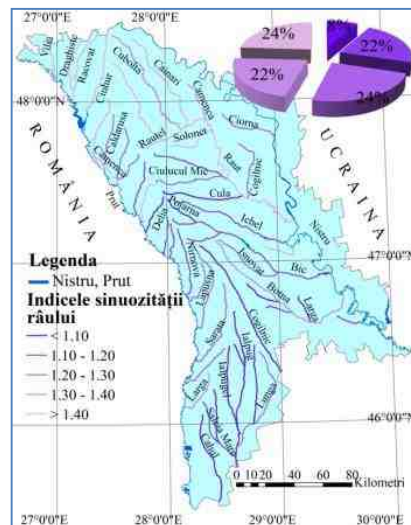


Fig. B59. Sinuozitatea râurilor



Fig. B60. Numărul lacurilor în cascade

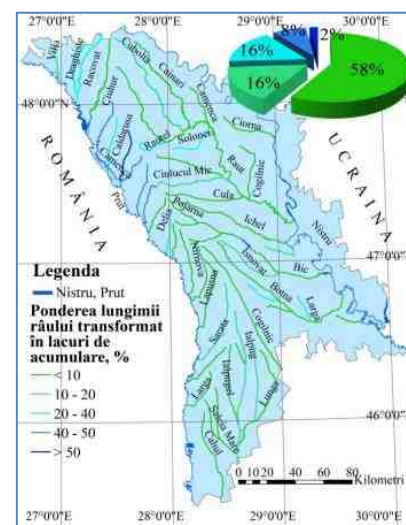


Fig. B61. Ponderea lungimii râului transformat în lacuri de acumulare

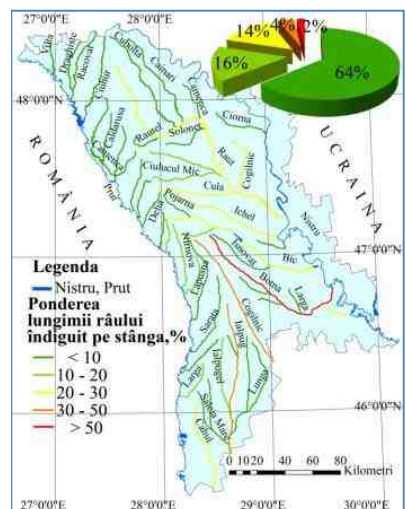


Fig. B62. Ponderea lungimii râurilor îndiguite pe partea stângă

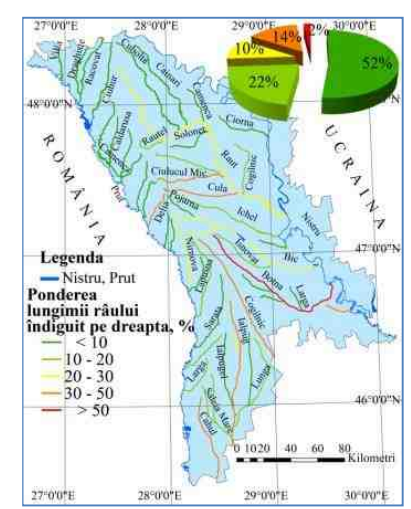


Fig. B63. Ponderea lungimii râurilor îndiguite pe partea dreaptă

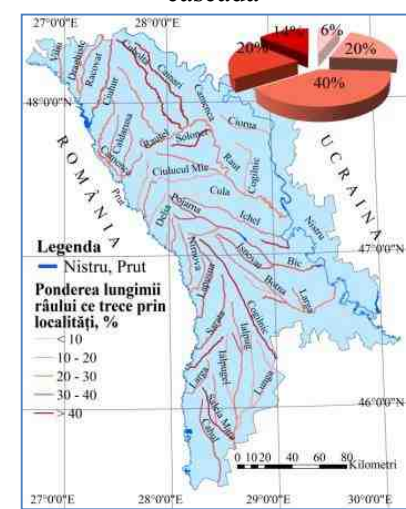


Fig. B64. Ponderea lungimii râurilor ce traversează prin localități

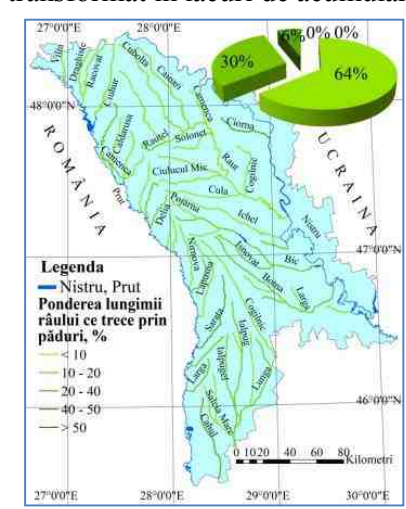


Fig. B65. Ponderea lungimii râurilor ce traversează prin păduri



Fig. B66. Gradul de întindere a bazinelor hidrografice

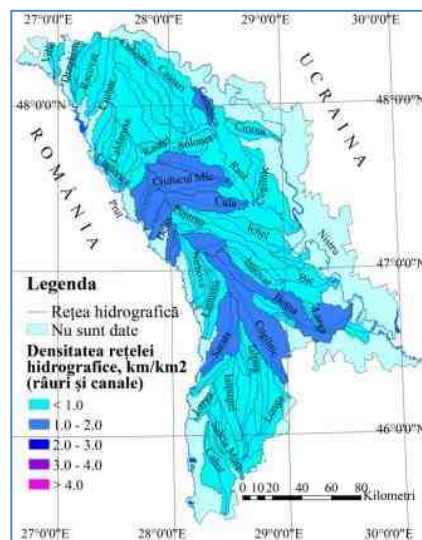


Fig. B67. Densitatea rețelei hidrografice (râuri și canale)

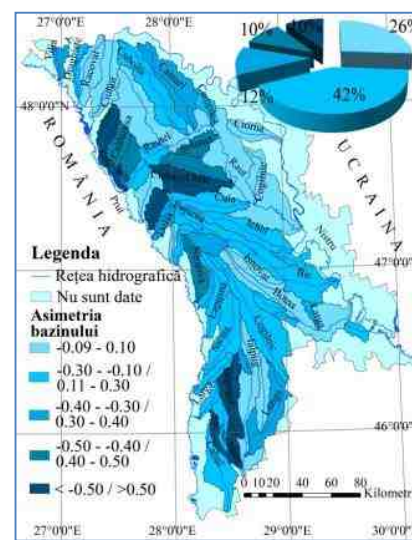


Fig. B68. Coeficientul de asimetrie



Fig. B69. Textura drenajului

Tabelul B17. Clasificarea factorilor pentru estimarea Indicelui Potențialului Viiturilor Rapide

Factori, ponderea (W)	Parametri/valori				
Precipitații maxime, 1%, mm, W=1.8	<50	50-80	80-100	100-150	150-180
Panta, grade, W=1.0	≤ 2	2.1-5	5.1-15	15.1-35	≥35
Factorul LS, W=0.8	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	> 8
Indicele de convergență, (derivat în SAGA), W=1.5	(-100) - (-6)	(-6) - (-1)	(-1) - 1	1 - 6	6-100
Curbura în profil (derivată în SAGA), W=1.4	43-2.5	2.5-0.1	-0.1-0.1	(-2.5) - (-0.1)	(-31)-(-2.5)
Sol, textura, W=1.8	Nisip lutos, nisipos	Lut nisipos	Lutos	Luto - argilos	Argilos, argilos - lutos
Acoperirea terenului, W=1.6	Păduri	Plantații multianuale, arbuști	Pășuni, fânețe	Terenuri arabile	Localități (orașe, sate)
Scor pe parametru/valoare	1	2	3	4	5
Scor sumăr	< 19.8	19.9-26.5	26.6-33.3	33.4-40.0	> 40.0
Clasa FFPI	Potențial foarte mic/nul	Potențial mic	Potențial mediu	Potențial mare	Potențial foarte mare

Tabelul B18. Clasificarea factorilor pentru estimarea Indicelui Potențialului Inundării (FPI)

Factori, ponderea (W)	Parametri/valori				
Precipitațiile maxime, 1%, mm, W=1.8	<50	50-80	80-100	100-150	150-180
Panta, grade, W=1.9	≥35	15,1-35	5,1-15	2,1-5	≤ 2
Indicele de convergență, W=1.4	6-100	1 - 6	(-1) - 1	(-6) - (-1)	(-100) - (-6)
Indicele de umiditate, W=1.4	1.8 - 6.1	6.1 - 7.6	7.6 - 9.6	9.6 - 13.9	13.9 - 26.9
Sol, textura, W=1.8	Nisip lutos, nisipos	Lut nisipos	Lutos	Luto - argilos	Argilos, argilos - lutos
Acoperirea terenului, W=1.6	Păduri	Plantații multianuale, arbuști	Pășuni, fânețe	Terenuri arabile	Localități (orașe, sate)
Scor pe parametru/valoare	1	2	3	4	5
Scor sumar	<23.0	23.0-30.0	30.0-37.0	37.1-43.0	>43.0
Clasa FPI	Potențial foarte mic/nul	Potențial mic	Potențial mediu	Potențial mare	Potențial foarte mare

Tabelul B19. Clasificarea factorilor pentru estimarea Indicelui Potențialului de Propagare a Undelor de Viitură (FPPI)

Factori	Parametri/valori				
Precipitațiile maxime, 1%, mm	<85	85-100	100-115	115-130	>130
Panta râului	<2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-6.0	>6.0
Căderea râului, m	<100	100-150	150-200	200-250	>250
Sinuozitatea râului	>1.5	1.3-1.5	1.2-1.3	1.1-1.2	<1.1
Ponderea lungimii râului ce traversează lacuri de acumulare, %	>50	40-50	20-40	10-20	<10
Ponderea îndiguirii, %	<10	10-20	20-30	30-50	>50
Ponderea lungimii râului ce traversează localități, %	<10	10-20	20-30	30-40	>40
Ponderea lungimii râului ce traversează păduri, %	>50	40-50	20-40	10-20	<10
Gradul de întindere bazinului	>0.5	0.5-0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 0.9	0.9 - 1.0
Densitatea rețelei hidrografice, km/km ²	<1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	>4.0
Gradul de asimetrie al bazinului	0.1-(-0.1)	0.1-0.3/ (-0.1)-(-0.3)	0.3-0.4/ (-0.3)-(-0.4)	0.4-0.5/ (-0.4)-(-0.5)	0.5-0.7/ (-0.5)-(-0.6)
Textura rețelei de drenaj	<2 foarte grosieră	2-4 grosieră	4-10 medie	10-15 fină	>15 foarte fină
Scor pe parametru/valoare	1	2	3	4	5
Scor sumar	<22	23-28	29-34	35-40	>41
Clasa FPPI	Potențial foarte mic/nul	Potențial mic	Potențial mediu	Potențial mare	Potențial foarte mare

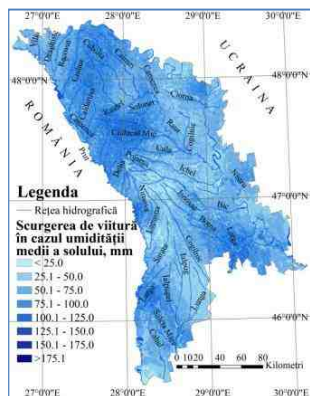


Fig. B70. Scurgerea de viitură în cazul ASM II, PP 1%

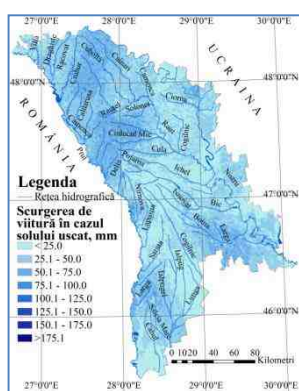


Fig. B71. Scurgerea de viitură în cazul solului uscat, PP 1%

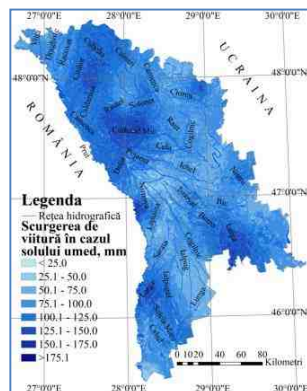


Fig. B72. Scurgerea de viitură în cazul solului umed, PP 1%

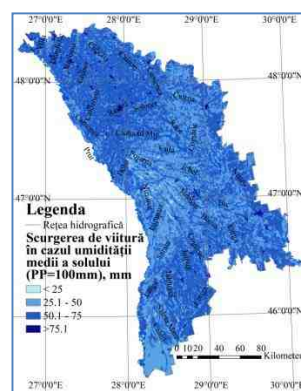


Fig. B73. Scurgerea de viitură în cazul ASM II, PP 100mm



Fig. B74. Scurgerea de viitură în cazul solului uscat, PP 100mm

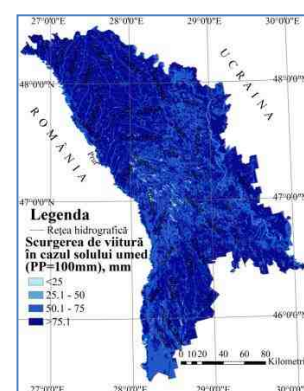


Fig. B75. Scurgerea de viitură în cazul solului umed, PP 100mm

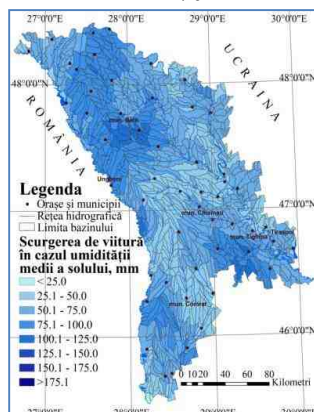


Fig. B76. Scurgerea de viitură în cazul ASM II, PP 1%, pentru bazine mici

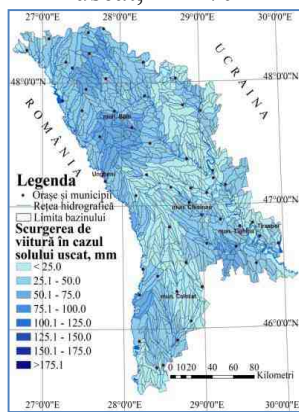


Fig. B77. Scurgerea de viitură în cazul solului uscat, PP 1%, pentru bazine mici

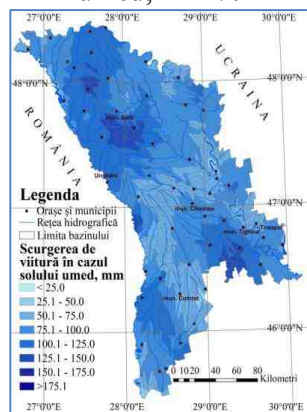


Fig. B78. Scurgerea de viitură în cazul solului umed, PP 1%, pentru bazine mici

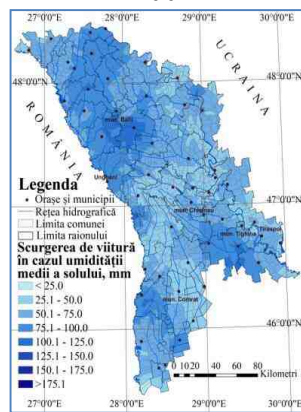


Fig. B79. Scurgerea de viitură în cazul ASM II, PP 1%, pentru comune

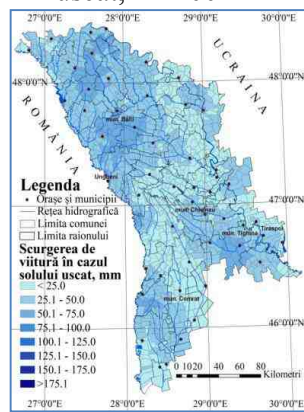


Fig. B80. Scurgerea de viitură în cazul solului uscat, PP 1%, pentru comune

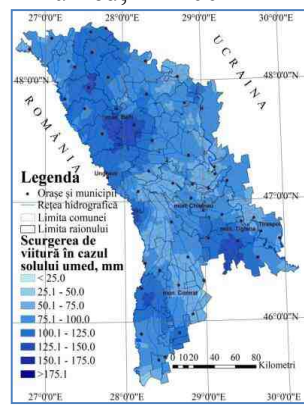


Fig. B81. Scurgerea de viitură în cazul solului umed, PP 1%, pentru comune



Fig. B82. Scurgerea de viitură în cazul ASM II, PP 100mm, pentru bazine mici

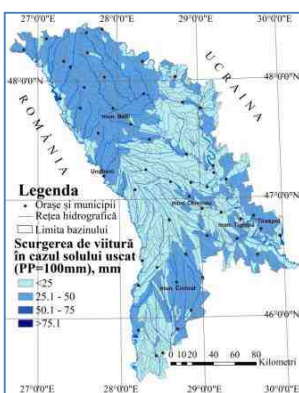


Fig. B83. Scurgerea de viitură în cazul solului uscat, PP 100mm, pentru bazine mici

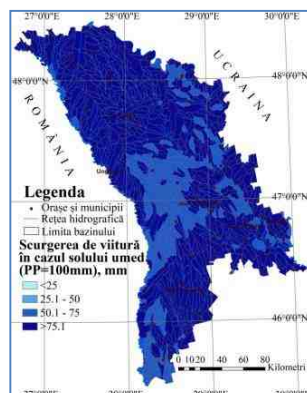


Fig. B84. Scurgerea de viitură în cazul solului umed, PP 100mm, pentru bazine mici

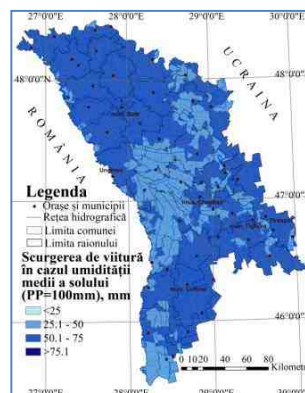


Fig. B85. Scurgerea de viitură în cazul ASM II, PP 100mm, pentru comune

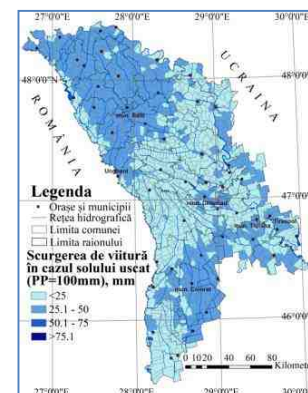


Fig. B86. Scurgerea de viitură în cazul solului uscat, PP 100mm, pentru comune

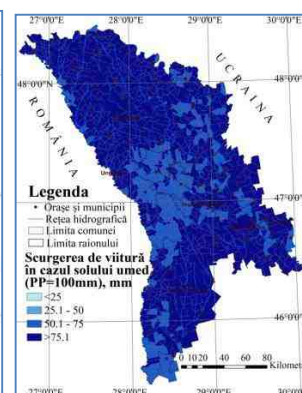


Fig. B87. Scurgerea de viitură în cazul solului umed, PP 100mm, pentru comune

Tabelul B20. Subbazinele hidrografice pentru estimarea impactului modificărilor utilizării terenurilor asupra scurgerii maxime

Bazinul	Subbazinul	Codul	Bazinul	Subbazinul	Codul	Bazinul	Subbazinul	Codul
Căinari	Berezovka	2	Bâc	Valea Sadovei	75	Lunga	Valea Baurci	46
Căinari	Căinari	3	Bâc	Răcățâu	76	Lunga	Lunguța	47
Căinari	Sudarca	4	Bâc	Valea Sireșilor	77	Lunga	Congaz Culaa	49
Căinari	Visoca	6	Bâc	Valea Cojușnei	78	Lunga	Valea Cioprac	53
Căinari	Bolata	10	Bâc	Ceucari	79	Lunga	Lunga	54
Căinari	Valea Viei	21	Bâc	Ciocana	80	Lunga	Valea Seliștea	55
Căinari	Valea Frumușica	26	Bâc	Durlești	81	Lunga	Valea Nemților	58
Căinari	Teleșeuca	62	Bâc	Valea Merenilor	82	Lunga	Taraclia	93
Căinari	Zgurița	63	Bâc	Valea Schinoasa	83	Salcia Mare	Valea Suhatului	44
Cubolta	Cubolta	1	Bâc	Valea Roșcanei	84	Salcia Mare	Salcia Mică	48
Cubolta	Dondușeni	5	Bâc	Valea Cobuscăi	85	Salcia Mare	Valea Baimaclică	50
Cubolta	Țaul	9	Bâc	Calintir	86	Salcia Mare	Valea Luceștilor	51
Cubolta	Valea Zgurița	11	Bâc	Valea Bostancea	87	Salcia Mare	Valea Cuciurgoaia	52
Cubolta	Valea Drochiei	13	Bâc	Bâc	88	Salcia Mare	Salcia Mare	56
Cubolta	Valea Crucii	17	Bâc	Valea Suricea	89	Salcia Mare	Salcia	59

Cubolta	Valea Curecheria	22	Bâc	Valea Condritei	90	Salcia Mare	Valea Hagichioiului	94
Cubolta	Valea Popeștilor	23	Bâc	Ișnovăț	91	Salcia Mare	Valea Bisericuței	95
Cubolta	Valea Cioara	25	Botna	Valea Ursoaia	36	Răut	Valea Iazului	7
Cubolta	Valea Suhatu	27	Botna	Valea Tatanari	37	Răut	Răut	8
Cubolta	Valea Colonița	28	Botna	Botna	38	Răut	Frasin	12
Cubolta	Iliciovca	30	Botna	Botnișoara	64	Răut	Ghizdița	14
Cubolta	Valea Corbului	57	Botna	Valea Puhoiului	65	Răut	Vograboiiul	15
Cubolta	Climăuți	60	Botna	Valea Vraticului	66	Răut	Popornița	16
Bălțata	Bălțata	96	Botna	Larga	67	Răut	Valea Stâlpului	18
Bălțata	Valea Gârla	97	Botna	Baccealia	68	Răut	Târnăveni	19
Bălțata	Cimișeni	98	Botna	Copanețu	69	Răut	Valea Satului	20
Bălțata	Stanționâi	99	Botna	Căinar	70	Răut	Valea Nicorenilor	24
Bălțata	Vișnevâi	100	Botna	Valea Meșelidra	92	Răut	Valea Geamăna	29
Bălțata	Sagaidac	101	Lunga	Valea Carlăcului	39	Răut	Pelina	31
Bălțata	Vinogradnâi	102	Lunga	Valea Pădurii	40	Răut	Valea Șerpia	32
Bâc	Valea Rădenilor	71	Lunga	Valea Avdarma	41	Răut	Copăceanca (Recea)	33
Bâc	Pojarna	72	Lunga	Valea Iuzacai	42	Răut	Chetroșana	34
Bâc	Valea Pitușca	73	Lunga	Valea Cășăria	43	Răut	Sturzova	35
Bâc	Bucovăț	74	Lunga	Valea Stratan	45	Răut	Valea Ștuhăria	61

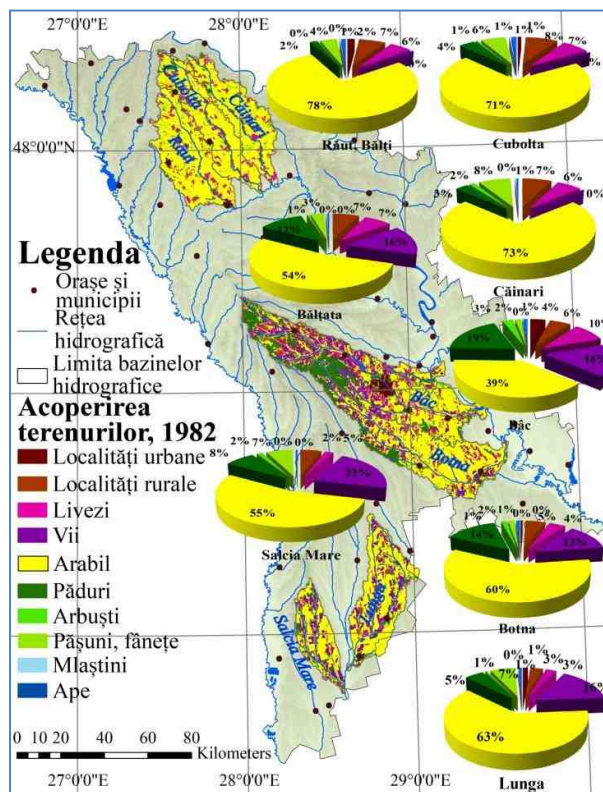


Fig. B88. Acoperirea terenurilor, 1982

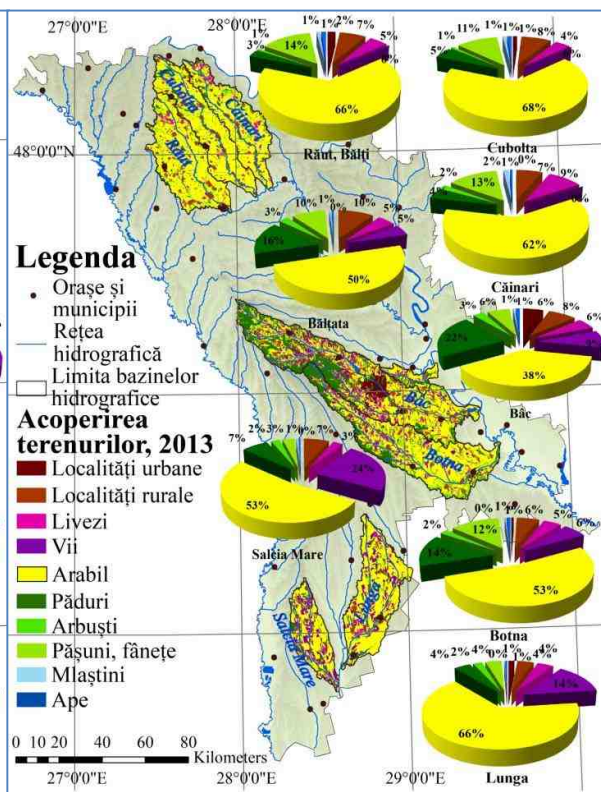


Fig. B89. Acoperirea terenurilor, 2013

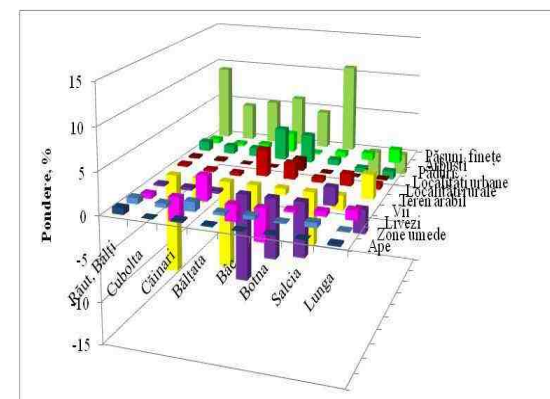


Fig. B90. Modificările procentuale în acoperirea terenurilor din 1982 și 2013 în cadrul bazinelor hidrografice

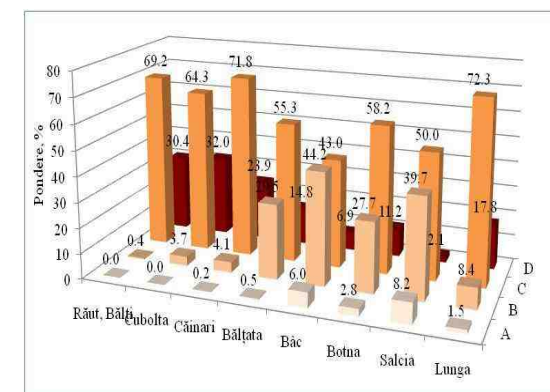


Fig. B91. Ponderea grupurilor hidrologice de soluri

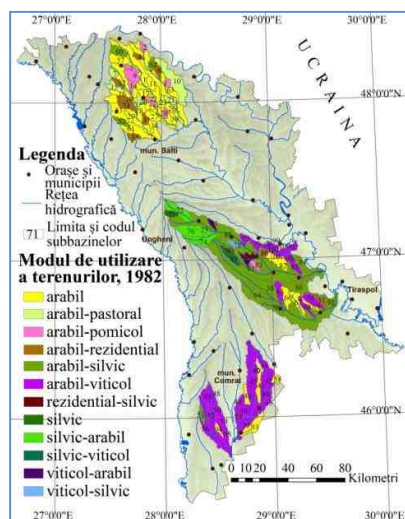


Fig. B92. Modul de utilizare a terenurilor, 1982

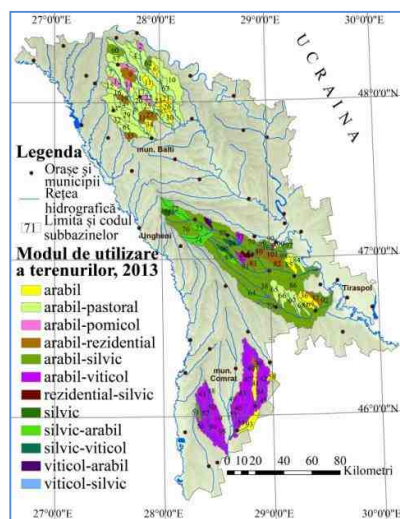


Fig. B93. Modul de utilizare a terenurilor, 2013

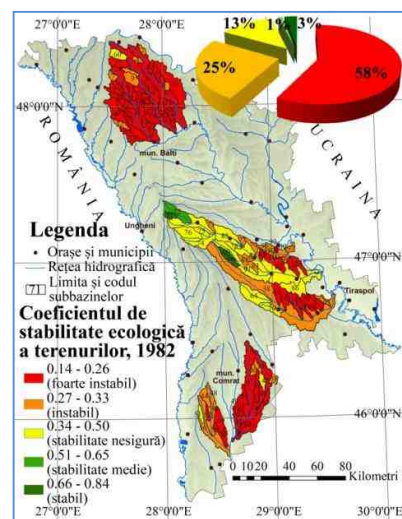


Fig. B94. Coeficientul de stabilitate ecologică din cadrul subbazinelor, 1982

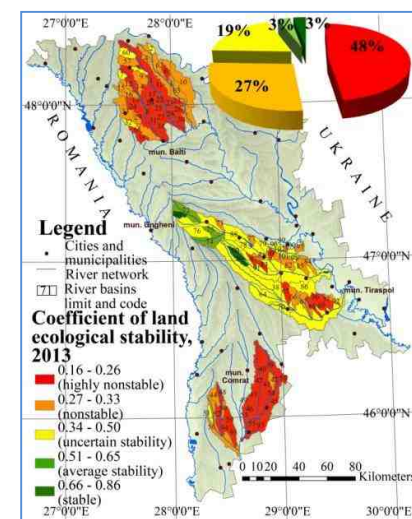


Fig. B95. Coeficientul de stabilitate ecologică din cadrul subbazinelor, 2013



Fig. B96. Ponderea solurilor din grupa hidrologică A raportată la suprafața bazinelor hidrografice mici

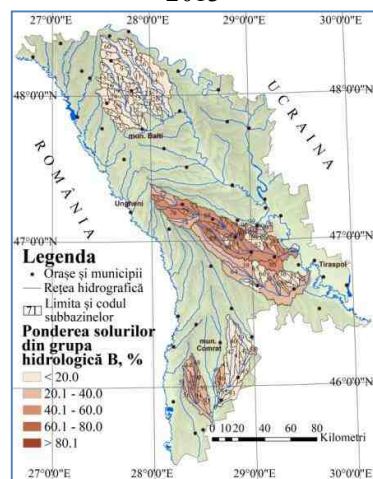


Fig. B97. Ponderea solurilor din grupa hidrologică B raportată la suprafața bazinelor hidrografice mici

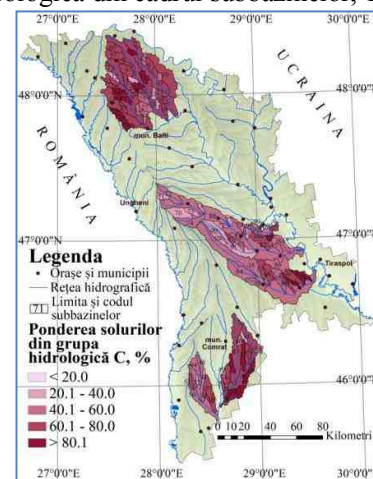


Fig. B98. Ponderea solurilor din grupa hidrologică C raportată la suprafața bazinelor hidrografice mici

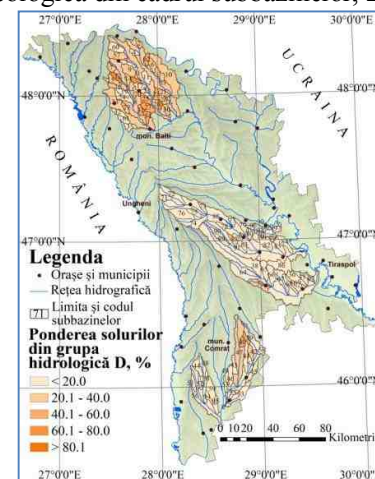


Fig. B99. Ponderea solurilor din grupa hidrologică D raportată la suprafața bazinelor hidrografice mici

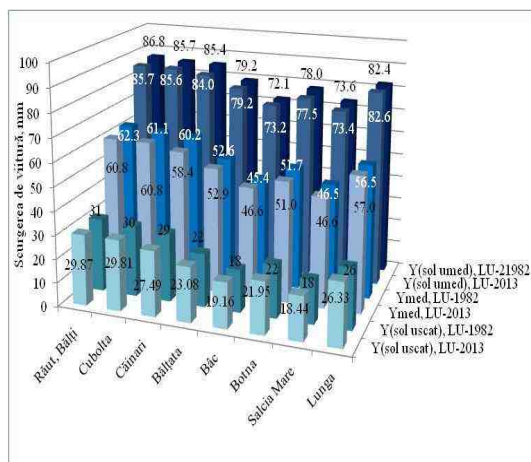


Fig. B100. Modificarea scurgerii de viitură sub influența utilizării terenului și gradului de umiditate a solului

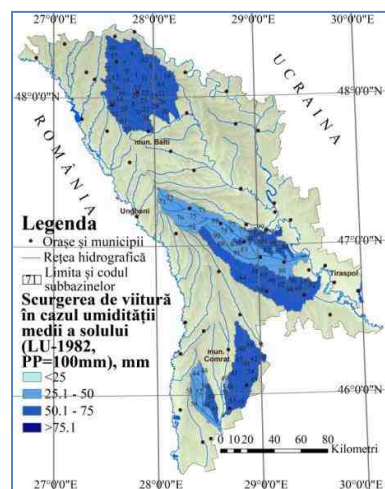


Fig. B101. Scurgera de viitură în cazul umidității medii a solului, UT 1982

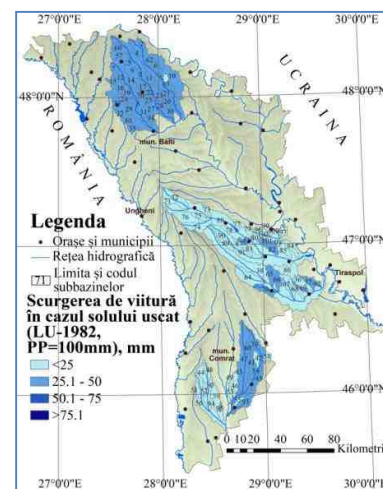


Fig. B102. Scurgera de viitură în cazul umidității mici a solului, UT 1982

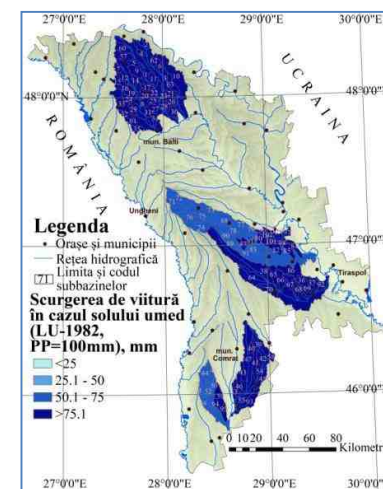


Fig. B103. Scurgera de viitură în cazul umidității mari a solului, UT 1982

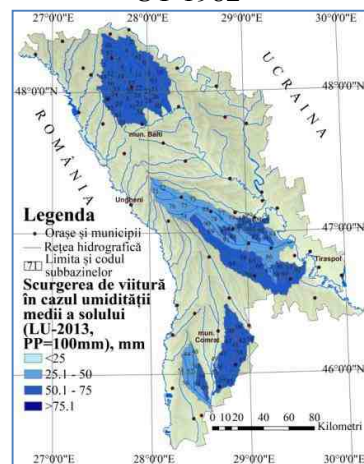


Fig. B104. Scurgera de viitură în cazul umidității medii a solului, UT 2013



Fig. B105. Scurgera de viitură în cazul umidității mici a solului, UT 2013

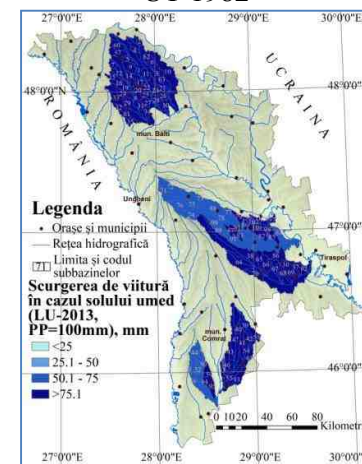


Fig. B106. Scurgera de viitură în cazul umidității mari a solului, UT 2013

Tabelul B21. Caracteristicile componentelor metodei genetice de modelare a scurgerii maxime aplicate pentru râurile până la posturile hidrologice

Nume râului, postului	Suprafața bazinului, km ²	Durata scurgerii de albie t_C , ore	Coeficientul de retenție a stratului generat de apă k_R	Precipi- tații maxime, 1%, mm	Coefici- entul scurgerii viiturii, η_V	Stratul scurgerii maxime calculat în baza formulei 2.9, mm	Stratul scurgerii maxime calculat în baza SCS- CN, PP=1%, mm	Stratul scurgerii maxime calculat în baza SCS- CN, PP=100mm, mm	n calculat în baza regresiei multiple	n calculat în baza bazei de date	n calculat în baza corelării scurgerii și n
r. Bălțata - p. Bălțata	62	3.7	0.92	82	0.51	42	39.1	53.0	0.59	0.70	0.24
r. Răut - p. Bălți	1070	30.4	0.67	130	0.46	59	88.5	61.6	0.41	0.69	0.19
r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	5.0	0.85	120	0.50	59	75.5	58.2	0.55	0.86	0.20
r. Botna - p. Căușeni	1234	41.4	0.65	127	0.45	58	73.1	50.3	0.50	0.69	0.20
r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	411	16.4	0.75	68	0.47	32	32.4	58.9	0.42	0.64	0.26
r. Bic - p. Chișinău	888	23.3	0.68	106	0.46	49	47.4	43.2	0.80	0.75	0.23
r. Ialpug - p. Comrat	392	15.8	0.76	84	0.48	40	44.3	57.5	0.40	0.40	0.24
r. Cubolta - p. Cubolta	874	38.0	0.68	122	0.46	56	80.3	60.7	0.48	0.73	0.20
r. Ichel - p. Goieni	621	29.6	0.72	108	0.47	50	51.3	45.8	0.63	0.59	0.23
r. Cogâlnic - p. Hâncești	179	13.3	0.83	97	0.49	47	40.0	42.2	0.71	0.49	0.24
r. Răut - p. Jeloboc	7197	58.6	0.49	122	0.42	52	76.2	57.1	0.47	0.75	0.20
r. Salcia Mare - p. Musait	403	12.8	0.75	129	0.48	62	71.3	47.4	0.45	0.81	0.21
r. Delia - p. Pârlița	120	3.1	0.86	135	0.50	67	89.2	58.7	0.47	0.51	0.19
r. Căinari - p. Sevrova	782	33.0	0.69	118	0.46	54	75.4	59.7	0.44	0.71	0.20
r. Ișnovăț - p. Sîngera	350	17.1	0.77	108	0.48	52	50.1	43.2	0.88	0.34	0.23
r. Pojarna - p. Sipoteni	121	6.0	0.86	135	0.50	68	65.8	40.0	0.84	0.58	0.21
r. Taraclia - p. Taraclia	105	9.1	0.88	105	0.50	53	64.2	59.7	0.61	0.53	0.21
r. Ciulucul Mic - p. Telenesti	574	18.7	0.72	147	0.47	69	98.6	57.2	0.48	0.68	0.19

Tabelul B22. Caracteristicile componentelor metodei genetice de modelare a scurgerii maxime aplicate pentru râurile până la posturile hidrologice (continuare)

Numele râului	Sup- rafața bazi- nului, km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% $n=0,4$ m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% $n=0,5$ m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% $n=0,6$ m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% $n=0,7$ m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% n calculat în baza regresiei multiple m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% n calculat în baza bazei de date, m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% n calculat în baza corelării scurgerii și n m ³ /s/km ²	Debitul maxim, PP=1%, n calculat în baza regresiei multiple, m ³ /s	Debitul maxim, PP=1%, n calculat în baza bazei de date, m ³ /s	Debitul maxim, PP= 1%, $n = 0,4$, m ³ /s	Debitul maxim, PP= 1%, n calculat în baza corelării scurgerii și n , m ³ /s
r. Bălțata - p. Bălțata	62	14.12	12.10	10.76	9.80	10.9	9.80	20.5	51.7	46.6	67.1	97.5
r. Răut - p. Bălți	1070	23.11	19.81	17.61	16.04	22.7	16.13	40.8	319.2	226.7	324.9	573.2
r. Ciuhur - p. Bârlădeni	144	25.08	21.49	19.11	17.40	20.1	15.48	42.6	129.9	100.2	162.3	275.5
r. Botna - p. Căușeni	1234	18.73	16.05	14.27	13.00	16.1	13.14	31.6	236.6	193.5	275.7	464.6
r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	411	9.56	8.19	7.28	6.63	9.3	7.03	13.3	90.4	68.5	93.2	129.6
r. Bic - p. Chișinău	888	12.68	10.87	9.66	8.80	8.2	8.44	19.3	89.9	93.1	139.9	212.5
r. Ialpug - p. Comrat	392	13.14	11.27	10.01	9.12	13.1	13.24	19.7	120.3	121.8	120.9	180.9
r. Cubolta - p. Cubolta	874	21.56	18.48	16.42	14.96	19.1	14.60	37.2	247.4	189.1	279.1	481.1
r. Ichel - p. Goieni	621	14.40	12.34	10.97	9.99	10.7	11.10	22.3	121.5	126.6	164.1	254.2
r. Cogâlnic - p. Hâncești	179	12.98	11.12	9.89	9.00	8.9	11.24	19.0	63.5	79.9	92.3	134.8
r. Răut - p. Jeloboc	7197	14.77	12.66	11.26	10.25	13.2	9.88	25.1	385.5	288.2	431.0	733.4
r. Salcia Mare - p. Musait	403	21.09	18.08	16.07	14.63	19.4	13.47	35.3	188.8	130.8	204.9	343.1
r. Delia - p. Pârlița	120	30.18	25.87	22.99	20.94	27.0	25.60	53.4	161.0	152.4	179.6	317.6
r. Căinari - p. Sevrova	782	20.52	17.59	15.63	14.24	19.2	14.15	34.8	239.3	176.3	255.7	433.9
r. Ișnovăț - p. Sîngera	350	15.07	12.92	11.48	10.46	9.2	16.81	23.2	80.7	147.8	132.5	204.0
r. Pojarna - p. Sipoteni	121	22.24	19.06	16.95	15.43	13.9	17.22	36.5	84.2	104.4	134.8	221.5
r. Taraclia - p. Taraclia	105	22.02	18.88	16.78	15.28	16.6	18.27	36.0	95.6	105.4	127.0	207.5
r. Ciulucul Mic - p. Telenești	574	27.93	23.94	21.28	19.38	24.5	19.76	50.6	267.3	215.7	305.0	552.5

Tabelul B23. Caracteristicile componentelor metodei genetice de modelare a scurgerii maxime aplicate pentru 50 râuri-pilot

Numele râului	Suprafața bazinului, km ²	Stratul scurgerii maxime calculat în baza formulei 2.9, mm	Stratul scurgerii maxime calculat în baza SCS- CN, PP=1%, mm	Stratul scurgerii maxime calculat în baza SCS- CN, PP=100mm, mm	n calculat în baza regresiei multiple	n calculat în baza corelării scurgere și n	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=100mm, n calculat în baza regresiei multiple, m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% n calculat în baza regresiei multiple, m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=100mm, $n=0,4$, m ³ /s/km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1% $n=0,4$, m ³ /s/km ²
Bălțata	167	43.5	44.3	53.6	0.59	0.24	13.50	11.15	17.52	14.47
Bâc	2165	48.0	53.00	46.64	0.69	0.22	7.71	8.77	11.02	12.52
Boldurești	99	57.6	69.2	56.6	0.56	0.21	15.64	19.11	19.55	23.89
Botna	1521	57.4	75.18	51.59	0.51	0.20	10.84	15.80	12.83	18.70
Botnișoara	167	57.5	63.3	49.5	0.69	0.21	11.28	14.41	16.18	20.66
Brătuleanca	104	61.2	69.9	51.7	0.49	0.21	15.35	20.73	17.76	23.98
Bucovăț	280	45.0	36.4	41.4	0.86	0.25	7.92	6.96	12.78	11.24
Cahul	612	52.6	58.5	48.3	0.55	0.22	10.95	13.25	13.57	16.43
Căinar (afluent al r. Botna)	76	64.1	79.7	56.7	0.52	0.20	16.83	23.64	20.10	28.22
Căinari	830	54.1	74.9	59.6	0.45	0.20	14.90	18.72	16.10	20.23
Căldărușa	321	57.9	76.7	58.5	0.41	0.20	17.41	22.82	17.75	23.27
Călmățui	120	55.9	60.4	50.3	0.53	0.22	14.11	16.95	17.01	20.43
Camenca (afluent al r. Prut)	1239	56.7	78.36	56.85	0.44	0.20	13.67	18.85	14.55	20.06
Camenca (afluent al r. Răut)	174	52.1	63.9	58.5	0.36	0.21	20.73	22.63	19.03	20.78
Ciorna	317	51.7	56.9	50.6	0.50	0.22	13.12	14.74	15.40	17.31
Ciuhur	628	56.3	78.9	60.6	0.44	0.20	15.87	20.64	16.97	22.08
Ciulucul Mare	420	67.4	92.9	57.5	0.47	0.19	15.14	24.44	16.92	27.32
Ciulucul Mic	1060	65.7	94.30	57.10	0.48	0.19	13.17	21.75	14.93	24.66
Cogâlnic	1245	45.1	51.4	51.9	0.54	0.23	10.85	10.75	13.27	13.15
Cogâlnic (afluent al r. Răut)	302	49.7	52.5	49.7	0.51	0.22	12.90	13.62	15.21	16.05

Cubolta	939	55.2	78.6	60.7	0.48	0.20	14.25	18.44	16.14	20.88
Cula	535	60.8	74.0	49.6	0.69	0.20	9.92	14.79	14.16	21.12
Delia	210	65.3	87.8	58.0	0.43	0.19	17.45	26.40	18.49	27.96
Draghiște	284	46.4	56.0	59.2	0.54	0.22	14.94	14.13	18.24	17.26
Gârla Mare	282	65.8	91.3	59.1	0.43	0.19	17.40	26.88	18.22	28.15
Ialpuș	3216	45.6	60.40	56.70	0.44	0.22	11.76	12.52	12.61	13.43
Ialpușel	538	54.8	70.6	56.0	0.46	0.21	14.53	18.30	15.99	20.14
Ichel	765	48.0	49.4	46.9	0.61	0.23	9.66	10.16	12.82	13.48
Ișnovăț	369	51.8	50.5	43.4	0.88	0.23	7.93	9.23	12.96	15.08
Lăpușna	487	46.1	42.3	43.9	0.64	0.24	9.34	9.00	12.69	12.24
Larga (afluent al r. Botna)	82	71.3	84.9	50.9	0.38	0.20	18.72	31.22	17.91	29.87
Larga (afluent al r. Prut)	149	70.4	93.5	56.2	0.43	0.19	17.54	29.19	18.57	30.91
Lunga	1110	37.5	43.63	58.51	0.46	0.24	13.88	10.35	15.20	11.34
Lunguța	357	36.8	40.2	59.6	0.43	0.24	16.98	11.44	17.87	12.04
Musa	85	42.7	47.7	61.2	0.41	0.23	21.07	16.44	21.44	16.73
Nârnova	362	57.5	65.1	48.1	0.57	0.21	11.37	15.37	14.41	19.48
Pojarna	160	66.2	67.4	41.9	0.78	0.21	8.94	14.38	13.77	22.13
Racovăț	803	47.2	62.67	60.86	0.50	0.21	14.23	14.65	16.51	17.00
Răut	7777	50.5	73.87	56.61	0.47	0.20	9.64	12.58	10.82	14.12
Răuțel	222	65.1	94.3	63.7	0.46	0.19	18.32	27.11	20.18	29.87
Salcia Mare	582	59.8	71.70	49.04	0.45	0.21	12.79	18.70	13.86	20.27
Salcia Mică	219	65.2	75.2	47.5	0.46	0.20	13.69	21.64	15.07	23.83
Sărata (afluent al r. Prut)	701	46.2	44.3	44.4	0.52	0.24	10.24	10.19	12.27	12.22
Soloneț	268	60.4	81.3	59.0	0.42	0.20	17.81	24.54	18.29	25.21
Șoltoia	267	65.8	90.2	58.4	0.38	0.19	18.67	28.85	18.11	27.98
Șovățul Mare	204	64.5	87.3	59.2	0.41	0.19	18.49	27.26	18.93	27.92
Șovățul Mic	462	60.5	83.18	58.66	0.40	0.20	17.03	24.15	17.06	24.19
Ștubei	140	63.0	70.0	48.1	0.59	0.21	12.33	17.95	16.00	23.29
Tigheci	219	59.1	71.7	53.6	0.48	0.21	14.88	19.92	16.99	22.75
Vilia	302	47.5	55.4	56.3	0.60	0.22	13.18	12.97	17.22	16.94

Tabelul B24. Caracteristicile componentelor metodei genetice de modelare a scurgerii maxime aplicate pentru 50 râuri-pilot (continuare)

Nume	Suprafața bazinului, km ²	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=100mm, <i>n</i> calculat în baza corelării scurgerii și <i>n</i>	Debitul specific elementar al scurgerii de pantă, PP=1%, <i>n</i> calculat în baza corelării scurgerii și <i>n</i>	Coeficientul de reglare a debitelor maxime cu ajutorul lacurilor de acumulare, δ	Debitul maxim, PP=100 mm, <i>n</i> calculat în baza regresiei multiple, m3/s	Debitul maxim, PP=1%, <i>n</i> calculat în baza regresiei multiple, m3/s	Debitul maxim, PP=100mm, <i>n</i> = 0,4, m3/s	Debitul maxim, PP= 1%, <i>n</i> = 0,4, m3/s	Debitul maxim, PP=100 mm, <i>n</i> calculat în baza corelării scurgerii și <i>n</i> , m3/s	Debitul maxim, PP=1%, <i>n</i> calculat în baza corelării scurgerii și <i>n</i> , m3/s
Bălțata	167	26.2	21.6	0.952	89	74	116	96	174	143
Bâc	2165	17.2	19.5	0.951	136	154	194	220	303	344
Boldurești	99	32.5	39.7	0.971	86	106	108	132	180	219
Botna	1521	21.8	31.7	0.990	174	253	206	300	349	508
Botnișoara	167	26.3	33.6	0.907	71	91	102	131	167	213
Brătuleanca	104	29.6	40.0	0.888	79	107	92	124	153	206
Bucovăț	280	18.3	16.1	0.997	67	59	108	95	155	136
Cahul	612	21.7	26.2	0.976	122	148	152	184	242	293
Căinar (afluent al r. Botna)	76	34.6	48.5	0.967	84	118	100	141	172	242
Căinari	830	27.3	34.3	0.991	190	238	205	258	348	437
Căldărușa	321	30.2	39.7	0.963	150	197	153	201	261	342
Călmățui	120	27.4	32.9	0.949	82	99	99	119	160	192
Camenca (afluent al r. Prut)	1239	24.9	34.4	0.983	201	277	214	295	367	506
Camenca (afluent al r. Răut)	174	31.0	33.9	0.988	145	158	133	145	217	237
Ciorna	317	24.4	27.5	0.994	116	130	136	153	216	243
Ciuhur	628	29.1	37.9	0.966	177	231	190	247	325	423
Ciulucul Mare	420	30.2	48.8	0.951	143	230	159	257	285	460
Ciulucul Mic	1060	26.8	44.2	0.986	183	302	208	343	372	614
Cogâlnic	1245	20.5	20.4	0.996	162	161	198	196	307	304
Cogâlnic (afluent al r. Răut)	302	23.7	25.0	0.994	112	118	132	140	206	217
Cubolta	939	27.7	35.8	0.989	190	246	215	278	369	477

Cula	535	23.9	35.7	0.994	107	160	153	228	259	386
Delia	210	32.6	49.2	0.905	120	182	127	193	224	339
Draghiște	284	28.8	27.3	0.974	124	117	152	143	240	227
Gârla Mare	282	32.4	50.0	0.957	142	219	148	229	264	407
Ialpug	3216	20.3	21.6	0.991	251	267	269	286	433	461
Ialpușel	538	26.7	33.6	0.981	155	196	171	215	286	360
Ichel	765	19.7	20.7	0.994	120	126	159	167	243	256
Ișnovăț	369	20.0	23.3	0.955	71	83	117	136	180	210
Lăpușna	487	18.8	18.1	0.932	91	88	124	120	183	177
Larga (afluent al r. Botna)	82	31.3	52.2	0.833	83	138	79	132	138	230
Larga (afluent al r. Prut)	149	33.2	55.3	0.979	115	191	121	202	217	361
Lunga	1110	22.7	16.9	0.993	198	148	217	162	323	241
Lunguța	357	26.1	17.6	0.959	152	102	160	108	233	157
Musa	85	32.6	25.5	0.942	107	83	108	85	165	129
Nârnova	362	23.6	31.9	0.989	105	142	133	180	219	296
Pojarna	160	22.7	36.6	0.987	60	97	93	150	154	247
Racovăț	803	26.8	27.6	0.982	177	183	206	212	334	344
Răut	7777	18.3	23.9	0.999	290	378	325	424	549	717
Răuțel	222	36.2	53.5	0.972	138	205	152	226	273	404
Salcia Mare	582	23.2	34.0	0.988	142	208	154	225	258	377
Salcia Mică	219	25.6	40.4	0.991	105	166	115	182	196	310
Sărata (afluent al r. Prut)	701	18.3	18.3	0.978	121	120	145	144	216	215
Soloneț	268	31.6	43.6	0.984	146	202	150	207	260	358
Șoltoiaia	267	32.1	49.6	0.943	147	227	142	220	252	390
Șovățul Mare	204	33.3	49.1	0.927	129	190	132	195	232	342
Șovățul Mic	462	29.6	42.0	0.970	170	241	170	241	296	419
Ștubei	140	26.7	38.8	0.946	76	111	98	143	164	239
Tigheci	219	28.5	38.2	0.994	114	153	130	175	219	293
Vilia	302	27.1	26.7	0.987	114	112	149	146	234	231

Tabelul B25. Estimarea impactului lacurilor de acumulare asupra scurgerii de viitură

Râul, postul	Suprafața bazinului hidrografic, km ²	Nr. lacuri de acumulare	Suprafața oglinzii acumulărilor de apă, km ²	Suprafața totală a bazinelor hidrografice a acumulărilor de apă, km ²	Pondereea suprafeței oglinzii acumulărilor de apă, %	f_L'	δ	Pondereea modificării debitului maxim sub acțiunea acumulărilor de apă, %
r. Bălțata - p. Bălțata	62.4	2	0.06	6.85	0.10	0.005	0.998	0.19
r. Bic - p. Chișinău	882	56	10.66	876	1.20	0.489	0.836	16.4
r. Botna - p. Căușeni	1210	92	14.36	1003	1.16	0.04	0.985	1.49
r. Căinari - p. Sevirova	814	83	5.00	557	0.64	0.02	0.992	0.79
r. Ciuhur - p. Bîrlădeni	144	33	1.58	124	1.10	0.042	0.984	1.61
r. Ciulucul Mic - p. Telenești	566	82	10.31	480	1.80	0.06	0.978	2.20
r. Cogâlnic - p. Hâncești	179	13	0.719	94.7	0.40	0.01	0.995	0.53
r. Cubolta - p. Cubolta	869	147	9.961	1347	1.14	0.03	0.988	1.20
r. Delia - p. Pârlița	125	18	1.66	78.5	1.384	0.08	0.969	3.13
r. Draghiște - p. Trinca	225	21	3.05	223	1.36	0.09	0.965	3.48
r. Ialpug - p. Comrat	241	18	3.73	387	0.95	0.12	0.953	4.66
r. Ichel - p. Goieni	652	61	5.845	593	0.94	0.02	0.991	0.89
r. Ișnovăț - p. Sângera	343	31	6.639	234	1.90	0.13	0.950	4.96
r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga	370	16	2.047	236	0.50	0.02	0.992	0.82
r. Pojarna - p. Sipoteni	119	9	0.62	61.6	0.51	0.04	0.985	1.50
r. Răut - p. Bălți	1080	193	14.839	875	1.39	0.02	0.993	0.72
r. Răut - p. Jeloboc	7100	917	72.86	6434	1.01	0.004	0.999	0.15
r. Salcia Mare - p. Musait	414	18	1.09	297	0.27	0.01	0.996	0.44
r. Vilia - p. Balasinești	261	37	2.01	257	0.77	0.04	0.986	1.44

Tabelul B26. Ecuația de regresie f'_L și f_L pentru diferite bazine hidrografice

Bazinul hidrografic	Ecuația de regresie f'_L și f_L	Coeficientul de determinare, R^2	Bazinul hidrografic	Ecuația de regresie f'_L și f_L	Coeficientul de determinare, R^2
Bâc	$f'_L = (f_L - 0.23)/10.1$ (B1)	0,90	Camenca, bas. Prut	$f'_L = (f_L - 2.17)/2.65$ (B5)	0,53
Botna	$f'_L = (f_L - 0.56)/2.45$ (B2)	0,85	Râurile mici din bazinul Prutului	$f'_L = (f_L - 1.2)/2.72$ (B6)	0,25
Răut	$f'_L = (f_L - 0.78)/6.42$ (B3)	0,56	Ialpug	$f'_L = (f_L - 0.59)/0.38$ (B7)	0,10
Râurile mici din bazinul Nistrului	$f'_L = (f_L - 0.76)/2.19$ (B4)	0,51	Toate bazinele hidrografice	$f'_L = (f_L - 0.81)/3.02$ (B8)	0,39

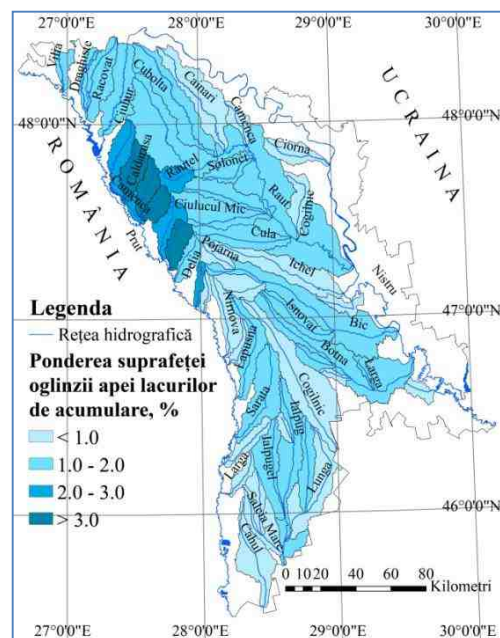


Fig. B107. Ponderea oglinzii apei raportată la suprafața totală a bazinelor hidrografice

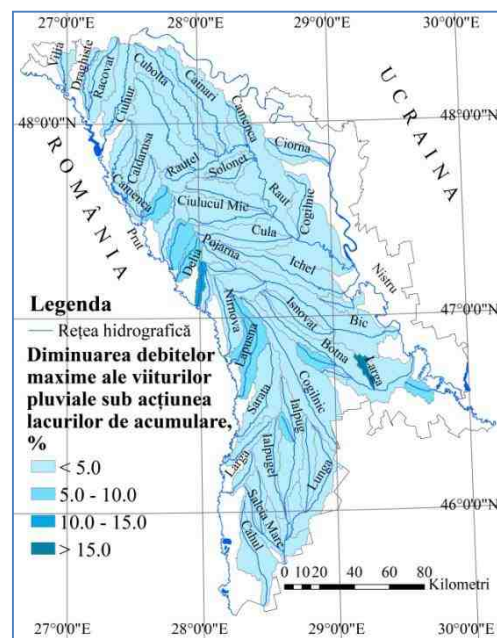


Fig. B108. Diminuarea debitelor maxime ale viiturilor sub acțiunea lacurilor de acumulare

ANEXA C (referitoare la capitolul IV)

Tabelul C1. Caracteristica râurilor-pilot pentru modelare hidrologică

Râul	Post	Suprafața bazinului până la post, km ²	Perioada de cercetare	Lungimea râului, km	Altitudinea medie, m. abs.	Panta bazinului, grade	Expoziția bazinului	Solurile grupe A	Solurile grupe B	Solurile grupe C	Solurile grupe D	Principalele tipuri de roci ale substratului geologic	Numărul de poligoane HRU
Căinari	Sevirova	823	1954-2010	87,3	190	3.7	S	0.24	3.71	77.57	18.48	Argile, nisipuri	20935
Cubolta	Cubolta	869	1966-2010	97,7	191	3.33	SE	0.00	3.24	71.66	25.10	Argile, nisipuri	22242
Răut	Bălți	1067	1970-2010	83,5	178	3.73	S	0.00	0.29	77.28	22.43	Argile, nisipuri	29965
Bălțata	Bălțata	62,4	1954-1977, 1983-2010	14,5	135	5.72	SE	0.46	47.87	46.30	5.37	Nisipuri, argile	2043
Bâc	Strășeni Chișinău	774	1973-1978	67,4	199	7.02	SE	12.57	40.23	42.96	4.24	Argile, nisipuri, calcare	26966
		930	1947-1962										32068
		882	1967-2010										32068
Pojarna	Sipoteni	122	1958-1987	21,5	238	7.75	SE	27.61	31.59	34.70	6.09	Argile, nisipuri, calcare	3726
Ișnovăț	Sîngera	343	1952-1987	50,7	159	6.1	SE	8.72	50.79	33.61	6.88	Nisipuri, argile	12283
Botna	Căușeni	1210	1949-2010	106,2	134	5.26	SE	4.08	36.57	52.72	6.63	Nisipuri, argile	40306
Ialpuș	Comrat	281	1962-1986	48	150	4.6	S	0.44	4.76	84.77	10.03	Nisipuri, argile	7259
Salcia Mare	Musait	414	1977-2010	40,9	156	4.29	S	13.72	41.15	44.85	0.28	Pietriș, Nisipuri, argile	10855
Lunga	Ceadâr- Lunga	370	1976-2010	49,5	40	3.75	S	1.15	6.23	75.77	16.85	Nisipuri, argile	9616

Tabelul C2. Utilizarea (acoperirea) terenurilor din bazinul râului Căinari, Cubolta, Răut, Bălțata (până la post)

Tipuri de utilizarea a terenurilor	Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Căinari			Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Cubolta			Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Răut (or. Bălți)			Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Bălțata		
	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]
Localități urbane	-	0.0	0.0	-	1.0	1.2	-	1.8	2.0	-	0.0	0.0

Localități rurale	-	7.3	6.9	-	8.4	8.0	-	6.8	7.1	-	9.0	15.3
Pășuni și fânețe	-	8.0	13.6	-	6.6	11.2	-	4.4	13.7	-	3.6	8.1
Livezi	-	5.2	9.0	-	6.8	4.0	-	5.6	5.1	-	12.7	5.7
Păduri	2	3.4	4.5	4	4.3	5.4	1	1.6	2.8	3	8.5	11.5
Vii	-	0.3	0.0	-	0.4	0.0	-	0.5	0.2	-	16.3	9.4
Teren arabil	70	73.5	61.8	70	70.4	67.2	70	77.6	66.1	50	49.8	45.0
Arbuști	-	1.5	2.1	1	0.6	0.9	-	0.2	0.8	-	0.0	4.4
Zone umede	0	0.3	1.3	0	0.3	0.9	1	0.3	1.0	0	0.0	0.5
Ape	<1	0.5	0.7	<1	1.2	1.2	<1	1.1	1.3	0	0.1	0.1

Tabelul C3. Utilizarea (acoperirea) terenurilor din cadrul râurilor pilot: Bâc, Pojarna, Ișnovăț, Botna (până la post)

Tipuri de utilizarea a terenurilor	Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Bâc			Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Pojarna			Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Ișnovăț			Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Botna		
	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]
Localități urbane	-	1.5	2.1	-	0.0	1.4	-	2.4	4.6	-	0.1	0.1
Localități rurale	-	6.8	7.8	-	6.5	5.6	-	5.4	8.5	-	5.1	5.8
Pășuni și fânețe	-	1.8	5.7	-	1.5	6.3	-	1.2	2.7	-	1.8	13.3
Livezi	-	14.0	6.0	-	11.3	4.7	-	9.2	8.3	-	4.2	4.9
Păduri	20	24.9	29.7	60	53.2	56.9	44	29.5	30.7	22	15.5	15.9
Vii	-	21.0	12.6	-	5.0	2.2	-	21.3	10.9	-	13.7	6.7
Teren arabil	5	26.0	29.9	5	21.0	19.9	15	27.0	29.5	25	56.9	49.9
Arbuști	-	2.6	4.3	-	0.7	2.1	-	1.9	3.0	-	1.5	2.0
Zone umede	<1	0.2	0.7	0	0.4	0.5	0	0.3	0.1	0	0.2	0.3
Ape	<1	1.1	1.1	<1	0.5	0.4	<1	1.8	1.7	<1	1.0	1.1

Tabelul C4. Utilizarea (acoperirea) terenurilor din cadrul râurilor pilot: Ialpug, Salcia Mare, Lunga (până la post)

Tipuri de utilizarea a terenurilor	Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Ialpug			Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Salcia Mare			Ponderea tipurilor de utilizare a terenurilor, % bazinul Lunga		
	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]	Anul 1970 [254]	Anul 1982 [extras în baza 25]	Anul 2013 [extras în baza 25]
Localități urbane	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	-	1.6	1.7
Localități rurale	-	4.0	3.5	-	6.1	7.7	-	3.2	3.3
Pășuni și fânețe	-	6.5	13.3	-	6.9	3.0	-	10.6	2.3
Livezi	-	1.7	2.9	-	2.6	3.3	-	1.8	2.5
Păduri	6	9.2	7.8	12	10.8	9.8	-	5.1	4.0
Vii	-	11.4	8.0	-	21.8	24.0	-	17.3	14.4
Teren arabil	55	64.7	61.7	-	49.6	49.0	-	59.2	68.8
Arbuști	-	1.8	2.0	-	2.0	2.4	-	0.5	2.3
Zone umede	-	0.0	0.2	0	0.0	0.4	-	0.0	0.0
Ape	<1	0.8	0.7	0	0.2	0.3	-	0.7	0.5

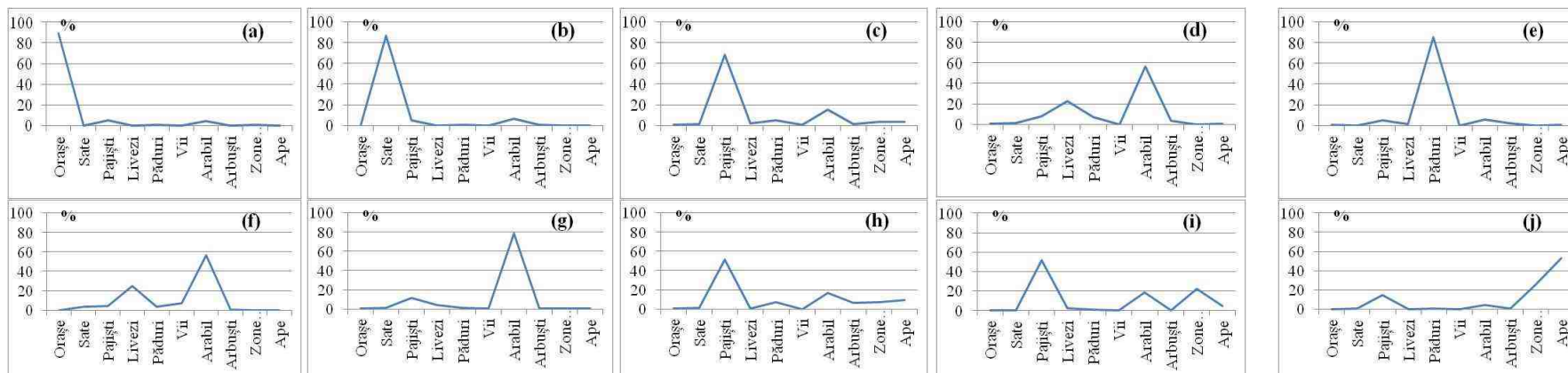


Fig. C1. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (a) orașe, (b) sate, (c) pajiști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști (i) zone umede, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Răut - or. Bălți

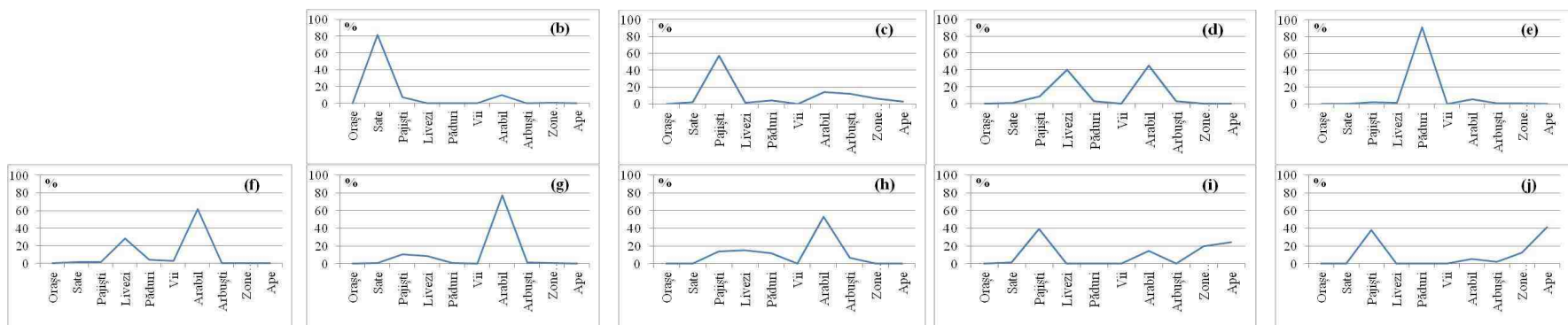


Fig. C2. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (b) sate, (c) pajști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști (i) zone umede, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Căinari - s. Sevrova

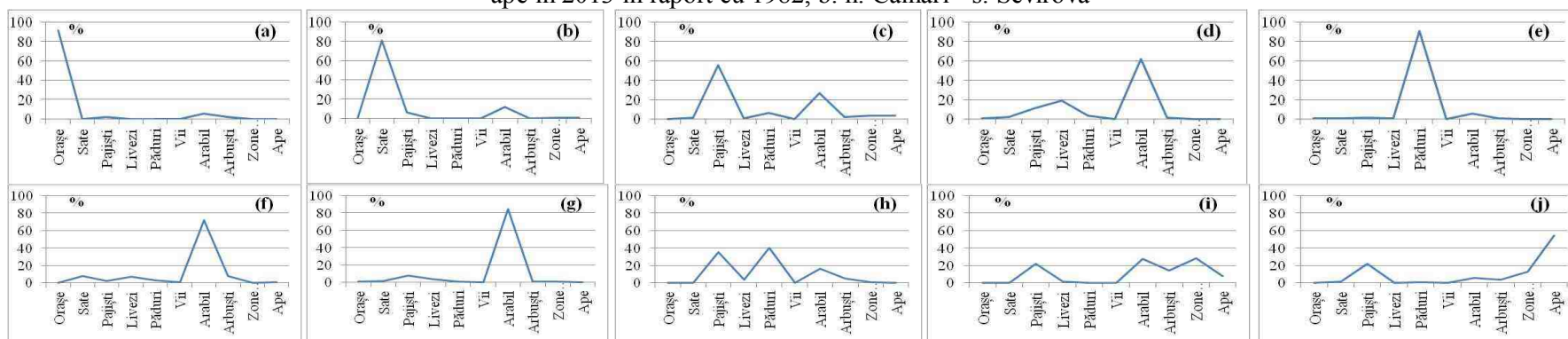


Fig. C3. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (a) orașe, (b) sate, (c) pajști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști (i) zone umede, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Cubolta - s. Cubolta

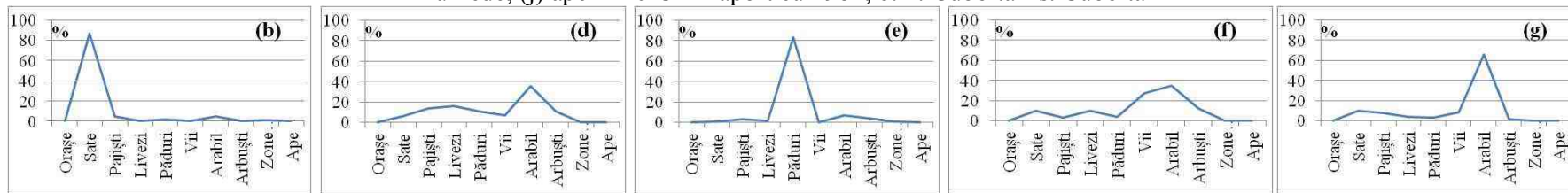


Fig. C4. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (b) sate, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil în 2013 în raport cu 1982, b. h. Bălțata - s. Bălțata

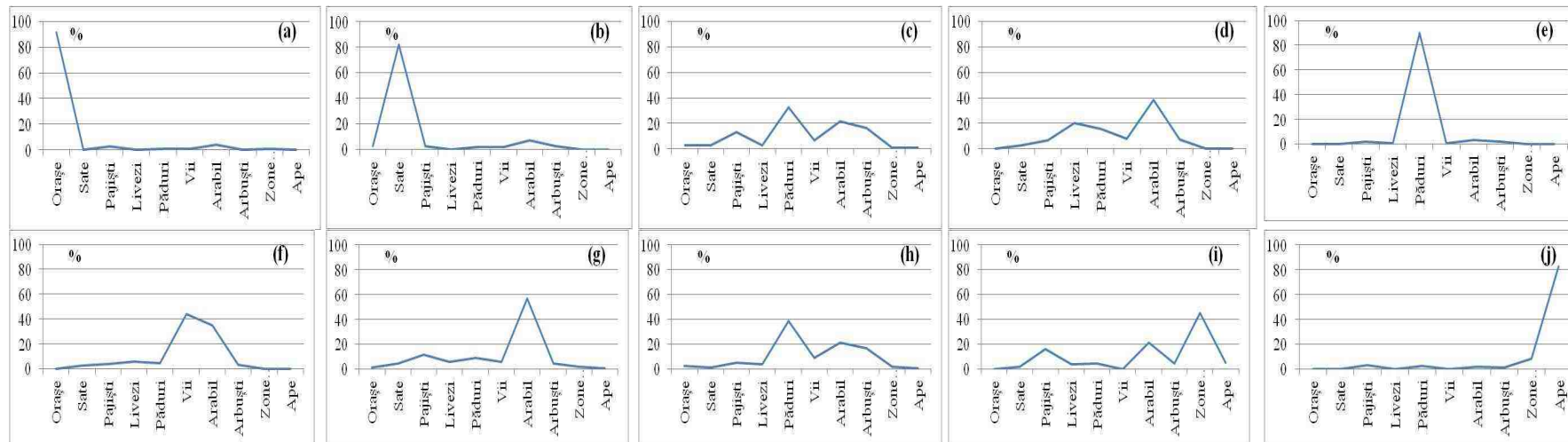


Fig. C5. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (a) orașe, (b) sate, (c) pajști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști (i) zone umede, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Bâc – or. Chișinău

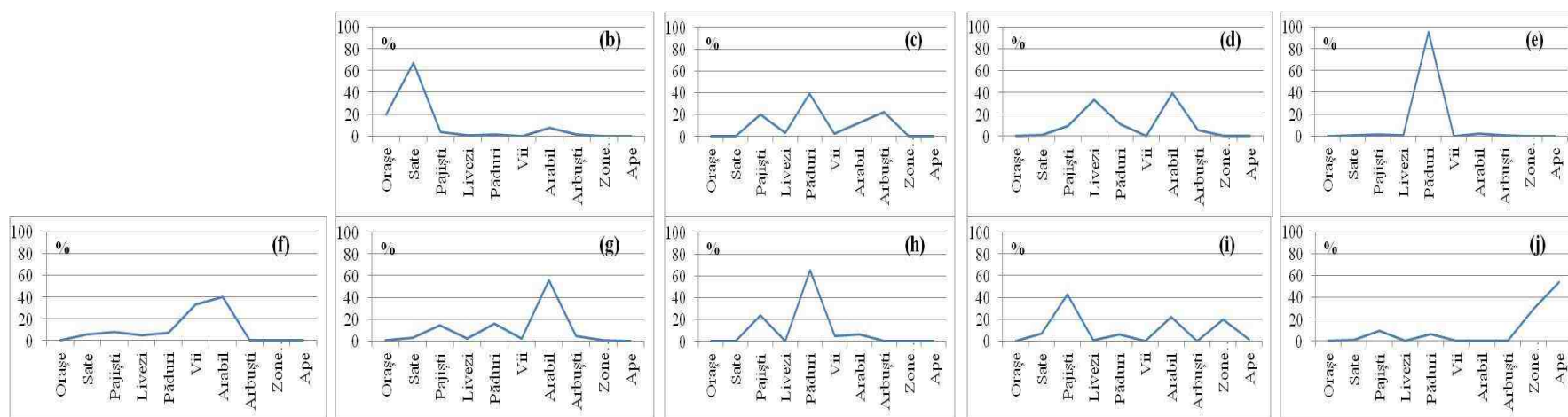


Fig. C6. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (a) orașe, (b) sate, (c) pajști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști (i) zone umede, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Pojarna – s. Sipoteni

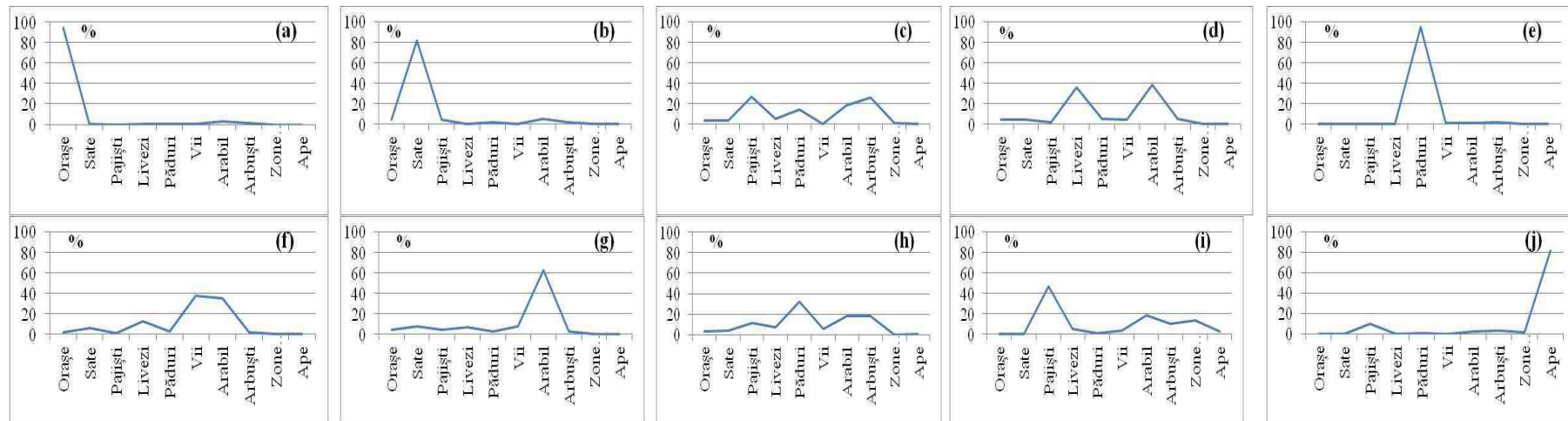


Fig. C7. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (a) orașe, (b) sate, (c) pajiști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști (i) zone umede, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Ișnovăț – or. Singera

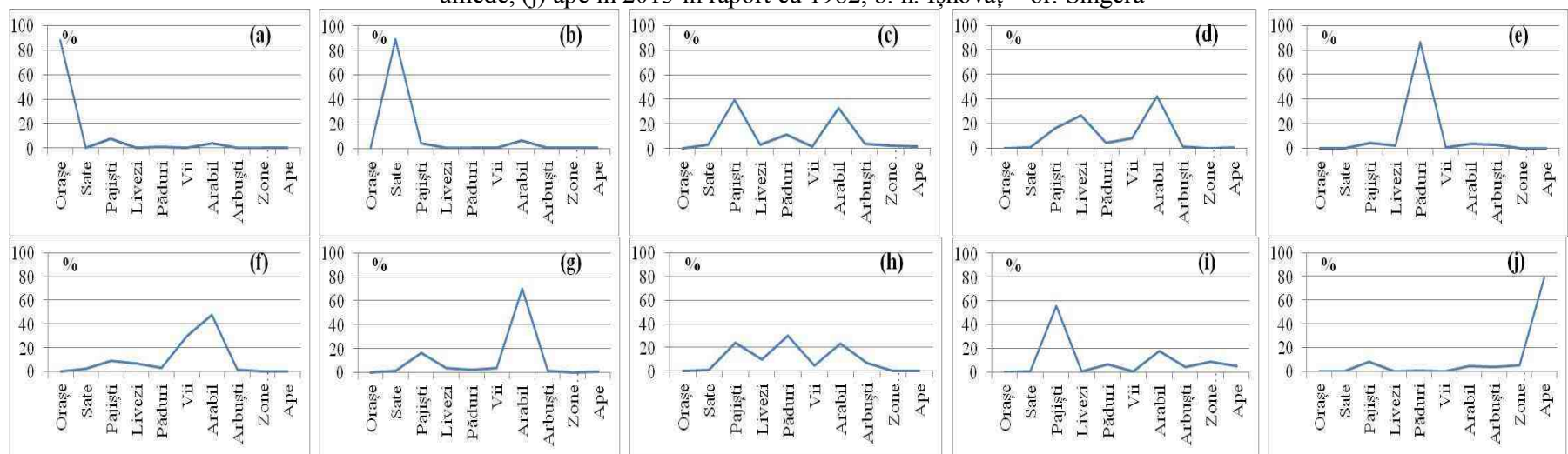


Fig. C8. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (a) orașe, (b) sate, (c) pajiști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști (i) zone umede, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Botna – s. Căușeni

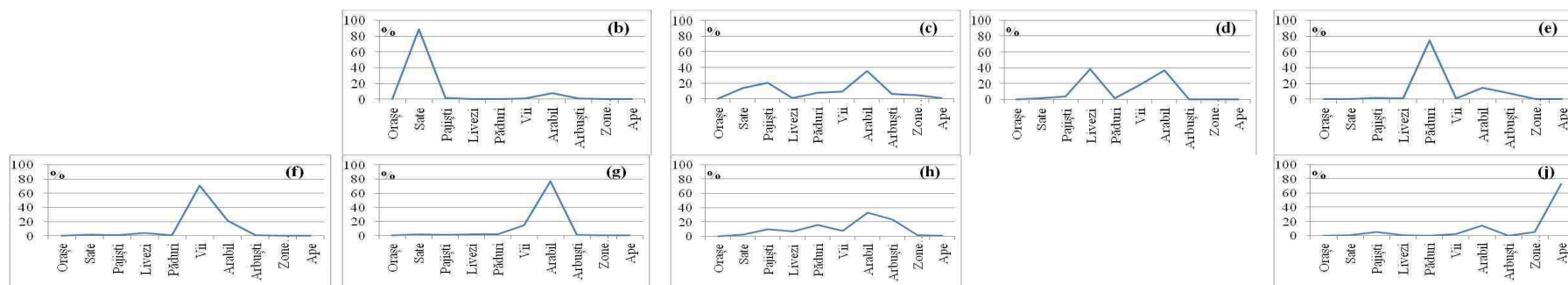


Fig. C9. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (b) sate, (c) pajiști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Salcia Mare – s. Musait

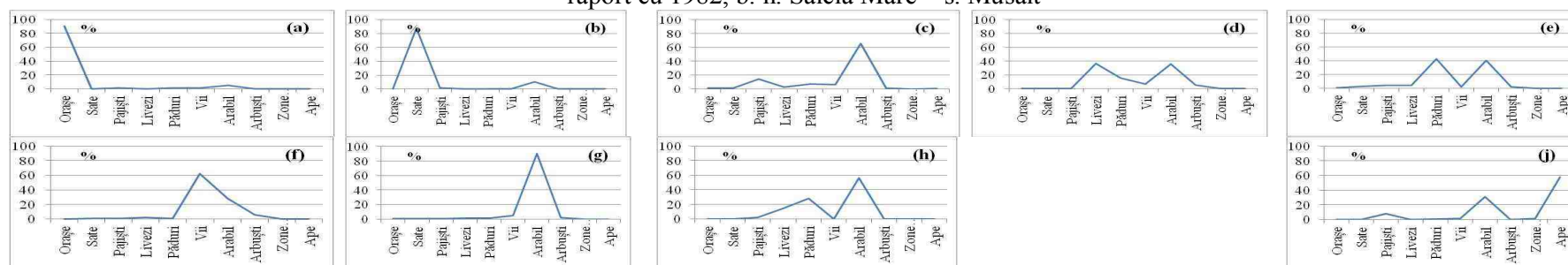


Fig. C10. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (a) orașe, (b) sate, (c) pajiști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Lunga – or. Ceadâr-Lunga

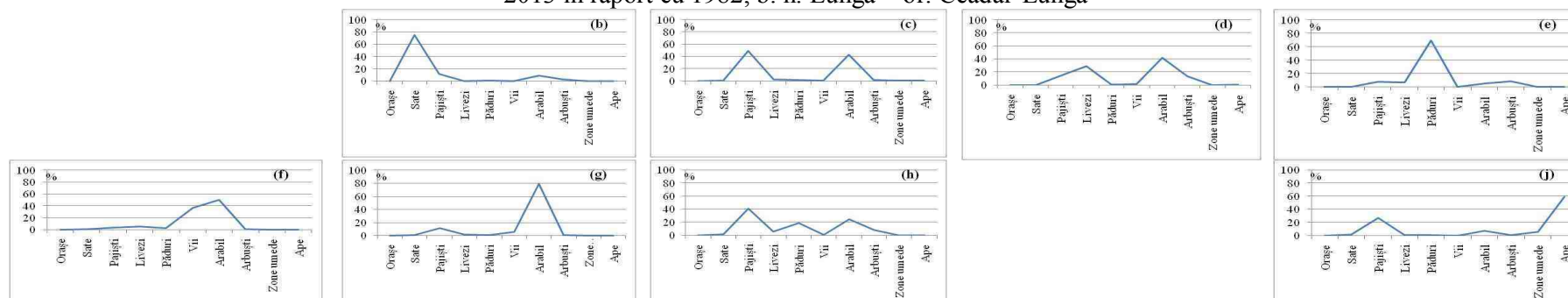


Fig. C11. Direcția de modificare a teritoriilor ocupate de (b) sate, (c) pajiști, (d) livezi, (e) păduri, (f) vii, (g) arabil, (h) arbuști, (j) ape în 2013 în raport cu 1982, b. h. Ialpug – or. Comrat

Tabelul C5. Performanța modelării viiturilor pluviale

Viitura	Debit maxim măsurat, m3/s	Debit maxim simulat, m3/s	R	E	Perfor- manța E	Ln E	PBIAS, %	Perfor- manța PBIAS
r. Răut, p. Bălți								
18.07.1949 - 02.08.1949	63.5	60.5	0.93	0.86	foarte bine	0.91	10.9	bine
24.06.1972 - 15.07.1972	7.9	5.6	0.83	0.66	bine	0.59	8.32	foarte bine
17.06.1985 - 06.07.1985	57.1	71.9	0.97	0.57	satisfăcător	0.60	-21.6	satisfăcător
05.09.1989 - 13.09.1989	6.1	5.9	0.98	0.95	foarte bine	0.95	-0.59	foarte bine
01.07.1991 - 20.07.1991	21.1	24.3	0.99	0.94	foarte bine	0.83	0.28	foarte bine
r. Căinari, p. Sevirova								
01.07.1971 - 12.07.1971	73.3	69.0	0.88	0.72	bine	0.68	-21.4	satisfăcător
07.04.1979 - 19.04.1979	15.2	10.7	0.98	0.86	foarte bine	0.94	13.3	bine
07.06.1989 - 17.06.1989	6.8	6.7	0.91	0.78	foarte bine	0.83	-14.5	bine
01.07.1991 - 20.07.1991	105	82.8	0.85	0.71	bine	0.66	15.0	bine
r. Cubolta, p. Cubolta								
11.07.1969 - 24.07.1969	15.8	11.5	0.63	0.52	satisfăcător	0.75	0.78	foarte bine
26.06.1982 - 13.07.1982	15.5	13.0	0.93	0.82	foarte bine	0.75	16.3	satisfăcător
05.09.1989 - 16.09.1989	8.5	7.1	0.91	0.80	foarte bine	0.90	9.55	foarte bine
01.07.1991 - 20.07.1991	19.2	22.7	0.97	0.93	foarte bine	0.93	-8.40	foarte bine
r. Bălțata, p. Bălțata								
10.11.1957 - 17.11.1957	0.63	0.51	0.92	0.79	foarte bine	0.51	-25.0	satisfăcător
22.07.1964 - 31.07.1964	4.80	4.63	0.90	0.80	foarte bine	0.71	25.0	satisfăcător
21.10.1964 - 27.10.1964	0.58	0.61	0.99	0.98	foarte bine	0.93	-13.7	bine
01.07.1975 - 06.07.1975	4.18	3.81	0.98	0.96	foarte bine	0.91	-10.5	bine
17.08.2005 - 24.08.2005	3.66	4.72	0.98	0.74	bine	0.71	-25.0	satisfăcător
r. Pojarna, p. Sipoteni								
01.07.1971 - 13.07.1971	13.2	11.2	0.86	0.66	bine	0.87	-25.0	satisfăcător
03.06.1975 - 17.06.1975	5.9	6.8	0.84	0.57	satisfăcător	0.89	2.5	foarte bine
2.04.1979 - 17.04.1979	6.3	6.3	0.88	0.60	satisfăcător	0.76	-22.4	satisfăcător
19.06.1979 - 1.07.1979	3.7	2.8	0.95	0.85	foarte bine	0.70	-21.9	satisfăcător
07.06.1980 - 17.06.1980	7.3	5.8	0.94	0.86	foarte bine	0.70	11.7	bine
03.05.1981 - 25.05.1981	3.4	4.1	0.78	0.55	satisfăcător	0.74	1.2	foarte bine
15.06.1985 - 25.06.1985	13.0	13.9	0.95	0.83	foarte bine	0.96	-24.6	satisfăcător
r. Bâc, p. Chișinău								
08.06.1948 - 25.06.1948	81.8	64	0.91	0.81	foarte bine	0.78	-14.22	bine
06.07.1948 - 18.07.1948	212	216	0.96	0.91	foarte bine	0.84	-19.07	satisfăcător
r. Ișnovăț, p. Sîngera								
12.06.1958 - 19.06.1958	8.6	6.9	0.92	0.82	foarte bine	0.75	-24.93	satisfăcător
01.07.1975 - 07.07.1975	5.5	6.3	0.99	0.92	foarte bine	0.83	-24.84	satisfăcător
12.08.1980 - 22.08.1980	4.9	8.2	0.90	0.47	satisfăcător	0.55	-3.08	foarte bine
r. Botna, p. Căușeni								
24.06.1952 - 08.07.1952	52.8	56.0	0.99	0.98	foarte bine	0.75	-15.98	satisfăcător
26.06.1972 - 06.07.1972	94.3	88.8	0.89	0.75	foarte bine	0.64	-30.35	satisfăcător

06.06.1984 - 23.06.1984	9.3	8.8	0.69	0.55	satisfăcător	0.15	-11.62	bine
23.08.1994 - 05.09.1994	10.1	8.7	0.85	0.70	bine	0.72	9.83	foarte bine
r. Ialpug, p. Comrat								
19.08.1968 - 24.08.1968	2.30	1.60	0.74	0.55	satisfăcător	0.36	-4.35	foarte bine
21.10.1972 - 27.10.1972	1.60	1.45	0.86	0.55	satisfăcător	0.76	-24.10	satisfăcător
30.07.1978 - 06.08.1978	1.59	1.05	0.90	0.79	foarte bine	0.87	-1.95	foarte bine
05.05.1981 - 19.05.1981	1.51	1.08	0.75	0.47	satisfăcător	0.67	-17.58	satisfăcător
r. Lunga, p. Ceadâr-Lunga								
04.07.1976 - 09.07.1976	0.98	0.84	0.96	0.81	foarte bine	0.47	-25.11	satisfăcător
11.07.1977 - 15.07.1977	0.95	0.97	0.89	0.76	foarte bine	0.70	-1.14	foarte bine
14.06.1980 - 26.06.1980	1.53	1.37	0.90	0.68	bine	0.72	18.26	satisfăcător
r. Salcia Mare - p. Musait								
13.09.1981 - 24.09.1981	1.38	1.45	0.80	0.50	satisfăcător	0.48	25.0	satisfăcător
01.07.1987 - 09.07.1987	8.12	6.73	0.90	0.80	foarte bine	0.73	-14.2	bine
30.06.1991 - 12.07.1991	7.60	8.10	0.91	0.73	bine	0.72	-23.3	satisfăcător

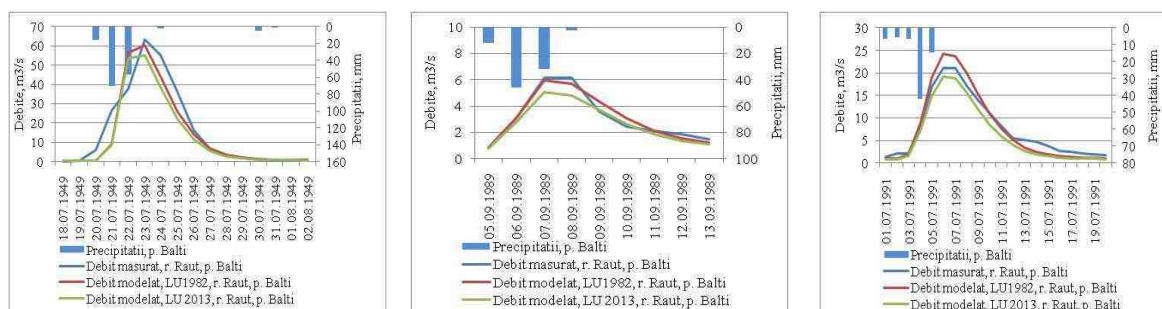


Fig. C12. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Răut, p. Bălți

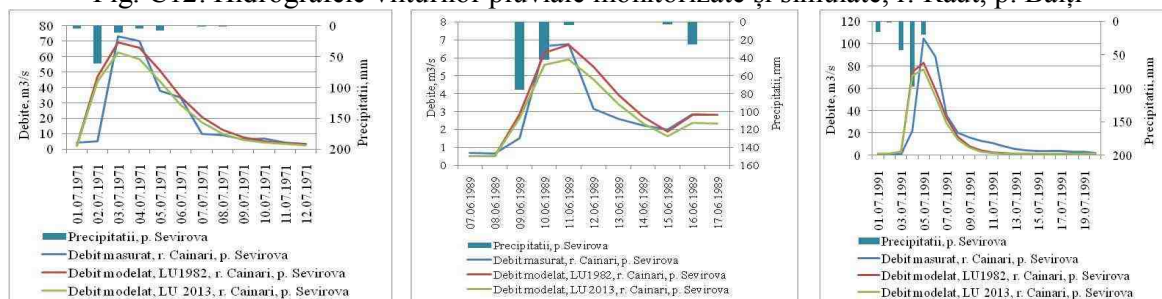


Fig. C13. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Căinari, p. Sevirova

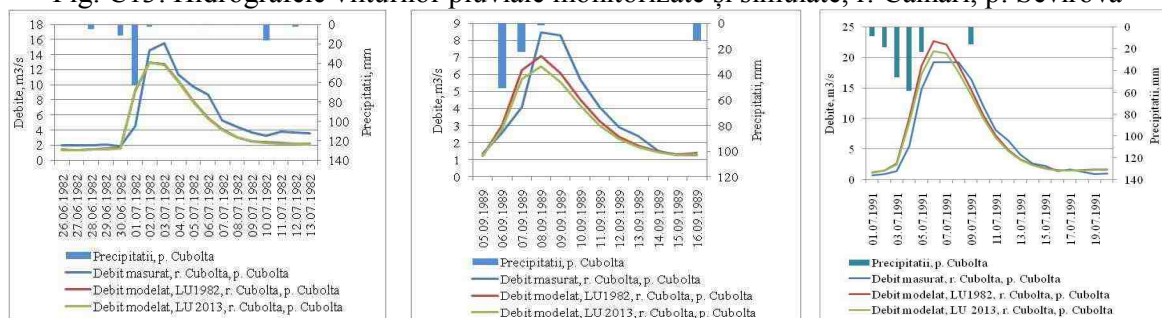


Fig. C14. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Cubolta, p. Cubolta

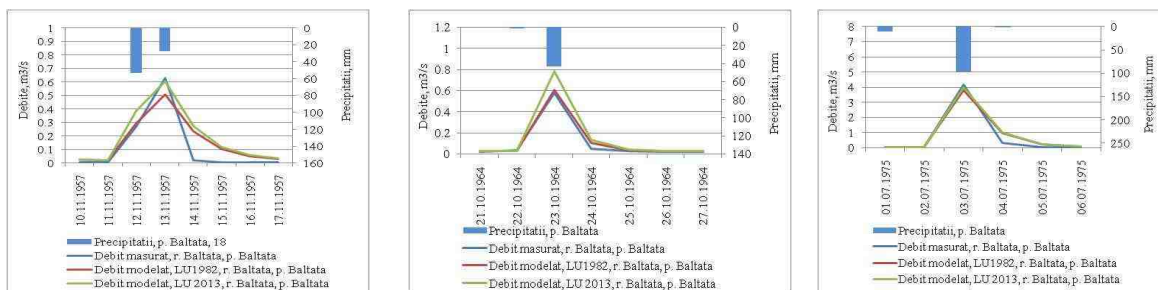


Fig. C15. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Bălțața, p. Bălțața

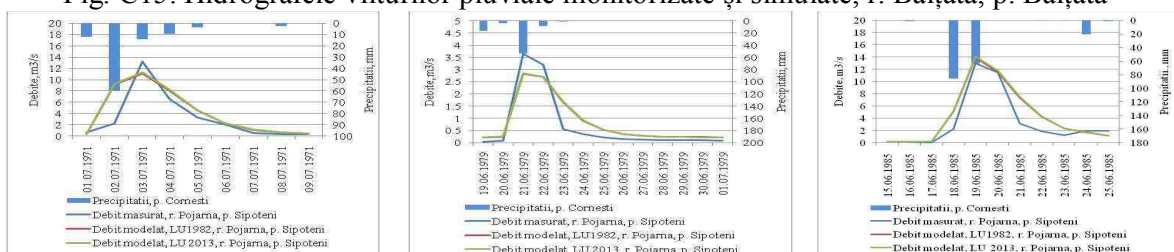


Fig. C16. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Pojarna, p. Sipoteni

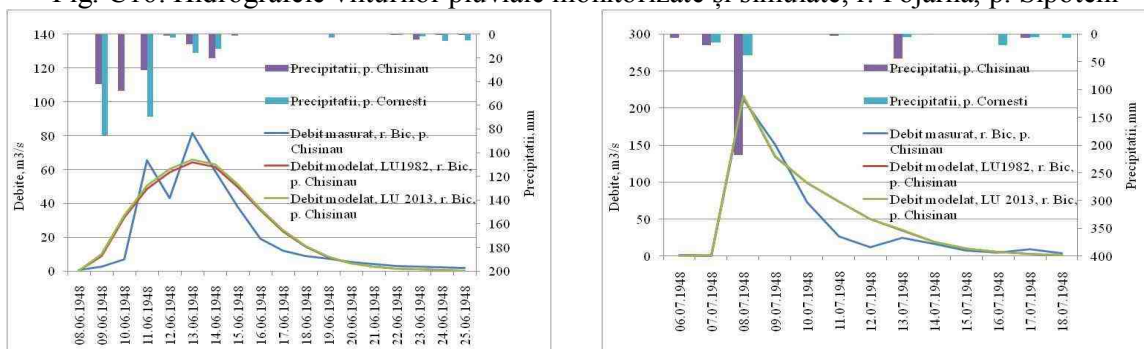


Fig. C17. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Bâc, p. Chișinău

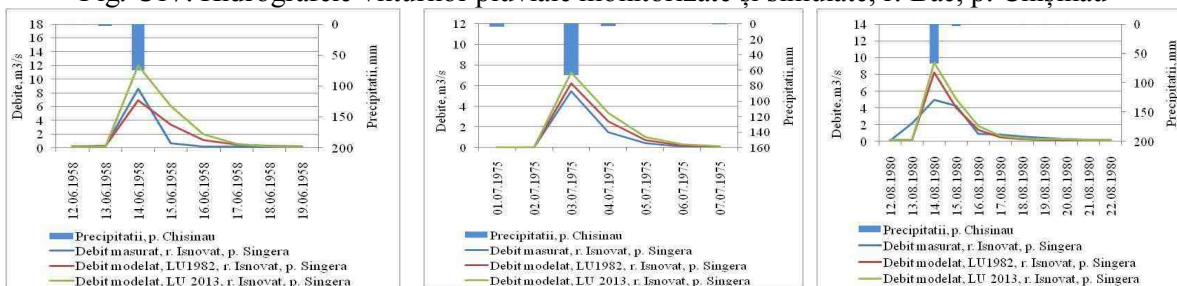


Fig. C18. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Ișnovăț, p. Sîngera

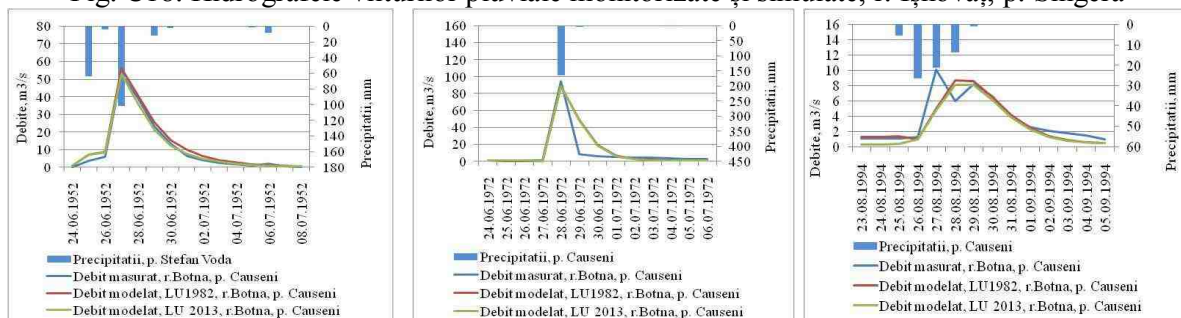


Fig. C19. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Botna, p. Căușeni

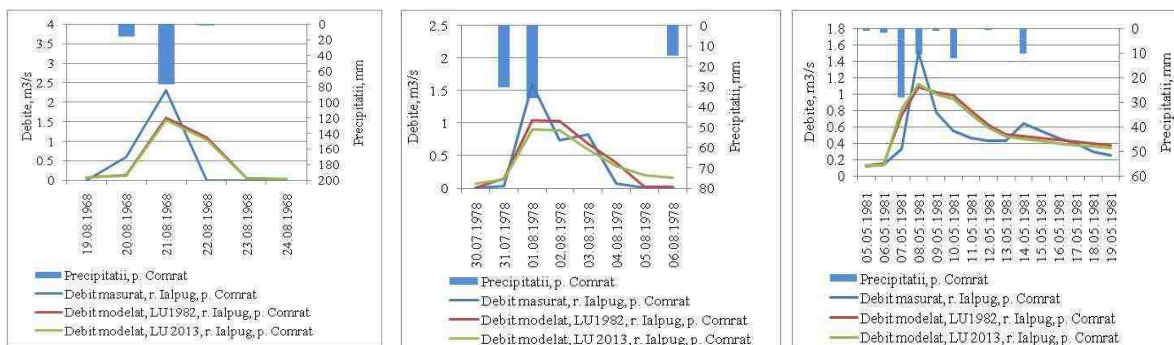


Fig. C20. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Ialpuș, p. Comrat

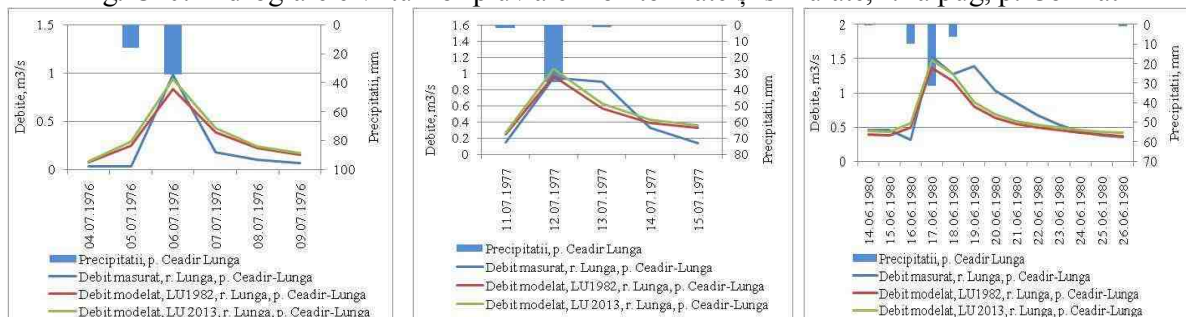


Fig. C21. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Lunga, p. Ceadâr-Lunga

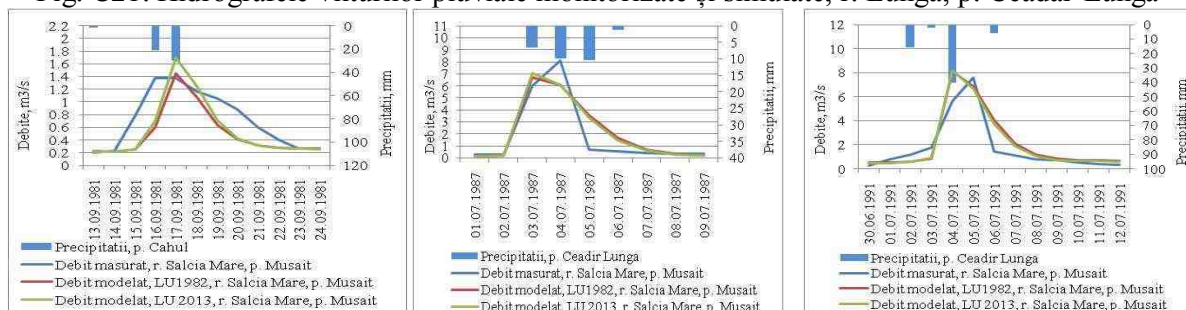


Fig. C22. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Salcia Mare - p. Musait

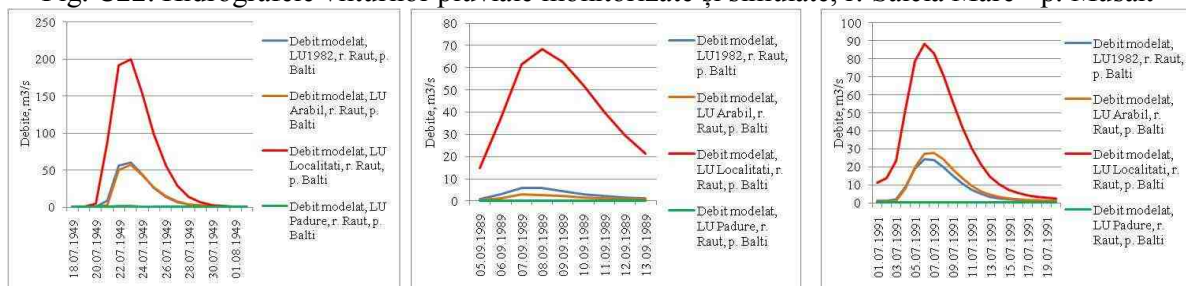


Fig. C23. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Răuț, p. Bălți

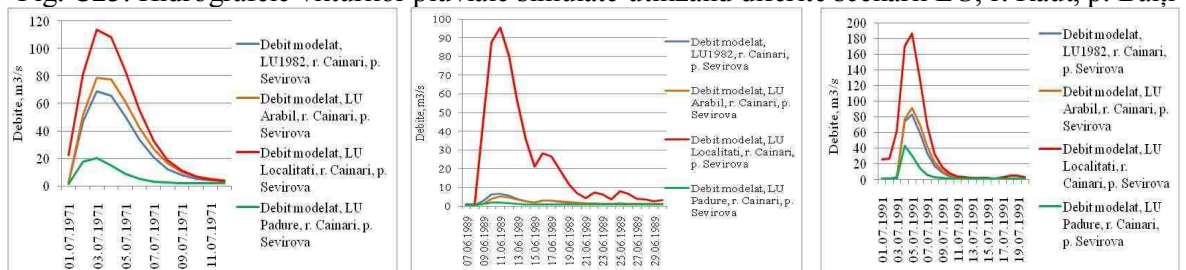


Fig. C24. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Căinari, p. Sevrova

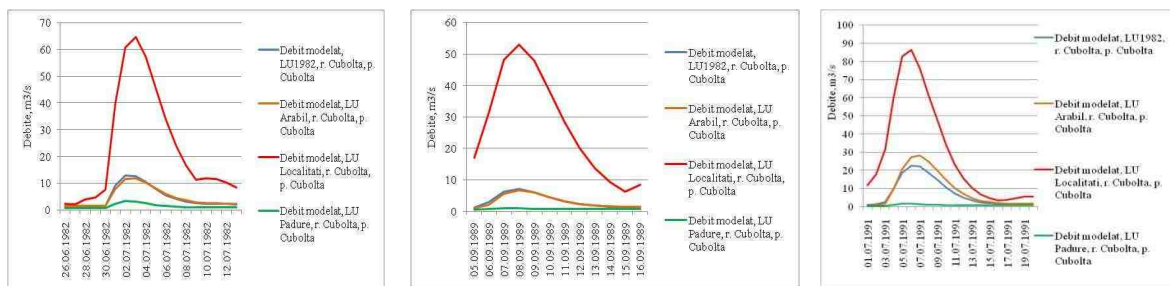


Fig. C25. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Cubolta, p. Cubolta

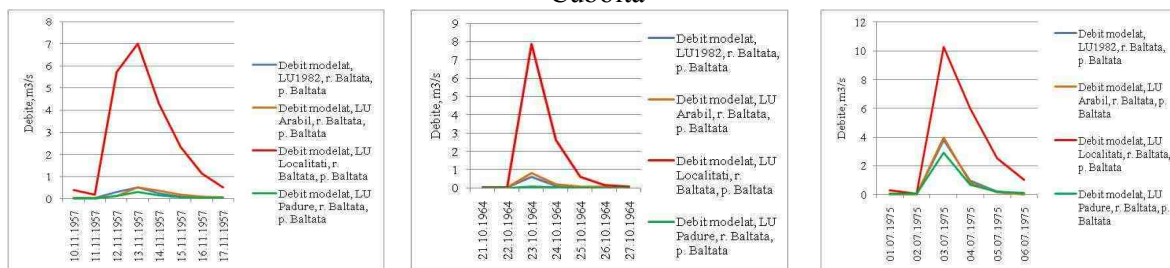


Fig. C26. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Bălța, p. Bălța

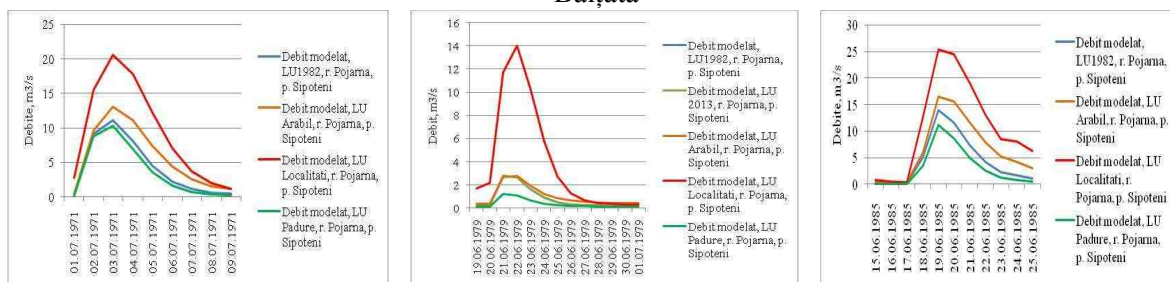


Fig. C27. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Pojarna, p. Sipoteni

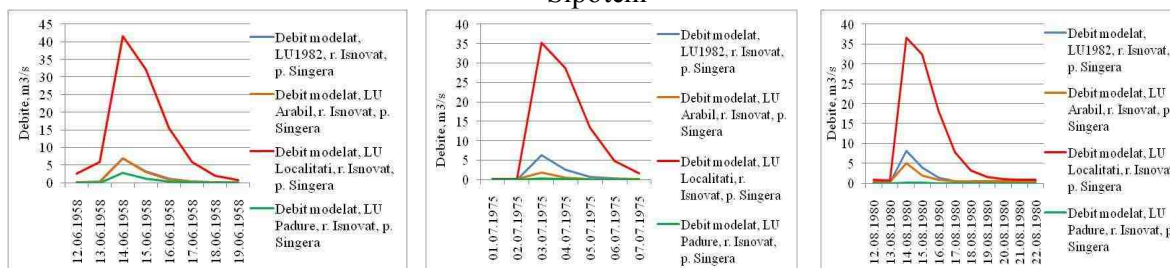


Fig. C28. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Ișnovăț, p. Sîngera

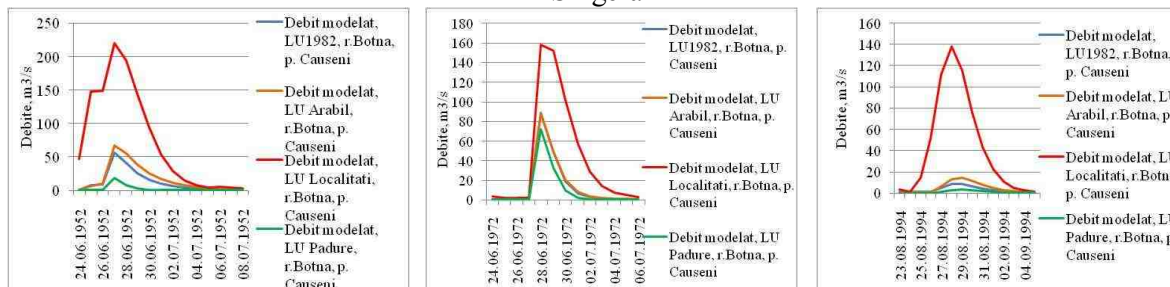


Fig. C29. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Botna, p. Căușeni

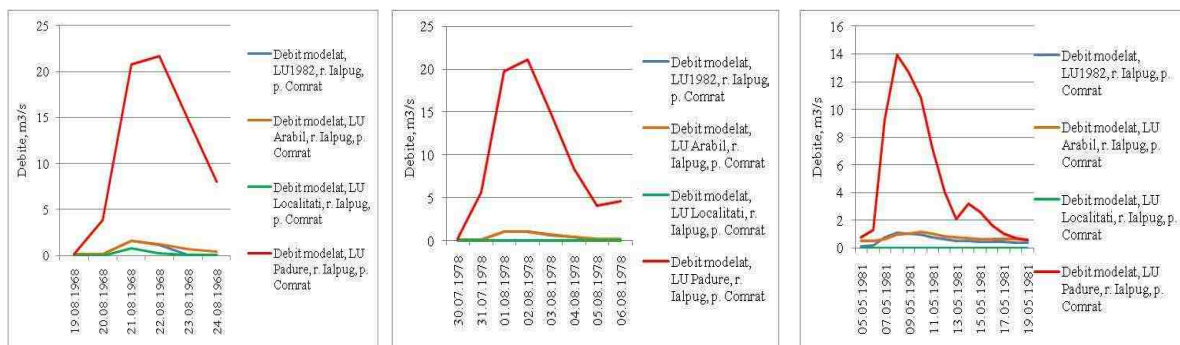


Fig. C30. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Ialpuș, p. Comrat

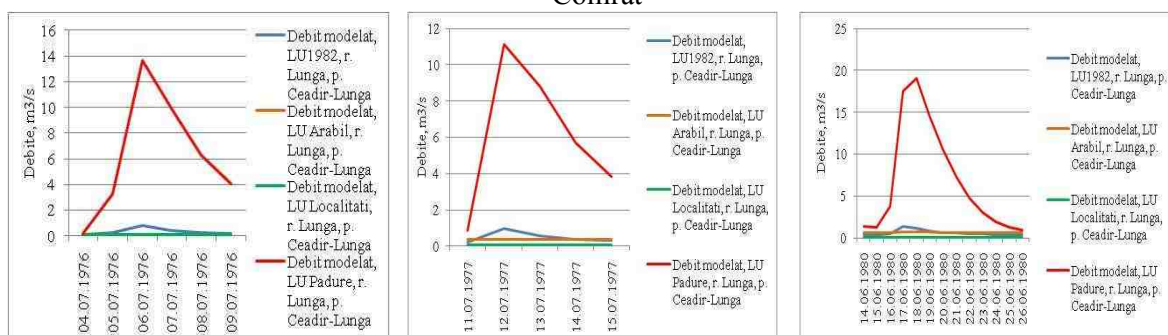


Fig. C31. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Lunga, p. Ceadir-Lunga

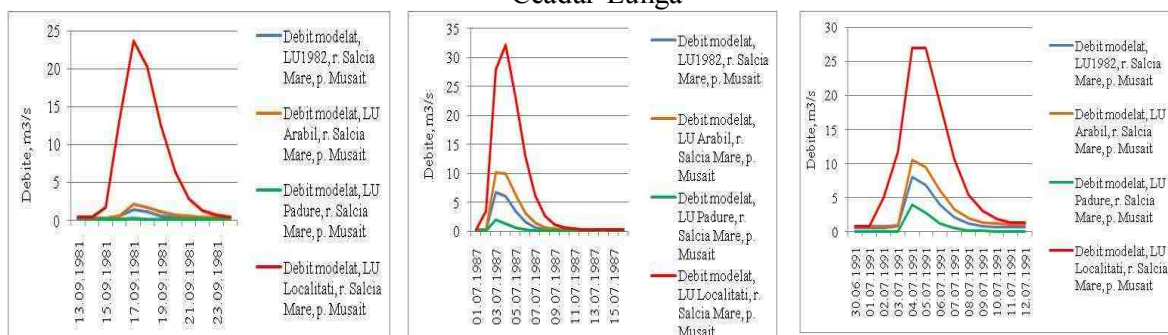


Fig. C32. Hidrografele viiturilor pluviale simulate utilizând diferite scenarii LU, r. Salcia Mare - p. Musait

Tabelul C6. Valorile de calibrare pentru metoda Deversor Controlat în baza Cotei de Nivel al Apei (Elevation Controlled Gates method) la p. Hrușca /amonte de baraj, r. Nistru

Caracteristici	Viitura 1969	Viitura 1980	Viitura 2008
Cota de referință de nivel al apei la care deversorul începe să se deschidă	36/27	36/27	36/27
Cota de referință de nivel al apei la care deversorul începe să se închidă	41/30	41/30	41/30
Viteza de deschidere a deversorului (m/min)	1.5/1.5	1.5/1.5	1.5/1.5
Viteza de închidere a deversorului (m/min)	1.5/1.5	1.5/1.5	1.5/1.5
Nivelul de închidere maximă a deversorului	7/7	7/7	7/7
Nivelul de deschidere maximă a deversorului	6/6	6/6	6/6
Nivel inițial de deschidere a deversorului (optional)	3/3	3/3	3/3

Tabelul C7. Valorile de calibrare pentru metoda Baraj de Navigare (Navigation Dam method), r. Nistru

Caracteristici	Viitura 1969	Viitura 1980	Viitura 2008
Debit pilot, m ³ /s	350	350	350
Modificarea deversorului în condiții normale a (ore)	1	1	1
Modificarea deversorului în condițiile variației rapide a debitului (ore)	0.5	0.5	0.5
Ora inițială de modificarea a nivelului deversorului	08:00	08:00	08:00
Nivelul de închidere maximă a deversoarelor	6	6	6
Nivelul de deschidere maximă a deversoarelor	8	8	8
Viteza de deschidere a deversorului (m/min)	1.5	1.5	1.5
Viteza de închidere a deversorului (m/min)	1.5	1.5	1.5
Nivelul apei			
Extrem	30	30	30
Maximal posibil	27.7	27.7	27.7
Maximal	27.2	27.2	27.2
Ținta maximă	26.8	26.65	26.8
Ținta	26.5	26.5	26.5
Ținta minimă	26	26	26
Minimal	25.5	25.5	25.5
Minimal posibil	25	25	25
Închiderea deversorului	27	27	30
Debitul și factorul de debit			
Debitul în condițiile extreme	4700	4700	4700
Factorul de debit pentru nivel maximal	1.07	1.07	1.07
Factorul de debit pentru ținta maximă	1.01	1.01	1.01
Factorul de debit pentru ținta minimă	0.9	0.9	0.9
Factorul de debit pentru nivel minimal	0.9	0.9	0.9
Debitul minim	350	350	350

Tabelul C8. Valorile de calibrare pentru metoda Deversor Controlat în baza Cotei de Nivel al Apei (Elevation Controlled Gates method) în amonte de baraj, r. Bâc

Caracteristici	Viitura 1973	Viitura 1975
Cota de referință de nivel al apei la care deversorul începe să se deschidă	57	57
Cota de referință de nivel al apei la care deversorul începe să se închidă	59	59
Viteza de deschidere a deversorului (m/min)	0,5	0,5
Viteza de închidere a deversorului (m/min)	0,5	0,5
Nivelul de închidere maximă a deversorului	3,5	3,5
Nivelul de deschidere maximă a deversorului	3,5	3,5
Nivel inițial de deschidere a deversorului (opțional)	0,5	0,5

Tabelul C9. Valorile de calibrare pentru metoda Baraj de Navigare (Navigation Dam method), r. Bâc

Caracteristici	Viitura 1973	Viitura 1975
Debit pilot, m ³ /s	5	2
Modificarea deversorului în condiții normale a (ore)	1	1
Modificarea deversorului în condițiile variației rapide a debitului (ore)	0.5	0.5
Ora inițială de modificarea a nivelului deversorului	08:00	08:00
Nivelul de închidere maximă a deversoarelor	1	1
Nivelul de deschidere maximă a deversoarelor	3,5	3,5
Viteza de deschidere a deversorului (m/min)	0.5	0.5
Viteza de închidere a deversorului (m/min)	0.5	0.5
Nivelul apei		
Extrem	59	59
Maximal posibil	58,1	58,1
Maximal	57,5	57,5
Ținta maximă	57	57
Ținta	56,5	56,5
Ținta minimă	54	54
Minimal	52	52
Minimal posibil	50,55	50,55
Închiderea deversorului	56	56
Debitul și factorul de debit		
Debitul în condițiile extreme	300	300
Factorul de debit pentru nivel maximal	1.07	1.07
Factorul de debit pentru ținta maximă	1.07	1.07
Factorul de debit pentru ținta minimă	0.9	0.9
Factorul de debit pentru nivel minimal	0.9	0.9
Debitul minim	1	1

Tabelul C10. Modificarea caracteristicilor spațiale ale undei de viitură sub influența digurilor de protecție pentru sectorul de pe r. Nistru

Caracteristici			Modelul /Probabilitate, %				
			H1	H2	H3	H4	H5
			10	5	1	0.5	0.1
r. Nistru, p. Dubăsari	Q_{max} , m ³ /s		2613	3101	4486	5115	6539
	N_{max} , m.abs.		18.2	19.1	20.9	21.6	22
r. Nistru, p. Bender	Q_{max} , m ³ /s	prezența digurilor	2484	2891	4075	4675	5826
	N_{max} , m.abs.	prezența digurilor	11	11.6	12.2	12.4	12.5
	Q_{max} , m ³ /s	lipsa digurilor	2459	2794	4023	4576	5804
	N_{max} , m.abs.	lipsa digurilor	8.98	9.25	10.1	10.4	10.9
r. Nistru, bifurcarea Turunciuc	Q_{max} , m ³ /s	prezența digurilor	2408	2713	3742	4394	5390
	N_{max} , m.abs.	prezența digurilor	7.52	7.86	8.15	8.19	8.25
	Q_{max} , m ³ /s	lipsa digurilor	2299	2551	3687	4205	5430
	N_{max} , m.abs.	lipsa digurilor	5.29	5.46	6.12	6.39	6.97
Suprafața hazardului, km ²	prezența digurilor		82	91	169	198	379
	lipsa digurilor		293	322	390	418	442

Suprafața riscului mare, km ²	prezența digurilor	8.1	9.7	16.5	20.6	32.1
	lipsa digurilor	13.1	15.4	23.8	30	37.9
Suprafața riscului mediu, km ²	prezența digurilor	15.9	19.4	79.1	101	248
	lipsa digurilor	212	231	269	282	293
Suprafața riscului mic, km ²	prezența digurilor	57.8	61.3	72.3	75.4	99.2
	lipsa digurilor	65.3	72.9	93.8	101.7	107.8
Adâncimea medie, m.	prezența digurilor	4.95	5.3	5.68	5.75	4.95
	lipsa digurilor	2.90	3.00	3.53	3.79	4.45
Viteza medie, m/s	prezența digurilor	0.76	0.81	0.74	0.74	0.62
	lipsa digurilor	0.45	0.48	0.54	0.56	0.60
Perioada de parcurs, zile	prezența digurilor	4	5	5	5	5
	lipsa digurilor	6	6	6	5	5

Tabelul C11. Modificarea caracteristicilor spațiale ale unde de viitură sub influența digurilor de protecție pentru sectorul de pe r. Bâc

Caracteristici			Modelul / Probabilitate, %							
			H1	H2	H3	H5	H5	G1	G2	G3
			10	5	1	0.5	0.2	1	0.5	0.1
r. Bâc, evacuare din l.a. Ghidighici	Q_{max} , m ³ /s		31,4	50,5	134	198	325	202	325	471
	N_{max} , m.abs.		50,7	51,0	52,1	52,6	53,3	52.65	53.3	53.9
r. Bâc, gura de vărsare	Q_{max} , m ³ /s	prezența digurilor	27,8	44	106	114	166	114	166	222
	N_{max} , m.abs.		6,14	6,76	8,5	8,69	9,77	8.7	9.77	10.7
	Q_{max} , m ³ /s	lipsa digurilor	23,6	36,3	82,6	110	160	112	160	211
	N_{max} , m.abs.		5,95	6,48	7,72	8,12	8,6	8.14	8.6	8.97
Suprafața hazardului, km ²	prezența digurilor		4.87	6.54	11.8	21.2	29.5	22.8	29.5	33.5
	lipsa digurilor		11	15.9	25.1	28.6	33.3	28.8	33.3	36.5
Suprafața riscului mare, km ²	prezența digurilor		0.56	0.83	2.18	3.24	5.44	3.32	5.44	7.08
	lipsa digurilor		0.6	0.9	2.5	3.7	6.1	3.8	6.1	7.8
Suprafața riscului mediu, km ²	prezența digurilor		1.34	1.63	2.75	7.13	12.1	8.11	12.1	12.9
	lipsa digurilor		4.9	7.2	11.2	12.4	13.8	12.5	13.8	14.6
Suprafața riscului mic, km ²	prezența digurilor		2.97	4.08	6.85	10.9	11.95	11.35	11.95	13.5
	lipsa digurilor		5.5	7.8	11.5	12.5	13.4	12.5	13.4	14.0
Adâncimea medie, m.	prezența digurilor		0.61	0.76	1.27	1.35	1.5	1.33	1.5	1.74
	lipsa digurilor		0.55	0.61	0.99	1.16	1.41	1.18	1.41	1.63
Viteza medie, m/s	prezența digurilor		0.45	0.52	0.58	0.5	0.56	0.49	0.56	0.59
	lipsa digurilor		0.3	0.32	0.42	0.46	0.53	0.47	0.53	0.58
Perioada de parcurs, ore	prezența digurilor		48	49	61	77	68	80	77	63
	lipsa digurilor		90	98	90	81	69	80	81	61

ANEXA D (acte de implementare)

Actul Nr. I

de implementare a lucrării științifice în producție or. Chișinău

"18" 02 2011

Întreprinderea de Stat "Direcția Bazinieră de Gospodărire a Apelor" în persoana

(Locul implementării: denumirea întreprinderii, organizației, instituției)

directorului Întreprinderii de Stat "Direcția Bazinieră de Gospodărire a Apelor",
Victor Bujac pe de o parte, și Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de

Științe a Republicii Moldovei în persoana directorului Institutului de Ecologie și

(Denumirea organizației elaboratorului)

Geografie al AȘM profesor universitar, doctor în științe biologice Fiodor Cozar pe de
altă parte, au întocmit actul prezent și menționează, că rezultatele cercetărilor pe
tema „Elaborarea modelului undei cinematice a viiturilor și evaluarea zonelor de risc
în caz de inundații pe râurile din Republica Moldova”.

(Denumirea lucrării)

executanți: Orest Melniciuc, Nicolae Boboc, Maria Nedalcov, Iurii Bejan, Tudor
Castraveț, Valentina Muntean, Ana Chișciuc, Mihaela Balan, Igor Cojocaru, Viorel
Bostan s-a aflat la implementare de la 20 ianuarie 2011 până la 20 octombrie 2011.

Institutul de Ecologie și Geografie al AȘM a transmis rezultatele cercetărilor pe tema

(Denumirea instituției științifice)

„Elaborarea modelului undei cinematice a viiturilor și evaluarea zonelor de risc în
caz de inundații pe râurile din Republica Moldova”.

(Conținutul ajutorului, consultație tehnico-științifică)

care au asigurat eficacitatea apreciabilă a managementului riscului inundațiilor pe
râurile transfrontiere ale Republicii Moldova și obținerea efectului social.

In corespundere cu cele menționate, ambele părți au ajuns la concluzia că
implementarea rezultatelor cercetărilor pe tema „Elaborarea modelului undei
cinematice a viiturilor și evaluarea zonelor de risc în caz de inundații pe râurile din
Republica Moldova” a luat sfârșit.

Directorul

Întreprinderii de Stat

”Direcția Bazinieră de Gospodărire a Apelor”



Victor Bujac

Directorul

Institutului de Ecologie și Geografie al AȘM

profesor universitar, doctor în științe biologice



Fiodor Cozar

Certificat de implementare Nr. 1
a lucrării științifice în producție
Centrul Național de Mediu

"12" aprilie 2018

Centrul Național de Mediu, în persoana Doamnei președinte Ina COȘERU, pe de o parte, și Institutul de Ecologie și Geografie, în persoana Doamnei director, membru corespondent, doctor habilitat în geografie, profesor universitar Maria NEDEALCOV, pe de altă parte, au întocmit prezentul act și menționează, că rezultatele cercetărilor științifice pe tema **„Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”** efectuate de Jeleapov Ana, cercetător științific, se află la implementare începând cu data de 01.09.2016 și sunt utilizate pentru activitatea comitetelor bazinale ale râurilor Bâc, Ichel, Tigheci, Larga, Ciuhur, Răut. Institutul de Ecologie și Geografie a transmis rezultatele cercetărilor susmenționate sub formă de materiale cartografice, care vor asigura eficiența modalității de gestionare a bazinelor hidrografice pentru diminuarea riscului la inundații, de elaborare a planurilor de amenajare a teritoriul și de management a resurselor de apă.

În corespundere cu cele menționate, ambele părți au ajuns la concluzia că implementarea rezultatelor cercetărilor pe tema **„Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”** este utilă pentru managementul inundațiilor.

Președintele Centrului
Național de Mediu


 Ina COȘERU

Directorul Institutului de
Ecologie și Geografie
m. c., dr. hab., prof. univ.


 Maria NEDEALCOV

Certificat de implementare Nr. 2
a lucrării științifice în producție
Agenția Apele Moldovei

„20” martie 2018

Agenția Apele Moldovei, în persoana Domnului director adjunct Radu CAZACU, pe de o parte, și Institutul de Ecologie și Geografie, în persoana Doamnei director, membru corespondent, doctor habilitat în geografie, profesor universitar Maria NEDEALCOV, pe de altă parte, au întocmit prezentul act și menționează, că rezultatele cercetărilor științifice pe tema tezei de doctorat „Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova” efectuate de Jeleapov Ana, cercetător științific, lab. Geografia Peisajelor, se află la implementare începând cu data de 03.02.2014. Institutul de Ecologie și Geografie a transmis rezultatele cercetărilor pe tema „Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova” sub formă de materiale cartografice și textuale, care sunt utilizate pentru managementul situațiilor de risc hidrologic și gestionarea lacurilor de acumulare.

În corespundere cu cele menționate, ambele părți au ajuns la concluzia că implementarea rezultatelor cercetărilor pe tema „Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova” este utilă pentru elaborarea planurilor de management la inundații.

Director adjunct
Agenția Apele Moldovei



Radu CAZACU

Directorul Institutului de
Ecologie și Geografie
m. c., dr. hab., prof. univ.



Maria NEDEALCOV

Certificat de implementare Nr. 3
a lucrării științifice în producție
Asociația Femeilor pentru Protecția Mediului și Dezvoltarea Durabilă

„16” mai 2018

Asociația Femeilor pentru Protecția Mediului și Dezvoltarea Durabilă, în persoana Doamnei președinte Ioana BOBÂNĂ, pe de o parte, și Institutul de Ecologie și Geografie, în persoana Doamnei director, membru corespondent, doctor habilitat în geografie, profesor universitar Maria NEDEALCOV, pe de altă parte, au întocmit prezentul act și menționează, că rezultatele cercetărilor științifice pe tema tezei de doctorat **„Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”** efectuate de Jeleapov Ana, cercetător științific, lab. Geografia Peisajelor, se află la implementare începând cu data de 08.05.2018. Institutul de Ecologie și Geografie a transmis rezultatele cercetărilor susmenționate sub formă de materiale cartografice și textuale, care sunt utilizate elaborarea planului integrat de gestionare a bazinului hidrografic Camenca.

În corespundere cu cele menționate, ambele părți au ajuns la concluzia că implementarea rezultatelor cercetărilor pe tema **„Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”** este utilă pentru identificarea măsurilor de protecție contra inundațiilor.

Președinte

Asociația Femeilor pentru Protecția Mediului
și Dezvoltarea Durabilă



Ioana BOBÂNĂ

Directorul Institutului de
Ecologie și Geografie
m. c., dr. hab., prof. univ.



Maria NEDEALCOV

Certificat de implementare Nr. 4
a lucrării științifice în producție

Consiliul raional Glodeni

„24” mai 2018

Consiliul raional Glodeni, în persoana Domnului președinte Ion LEUCĂ, pe de o parte, și Institutul de Ecologie și Geografie, în persoana Doamnei director, membru corespondent, doctor habilitat în geografie, profesor universitar Maria NEDEALCOV, pe de altă parte, au întocmit prezentul act și menționează, că rezultatele cercetărilor științifice pe tema tezei de doctorat **„Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”** efectuată de Jeleapov Ana, cercetător științific, lab. Geografia Peisajelor, se află la implementare începând cu data de 22.05.2018. Institutul de Ecologie și Geografie a transmis rezultatele cercetărilor pe tema **„Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”** sub formă de materiale cartografice, care pot fi utilizate în procesul de elaborare a planului de amenajare a teritoriului raionului Glodeni la compartimentele Inundațiile - măsuri de prevenire, Zonele expuse la riscuri naturale și tehnogene, Obiective privind zonele expuse la riscuri naturale și tehnogene, Măsuri privitoare la zonele expuse la riscuri naturale.

În corespundere cu cele menționate, ambele părți au ajuns la concluzia că implementarea rezultatelor cercetărilor pe tema **„Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”** este utilă pentru protecția terenurilor și populației contra inundațiilor.

Președinte al
raionului Glodeni



Ion LEUCĂ

Directorul Institutului de
Ecologie și Geografie
m. c., dr. hab., prof. univ.



Maria NEDEALCOV

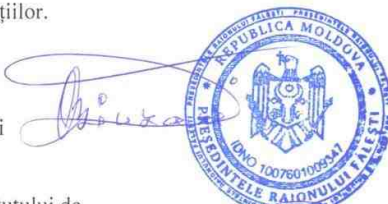
Certificat de implementare Nr. 5
a lucrării științifice în producție
Consiliul raional Fălești

"23" mai 2018

Consiliul raional Fălești, în persoana Doamnei președinte Iraida BÂNZARI, pe de o parte, și Institutul de Ecologie și Geografie, în persoana Doamnei director, membru corespondent, doctor habilitat în geografie, profesor universitar Maria NEDEALCOV, pe de altă parte, au întocmit prezentul act și menționează, că rezultatele cercetărilor științifice pe tema tezei de doctorat „Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova” efectuate de Jeleapov Ana, cercetător științific, lab. Geografia Peisajelor, se află la implementare începând cu data de 22.05.2018. Institutul de Ecologie și Geografie a transmis rezultatele cercetărilor pe tema „Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova” sub formă de materiale cartografice, care pot fi utilizate în procesul de elaborare a planului de amenajare a teritoriului raionului Fălești, în special, la punctele Inundațiile - măsuri de prevenire, Zonele expuse la riscuri naturale și tehnogene (inundații), Obiective privind zonele expuse la riscuri naturale și tehnogene (inundații).

În corespundere cu cele menționate, ambele părți au ajuns la concluzia că implementarea rezultatelor cercetărilor pe tema „Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova” este utilă pentru elaborarea planului de amenajare a teritoriului și protecția contra inundațiilor.

Președinte al
raionului Fălești



Iraida BÂNZARI

Directorul Institutului de
Ecologie și Geografie
m. c., dr. hab., prof. univ.



Maria NEDEALCOV

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnata, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

JELEAPOV ANA

(semnătura)

Data:

CURRICULUM VITAE

INFORMAȚII PERSONALE



Ana JELEAPOV

📍 Serviciu: Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Moldovei, of. 302, Academiei str., 1, Chișinău, MD-2028, Republica Moldova

☎ +373 22 73 96 18 📠 +373 68 47 37 29

✉ mirabela706@yahoo.com anajeleapov@gmail.com

🌐 https://www.researchgate.net/profile/Ana_Jeleapov2

💬 skype: mirabela706

Sexul Feminin

Data nașterii 07/06/1985

Naționalitatea Republica Moldova

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

Aprilie 2015 - prezent	Cercetător științific
Iunie 2012- aprilie 2015	Cercetător științific stagiar
Martie 2009 - iunie 2012	Inginer coordonator
August 2008 – martie 2009	Inginer
	Institutul de Ecologie și Geografie, Lab. Geografia Peisajelor, of. 302, str. Academiei, 1, Chișinău, MD-2028
	Tipul sau sectorul de activitate Cercetare
Ianuarie 2017- Ianuarie 2018	Cercetător științific
Mai - decembrie 2016	Inginer
	Institutul de Pedologie Agrochimie și Protecția a Solului "Nicolae Dimo", Lab. Sistemul Geoinformațional Pedologic și Agricultură de Precizie, str. Ialoveni, 100, Chișinău
	Tipul sau sectorul de activitate Cercetare
Septembrie 2008 - septembrie 2011	Profesor de geografie
	Liceul Academiei de Științe a Moldovei, Sprincenoia str. 1, Chișinău
	Tipul sau sectorul de activitate Educație

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

2004-2008	Licență în geografie
	Universitatea de Stat din Moldova, facultatea de Biologie și Pedologie, Specialitatea Geografie, studii de licență
2008-2009	Master în științe ale mediului
	Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, Facultatea Științe ale Naturii, Programul Științe ale Mediului, studii de masterat
2009-2014, 2019	--
	Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, Programul Protecția mediului ambiant și utilizarea rațională a resurselor naturale, studii de doctorat

COMPETENTE PERSONALE

Limba(i) maternă(e)
Alte limbi străine cunoscute

Limba română

	INTELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
	Ascultare	Citare	Participare la conversație	Discurs oral	
Limba engleză	C1 Utilizator experimentat	C1 Utilizator experimentat	C 1 Utilizator experimentat	C1 Utilizator experimentat	C Utilizator 1 experimentat
Limba rusă	C2 Utilizator experimentat	C2 Utilizator experimentat	C 2 Utilizator experimentat	C2 Utilizator experimentat	C Utilizator 1 experimentat
Limba ucraineană	B1 Utilizator independent	A2 Utilizator elementar	B Utilizator independent	A2 Utilizator elementar	A Utilizator 1 elementar
Limba germană	B1 Utilizator independent	B1 Utilizator independent	B Utilizator independent	B1 Utilizator independent	B Utilizator 1 independent
Cadrul european comun de referință pentru limbi străine					

Competențe de comunicare	Abilități bune de comunicare dobândite prin activități educaționale și de cercetare, participări la conferințe științifice.															
Competențe organizaționale/manageriale	Abilități bune manageriale dobândite prin activități educaționale															
Competențe dobândite la locul de muncă	Abilități bune în analiză statistică a șirurilor de date hidrometeorologice Abilități bune modelare matematică a proceselor hidrologice, aplicare a programelor specializate de calculator pentru modelarea hidrologică și hidraulică, analiză spațială															
Competență digitală	<table><tr><th colspan="5">AUTOEVALUARE</th></tr><tr><td>Procesarea informației</td><td>Comunicare</td><td>Creare de conținut</td><td>Securitate</td><td>Rezolvarea de probleme</td></tr><tr><td>Utilizator experimentat</td><td>Utilizator experimentat</td><td>Utilizator independent</td><td>Utilizator independent</td><td>Utilizator independent</td></tr></table> <u>Competențele digitale - Grilă de auto-evaluare</u>	AUTOEVALUARE					Procesarea informației	Comunicare	Creare de conținut	Securitate	Rezolvarea de probleme	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator independent	Utilizator independent	Utilizator independent
AUTOEVALUARE																
Procesarea informației	Comunicare	Creare de conținut	Securitate	Rezolvarea de probleme												
Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator independent	Utilizator independent	Utilizator independent												
Competențele informatice	▪ MS Office, Ilustrator, Arc GIS 10, QUANTUM GIS, GRASS GIS, SAGA GIS, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, JAMS și altele															
Permis de conducere	B															

INFORMATII SUPLIMENTARE

Distincții	
2008	Medalia <i>Student eminent al Universității de Stat din Moldova</i> , Universitatea de Stat din Moldova;
Burse de studiu	
2011	Bursa de excelență a Guvernului Republicii Moldova pentru 2011, Hotărârea Guvernului Republicii Moldova, nr. 44 din 28.01.2011;
2012-2013	Bursa Federației Mondiale a Savanților, Domeniul de Prioritate: Apa, 2012-2013;
2012-2013	Bursa ERASMUS MUNDUS European Mobility with Neighboring Regions in the East, Universitatea Friedrich-Schiller din Jena, Germania, 2012-2013;
Cursuri și Certificări	
2000-2002	<i>Cursuri de limbă engleză</i> organizate de "Cursuri de limbi străine", Chișinău, Moldova;
2002	Curs teoretico – practic al programului <i>Școala Tînărului Lider</i> , organizat de Centru de Dezvoltare a Tineretului și Departamentul Tînărului Lider și Mass - Media, Chișinău, Moldova;
2003-2004	<i>Școala tînărului filolog</i> organizată de Casa Limbii Române, Chișinău, Moldova;
2009	<i>Business Negotiations Techniques</i> , organizat în baza Programului de Antreprenoriat pentru Știință și Tehnologie al Asociației de Cercetare și Dezvoltare a Moldovei în cooperare cu Universitatea Academiei de Științe a Moldovei cu suportul Fundației de Cercetare Civilă și Dezvoltare a S.U.A, Chișinău, Moldova;
2009	Curs de scurtă durată bazat pe direcțiile de bază ale Institutului Unificat de Cercetări Nucleare dedicat „Zilelor Științei Moldovei în Institutul Unificat de Cercetări Nucleare”, or. Dubna, Rusia;
2010	Curs de scurtă durată pe direcțiile de activitate a Universității Ecologice de Stat din Odesa (hidrologie, hidrochimie, utilizarea resurselor de apă) finanțat în baza proiectului Elaborarea modelului unde cinematice a viiturilor și evaluarea zonelor de risc în caz de inundații pe râurile din Republica Moldova, Odesa, Ucraina;
2010	Seminarul metodico-informativ pentru profesorii din Republica Moldova, organizat în cadrul proiectului internațional SPARE de către CRCT „GUTTA-CLUB” cu susținerea Societății norvegiene pentru protecția naturii, Liceul Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău, Moldova;
2010	<i>National Workshop on Implementing a National Disaster Observatory (NDO) and Systematic Inventory and Evaluation for Risk Assessment (SIERA) in Moldova</i> , organizatori: Serviciul Protecție civilă și Situații Exceptionale al MAI, Moldova, Programul Global de Identificare a Riscurilor (GRIP), Biroul pentru Prevenirea Situațiilor de Criză și Recuperare (BCPR/ PNUD Geneva, Elveția), Programul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare (PNUD, Moldova), Chișinău, Moldova;
2013	<i>Integrated Land And Water Resources Management using ILMS</i> organizat de Universitatea

- Friedrich-Schiller din Jena, Germania.
- 2013 *Principiile modelării hidrologice și hidrodinamice* organizat de activitatea reforma Sectorului de Irigare, proiectul Tranziția la Agricultură Performantă al Fondului Provocările Mileniului Moldova, finanțat de Corporația Provocările Mileniului, Chișinău, Moldova;
- 2013 *Elaborarea planului de gestionare a districtului bazinului hidrografic Nistru: analiza presiunilor și a impacturilor, elaborarea obiectivelor de mediu* organizat de activitatea reforma Sectorului de Irigare, proiectul Tranziția la Agricultură Performantă al Fondului Provocările Mileniului Moldova, finanțat de Corporația Provocările Mileniului, Chișinău, Moldova;
- 2014 *Utilizarea programului hidrodinamic HEC-RAS* organizat de activitatea reforma Sectorului de Irigare, proiectul Tranziția la Agricultură Performantă al Fondului Provocările Mileniului Moldova, finanțat de Corporația Provocările Mileniului, Chișinău, Moldova;
- 2014 *Atelierul de lucru privind soft-ul WEAP* organizat de activitatea reforma Sectorului de Irigare, proiectul Tranziția la Agricultură Performantă al Fondului Provocările Mileniului Moldova, finanțat de Corporația Provocările Mileniului, Chișinău, Moldova;
- 2014 *Curs Regional Training Course for Eastern European Countries on WFD Approach towards Assessment of Hydro-morphological Quality Elements* organizat de Proiectul UE Environmental Protection of International River Basins, Chișinău, Moldova;
- 2014 *Atelier de lucru privind soft-ul IMC model* organizat de BETA Studio S.r.l (IT) – HR Wallingford Ltd (UK), Proiectul Management and Technical Assistance Support to Moldova Flood Protection, Eastern Partnership Technical Assistance Trust Fund, Chișinău Moldova;
- 2015 *Water Resources of the USA* organizat de International Visiting Leadership Program, Bureau of Educational and Cultural Affairs, United States Department of State, Washington, SUA;
- 2015 *Scrierea proiectelor internaționale* organizat de Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău, Moldova;
- 2016 *Modeling the complexities of water, climate and society* organizat de Bergen Summer Research School 2016: Water, Climate and Society, Universitatea din Bergen, Bergen, Norvegia;
- 2016 *Geospatial Technologies and Remote Sensing for Monitoring SDGS* organizat de Summer University program, Universitatea Central Europeană (Central European University), Budapesta, Ungaria;
- 2016 Școală de vară "Nistru 2016" organizată de ECO-TIRAS ONG, Moldova
- Proiecte
- 1999-2000 Participant al proiectului "Studierea Limbii Romane, Istoriei și Culturii Moldovei" executat de "ADSISTO NGO" finanțat de Consiliul Europei, Chișinău, Moldova;
- 2007 Participant al proiectului "Expediția Orheiul Vechi" executat de Asociația femeilor pentru protecția mediului și dezvoltare durabilă, finanțat de Ministerul Ecologiei și Resurselor Naturale și Fondul Ecologic Național, Moldova;
- 2009 – 2010 Executant al proiectului "Elaborarea modelului undei cinematice a viiturilor și evaluarea zonelor de risc în caz de inundații pe râurile din Republica Moldova", executat de Institutul de Ecologie și Geografie, finanțat de Academia de Științe a Moldovei, Chișinău, Moldova;
- 2011 Participant al proiectului *Expediția ecologică complexă "Nistru 2011"* organizat de Serviciul Hidrometeorologic de Stat din Moldova, finanțat de Fondul Ecologic Național, Naslavcea-Tudora, Moldova;
- 2011 Executant al proiectului "Suportul informațional de gestionare a ariilor protejate (pe exemplul rezervațiilor peisagistice)", executat de Institutul de Ecologie și Geografie, finanțat de Academia de Științe a Moldovei, Chișinău, Moldova;
- 2011 – 2012 Executant al proiectului "Elaborarea suportului geoinformațional pentru gestionarea situațiilor de risc hidrologic în bazinul r. Prut", executat de Institutul de Ecologie și Geografie, finanțat de Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău, Moldova;
- 2013-2014 Executant al proiectului "Elaborarea planului de gestionare a districtului Bazinului Hidrografic Nistru", finanțat de Agenția de Dezvoltare Rurală AXA, Chișinău, Moldova;
- 2014-2015 Executant al proiectului UE "Development of an integrated transboundary River Basin Management Plan of the Prut Basin within the limits of Ukraine and Moldova" executat de Institutul de Ecologie și Geografie, Chișinău, Moldova;
- 2015 Executant al proiectului UE "GIS services to support development of the Danube RBMP through data collection and upload to the ICPDR DanubeGIS for the Prut sub-basin of Moldova and Ukraine", executat de Institutul de Ecologie și Geografie, Chișinău, Moldova;
- 2015-2017 Executant al proiectului SCOPES *Building the Institutional Capacity for Assessment and Management of Soil Erosion and Reservoir Siltation Processes* executat de Institutul de Ecologie și Geografie și Physical Geography and Environmental Change Research Group

2016-2017	(PGEC) at the Department for Environmental Sciences of the University of Basel. Executant al proiectului FAO "Solonchets and solonchized soils of the Republic of Moldova: remediation methods", executat de Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului "Nicolae Dimo"
2018	Executant al proiectului <i>Elaborarea Planului Integrat de Gestionare a Bazinului Hidrografic Camenca</i> , implementat de către Asociația Femeilor pentru Protecția Mediului și Dezvoltarea Durabilă, în baza grantului oferit din programul SDC-ADA "Consolidarea cadrului instituțional în sectorul de apă și sanitație în Republica Moldova (Faza 01)
Conferințe	
Aprilie 2008	Conferința științifică studențească "Tineretul de azi - viitorul de mine", tema "Aspecte hidrologice ale râului Bâc" organizată de Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Moldova;
Noiembrie 2008	Conferința internațională a Tinerilor Cercetători, ediția IV, tema "Analiza debitelor medii minime lunare din bazinul râului Bâc", organizată de Asociația Tinerilor Cercetători din Moldova "PRO-Science", Ministerul Educației și Tineretului al Republicii Moldova și Academia de Științe a Moldovei, 6-7 noiembrie, 2008, Chișinău, Moldova;
Martie 2009	Seminar internațional "Генетические и вероятностные методы в гидрологии: проблемы развития и взаимосвязи", dedicat a 100 ani de la nașterea doctorului în științe tehnice, profesorul A. N. Befani, tema "Результаты анализа катастрофических наводнений на реках Днестр и Прут в июле-августе 2008 года в Молдове", organizat de Universitatea Ecologică de Stat din Odessa, Institutul de Probleme ale Apei al Academiei de Științe din Rusia, 26-28 martie, 2009, Odessa, Ucraina;
Aprilie 2010	Conferința științifică Acad. E.K. Федорову – 100 лет, tema: Закономерности формирования ионного состава и загрязнения вод реки Днестр, organizată de Administrația or. Bender, Asociația Ecologică Internațională Eco-TIRAS, Fondul Educațional Leo Berg, Institutul Republican de Ecologie și Resurse Naturale, or. Bender, Muzeul de istorie și etnografie, or. Bender, Liceul Teoretic din or. Bender, 9 aprilie 2010, or. Bender, Moldova;
Octombrie 2010	Conferința internațională științifico-practică Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами, tema: Влияние каскада Днестровских водохранилищ на режим фазы высокой водности реки Днестр, organizată de ONG Ecospectr, Universitate de Stat din Tiraspol T. G. Șevchenko, ș.a. 15-16 octombrie, 2010, Tiraspol, Moldova;
Noiembrie 2010	Conferința Internațională "Water – History, Resources, Perspectives", tema: Pluvial flood hydrographs modeling basing on the Nistru floods in 2008, organizată de Academia de Științe din Moldova și Academia de Științe din Austria, 5-6 noiembrie, 2010, Chișinău, Moldova;
Noiembrie 2010	Conferința Internațională a Tinerilor Cercetători (ediția a VIII-a), tema: Analiza temporală a viiturilor pluviale pe râurile Republicii Moldova, organizată de Asociația Tinerilor Cercetători din Moldova "PRO - Science", Ministerul Educației și Tineretului al Republicii Moldova și Academia de Științe a Moldovei, 11-12 Noiembrie, 2010, Chișinău, Moldova;
Martie 2011	Conferința științifică Академику Л. С. Бергу – 135 лет, tema Анализ катастрофического наводнения на реке Прут летом 2010 года, organizată de ECO-TIRAS, 11 martie, 2011, Bender;
Aprilie 2011	Conferință științifică anuală internațională a studenților și doctoranzilor «Географические исследования: история, настоящее, перспективы», посвященная памяти профессора Г.П. Дубинского, tema Определения зон риска при наводнениях на реке Ботна путем использования модели "UNDA", XHY, 6-8 aprilie, 2011, Harcov, Ucraina;
Octombrie 2011	Conferința internațională științifico-practică «Екологічні проблеми Чорного моря», tema Pluvial flood hydrographs modeling basing on the Nistru floods in 2008, organizată de Одеський Інноваційно-Інформаційний центр «ІНБАІЦ», 29-30 octombrie 2011, Odessa, Ucraina;
Octombrie 2012	Conferință științifică internațională a studenților și a tinerilor cercetători Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології, tema Possibilities of flood wave management basing on computer modeling on example of Prut river on sector: reservoir Costesti-Stinca and Ungheni town, organizat de Universitatea Ecologică de Stat din Odessa, 17-19 octombrie 2012, Odessa, Ucraina;
Noiembrie 2012	Simpozion Internațional GIS: Vulnerability and risk assessment using G.I.S. tema Utilization of Hec-Ras for flood wave modeling on example of Prut river, organizat de Universitatea Babeș-Bolyai, 9-10 noiembrie, 2012, Cluj-Napoca, România;
Aprilie 2014	Conferința a V-cea a Academiei Dunărene, tema Catastrophic floods in the Prut River Basin organizată de Academia de Științe a Moldovei și European Academy of Sciences and Arts, 7 aprilie, 2014, Chisinau, Moldova;
Octombrie 2014	Conferința internațională pentru tineri cercetători Modern Hydrometeorology: Topical Issues and the solutions', tema Assessment of flood risk in the limits of mun. Chisinau, 7-9 Octombrie, 2014,

Octombrie 2014	Odessa, Ucraina; Simpozionului Internațional "Sisteme Informaționale Geografice GIS", temele Analysis of hydromorphological alterations of the water bodies of the Prut River Basin (in limits of the Republic Of Moldova), Geographical Informational Systems and Climate Projections in the Republic of Moldova, Simulation of the flood dynamics in the Baltata river using the JAMS/J2000 hydrological model, organizat de Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, 24-25 octombrie, 2014, Chisinau, Moldova;
Noiembrie 2015	Conferința științifică anuală a Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor din România, anul 2015, Panta Rhei – Everything flows, temele Evaluarea modificărilor utilizării terenurilor asupra formării viiturilor pluviale în bazinul râului Botna, Estimarea impactului activităților agricole asupra resurselor de apă din Republica Moldova, organizată de Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor din România 2-3 noiembrie 2015, București, România;
Martie 2016	Conferința științifică Академику Л. С. Бергу – 140 лет. тема Моделирование водных ресурсов под влиянием хозяйственных преобразований речных систем Молдовы, 11 martie 2016, Bender, Moldova;
Octombrie 2016	Conferința științifică națională cu participare internațională Mediul și dezvoltare durabilă, Ed. a 3-a, consacrată aniversării a 80 ani de la nașterea prof. univ., dr. habilitat Alexandru Lungu, tema Evaluarea impactului lacurilor de acumulare asupra scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova, organizat de Universitatea de Stat din Tiraspol (cu sediul la Chișinău), Institutul de Geologie și Seismologie AȘM, 7-8 octombrie, 2016, Chișinău, Moldova;
Octombrie 2016	Simpozionul Internațional Geographic Information Systems. Vulnerability and risk assessment using G.I.S, tema Assessment of flood runoff changes under land cover impact using SCS-CN model and GIS techniques. Case study: the Byc river basin, organizat de Universitatea Babeș-Bolyai, 28-29 octombrie, 2016, Cluj Napoca, România;
Noiembrie 2016	Expoziția Internațională și Summitul cu ocazia Zilei Internaționale a Sistemelor Informaționale Geografice, tema Assessment of regional variation of flood runoff in the Republic of Moldova, organizată de Ministerul Mediului și Urbanizării a Republicii Turcia, 24-25 noiembrie, 2016, Istanbul, Turcia;
Noiembrie 2016	Conferința Științifică cu participare internațională Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice, temele Evaluation of human impact on flood regime of the Byc river, Evaluarea nivelului actual de cercetare a scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova în condițiile impactului antropic accentuat (studiu bibliografic). organizată de Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, 25 noiembrie 2016, Chișinău, Moldova;
Iunie 2017	A XII-a ediție a simpozionului internațional Mediul actual și dezvoltare durabilă, temele Assessment of regional variation of flood runoff in the Republic of Moldova, Assessment of pluvial floods potential on the rivers of the Republic of Moldova, organizată de Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași, 2-4 iunie 2017, Iași, România;
Septembrie 2017	Simpozionul Internațional Sisteme Informaționale Geografice, a XXV-a ediție, tema Assessment of main morphometric characteristics of small and medium-sized rivers of the Republic of Moldova, organizată de Universitatea "Alexandru Ioan Cuza", 27-28 septembrie 2017, Iași, România;
Octombrie 2017	Conferința internațională Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы, tema Contribution of land cover types in flood volume generation in the small and medium-sized rivers of the Republic of Moldova, organizată de Eco-Tiras, 26-27 octombrie 2017, Tiraspol, Moldova.
Iunie 2018	A XIII-a ediție a simpozionului internațional Mediul actual și dezvoltare durabilă, tema Assessment of main morphometric characteristics of small and medium-sized rivers of the Republic of Moldova, organizată de Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași, 1-3 iunie 2018, Iași, România;
Decembrie 2018	American Geophysical Fall Meeting 2018, tema Assessment of land cover impact on regional flood dynamics on the rivers of Moldova using hydrologic modeling, 10-14 decembrie 2018, Washington, SUA

Lucrări științifice publicate la tema tezei (în total 23): capitole în monografii – 1, reviste internaționale cotate ISI – 2 (2 fără coautori), reviste de categoria B – 2 (2 articole fără coautori), reviste de categoria C – 3 (1 articol fără coautori), articole în diferite reviste științifice – 12 (7 fără coator), teze la foruri științifice - 3 (2 fără coator).

Limba de publicare: româna (8 lucrări), engleza (12 lucrări) și rusa (3 lucrări).