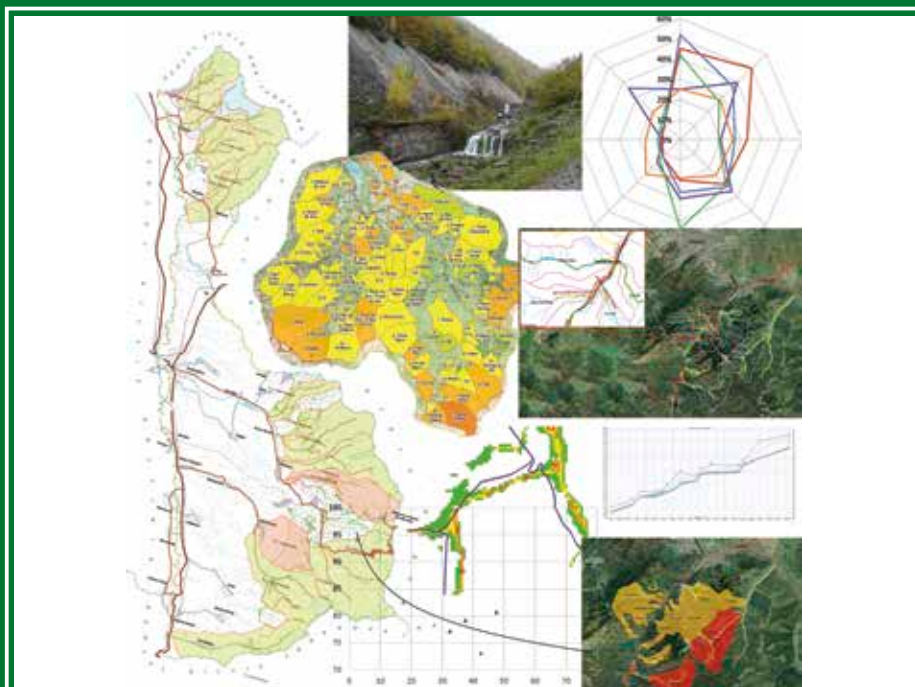


Șerban Octavian DAVIDESCU
Nicu – Constantin TUDOSE
Andrei ADORJANI
Cezar UNGUREAN
Victor – Dan PĂCURAR
Adriana Agafia DAVIDESCU
Margareta CRIVĂȚ

Ioan CLINCIU
Mihai – Daniel NIȚĂ
Corina GANCZ
Vasile OPREA
Ion – Catalin PETRIȚAN
Alin MIHALACHE
Mirabela MARIN



Seria a II-a

LUCRĂRI DE CERCETARE

ESTIMAREA TORENȚIALITĂȚII BAZINELOR HIDROGRAFICE MICI ȘI MONITORIZAREA LUCRĂRILOR DE AMENAJARE A ALBIILOR TORENȚIALE, PE BAZA INDICILOR DE RISC ȘI DE STARE

PUBLICATĂ DE INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE
ÎN SILVICULTURĂ „MARIN DRĂCEA” - INCDS

Adresa: Bd. Eroilor nr. 128
Voluntari, 077190, Ilfov
Tel./Fax: 021 350 32 40 / 021 350 32 45
E-mail: comunicare@icas.ro.
Site: www.editurasilvică.ro; www.icas.ro.

Referenți științifici:

prof. univ. dr. ing. Dîrja Marcel, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară,
Facultatea Horticultură, Specializarea Silvicultură, titularul
disciplinelor Corectarea torenților și Ameliorații silvice,
Cluj-Napoca, România
prof. univ. dr. hab. Mircea Sevastel, Universitatea de Științe Agronomice și Medicină
Veterinară din București, Facultatea de Îmbunătățiri
Funciare și Ingineria Mediului, titularul disciplinelor
Combaterea eroziunii solului și Management ecologic,
București, România

Tipărirea lucrării a fost finanțată prin proiectele de cercetare „Climate Services for the Water Energy Land Nexus” (responsabil Nicu Tudose) și PN 19 07 04 03 „Gospodărirea integrată a terenurilor forestiere și albiilor în vederea reducerii riscurilor induse de excedentul de apă” - contractat în cadrul programului NUCLEU-BIOSERV - Ministerul Educației și Cercetării.

Copertă: Eliza-Maria Cosma
Tehnoredactare: Eliza-Maria Cosma
Foto-Grafică: Șerban Octavian Davidescu

Șerban Octavian DAVIDESCU
Nicu – Constantin TUDOSE
Andrei ADORJANI
Cezar UNGUREAN
Victor – Dan PĂCURAR
Adriana DAVIDESCU
Margareta CRIVĂȚ

Ioan CLINCIU
Mihai – Daniel NIȚĂ
Corina GANCZ
Vasile OPREA
Ion – Cătălin PETRIȚAN
Alin MIHALACHE
Mirabela MARIN

**ESTIMAREA TORENȚIALITĂȚII
BAZINELOR HIDROGRAFICE MICI ȘI
MONITORIZAREA LUCRĂRILOR DE
AMENAJARE A ALBIILOR TORENȚIALE,
PE BAZA INDICILOR DE RISC ȘI DE STARE**

-carte electronică online-



SILVICĂ
Voluntari | 2020

ISBN 978-606-8020-71-6

PREFAȚĂ

Lucrarea vizează două aspecte: fundamentarea științifică a două metode inovative geo – informatice și aplicarea experimentală a acestora.

Prima metodă s-a concretizat în metodologia de determinare a unui „*indice de risc la viituri torențiale*”, instrument de fundamentare a deciziilor privind alocarea resurselor financiare de amenajare a bazinelor hidrografice ierarhizate pe urgențe de intervenție în funcție de gradul de torențialitate și de caracteristicile obiectivelor interceptate sau periclitate de viiturile torențiale. Exprimat pe o scară de la 0 la 10, unde 0 indică riscul cel mai scăzut și 10 riscul maxim, indicele de risc este un criteriu în stabilirea urgențelor de intervenție cu lucrări de apărare. Necesitatea unei asemenea metodologii apare din discrepanța considerabilă dintre valoarea investițiilor necesare și resursele financiare disponibile, acest indice făcând posibilă realizarea unui grafic de alocare al resurselor.

Al doilea aspect avut în vedere se referă la monitorizarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, un segment încă deficitar al activității practice. Rezultate ale cercetării științifice recente au permis determinarea unui „*indice de stare*” pentru fiecare lucrare hidrotehnică, care se stabilește în funcție de frecvența, ponderea și intensitatea evenimentelor produse în perioada de funcționare a acestora. Pe o scară de la 0 la 100, starea lucrărilor poate fi caracterizată prin intermediul acestui indice pe 5 trepte, de la „*foarte rea*” până la „*foarte bună*”. Se deschide astfel posibilitatea de a fi adoptate decizii mai judicioase în privința eșalonării pe urgențe a intervențiilor care vizează, pe de o parte, întreținerea sistematică și permanentă a tuturor lucrărilor, iar, pe de altă parte, reabilitarea prin reparații curente și reparații capitale a lucrărilor deteriorate/avariate de viiturile torențiale. Condiția necesară pentru ca o astfel de metodologie să devină operațională este aceea de a dispune de un inventar la zi asupra tuturor lucrărilor.

Cartea, finanțată prin proiectele de cercetare „*Climate Services for the Water Energy Land Nexus*” (responsabil Nicu Tudose) și PN 19 07 04 03 „*Gospodărirea integrată a terenurilor forestiere și albiilor în vederea reducerii riscurilor induse de excedentul de apă*” (responsabil Cezar Ungurean) prezintă rezultatele cercetărilor membrilor colectivului de autori desfășurate prin proiecte de cercetare, care au vizat și numeroase alte obiective, într-o perioadă îndelungată de timp, după cum urmează:

- „*Noi cercetări privind comportarea lucrărilor de amenajare a rețelei hidrografice torențiale*” (2008 - 2011) director prof. dr. ing. Ioan Clinciu

- „*Cercetări privind comportarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, predominant forestiere, din spațiul hidrografic Crișuri*” (2008 - 2013) – teză de doctorat elaborată de Șerban Davidescu sub îndrumarea prof. dr. ing. Ioan Clinciu
- „*Comportarea în exploatare a diverselor tipuri de lucrări hidrotehnice utilizate în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale*” (2009 - 2011) responsabil Șerban Davidescu;
- „*Soluții ecologice pentru amenajarea albiilor torențiale din ariile naturale protejate ROSCI0207 Postăvaru, ROSCI0195 Piatra Mare și ROSCI0038 Ciucaș*” (2014 - 2017) responsabil Nicu Tudose
- „*Evaluarea stării lucrărilor hidrotehnice de amenajare a albiilor torențiale destinate protecției căilor de comunicație*” (2015) responsabil Șerban Davidescu
- „*Fundamente și soluții privind proiectarea și monitorizarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, predominant forestiere*” (2014 - 2015) responsabili Ioan Clinciu și Corina Gancz
- „*Evaluarea riscului la viiturile torențiale și elaborarea sistemului de măsuri structurale și non – structurale în pădurile administrate prin bazele experimentale ale INCDS Marin Drăcea*” (2016 - 2020) responsabil Andrei Adorjani.

Aducem mulțumiri colegilor noștri Dorin David, Dorel Spânu, Sorin Dumbravă, Cristinel Constandache, Costică Anastasiu, Costică Baban, Sanda Nistor și Vasile Tătar, care ne-au sprijinit în elaborarea lucrării, precum și domnilor Ionuț Zlota și Ionel Rontea, pentru sprijinul, sugestiile și recomandările oferite pe durata de realizare a cercetărilor. De asemenea, mulțumim domnișoarei Eliza-Maria Cosma pentru munca depusă și pentru efortul depus în editarea cărții.

Nu în ultimul rând aducem mulțumire Bunului Dumnezeu, pentru că fără El nu există cunoaștere, El fiind Cel care ne deschide mintea și ne transformă viața.

Autorii.

CUPRINS

PREFAȚĂ	4
I.ASPECTE GENERALE	10
1.INTRODUCERE	11
1.1. Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, unul dintre vectorii importanți ai dezvoltării durabile	11
1.2. Locul și rolul pădurii și al silviculturii în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale	13
1.3. Învățămintă, recomandări, provocări și perspective în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale	15
2. OPORTUNITATEA ABORDĂRII PE BAZA UNOR INDICI OBJECTIVI A AMENAJĂRII BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE	17
2.1. Generalități	17
2.2. Necesitatea și utilitatea introducerii și estimării unui indice de risc la viituri torențiale	18
2.3. Importanța unui sistem de monitorizare a lucrărilor hidrotehnice de amenajare a albiilor torențiale	19
II.ASPECTE METODOLOGICE	24
3. FUNDAMENTE ȘI SOLUȚII PENTRU ESTIMAREA INDICELUI DE RISC LA VIITURI TORENȚIALE	25
3.1. Factorii care determină nivelul riscului la viituri torențiale.....	25
3.1.1. Elemente introductive.....	25
3.1.2. Gradul de torențialitate. Procedee de determinare.....	27
3.1.3. Receptorii viiturilor torențiale	31
3.2. Estimarea, la scară bazinală, a indicelui de risc la viituri torențiale	33
3.2.1. Precizări metodologice	33
3.2.2. Indicele de risc datorat gradului de torențialitate	35
3.2.3. Indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor ...	39
3.2.4. Indicele de risc datorat (simulat) gradului de torențialitate și caracteristicilor receptorilor.....	41
3.3. Concluzii și recomandări privind estimarea indicelui de risc la viituri torențiale	41
4. METODOLOGIA EVALUĂRII STĂRII FIZICE A LUCRĂRILOR DE AMENAJARE A REȚELEI HIDROGRAFICE TORENȚIALE	42

4.1. Indicele de stare, parametru unic care cuantifică efectele cumulate ale avariilor survenite în exploatare, instrument pentru inițierea unui nou sistem de monitorizare a lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea albiilor torențiale	42
4.2. Inventarul lucrărilor executate, instrument indispensabil pentru monitorizarea sistematică și permanentă a bazinelor hidrografice torențiale amenajate în aria forestieră a țării	43
4.2.1. Considerații introductive	43
4.2.2. Culegerea datelor din teren.....	44
4.3. Determinarea indicelui de stare	57
4.3.1. Evenimente comportamentale care intervin în ecuația indicelui de stare	57
4.3.2. Stabilirea ponderii fiecărei avarii în expresia indicelui de stare	58
4.3.3. Stabilirea unei scale unice pentru intensitatea evenimentelor comportamentale	62
4.3.4. Indicele de avariere și indicele de stare	64
4.4. Clasificarea lucrărilor hidrotehnice și a bazinelor hidrografice amenajate, în funcție de valorile indicelui de stare	65
4.5. Bază de date geospațială cu lucrările hidrotehnice	68
4.5.1. Elemente introductive.....	68
4.5.2. Arhitectura bazei de date	69
4.5.3. Componenta descriptivă	70
4.5.4. Componenta GIS	74
4.6. Concluzii și recomandări practice	75
III.REZULTATE, DISCUȚII ȘI CONCLUZII	72
5. ZONAREA BAZINELOR ÎN FUNCȚIE DE INDICELE DE RISC LA VIITURI TORENȚIALE. STUDII DE CAZ	77
5.1. Considerații introductive	77
5.2. Testarea preliminară a metodologiei propuse pentru estimarea indicelui de risc la viituri torențiale. Studiu de caz cu date stabilite pe cale clasică	78
5.3. Aplicarea metodologiei propuse pentru estimarea indicelui de risc la viituri torențiale. Studiu de caz: bazinul hidrografic Târlung (amonte de acumulara Săcele)	86
5.3.1. Aspecte introductive	86
5.3.2. Algoritmul de calcul al indicelui de risc datorat gradului de torențialitate	87

5.3.3.	Algoritmul de calcul al indicelui de risc datorat caracteristicilor receptorilor	91
5.3.4.	Indicele de risc datorat gradului de torențialitate și caracteristicilor receptorilor (Indicele riscului la viituri torențiale)	102
5.4	Identificarea bazinelor susceptibile a genera viituri torențiale și a rețelei hidrografice cu predispoziție la torențialitate și eroziune din teritoriul administrat de INCDS Marin Drăcea prin Baza Experimentală Caransebeș.....	104
5.4.1.	Identificarea obiectivelor afectate de viiturile torențiale	104
5.4.2.	Bazine hidrografice susceptibile a genera viituri torențiale	107
5.5.	Evaluarea riscului la viituri torențiale în siturile Natura 2000 ROSCI0195 Piatra Mare și ROSCI0207 Postăvarul	112
5.5.1.	Bazine hidrografice analizate în interiorul ariilor protejate.....	112
5.5.2.	Gradul de torențialitate al bazinelor hidrografice selectate.....	113
5.5.3.	Obiective social - economice periclitare de viituri	119
5.5.4.	Realizarea simulărilor hidrologice pentru sectoarele de albie în vecinătatea cărora se află obiective social economice	122
5.5.5.	Planuri de situație pentru apărarea obiectivelor sociale și economice periclitare de viituri.....	123
5.6.	Concluzii și recomandări privind zonarea bazinelor în funcție de indicele de risc la viituri torențiale	125
6.	REZULTATELE CERCETĂRII STATISTICE ASUPRA EVENIMENTELOR COMPORTAMENTALE ȘI ASUPRA INDICELUI DE STARE, PREMISE DE BAZĂ ÎN ELABORAREA UNUI PROGRAM DE MONITORIZARE A LUCRĂRILOR	126
6.1.	Necesitatea și utilitatea practică a cercetării statistice a evenimentelor comportamentale	126
6.2.	Rezultate obținute din cercetările privind lucrările de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Tărlungului (amonte de acumularea Săcele)	127
6.2.1.	Natura și frecvența evenimentelor comportamentale ...	127
6.2.2.	Variabilitatea statistică și distribuțiile de frecvență ale intensității principalelor tipuri de evenimente omportamentale.	128

6.3. Rezultate obținute din cercetările privind comportarea în exploatare a diverselor tipuri de lucrări hidrotehnice utilizate în amenajarea rețelei hidrografice torențiale din România	136
6.3.1. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale	136
6.3.2. Frecvența de apariție și asocierea cauzelor generatoare de evenimente comportamentale.....	138
6.4. Rezultatele cercetării statistice a indicelui de stare – premisă esențială în elaborarea și aplicarea unui program de monitorizare sistematică și permanentă a lucrărilor	147
6.4.1. Distribuția de frecvență a indicelui de stare	147
6.4.2. Influența vârstei asupra indicelui de stare	149
6.4.3. Modelarea statistico – matematică a indicelui de stare mediu pe bazin	154
6.4.4. Concluzii finale desprinse din cercetarea statistică asupra indicelui de stare	164
6.5. Semnificații practice ale rezultatelor cercetării statistice privind evenimentele comportamentale și indicele de stare	166
7. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI PRACTICE	166
7.1. Concluzii privind aplicarea concepției de amenajare și posibilitatea eşalonării investițiilor	166
7.2. Concluzii privind monitorizarea lucrărilor	167
7.3. Recomandări privind monitorizarea lucrărilor	169
7.4. Recomandări privind valorificarea rezultatelor cercetărilor	170
7.5. Recomandări privind continuarea și finalizarea unor cercetări aflate în desfășurare. Direcții noi în activitatea de cercetare	170
7.6. Recomandări privind actualizarea și (re)elaborarea normativelor ..	171
BIBLIOGRAFIE	172
ANEXA 1: INDICELE DE RISC DATORAT GRADULUI DE TORENȚIALITATE (R_{GT})	178
ANEXA 2: INDICELE DE RISC DATORAT CARACTERISTICILOR DRUMURILOR (R_{REC}^D)	185
ANEXA 3: INDICELE DE RISC DATORAT CARACTERISTICILOR LACULUI (R_{REC}^{LAC}).....	192
ANEXA 4: INDICELE DE RISC LA VIITURI TORENȚIALE (R)	199
ANEXA 5: VALORILE PARAMETRILOR CONSIDERAȚI ÎN MODELAREA STATISTICO – MATEMATICĂ A INDICELUI DE STARE MEDIU PE BAZIN.....	206

I. ASPECTE GENERALE

1. INTRODUCERE

Autori: Ioan CLINCIU, Șerban Octavian DAVIDESCU, Mihai – Daniel NIȚĂ

1.1. Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, unul dintre vectorii importanți ai dezvoltării durabile

Torențialitatea nefiind compatibilă cu dezvoltarea durabilă (Giurgiu, 1998), amenajarea bazinelor hidrografice torențiale s-a transformat într-unul dintre vectorii importanți ai dezvoltării durabile, devenind o temă centrală în politica de mediu (Munteanu, 1976; Clinciu et. al, 1998; Clinciu, 2002). În acest sens, atât în Europa cât și în alte țări ale lumii, acest domeniu de activitate a beneficiat de numeroase proiecte și programe.

Chiar dacă abordarea problematicii încă nu este perfect corelată cu conceptul de dezvoltare durabilă, iar unele dintre constrângerile semnalate încă în urmă cu două decenii sunt prevalente și astăzi, se apreciază că dacă trendul existent continuă, există șanse ca amenajarea integrată participativă să devină o realitate în cât mai multe țări ale lumii. La scară europeană, conform Eurostat 2016, un astfel de tip de amenajare dobândește un surplus de importanță deoarece 80% din populația europeană va trăi în arii urbane până în 2050, în timp ce același procent din teritoriul Europei este constituit din zone rurale, în care pădurea are o proporție de circa 40% din teritoriu.

De-a lungul timpului, ca răspuns la nevoile societale de schimbare, scopul acțiunii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale s-a îndepărtat de la conceptul inițial al unei acțiuni pur tehnice și s-a îndreptat către o acțiune tot mai complexă, capabilă să integreze și să armonizeze principii și probleme hidrologice, tehnice, sociale și economice (Munteanu, 1976; Clinciu, 1999). Din această necesitate s-a născut conceptul de amenajare complexă și integrală a bazinelor hidrografice torențiale, iar mai recent conceptul de control integrat al bazinelor hidrografice torențiale.

În acord cu această evoluție, bazinul hidrografic a încetat să mai fie tratat doar ca o simplă suprafață de teren de pe care o anumită formațiune hidrologică (fluviu, râu, pârâu, torent etc.) își colectează apele. Astăzi, din ce în ce mai mulți specialiști aderă la ideea că bazinul hidrografic este o parte componentă a ecosferei, o unitate cu trăsături distincte a peisajului geografic, un rezervor inepuizabil al resurselor naturale, un autentic depozitar al biodiversității.

Conceptul că bazinele hidrografice, în general, și bazinele torențiale

amenajate pot fi (și trebuie) adoptate ca unități pentru monitorizarea condițiilor de mediu, câștigă, prin urmare, tot mai mult teren. Astfel, se vor putea pune la dispoziție date și informații mai cuprinzătoare, care vor putea fi utilizate atât pentru fundamentarea strategiilor de dezvoltare durabilă a pădurilor cu funcții multiple, cât și pentru valorificarea la scară regională, națională și europeană a prognozelor și sintezelor hidrologice.

Față de concepția „clasică” a corectării torenților, care lăsa pe un plan secundar latura preventivă a intervențiilor, concepția modernă de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale aduce în prim plan tocmai această latură. Actualmente, atenția se îndreaptă, în primul rând, asupra cauzelor fenomenelor de degradare și torențialitate și nu asupra consecințelor pe care aceste fenomene le provoacă.

De aici și cele două particularități importante ale amenajării bazinelor hidrografice torențiale: integralitatea și complexitatea acțiunii, la scara fiecărui bazin în parte.

Trecerea de la „amenajarea complexă și integrală” - așa cum a fost denumită și definită acțiunea de către regretatul profesor Stelian Munteanu - la „amenajarea integrată participativă”, prin implicarea activă a populației locale și a tuturor actorilor cheie la proiectarea, executarea și monitorizarea lucrărilor, este, astăzi, cea mai potrivită abordare, în zona montană, pentru gestionarea durabilă a resurselor regenerabile și neregenerabile, cu efecte benefice nu doar pentru locuitorii din spațiile altitudinale superioare ci și pentru populația de la câmpie (fig. 1.1).



Fig. 1.1. Modelul modern în abordarea amenajării integrate participative a bazinelor hidrografice torențiale (Borelli, 1998).

Încercări de promovare a conceptului au fost identificate în diferite proiecte de amenajare, prin împuternicirea deținătorilor de terenuri de a planifica și implementa activități corespunzătoare, precum și prin înființarea de agenții specializate în domeniu (unități sau divizii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale), unde participarea din partea comunității, a deținătorilor de terenuri și a fermierilor, a continuat și după încheierea aplicării proiectelor de amenajare.

Primii pași importanți către explicarea conținutului conceptului participativ de amenajare s-au făcut la cea de a 21-a Sesiune a Grupului de lucru F.A.O pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane, sesiune care s-a desfășurat în urmă cu mai bine de două decenii (6–9 octombrie 1998), la Marienbad (Republica Cehă). Având ca temă principală „*Amenajarea integrată a bazinelor hidrografice*” (*Gestion intégrée des bassins versants; Integrated watersheds management*). Sesiunea a evidențiat adevărul potrivit căruia *cheia succesului în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale din zona de munte se află în mâna celor care dețin și/sau exploatează terenurile, condiția fiind ca și comunitățile locale să fie atrase, antrenate și implicate în această acțiune.*

Prin procesul de „*participare locală*”, colectivitățile umane care trăiesc și muncesc în bazinele de recepție ale văilor montane (dar și în spațiile altitudinale imediat inferioare) se organizează ele însele, fiind capabile prin propriile lor autorități și instituții să-și identifice nevoile și prioritățile și să contribuie (inclusiv financiar) la proiectarea, aplicarea și monitorizarea lucrărilor și activităților care sunt necesare pentru a restabili echilibrul hidrologic și, implicit, ecologic, al acestor zone.

1.2. Locul și rolul pădurii și al silviculturii în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale

Alegerea celor mai adecvate folosințe și/sau prescrierea celor mai indicate schimbări de folosințe s-au situat și continuă să se situeze, din punctul de vedere al importanței dar și al eficacității hidrologice și antierozionale, printre primele măsuri prevăzute în studiile și proiectele de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Iată de ce, în actualul context al schimbărilor climatice, Institutul pentru Mediu și Dezvoltare Durabilă al Uniunii Europene dezvoltă proiecte de cercetare menite să furnizeze noi fundamente științifice pe această linie și să încurajeze *cele mai bune practici de amenajare.*

Pentru condițiile României, progresele înregistrate în caracterizarea și clasificarea hidrologică a principalelor categorii de terenuri sunt în măsură să ofere suficiente repere pentru ca *managementul folosințelor din cuprinsul bazinelor*

hidrografice torențiale să țintească către protecția hidrologică și antierozională a terenurilor și să furnizeze soluții alternative pentru tot mai complexe și mai costisitoare măsuri „*structurale*” de restaurare.

Deși pădurile pot contribui eficient nu numai la buna stare ecologică a apelor (Vazken, 2004), ci și la protecția generală a mediului, iar „geohidrologia” reprezintă cea mai bună cale pentru a lega amenajarea bazinelor hidrografice de ecologie, totuși se recunoaște că numai silvicultura nu poate face tot ce este necesar pentru o bună reușită în amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale. Din acest motiv, Uniunea Europeană promovează politici de armonizare a „*actorilor*” la toate nivelurile, una dintre țintele cele mai importante fiind „*menținerea și ameliorarea stabilității ecologice a pădurilor, mai ales acolo unde rolul protectiv al acestora este de interes public și unde costurile întemeierii, menținerii și ameliorării pădurilor depășesc veniturile din silvicultură*”.

Formulând atât de sugestiv sintagma „*pădurile montane înseamnă mai mult decât pădurile din cuprinsul munților*”, Pier Carlo Zingari (2006) a ținut să sublinieze cât de mult contează pădurile din această zonă altitudinală pentru protecția ambientală generală, pentru succesul întregii activități de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, începând de la munte și până la câmpie.

Dar, de aici, nu trebuie să se înțeleagă că aceste ecosisteme pot constitui un „*remediu*” universal pentru orice situație. Pentru evaluarea hazardului în cazul inundațiilor extreme, „*problema dacă bazinul este sau nu este împădurit nu este așa de importantă, iar opinia că pădurea ar acționa ca o barieră sigură și împotriva unor astfel de evenimente este, practic vorbind, un mit*” (Zingari, 2006). O previziune științifică care susține această opinie și care s-a bucurat de validarea timpului este *conceptul de histeresis hidrologic* (Munteanu, Clinciu, 1981; Clinciu, 1994). Miile de bazine hidrografice mici din zona de deal și de munte, care în trecut au fost puternic torențializate prin despădurire, și care, între timp, au fost reîmpădurite (uneori chiar în totalitate!), continuă să alimenteze cu o mare cantitate de aluviuni mai ales viiturile rapide (de tipul flash-floods). Cu alte cuvinte, forța curativă a pădurii reînștate pe versanții bazinelor hidrografice torențiale este importantă dar nu și suficientă pentru a înlătura, pe termen scurt, remanenta erozională existentă la nivelul rețelei hidrografice.

În sfârșit, este unanim acceptat că silvicultura poate contribui la întărirea *coeziunii sociale, economice și teritoriale*, pentru a menține oamenii la ei acasă, ecosistemele montane furnizând un larg evantai de beneficii regiunilor de la altitudini inferioare, ariile rurale dezavantajate au o fezabilitate economică ridicată pentru implementarea programelor de reîmpădurire.

1.3. Învățăminte, recomandări, provocări și perspective în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale

În ultimele decenii, prin proiectele pilot realizate și aplicate de către FAO în lumea întreagă, o serie de *lecții* s-au desprins, concretizate și prin *recomandări practice* care au condus la selecția unor *subiecte de interes major* pentru viitoarele programe de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Totodată, un set de probleme („*întrebări-cheie*”) au fost trecute pe agenda preocupărilor viitoare.

Importanța participării active a populației locale, ca factor determinant al succesului în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, alături de importanța educației ambientale - esențială atât pentru locuitorii din amonte cât și pentru cei din aval -, se numără printre principalele învățăminte desprinse de FAO în urma acestor aplicații.

Printre provocările cele mai semnificative regăsim utilizarea combinată – silvo-pastorală – a terenurilor din cuprinsul bazinelor hidrografice torențiale, precum și extinderea rețelei de bazine pilot la întreaga scară a Europei.

Ca subiecte de interes major, care necesită investigații viitoare, sunt consemnate:

- apa, sedimentele și substanțele nutritive, în relație cu amenajarea teritoriului;
- dinamica procesului de intensificare a folosirii resurselor naturale;
- cele mai potrivite opțiuni de management al resurselor naturale;
- abordări multi-instituționale în realizarea și aplicarea programelor de amenajare.

În pofida multor incertitudini științifice, a insuficienței studiilor bazate pe interdisciplinaritate, a impactului uman asupra mediului și a schimbărilor climatice globale, analiza comparativă a trăsăturilor fostelor și viitoarelor generații de proiecte în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale ne arată *trendul următoarelor evoluții*: de la amenajarea planificată a bazinelor hidrografice torențiale se va trece la *amenajarea colaborativă*; în locul unei acțiuni reglementate, bazată pe intervenție, amenajarea bazinelor hidrografice torențiale va deveni o acțiune bazată pe *precauțiune și prevenție*.

Vor deveni prevalente *rolurile multiple ale folosințelor* și nu cele singulare, astfel că, în paralel cu practicile forestiere, vor fi încurajate sistemele agro-silvo-pastorale.

Muntele și silvicultura nu-și vor diminua, ci *iși vor amplifica gradul de importanță*, atât prin armonizarea relației biunivoce aval-amonte/amonte-aval cât și prin integrarea silviculturii în dezvoltarea rurală (Giurgiu, 1995, 1998, 2004);

chiar și astăzi, ideea că amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale poate constitui „*un vehicul adecvat nu doar pentru conservarea ambientală, ci și pentru ameliorarea vieții rurale*” este unanim acceptată.

Implicarea populației locale va fi din ce în ce mai activă și va conduce la diminuarea eforturilor necesare informării acesteia, iar fondurile guvernamentale utilizate la ora actuală pentru subvenții vor fi direcționate spre întărirea subsidiarității și solidarității.

Ținta cercetării științifice va fi în mod prevalent *multidisciplinară*, iar cooperarea nu va mai fi bilaterală, ci *multilaterală*.

Printre așteptările pe care le are FAO de la noua generație de proiecte și programe pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale se mai numără și aceea ca *universitățile și asociațiile profesionale* să se implice mai mult în *construcția instituțională* dedicată acestui domeniu de activitate.

Pe baza experienței câștigate, Organizația Națiunilor Unite pentru Alimentație și Agricultură - FAO previzionează următoarele scenarii:

- de la tratarea simptomelor degradării bazinului hidrografic (despădurire, eroziune, colmatare etc.) se va trece la identificarea și tratarea cauzelor care provoacă degradarea acestuia (sărăcia, creșterea populației, folosirea improprie a terenurilor agricole și a pădurilor etc.).
- accentul se va pune pe motivarea și determinarea participării tuturor deținătorilor de terenuri, precum și pe adaptarea dezvoltării programelor de cercetare la nevoile locale.
- amenajarea va deveni sustenabilă pentru folosințe multiple (resurse naturale, regenerabile și neregenerabile), prin combinarea dezvoltării resurselor de apă cu sisteme de producție care sunt compatibile pentru utilizarea economică a terenurilor.

În actualul context economic și social al României, înscrierea preocupărilor din domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale în trendul evoluțiilor previzionate de către FAO este, pe termen scurt și mediu, greu realizabilă. Chiar mai mult decât atât, în condițiile de sărăcie care continuă să persiste în zona rurală, participarea inclusiv financiară a populației locale (în primul rând a deținătorilor de terenuri) la realizarea și asigurarea mentenanței lucrărilor hidrotehnice de amenajare este, la momentul de față, iluzorie. Încă multă vreme de astăzi înainte, bugetul statului alături de parteneriatul public-privat și de fondurile externe vor constitui sursele principale de finanțare. Pe de altă parte, opinia potrivit căreia „*pădurea nu poate reprezenta un remediu universal pentru orice situație*” (Zingari, 2006) nu minimizează rolului hidrologic al acesteia, ci atrage atenția asupra unei realități marcate tot mai des de consecințele schimbărilor climatice:

în contextul producerii unor fenomene pluvio-hidrologice extreme, cu cantități de precipitații de peste 100 mm căzute în câteva ore (imediat după ploii anterioare care au provocat umezirea pronunțată a solului), nici măcar în bazine hidrografice integral împădurite formarea viiturilor torențiale nu mai poate fi stopată. Dar, chiar și în astfel de cazuri extreme, rolul pădurii este bine stabilit: „*dacă este constituită din arborete mature (codrișor, codru), cu consistență plină și dacă este gospodărită ecologic, pădurea reprezintă folosința cea mai eficientă sub raport hidrologic, ea atenuând debitul maxim al viiturilor torențiale*” (Gaspar, 2004).

2. OPORTUNITATEA ABORDĂRII PE BAZA UNOR INDICI OBIECTIVI A AMENAJĂRII BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Autori: Ioan CLINCIU, Șerban Octavian DAVIDESCU, Mihai – Daniel NIȚĂ, Nicu Constantin TUDOSE

2.1. Generalități

Rezultatele cercetărilor prezentate în această lucrare au fost preluate din proiecte de cercetare ale colectivului de autori, scopul evidențiat fiind cel de fundamentare științifică, utilizând mijloacele informatice (geomatika și modelarea), a managementului terenurilor (în special al albiilor). Cercetările vizează, în mod explicit, bazinele hidrografice mici, preponderent forestiere, unde fenomenele torențiale induc riscuri însemnate prin pagubele economice de care sunt capabile, precum și prin pierderile de vieți omenești pe care le pot produce, pentru care nu există o cuantificare financiară.

Într-un concept al unui management participativ, furnizarea către factorii decidenți a unor unelte care oferă informații corecte într-un mod expeditiv, fundamentat științific, reprezintă un obiectiv atins prin conținutul lucrării de față.

Rezultatele prezentate satisfac două obiective specifice distincte, însă convergente. Astfel, pe de o parte, sunt prezentate fundamentele metodologice pentru clasificarea bazinelor hidrografice în funcție de riscul viiturilor torențiale care ar putea surveni, testate în trei studii de caz, fiecare studiu fiind specific unui tip de administrator (unitate administrativă de gospodărirea apelor, unitate administrativă forestieră și unitate de administrare a ariilor protejate), cu cerințe și țeluri de management distincte. Pe de altă parte, se prezintă o metodologie pentru evaluarea stării fizice a lucrărilor de amenajare a albiilor torențiale, precum și rezultatele cercetărilor, fundamentate statistic, privind impactul mediului asupra acestor lucrări hidrotehnice. Utilizarea unui indice care să illustreze gradul

de uzură/avariere a sistemelor hidrotehnice de amenajare a albiilor torențiale reprezintă o contribuție inovativă pentru monitorizarea lucrărilor hidrotehnice și ierarhizarea acestora în funcție de starea fizică de la un moment dat.

Ambele metodologii sunt expresie a potențialului torențial al unui curs de apă. Ierarhizarea pe baza unor indici cuantificabili a gradului de torențialitate sau a stării fizice a lucrărilor existente, utilizând tehnici geo – informatice, reprezintă pentru factorii decidenți elemente prin care aceștia pot eșalona eforturile investiționale în funcție de criterii obiective. Prin estimarea gradului de torențialitate a bazinelor dintr-un anumit teritoriu, se face o clasificare a acestora, iar încadrarea pe urgențe de intervenție facilitează alocarea mai rațională a fondurilor, precum și realizarea etapizată a investițiilor. Monitorizarea stării fizice a lucrărilor hidrotehnice de pe albiile torențiale prin prisma unui indicator unic și extinderea însemnătății acestuia asupra unui sistem hidrotehnic sau chiar asupra unui întreg bazin hidrografic amenajat oferă decidenților oportunitatea eșalonării și planificării lucrărilor și măsurilor care privesc mentenanța acestora. Cuantificarea dinamicii stării lucrărilor, în funcție de condițiile de mediu în care funcționează permite realizarea unor prognoze privind uzura în exploatare și astfel, realizarea unor planuri sustenabile de management pe durate de timp mediu și lung.

Amenajarea participativă a bazinelor hidrografice implică integrarea în procesul decizional a factorilor având diferite interese, niveluri de pregătire, moduri de gândire și de acțiune. Mai mult decât atât, această implicare a factorilor de decizie va conduce la înțelegerea beneficiilor precum și la diminuarea compromisurilor, ceea ce va avea efecte benefice asupra comunităților.

2.2. Necesitatea și utilitatea introducerii și estimării unui indice de risc la viituri torențiale

Pentru că proiectarea și execuția lucrărilor hidrotehnice de amenajarea a albiilor torențiale reprezintă eforturi investiționale cu un efect greu cuantificabil financiar, abordarea trebuie să înceapă cu stabilirea ordinii de prioritate în elaborarea proiectelor. Fondurile de investiții disponibile ar trebui dirijate spre acei gestionari care au în administrare bazine hidrografice cu risc torențial ridicat. O astfel de abordare ar conduce la o ierarhizare în funcție de nivelul riscului la torențialitate a proiectelor și investițiilor.

Prin urmare, Autoritatea Publică Centrală care răspunde de Silvicultură are obligația ca prin amenajarea torenților din patrimoniul silvic să asigure, nemijlocit, o mai bună gestionare a riscului la viituri și inundații, după cum

prevede Strategia națională în acest domeniu aprobată de Guvernul României (2010), în baza prevederilor Directivei – Cadru privind Apa a Uniunii Europene (2005) și ale Directivei Consiliului Europei privind prevenirea și combaterea inundațiilor (2007). Ca răspuns la această cerință, o metodologie de estimare, pe baze simplificate, a unui indice de risc la torențialitate pentru bazinele hidrografice mici, preponderent forestiere, este prezentată în această carte. Indicele este stabilit la scară bazinală și se poate utiliza la fundamentarea alocării raționale a fondurilor de investiții, astfel încât fondurile disponibile să poată fi dirijate către bazinele hidrografice unde riscul de viiturilor torențiale este cel mai mare.

Valorile acestui indice, stratificate pe clase, pentru bazinele hidrografice dintr-o regiune pot fundamenta elaborarea unor hărți geo – spațiale cu nivelul riscului la torențialitate, care pot fi puse la dispoziția factorilor de decizie: Autoritatea Publică Centrală care răspunde de Silvicultură, Regia Națională a Pădurilor, direcțiile silvice etc. Revizuirea încadrării funcționale a arboretelor care îndeplinesc funcții speciale de protecția apelor poate fi făcută în activitatea de amenajare a pădurilor prin utilizarea datelor geospațiale realizate pe baza indicelui de risc la torențialitate.

2.3. Importanța unui sistem de monitorizare a lucrărilor hidrotehnice de amenajare a albiilor torențiale

Primele preocupări privind ameliorarea terenurilor degradate și corectarea torențiilor în România sunt de la sfârșitul secolului al XIX-lea, începutul secolului XX, când apar câteva reglementări legislative cu privire la acest domeniu. Astfel, în anul 1883 Ministerul Domeniilor a dispus împădurirea a peste 7000 ha din „moșiile statului” în Bărăgan. În anii 1905 și 1912 au fost executate de către administrația căilor ferate lucrări hidrotehnice de corectarea torențiilor pe Valea Prahovei în bazinele torențiale Valea lui Bogdan, Valea Florei, Valea Conciu, Valea Mesteacănului, Valea Cernica, Valea Bătrâioara, grupul de ravene Gâlmeia etc.

Perioada dintre cele două războaie mondiale este dominată de „*Legea ameliorării terenurilor degradate*” din 1930, care reglementa cadrul juridic de identificare a terenurilor degradate, de constituire a perimetrelor de ameliorare, de proiectare, finanțare și execuție a lucrărilor necesare pentru împădurirea terenurilor degradate și corectarea torențiilor. În această perioadă au fost puse în practică proiecte ce vizau, în principal, bazinele hidrografice ale râurilor Someș, Crișuri, Mureș, Bega, afluenți ai Tisei, ca urmare a obligațiilor asumate de statul

român prin Tratatul de la Trianon.

Dacă până la sfârșitul celui de-al doilea război mondial, preocupările legate de ameliorarea terenurilor degradate și corectarea torenților au avut un caracter sporadic și axat, în principal, pe lucrări executate pe versanți, lungimea de albie consolidată în tot acest interval de timp fiind de numai 140km, începând cu anul 1950 putem spune că amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin mijloace hidrotehnice, biologice și biotehnice ia amploare, punându-se un accent deosebit pe lucrările specifice de amenajare a albiilor torențiale.

În perioada 1950 – 1967, pentru sprijinirea planului de electrificare, respectiv pentru protejarea lacurilor de acumulare și instalațiilor hidroenergetice, au fost amenajate numeroase albi torențiale în bazinele hidrografice Bistrița, Sadu, Jiu, Sebeș, Râul Mare, Ialomița, Drăgan, Lotru, Argeș, Dunăre – Porțile de Fier, Prut etc. Pentru protejarea căilor de comunicație s-au realizat lucrări de corectarea torenților în bazinele hidrografice Valea Prahovei, Buzău, Argeș, Olt, Ampoi, Arieș, Jiu, Trotuș Cerna, Dunăre – amonte Orșova etc. De asemenea, pentru sprijinirea unor regiuni ale țării greu încercate de eroziunea terenului și torențialitate s-au executat numeroase lucrări în Vrancea, Țara Moșilor, Valea Chinejii, Valea Bârladului, Valea Teleajenului, Valea Buzăului ș.a.

După anul 1967, acțiunea de corectare a torenților s-a extins pe o serie de formații torențiale care prejudiciau rețeaua de transporturi forestiere (drumuri, căi ferate forestiere) din bazinele hidrografice: Brătia, Azuga, Dobra, Doftana, Sebeș, Bâsca, Vișeu, Dâmbovița, Uria, Boia, Vâlsan, Râul Doamnei, Valea Râușor etc., fiind inițiate și executate și proiecte pentru protejarea unor obiective turistice: Govora, Sovata, Olănești, Călimănești – Căciulata, Poiana Țapului, Slănic – Moldova, Băile Herculane, Lacul Roșu Sinaia, Slănic – Prahova, Covasna.

Începând cu anul 1990, ținând cont de noile realitățile economice și sociale ale României caracterizate prin tranziția de la centralismul comunist la economia de piață, investițiile în amenajarea și consolidarea bazinelor hidrografice torențiale au înregistrat un regres considerabil. Acest fapt a condus la o restrângere a activității și în imediata vecinătate a obiectivelor de interes silvic, Regia Națională a Pădurilor Romsilva este actualmente ordonatorul de credite cel mai important pentru aceste lucrări (Clineu și Davidescu, 2000).

Până în prezent, peste 3000 de bazine hidrografice torențiale și perimetre de ameliorare au fost amenajate în fondul forestier național, fiind realizate lucrări hidrotehnice de corectarea torenților și/sau lucrări de ameliorare a terenurilor degradate, ceea ce a condus la consolidarea a peste 2300 km rețea hidrografică torențială (tabel. 2.1.). Pentru aceasta, au fost executate (după estimările noastre) aproximativ 20000 lucrări hidrotehnice (transversale și longitudinale).

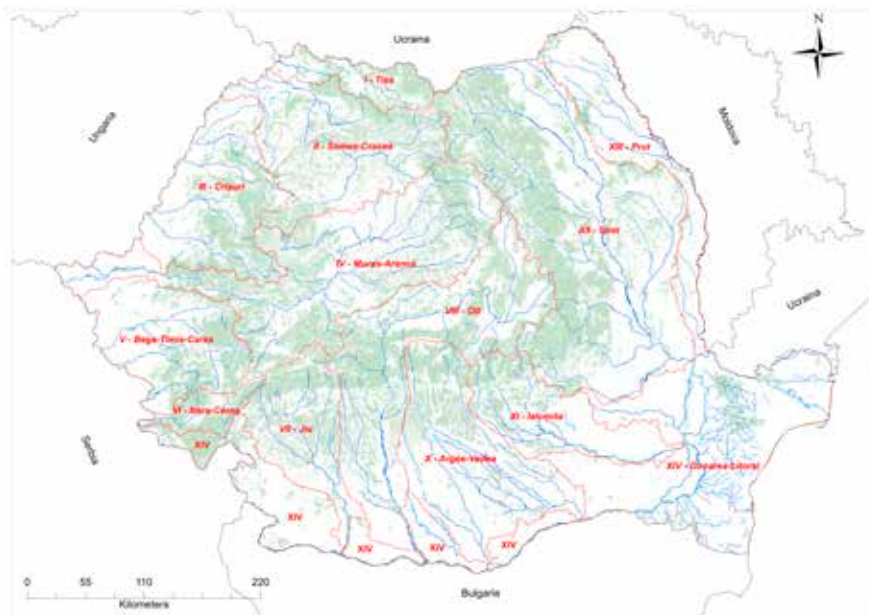


Fig. 2.1. Bazine hidrografice din România.

Tabel 2.1. Repartiția bazinelor hidrografice torențiale amenajate cu lucrări de corectarea torenților și ameliorarea terenurilor degradate, pe teritoriul României

Bazin (spațiu) hidrografic		Lungimi ale rețelei hidrografice cu lucrări de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale		
Cod	Denumire	Total	Rețea consolidată	Rețea cu degradări ¹
		km	km	km
I	Tisa	376,90	46,62	62,00
II	Someș – Crasna	1.602,50	72,02	5,30
III	Crișuri	1.778,99	120,06	77,10
IV	Mureș – Aranca	3.190,52	231,42	79,71
V	Bega – Timiș – Caraș	437,90	26,08	10,50
VI	Nera – Cerna	568,70	24,00	17,80
VII	Jiu	1.157,33	106,77	76,48
VIII	Olt	4.212,00	599,07	594,05
X	Argeș - Vedea	1.863,90	265,31	152,25
XI	Ialomița	1.149,10	207,38	356,56

¹ Datele se referă exclusiv la bazinele hidrografice în care acțiunea de amenajare este începută.

Bazin (spațiu) hidrografic		Lungimi ale rețelei hidrografice cu lucrări de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale		
Cod	Denumire	Total	Rețea consolidată	Rețea cu degradări ¹
		km	km	km
XII	Siret	4.722,88	569,46	812,00
XIII	Prut	186,70	14,30	3,50
XIV	Dunăre	588,60	78,55	85,55
TOTAL		21.836,02	2.361,04	2.332,80

Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale are, așadar, la noi, o tradiție de peste 100 de ani, perioadă în care lucrările specifice de amenajare a albiilor torențiale au fost realizate în 39 de tipuri și 56 de variante constructive (Lazăr și Gaspar, 1994). Lucrările au fost amplasate în condiții foarte diferite din punct de vedere al condițiilor naturale (geomorfologice, geologice, climatice), ceea ce a condus la comportamente diferite în timp ale construcțiilor respective.

Introducerea unui sistem de monitorizare a lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea albiilor torențiale reprezintă un deziderat de mult timp. Încă din anii 1970 – 1980 a fost afirmată necesitatea unui program de urmărire în timp a acestor construcții (Gaspar, 1984). În ultimul deceniu al secolului trecut, în cadrul actualului INCDS Marin Drăcea, a fost conceput un sistem de monitorizare (Oprea, 1996) care nu a fost implementat la nivelul întregii țări din cauza, în special, a procesului de retrocedare a pădurilor. În același timp au apărut și noi instituții de administrare a fondului forestier, iar implementarea sistemului de monitorizare a fost îngreunată. Un alt impediment în realizarea unui sistem național de urmărire a construcțiilor hidrotehnice de amenajare a albiilor torențiale l-a constituit și inconsecvența diferitelor legi cu privire la administrarea acestor construcții.

Monitorizarea comportamentală a lucrărilor hidrotehnice utilizate la amenajarea albiilor torențiale oferă informații în timp real privind răspunsul acestor construcții la scurgerile torențiale, iar rezultatele monitorizării constituie un element pentru eșalonarea resurselor necesare refacerii lucrărilor avariate. Astfel, o aplicație practică a sistemului de monitorizare a lucrărilor de corectarea torenților o reprezintă ierarhizarea lucrărilor și bazinelor hidrografice amenajate în funcție de urgențele de intervenție ca parte integrantă a unui sistem complex de management al albiilor torențiale (Davidescu et al., 2012b).

Actualul sistem de monitorizare este fundamentat științific pe analiza statistică a evenimentelor comportamentale și este realizat pe baza unui indicator

specific care ilustrează starea fizică a lucrărilor hidrotehnice inventariate (indicele de stare).

Sistemul se bazează pe inventarul complet al lucrărilor utilizate în amenajarea albiilor torențiale și pe actualizarea permanentă a acestuia, odată cu realizarea de noi amenajări. Baza de date cu o structură geospațială conține elemente de identificare a lucrărilor, elemente de poziționare geografică (longitudine, latitudine), precum și evenimentele comportamentale survenite în exploatare.

Lucrările hidrotehnice monitorizate vor fi reevaluate periodic, în funcție de importanța lucrărilor, dar și după evenimente majore (viituri torențiale, alunecări de teren etc.). Reevaluarea va fi realizată de persoane desemnate de administratorul construcțiilor respective și constă în observații și măsurători referitoare la avariile survenite cu impact direct asupra stării fizice a lucrărilor. Datele vor fi introduse în fișierul electronic al fiecărei lucrări, componentă a sistemului GIS de management al informațiilor, realizând, astfel, actualizarea bazei de date în timp real.

Componenta informatică a sistemului de monitorizare este alcătuită din tabele interconectate, din care o parte conțin informațiile de localizare (coordonatele lucrărilor, codul unic al fiecărei lucrări în parte, limitele bazinelor hidrografice amenajate), iar o altă parte conțin informațiile care descriu lucrările hidrotehnice (inclusiv evenimentele comportamentale survenite în exploatare, intensitatea lor de manifestare și cauzele apariției acestora). În funcție de datele descriptive avute la dispoziție sistemul calculează indicele de stare (Y_s) corespunzător fiecărei lucrări în parte.

Fiecare lucrare este identificată în baza de date prin intermediul unor operatori matematici și logici într-un tabel centralizator al datelor culese din teren, utilizate la calculul indicelui de stare.

Utilizarea sistemului de monitorizare a comportării în exploatare a lucrărilor de corectare a torenților aduce un plus în înțelegerea comportării lucrărilor în condițiile specifice cursurilor de apă torențiale din zona montană și deluroasă a României care afectează continuu și lent construcțiile. Acțiunea agresivă a factorilor de mediu constă în infiltrația apei prin fisuri și pori, dilatarea datorată înghețului și dezghețului, tasările inegale ale terenului de fundație și ale malurilor, dar și, pe durata viiturilor torențiale, prin presiuni hidrostatice și hidrodinamice foarte mari, șocul bolovanilor și flotanților, vibrații și eroziuni produse de apă și aluviuni în mișcare, etc. De asemenea, implementarea unui sistem de monitorizare permite, prin informațiile care le furnizează, îmbunătățirea și perfecționarea tehnicilor și tehnologiilor de amenajare a albiilor torențiale.

II. ASPECTE METODOLOGICE

3. FUNDAMENTE ȘI SOLUȚII PENTRU ESTIMAREA INDICELUI DE RISC LA VIITURI TORENȚIALE

Autori: Ioan CLINCIU, Mihai – Daniel NIȚĂ, Șerban Octavian DAVIDESCU, Victor Dan PĂCURAR

3.1. Factorii care determină nivelul riscului la viituri torențiale

3.1.1. Elemente introductive

După cea mai simplă definiție, prin risc se înțelege „*probabilitatea de producere a unui eveniment și a consecințelor acestuia*”. La rândul său, un eveniment - hazardul potențial - poate fi caracterizat prin: tipul și intensitatea evenimentului, extinderea și durata evenimentului și probabilitatea de producere a acestuia. Consecința unui eveniment (pagubă potențială) poate fi caracterizată prin: valoarea pagubei provocate, vulnerabilitatea receptorilor, expunerea spațială și temporală a acestora și potențialul natural de refacere (Drobot și Chendeș, 2008).

Paguba efectivă este consecința unui hazard potențial care determină o pagubă potențială. Dacă paguba efectivă este înmulțită cu probabilitatea de producere se poate evalua riscul asociat evenimentului (Heinimann, 2003).

Cu alte cuvinte, riscul înseamnă probabilitatea apariției unor pagube/pierderi. Trei sunt elementele esențiale pentru caracterizarea riscului: probabilitatea, expunerea și vulnerabilitatea. Cum însă, în practică, expunerea este adeseori încorporată în evaluarea consecințelor, riscul se poate reduce la doar două componente: probabilitatea producerii evenimentului și consecințele evenimentului (sau impactul).

Pentru aplicarea definițiilor anterioare la problema care interesează în cazul de față, se vor considera cele trei categorii de factori de care depinde nivelul riscului la viituri torențiale:

- caracteristicile ploilor generatoare de viituri torențiale;
- caracteristicile bazinelor în care se formează viiturile torențiale;
- caracteristicile receptorilor viiturilor torențiale.

Primele două categorii de caracteristici pot fi cuplate și încorporate în expresia „gradului de torențialitate al bazinului” (Gaspar, 1967), o mărime care poate caracteriza cele două componente ale viiturilor torențiale: componenta lichidă și componenta solidă.

Acestor componente le corespund cei doi indicatori ai gradului de torențialitate: debitul lichid maxim de viitură și volumul de aluviuni transportate.

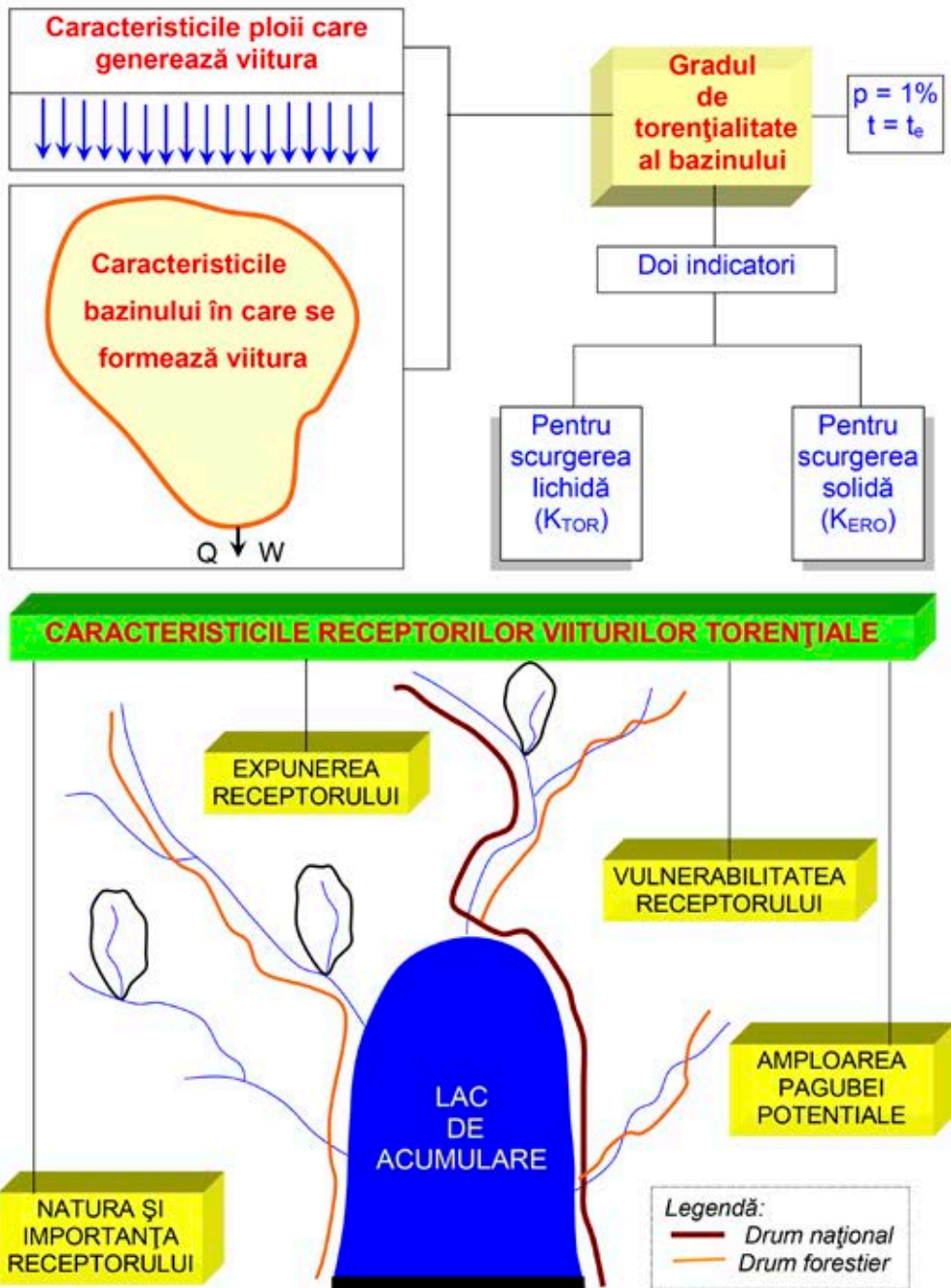


Fig.3.1. Conectarea și intercondiționarea factorilor de care depinde nivelul riscului la viituri torențiale (Clinciu, 2006).

3.1.2. Gradul de torențialitate. Procedee de determinare

3.1.2.1. Procedeele cuprinse în Normativul 1995

Conform prevederilor din Normativul de proiectare (ediția 1995) gradul de torențialitate al unui bazin hidrografic se poate stabili prin unul din procedeele de mai jos:

I. Pe baza coeficientului de torențialitate dat de relația (Gaspar, 1967):

$$K_{TOR} = \frac{Q_{max}}{Q_{etalon}} \quad (3-1)$$

în care: Q_{max} este debitul generat de o ploaie cu durata de 30 minute și intensitatea medie de 2 mm/min, într-un bazin oarecare, de suprafață (F), iar Q_{etalon} reprezintă debitul dat de o ploaie cu aceiași parametri produsă într-un bazin etalon, care se determină, pentru bazine cu suprafața mai mică de 10.000 ha, conform relației (Gaspar 1967):

$$Q_{etalon} = -6 \cdot 10^{-6} \cdot F^2 + 0,1532 \cdot F + 13,32 \quad (3-2)$$

II. Cu ajutorul unei clasificări calitative (Munteanu et al., 1984), potrivit căreia se disting trei clase de torențialitate: T_m - torențialitate moderată¹, T_p - torențialitate puternică² și T_{ip} - torențialitate foarte puternică³. Clasificarea a fost propusă în legătură cu domeniile de aplicabilitate a tipurilor de baraje subdimensionate, dar poate fi folosită și pentru departajarea bazinelor hidrografice din punctul de vedere al gradului de torențialitate.

¹Transport de aluviuni cu granulometria până la pietriș mare ($d \approx 70$ mm). Versanții bazinului moderat degradați, parțial sau total împăduriți ori acoperiți cu pajști puțin afectate de eroziuni sau alunecări. Bazine reimpădurite în care se manifestă evident fenomenul de histerezis hidrologic torențial. Sursele de aluviuni: albiile torențiale, în principal (patul, partea inferioară a malurilor). Densitatea aparentă a apelor de viitură $\rho_a \approx 1,1 \dots 1,2$ t/m³. Fără pericol de lave torențiale. Exemple: Bazinele torențiale din Tărlungul Superior (jud. Brașov), Lotru (jud. Vâlcea) ș.a.

²Transport de aluviuni predominant grosiere, până la pietriș mare și bolovani ($d \approx 70 \dots 200$ mm). Versanții cu puternice zone de degradare, în special în jurul rețelei hidrografice superioare. Surse de aluviuni pe versanți și pe albiile $\rho_a \geq 1,2$ t/m³. Posibilități de transport în masă, bazinele uneori aparent echilibrate, dar cu pante mari, pe substrat erodabil. Exemple: bazinele din clasa T_m cu torențialitate reactivată prin despăduriri etc.

³Transport de aluviuni predominant grosiere, până la blocuri ($d > 200$ mm). Versanții puternic degradați pe suprafețe mari. Substrat litologic foarte friabil. Surse de aluviuni pe versanți și pe albiile, ρ_a poate ajunge la $\approx 1,6$ la 1,8 t/m³. Evidente posibilități de transport de lavă torențială. Exemple: V. lui Bogdan, V. Mesteaacă (jud. Prahova), V. Vinderel Ruscova (jud. Maramureș) etc. Torenți activi dezvoltăți pe flișuri, pe substraturi miocene și pliocene etc.

III. Pe baza unei clasificări cantitative (Lazăr și Clinciu, 1995), care definește gradul de torențialitate în funcție de două caracteristici, și anume:

a - Caracteristica hidrologică, exprimată prin raportul între debitul maxim calculat în bazinul torențial real, la probabilitatea de referință ($p\% = 1\%$) și debitul maxim „*morfo-etalon*” la aceeași probabilitate, în condițiile în care, în bazinul respectiv, retenția și infiltrația ar fi nule ($c = 1,0$).

În bazinul torențial real, debitul maxim se calculează cu ajutorul formulei raționale sau se determină, expeditiv, cu ajutorul diagramei „*morfo-etalon*” (fig. 3.2.). În ambele cazuri, coeficientul de scurgere (c) se stabilește pe baza cartării hidrologice a terenurilor. Relația de calcul pentru determinarea caracteristicii hidrologice (K_h) este:

$$K_h = \frac{Q_{max1\%}}{Q_{e1\%}} \quad (3-3)$$

Încadrarea în categoriile hidrologice se face astfel:

Categoria 1	$K_h \leq 0,2$	netorențial
Categoria 2	$0,20 < K_h \leq 0,3$	slab torențial
Categoria 3	$0,30 < K_h \leq 0,4$	moderat torențial
Categoria 4	$0,40 < K_h \leq 0,5$	puternic torențial
Categoria 5	$0,50 < K_h \leq 0,6$	foarte puternic torențial
Categoria 6	$K_h > 0,6$	excesiv torențial

b - Caracteristica de transport (K_t) se exprimă prin raportul dintre transportul de aluviuni mediu anual (W_a) calculat prin metoda Gaspar - Apostol (Munteanu et al., 1991) și suprafața bazinului (F), conform relației:

$$K_t = \frac{W_a}{F} (m^3 \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}) \quad (3-4)$$

Încadrarea în categorii de transport se face în felul următor:

Categoria 1	$K_t \leq 1$	netorențial
Categoria 2	$1 < K_t \leq 5$	slab torențial
Categoria 3	$5 < K_t \leq 10$	moderat torențial
Categoria 4	$10 < K_t \leq 20$	puternic torențial
Categoria 5	$20 < K_t \leq 40$	foarte puternic torențial
Categoria 6	$K_t > 40$	excesiv torențial

Clasificarea bazinelor pe grade de torențialitate în funcție de categoriile rezultate (K_h și K_r) se face după cum urmează:

- Gradul I netorențial
- Gradul II slab torențial
- Gradul III moderat torențial
- Gradul IV puternic torențial
- Gradul V foarte puternic torențial
- Gradul VI excesiv torențial

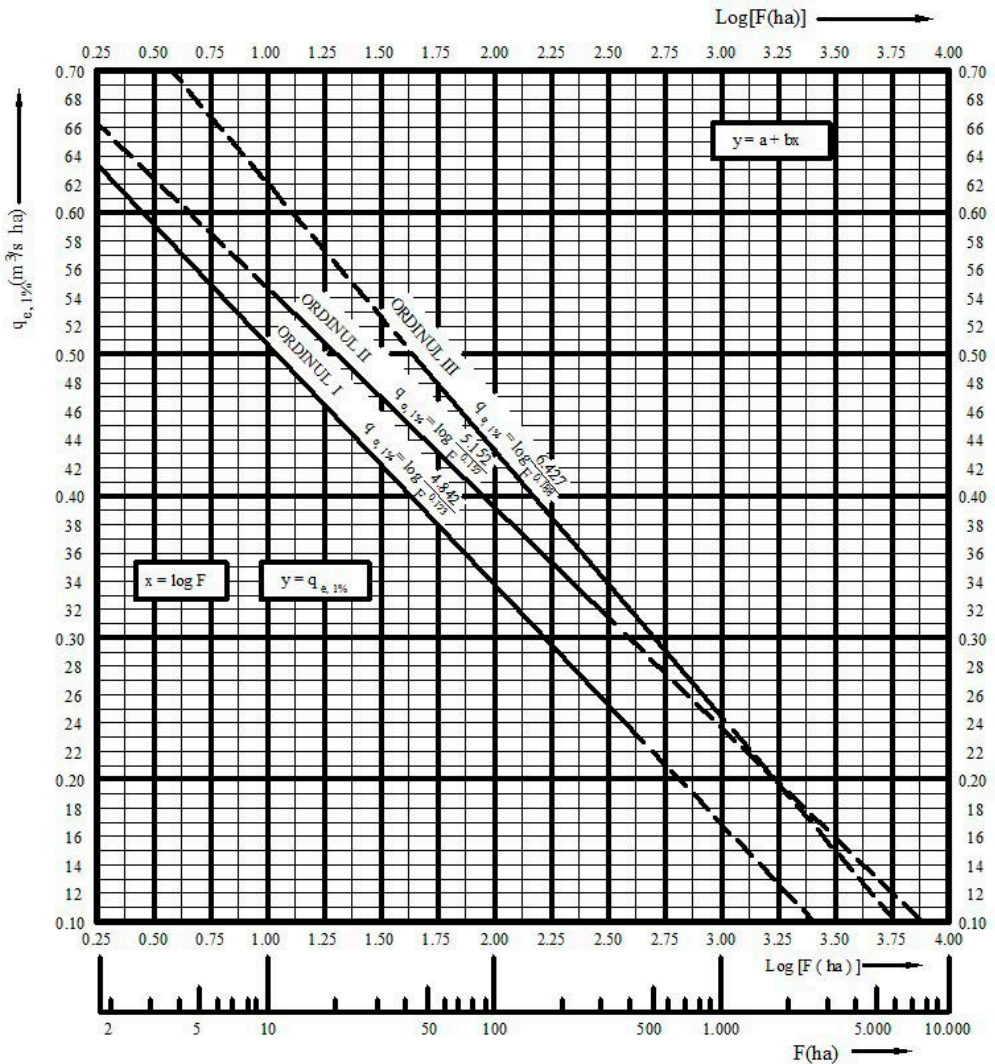


Fig. 3.2. Diagrama corelației dintre debitul specific maxim morfo-etalon ($q_{e,1\%}$) și suprafața bazinetelor (F), în bazine hidrografice torențiale din zona montană a României (arealul șisturilor cristaline) (Clinciu, 1985).

În situația în care cele două caracteristici conduc la aceeași categorie, notată 1...6, bazinul hidrografic se încadrează în gradul de torențialitate corespunzător categoriei respective, dar notat cu cifre romane: I - netorențial, II - slab torențial, ... VI - excesiv torențial.

În multe situații este însă posibil să rezulte încadrări diferite ale celor două caracteristici. Spre exemplu, într-un bazin torențial cu relief accidentat, cu arboret de calitate hidrologică mijlocie sau redusă, dar grefat pe un substrat litologic rezistent la eroziune (șisturi cristaline, calcare etc.), poate să rezulte categoria hidrologică 4 și categoria de transport 3. În asemenea situații, gradul de torențialitate se adoptă în funcție de natura prejudiciului produs și anume: dacă receptorul (obiectivul) este un lac de acumulare, o captare pentru aducțiune de apă etc., se va lua în considerare gradul de torențialitate dictat de caracteristica de transport (respectiv gradul III), deoarece se urmărește în mod special diminuarea transportului de aluviuni; dacă este vorba însă de protejarea unei căi de comunicații, a unui obiectiv industrial sau a unei așezări omenești, atunci ambele caracteristici sunt la fel de importante și se va adopta gradul de torențialitate corespunzător celei mai mari categorii, respectiv gradul IV de torențialitate, în exemplul de mai sus.

3.1.2.2. Procedul Gaspar (varianta dezvoltată)

Pentru scurgerea lichidă, „*gradul de torențialitate*” se poate stabili prin compararea debitului maxim probabil în bazinul hidrografic studiat cu cel dintr-un bazin hidrografic etalon, la o ploaie etalon. Mai precis, se poate aplica (cu unele adaptări) procedeul propus de către Radu Gaspar (1967). Astfel:

Printr-una din metodele consacrate în domeniul hidrologiei torenților (metoda suprafeței active, metoda paralelogramelor de scurgere, metoda izocronelor etc.), se evaluează debitul maxim de viitură în bazinul hidrografic considerat, la o ploaie de asigurare 1%, a cărei durată (t) este egală cu durata eficace (t_e)¹. Fie $Q_{\max 1\%}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$) acest debit.

Pentru bazinul hidrografic etalon, care are aceeași suprafață și aceeași textură a solurilor ca și bazinul hidrografic luat în studiu, se realizează, prin aceeași metodă și la aceeași ploaie de calcul, prognoza debitului maxim de viitură în două situații ipotetice, diametral opuse din punctul de vedere al capacității de retenție superficială a precipitațiilor: 1 - capacitate minimă și 2 - capacitate maximă. Fie $Q_{m1\%}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$) debitul maxim corespunzător primei situații și $Q_{M1\%}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$) debitul maxim corespunzător celei de a doua situații.

¹ Prin durată eficace se înțelege intervalul din durata ploii în care, în paralel cu ploaia, se produce și scurgerea de suprafață

Mai departe, pentru a fi posibile (și) comparații între bazine cu suprafețe diferite, se face trecerea de la debitul maxim de viitură la debitul specific maxim de viitură, obținându-se:

$$q_{max1\%} = \frac{Q_{max1\%}}{F}; \quad q_{m1\%} = \frac{Q_{m1\%}}{F};$$

$$q_{MI\%} = \frac{Q_{MI\%}}{F} \quad (m^3 \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}) \quad (3-5)$$

Cu ajutorul acestor trei mărimi se poate calcula coeficientul de torențialitate al scurgerii lichide:

$$K_{TOR} = \frac{q_{max1\%} - q_{m1\%}}{q_{MI\%} - q_{m1\%}} \quad (3-6)$$

Pentru clasificare, se poate adopta o scară cu 10 clase de torențialitate (clasa 1: torențialitate minimă; clasa 10: torențialitate maximă), aceste clase putând fi definite după cum urmează: $0 < K_{TOR} \leq 0,1$; $0,1 < K_{TOR} \leq 0,2$; ..., $0,9 < K_{TOR} \leq 1,0$.

După aceleași principii metodologice, se poate stabili și coeficientul de torențialitate privitor la scurgerea solidă (K_{ERO}), cu mențiunea că, de această dată, clasificarea va fi făcută în funcție de producția medie anuală specifică de aluviuni, exprimată în $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$, cu luarea în considerare a regimului pluviometric din zona respectivă și prin aplicarea uneia dintre metodele acreditate pentru activitatea de proiectare din România: metoda Gaspar-Apostol (variantea 1985) sau metoda încărcării limită (Gaspar, 2005). Clasele de torențialitate privind scurgerea solidă se pot defini, spre exemplu, după următoarea scară (Gaspar, 1967): 0...0,5; 0,5...1; 1...2; 2...4; 4...8; 8...16; 16...32; 32...64 ș.a.m.d.

3.1.3. Receptorii viiturilor torențiale

Pe lângă gradul de torențialitate al bazinului hidrografic – care exprimă într-un mod sintetic amploarea (intensitatea) viiturilor torențiale și capacitatea de erodare a acestora, pe scări alese în mod convenabil - la evaluarea riscului de torențialitate trebuie avute în vedere și caracteristicile obiectivelor interceptate și/sau periclitare; cu alte cuvinte, trebuie luați în considerare și receptorii viiturilor torențiale. Într-adevăr, nivelul global al riscului la viituri torențiale este dependent (și) de categoria de importanță a receptorilor, de gradul de expunere și de vulnerabilitatea acestora, de amploarea pagubelor (potențiale) provocate.

3.1.3.1. Importanța economică și socială

Aceasta se poate defini în conformitate cu prevederile unor standarde de specialitate. Spre exemplu, STAS 4273-83 clasifică pe clase de importanță, de la 1 la 4, construcțiile cu diferite destinații, printre acestea regăsindu-se și receptorii care sunt frecvent afectați de viiturile torențiale: construcțiile hidrotehnice pentru regularizări de albie; construcțiile hidrotehnice pentru crearea lacurilor de acumulare; construcțiile hidrotehnice pentru îmbunătățiri funciare; construcțiile hidrotehnice pentru folosință piscicolă; construcțiile hidrotehnice aferente obiectivelor industriale; construcțiile hidrotehnice aferente așezărilor omenești (pentru alimentarea cu apă și canalizare); construcțiile hidrotehnice aferente căilor de circulație publică ș. a.

De asemenea, în STAS 5576-88 sunt nominalizate și clasificate pe categorii (tot de la 1 la 4) obiectivele cu specific forestier, care pot fi periclitate de viiturile torențiale: terenuri silvice; căi ferate forestiere; drumuri forestiere; combinate forestiere; fabrici de cherestea; depozite forestiere; pepiniere silvice; ateliere care deservește sectorul silvic; alte construcții forestiere etc.

3.1.3.2. Gradul de expunere

Pentru obiectivele aflate în vecinătatea rețelei hidrografice pe care se propagă viitura, cum ar fi de pildă arterele de comunicație (drumuri, căi ferate) sau alte construcții cu destinație economică și socială, gradul de expunere se poate exprima în funcție de diferența de nivel existentă între amplasamentul acestora și talvegul albiei pe care se deplasează curentul viiturii.

Dacă obiectivul care trebuie protejat este un lac de acumulare, gradul de expunere se poate diferenția în funcție de distanța de la gura bazinului în care se formează viitura și până la amplasamentul barajului care a creat lacul de acumulare. Exprimarea acestei distanțe se poate face, eventual, în multipli ai lungimii lacului de acumulare.

3.1.3.3. Vulnerabilitatea

Din acest punct de vedere, obiectivele detaliate în standardele amintite, clasificate din punctul de vedere al însemnătății lor economice și sociale, se pot încadra în mod orientativ pe o scară cu mai multe trepte, pornind de la caracteristicile acestora: constructive, funcționale și de exploatare.

Spre exemplu, în categoria obiectivelor foarte vulnerabile se pot include terenurile din preajma albiilor (expuse inundării), drumurile forestiere sumar

amenajate, cantoanele silvice, depozitele de semințe și atelierile care deservește sectorul silvic, construite în albia majoră sau pe malurile albiei minore etc.

În categoria obiectivelor cu vulnerabilitate redusă se pot încadra căile ferate magistrale, autostrăzile, drumurile naționale și județene, drumurile forestiere magistrale ș.a.

Pentru a reduce din subiectivismul care afectează operația de încadrare se poate recurge, provizoriu, la un tabel de corespondență între categoria de importanță a obiectivelor specificate în standarde și vulnerabilitatea acestora în fața viiturilor torențiale.

Când obiectivul de care trebuie apărat este un lac de acumulare, vulnerabilitatea față de viitura care se formează într-un bazin de recepție din amonte se poate reda diferențiat, de la un caz la altul, în funcție de aportul de aluviuni în lac, într-un an sau pe o anumită perioadă, ținându-se seama, eventual, și de volumul mort al lacului.

3.1.3.4. Amploarea pagubelor (potențiale)

Pagubele ce ar putea fi produse de viitura care se formează în bazinul de recepție supus analizei se estimează în ipoteza în care lucrările de amenajare necesare pentru protecția obiectivului/obiectivelor nu ar fi realizate.

Estimarea se poate face în termeni valorici (lei/euro), bazându-se pe indicii de cost unitari specifici fiecăruia din obiectivele care ar putea fi afectate, avariate sau distruse de către viitură.

Dacă afectarea se rezumă la inundarea obiectivelor, problema care se pune este aceea a degajării aluviunilor torențiale. Pentru estimarea costurilor angajate de această operație se poate recurge la actualizarea datelor din *Normativul de eficiență economică* (1987).

Din aceeași perspectivă pot fi evaluate și pagubele rezultate în urma aportului de aluviuni într-un lac de acumulare.

3.2. Estimarea, la scară bazinală, a indicelui de risc la viituri torențiale

3.2.1. Precizări metodologice

Potrivit celor arătate anterior, indicele de risc la viituri torențiale, cu exprimare la scară bazinală, urmează să rezulte din asocierea a două componente:

- indicele de risc datorat gradului de torențialitate și
- indicele de risc datorat caracteristicilor receptorului/receptorilor.

Primul indice poate fi exprimat în funcție de cei doi factori care caracterizează gradul de torențialitate (K_{TOR} și K_{ERO}), iar cel de al doilea în funcție de cele patru caracteristici ale receptorului/receptorilor viiturilor torențiale (importanță, grad de expunere, vulnerabilitate, valoarea pagubelor potențiale).

Pentru a reuni cei doi indici într-unul singur este necesară alocarea de ponderi diferențiate pentru cei șase factori care determină nivelul riscului. Soluția de alocare propusă este redată în tabelul 3.1, cu mențiunea că, într-un caz dat, decidentul/finanțatorul are libertatea de a opera modificări asupra acestor ponderi.

Pe de altă parte, deoarece numărul de factori utilizați în abordarea de față este diferit de la un indice la altul (2 și respectiv 4), în expresia de asociere a acestora indicele de risc datorat gradului de torențialitate se introduce cu ponderea 2, iar indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor se introduce cu ponderea 1.

În sfârșit, exprimarea valorilor celor șase factori fiind realizată, inițial, pe scări specifice (determinate de natura diferită a factorilor), pentru ca valorile cu care se operează în estimarea indicelui riscului să devină comparabile de la un factor la altul, trebuie să se recurgă la conversia tuturor acestor valori pe o scară unică, divizată de la 0 la 10 de exemplu, ceea ce presupune stabilirea și introducerea unor coeficienți de corecție pentru fiecare factor în parte.

Tabel 3.1. O posibilă variantă de alocare a ponderilor pentru factorii în funcție de care se estimează indicele de risc la viituri torențiale (Clinciu, 2006)

Grupa	Criteriul	Factorul		Ponderea factorului
		Denumire	Indicativ	
I	Gradul de torențialitate	Torențialitatea scurgerii lichide	K_{TOR}	3
		Torențialitatea scurgerii solide	K_{ERO}	2
II	Receptorul viiturii torențiale	Importanța	I	1
		Expunerea	E	1
		Vulnerabilitatea	V	1
		Valoarea pagubei potențiale	P	2
TOTAL				10

3.2.2. Indicele de risc datorat gradului de torențialitate

Pentru definirea acestui indice, se va lua în considerare influența reunită a celor doi factori care caracterizează gradul de torențialitate (K_{TOR} și K_{ERO}), ținându-se seama de ponderile diferite alocate acestora și de faptul că scările de apreciere nu sunt comune: primul factor (K_{TOR}) se exprimă pe o scară cu amplitudinea de la 0,0 la 1,0, iar cel de al doilea (K_{ERO}) pe o scară cu amplitudinea de la 0 la 64.

În consecință, coeficienții de conversie la una și aceeași scară [0; 10] va fi: $10/1=10$ pentru factorul (K_{TOR}) și $10/64$ pentru factorul (K_{ERO}).

Dacă valorile convertite ale acestor doi factori (respectiv $10 K_{TOR}$ și $10/64 K_{ERO}$) se înmulțesc cu ponderile corespunzătoare (3 respectiv 2, conform tab. 3.1.) și dacă produsele obținute se însumează, rezultă expresia:

$$3 \cdot 10 \cdot K_{TOR} + 2 \cdot \frac{10}{64} \cdot K_{ERO} = 30 \cdot K_{TOR} + 0,3125 \cdot K_{ERO} \quad (3-7)$$

Dacă se înmulțește cu 2 membrul drept din relația (3-7¹) și se extrage rădăcina pătrată din valoarea obținută, rezultă următoarea relație de calcul al indicelui de risc datorat gradului de torențialitate:

$$R_{GT} = \sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0,625 \cdot K_{ERO}} \quad (3-8)$$

3.2.3. Indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor

Valorile diferite ale acestui indice sunt induse de numărul diferit de receptori identificați de la un bazin la altul, dar și de marea varietate de situații existente în privința caracteristicilor constructive de amplasare și de funcționalitate ale receptorilor, care le imprimă acestora din urmă o vulnerabilitate diferită și un nivel de risc diferit în fața viiturilor torențiale.

Răspunsul dat în continuare privește unul dintre cazurile frecvent întâlnite în activitatea de proiectare: bazinul de amenajat este dotat cu drum/drumuri forestiere, este traversat sau nu și de alte căi de circulație publică (drumuri naționale, județene și comunale, căi ferate etc.), iar în aval de bazinul în cauză există un lac de acumulare, care trebuie protejat împotriva colmatării.

Evident, soluționarea problemei este mai simplă în cazul existenței unui

¹ Este necesară această operație deoarece, potrivit tabelului 3.1., produsul dintre numărul de factori care definesc gradul de torențialitate (2) și suma ponderilor alocate acestor factori (3+2=5), adică 10, este de două ori mai mic decât produsul calculat similar în cazul factorilor caracterizanți ai receptorilor (respectiv: 4·5=20).

singur receptor și se complică pe măsura creșterii numărului de receptori. Iată de ce, în continuare, sunt supuse analizei aceste două cazuri.

3.2.3.1. Cazul bazinelor cu un singur receptor

După cum s-a precizat, se analizează cazul în care obiectivul care trebuie apărat (receptorul) este fie o cale de circulație publică fie un lac de acumulare. Pentru ambele situații se admite că nivelul riscului este dependent de cele patru caracteristici menționate în tabelul 3.1, valorile ponderilor alocate fiind cele precizate în același tabel.

Diferențe de la o situație la cealaltă intervin în modul de exprimare a valorilor acestor caracteristici, mai puțin *importanța economică și socială*, pentru care, conform standardelor amintite¹, este admisă împărțirea construcțiilor în patru categorii, numerotate de la 1 la 4, în ordinea descrescândă a importanței lor.

Cum însă nivelul riscului crește pe măsură ce categoria de importanță scade și deoarece se dorește exprimarea acesteia pe o scară de la 1 la 10, în tabelul de mai jos au fost stabilite valorile factorului de conversie (a).

Tabel 3.2. Valoarea convertită a categoriei de importanță (I_c)

Categoria din standard (I)	4	3	2	1
Factorul de conversie (a)	1/4	2/3	2	10
Valoarea convertită a categoriei $I_c=(a \cdot I)$	1	2	4	10

În consecință, în relația care va defini indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor în locul categoriei de importanță extrasă din standarde (I) va fi introdusă „valoarea convertită a categoriei” (I_c) redată prin produsul $a \cdot I$, unde a este factorul de conversie.

Și în ceea ce privește estimarea nivelului de risc datorat *expunerii receptorului* (E), abordarea și exprimarea trebuie să fie realizate diferit.

În situația în care receptorul este un drum, indiferent de destinația acestuia: național, județean, forestier etc., gradul de expunere la viitura formată în bazinul hidrografic poate fi exprimat în funcție de diferența de nivel medie dintre axul drumului și talvegul albiei care transportă curentul viiturii (ponderată cu lungimea traseului), care se notează, în continuare, cu ΔH^D_T .

Cu cât este mai mică această diferență cu atât cota de risc datorată receptorului este mai mare. Evident, cele mai periclitare sectoare de drum sunt cele desfășurate cu axul lor chiar pe talvegul albiei sau foarte aproape de talvegul

¹STAS 4273-83: „Construcții hidrotehnice. Încadrarea în clase de importanță” și STAS 5576-88: „Lucrări de corectare a torenților. Clasificare”.

albiei (până la 0,5 m). Pe măsură ce diferența de nivel față de talveg crește (de exemplu până la 5 m) sectoarele de drum vor fi mai puțin expuse.

În consecință, dacă se admite ipoteza potrivit căreia în bazinele hidrografice mici, predominant forestiere, sunt efectiv expuse la viituri torențiale sectoarele de drum pentru care diferența de nivel ΔH^D_T este mai mică de 5 m, pentru a reda valoarea factorului care determină nivelul riscului pe o scară de la 1 la 10, exprimarea gradului de expunere (E) trebuie să fie de forma¹:

$$E = \frac{10}{2 \cdot \Delta H^D_T} = \frac{5}{\Delta H^D_T} \quad (3-9)$$

În cazul în care drumul nu are o desfășurare axială, ci doar traversează un curs torențial de apă, și este prevăzut cu pod/podeț (tubular, dalat etc.), diferența de nivel ΔH^D_T se măsoară după verticala luminii podului.

Mai apropiată de realitate este ipoteza potrivit căreia expunerea receptorului (drumului) se mărește odată cu scăderea diferenței de nivel (ΔH^D_T), dar și odată cu creșterea adâncimii curentului viiturii (h). Aceasta din urmă se poate exprima în funcție de debitul maxim de viitură, de suprafața bazinului (de care depinde lățimea albiei) și de panta albiei, pornind de la relația debitului în mișcarea permanentă uniformă, unde, pentru simplificare, se admite egalitatea dintre raza hidraulică și adâncimea curentului și implicit egalitatea dintre perimetrul udat și lățimea albiei. Dacă pentru determinarea coeficientului de viteză se folosește relația lui Manning ($C = n^{-1} R^{1/6}$), pentru coeficientul de rugozitate (n) se adoptă o valoare acoperitoare ($n=0,1$; pâraie de munte), iar lățimea albiei se exprimă în funcție de suprafață (potrivit celor recomandate în cazul albiilor care traversează zone forestiere: $L_a = 0,575 \cdot F^{0,363}$), atunci rezultă următoarea relație pentru calculul adâncimii curentului în albie, la o ploaie de asigurare 1%:

$$h_{1\%} = \frac{0,35}{I_a^{0,3}} \cdot \frac{Q_{max,1\%}^{0,6}}{F^{0,2178}} \quad (3-10)$$

Pornind de aici, gradul expunerii receptorului se poate exprima sub forma:

$$E = \frac{5 \cdot h_{1\%}}{\Delta H^D_T} \quad (3-11)$$

¹ Factorul 2 de la numitor a fost introdus pentru că diferența de nivel maximă admisă este de 5 m iar valoarea maximă pe scara de exprimare este 10. Exprimarea de tip raport se justifică prin faptul că intensitatea riscului crește când diferența de nivel ΔH^D_T scade și invers.

În situația în care receptorul este un *lac de acumulare*, gradul de expunere se poate exprima în funcție de distanța măsurată de la barajul acumulării până la bazinul în care se formează viitura, recurgându-se la redarea acestei distanțe (D_{bh}) sub formă de multipli ai lungimii lacului (L_{lac}).

În această accepțiune, expunerea receptorului (E) este foarte ridicată pentru bazinele care îndeplinesc condiția $D_{bh} \leq L_{lac}$ – bazine situate pe versanții care gravitează direct în lacul de acumulare – și scade pe măsură ce bazinele care livrează aluviuni către lac sunt mai îndepărtate de oglinda lacului și implicit față de amplasamentul barajului de acumulare.

Dacă se admite ipoteza potrivit căreia expunerea receptorului (lacului) este scăzută atunci când bazinele din amonte sunt situate la o distanță (D_{bh}), măsurată de la barajul acumulării, cel puțin egală cu $4 \cdot L_{lac}$ și cel mult egală cu $10 \cdot L_{lac}$, atunci forma de exprimare a acestei caracteristici a receptorului, pe o scară de valori de la 0,1 la 10, este de tipul:

$$E = \frac{L_{la}}{D_{bh}} \quad (3-12)$$

Numitor al ecuației, distanța (D_{bh}) face ca gradul de expunere (E) să se micșoreze odată cu creșterea acestei distanțe. Formula este aplicabilă în intervalul: $0,1 L_{lac} \leq D_{bh} < 10 L_{lac}$.

Și în ceea ce privește *vulnerabilitatea receptorului* (V), tipul de exprimare diferă în raport cu natura acestuia. Astfel, dacă receptorul este un drum, vulnerabilitatea se poate aproxima în funcție de tipul și de proprietățile constructive și funcționale ale drumului. Dar pentru că de aceste proprietăți se ține seama și la încadrarea obiectivelor pe categorii de importanță, caracteristica „*vulnerabilitate*” s-ar putea reda prin corelație cu caracteristica „*importanță*”, pornindu-se de la simpla observație că obiectivele pe care standardele le clasifică ca fiind de importanță mai redusă sunt și cele mai vulnerabile în fața viiturilor.

În consecință, pentru că se urmărește și convertirea valorilor specifice pe o scară de la 1 la 10, vom putea apela la o exprimare provizorie, identică cu cea introdusă la importanța receptorului, respectiv vom admite egalitatea:

$$V = I_c \quad (3-13)$$

unde V este vulnerabilitatea, iar I_c – categoria de importanță extrasă din standardul specific, corectată cu factorul de conversie precizat în tabelul 3.2.

Când receptorul este un lac de acumulare, nivelul de risc datorat vulnerabilității acestuia s-ar putea exprima în funcție de aportul anual de aluviuni în lac, provenit de la bazinul în care se formează viitura. Estimarea se poate face

prin produsul dintre suprafața bazinului (F în ha) și coeficientul de torențialitate al scurgerii solide (K_{ERO} în $t \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$).

Dacă se admite că valorile maxime pentru F și K_{ERO} sunt 2500 ha și respectiv 64 $t \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$ și se recurge la convertirea valorilor la scară [0, 10] rezultă relația:

$$V = \frac{625 \cdot K_{ERO} \cdot F}{10^7} \quad (3-14)$$

În sfârșit, pentru a introduce *influența pagubelor potențiale*, este necesară stabilirea, la început, a valorii maxime a acestor pagube (A) posibilă de înregistrat în unul din bazinele hidrografice din zona luată în studiu, după care se estimează pagubele potențiale pentru fiecare dintre celelalte bazine pentru care urmează să se determine indicele riscului la torențialitate.

Dacă receptorul periclitat este un drum, lungimea care se estimează a fi distrusă (L_D în km) se înmulțește cu costul unitar (i_c^D în lei $\cdot km^{-1}$ sau euro $\cdot km^{-1}$), aferent punerii în operă a unui km de drum. Când receptorul este un lac de acumulare, valoarea pagubei potențiale rezultată în urma colmatării se poate evalua asimilând-o costului operațiunii de îndepărtare a aluviunilor torențiale din incinta cuvetei barajului. Acest cost rezultă, la rândul său, din multiplicarea afluxului de aluviuni în lacul de acumulare (W_L) cu prețul unitar practicat cu ocazia degajării (decolmatării), încărcării în mijloacele de transport și transportului la o anumită distanță a acestor aluviuni (i_c^L).

Așadar, valoarea pagubei potențiale (lei/euro) convertită pe o scară cu amplitudinea de la 0 la 10 va fi:

- în cazul unui drum:

$$P = \frac{10 \cdot L_D \cdot i_c^D}{A_D} \quad (3-15)$$

unde (A_D) reprezintă echivalentul valoric al celei mai însemnate pagube înregistrate la unul dintre drumurile existente în bazinul luat în studiu.

- în cazul unui lac de acumulare:

$$P = \frac{10 \cdot W_L \cdot i_c^L}{A_L} = \frac{10 \cdot K_{ERO} \cdot F \cdot i_c^L}{A_L} \quad (3-16)$$

unde A_L reprezintă echivalentul valoric al celei mai însemnate pagube produse prin colmatare de către unul din bazinele din zona amonte a lacului de acumulare

În final, dacă valorile celor 4 factori care definesc caracteristicile receptorilor se exprimă sub formele pe care le-am stabilit mai înainte, dacă se înmulțesc

aceste valori cu ponderile alocate în tabelul 3.1. și dacă din suma produselor astfel obținute se extrage rădăcina pătrată, se ajunge la valoarea indicelui de risc datorat caracteristicilor receptorului.

Relațiile de calcul sunt următoarele:

- în cazul în care receptorul este din categoria căilor de circulație publică:

$$R_{REC}^D = \sqrt{2 \cdot a \cdot I + \frac{5 \cdot h_{1\%}}{\Delta H_T^D} + 20 \cdot \frac{L_D \cdot i_c^D}{A_D}} \quad (3-17)$$

- în cazul în care receptorul este un lac de acumulare:

$$R_{REC}^{lac} = \sqrt{a \cdot I + \frac{L_{lac}}{D_{bh}} + \frac{625 \cdot K_{ERO} \cdot F}{10^7} + 20 \cdot \frac{K_{ERO} \cdot I \cdot i_c^L}{A_L}} \quad (3-18)$$

3.2.3.2. Cazul bazinelor cu mai mulți receptori

Dacă viitura formată într-un anumit bazin hidrografic afectează mai mulți receptori (r_1, r_2, \dots, r_n), indiferent dacă aceștia aparțin sau nu aceleiași categorii, atunci pentru exprimarea indicelui de risc datorat tuturor receptorilor se recurge la stabilirea succesivă a valorilor indicelui de risc pentru fiecare receptor ($R_{REC}^{r1}, R_{REC}^{r2}, \dots, R_{REC}^{rn}$), după care valorile individuale obținute se însumează. Valoarea totală astfel rezultată constituie indicele de risc datorat tuturor receptorilor, respectiv:

$$R_{REC} = \sum_{i=1}^n R_{REC}^{ri} \quad (3-19)$$

unde „i” reprezintă numărul curent al receptorului, iar „n” – numărul total de receptori.

Spre exemplu, dacă există doi receptori de același tip, care fac parte din aceeași categorie, cum ar fi de pildă două drumuri forestiere ($r_1 = DF_1$ și $r_2 = DF_2$), atunci indicele de risc datorat acestor receptori va fi:

$$R_{REC} = R_{REC}^{DF1} + R_{REC}^{DF2} \quad (3-20)$$

Dacă la cei doi receptori amintiți se mai adaugă încă unul, spre exemplu, r_3 , un lac de acumulare, atunci indicele de risc va fi:

$$R_{REC} = R_{REC}^{DF1} + R_{REC}^{DF2} + R_{REC}^{DF3} \quad (3-21)$$

3.2.4. Indicele de risc datorat (simultan) gradului de torențialitate și caracteristicilor receptorilor

În raport cu opțiunea decidentului, exprimarea indicelui de risc (R) se poate face fie prin produsul dintre indicele de risc datorat gradului de torențialitate (R_{GT}) și indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor (R_{REC}), fie prin rădăcina pătrată a acestui produs, conform relațiilor:

$$R_{REC} = R_{GT} \cdot R_{REC} \quad (3-22)$$

și

$$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}} \quad (3-23)$$

Dacă decidentul consideră acordarea unor ponderi diferite celor doi indici (x, y), poate fi utilizată și o altă variantă de exprimare, de tipul:

$$R = R_{GT}^x \cdot R_{REC}^y \quad (3-24)$$

3.3. Concluzii și recomandări privind estimarea indicelui de risc la viituri torențiale

În contextul discrepantei care există între valoarea lucrărilor necesare și posibilitățile limitate de finanțare, stabilirea unui instrument care să fundamenteze deciziile de alocare rațională a resurselor financiare disponibile și de eşalonare a noilor investiții constituie o necesitate pentru prevenirea și combaterea viiturilor torențiale în bazinele hidrografice mici, din zona forestieră a României.

Indicele de risc la viituri torențiale (R), exprimat ca o măsură convențională a riscului și rezultat prin asocierea a două componente: indicele de risc datorat gradului de torențialitate – (R_{GT}) și indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor – (R_{REC}), poate însemna o soluție de răspuns la această necesitate. Cu ajutorul valorilor astfel obținute, bazinele dintr-un anumit teritoriu se pot clasifica (reclasifica) pe un anumit număr de trepte ale nivelului riscului, luând în considerare opțiunea decidentului/finanțatorului.

Relațiile de calcul stabilite în prezenta lucrare sunt valabile pentru bazine hidrografice cu $F \leq 2500$ ha și $K_{ERO} \leq 64$ t·ha⁻¹an⁻¹ și se referă la un caz întâlnit frecvent în activitatea de proiectare: bazinul torențial de amenajat este dotat cu

drum/drumuri forestiere, este traversat (sau nu) și de alte căi de circulație publică (drumuri naționale, județene și comunale, căi ferate etc.), iar în aval există un lac de acumulare care trebuie asigurat împotriva colmatării.

Desigur, nu excludem recomandarea ca, ulterior aplicării metodologiei propuse în lucrarea de față, pentru bazinele identificate cu cele mai mari valori ale indicelui de risc la viituri torențiale, să se treacă la întocmirea hărții cu limitele zonelor inundabile la diverse asigurări de producere a viiturilor și la estimarea mai precisă atât a vulnerabilității elementelor expuse, cât și a pagubelor materiale (Ionescu, 2006 a și b; Mazzorana et al, 2009 și 2011).

4. METODOLOGIA EVALUĂRII STĂRII FIZICE A LUCRĂRILOR DE AMENAJARE A REȚELEI HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Autori: Șerban Octavian DAVIDESCU, Ioan CLINCIU, Andrei ADORJANI, Nicu Constantin TUDOSE, Cezar UNGUREAN, Corina GANCZ, Adriana DAVIDESCU, Vasile OPREA, Alin MIHALACHE, Margareta CRIVĂȚ, Mirabela MARIN

4.1. Indicele de stare, parametru unic care cuantifică efectele cumulate ale avariilor survenite în exploatare, instrument pentru inițierea unui nou sistem de monitorizare a lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea albiilor torențiale

Pentru a putea fundamenta un program de monitorizare sistematică și permanentă a lucrărilor hidrotehnice de corectare a torenților, s-a simțit nevoia unei exprimări cantitative a stării acestor lucrări, bazată pe cuantificarea intensității evenimentelor comportamentale înregistrate în perioada de exploatare, rezultatele obținute fiind integrate în expresia unui „*indice de stare*”, caracteristic pentru comportarea generală a lucrărilor.

Metodologia propusă se sprijină pe evidența centralizatoare a bazei de date construită în urma proiectului de cercetare vizând comportarea în exploatare a diverselor tipuri de lucrări hidrotehnice utilizate în amenajarea rețelei torențiale din România¹ (Davidescu et al., 2011).

Datele se referă la natura (tipologia) și la intensitatea evenimentelor comportamentale identificate de operatorii de teren pentru un număr de 3.845 de lucrări hidrotehnice de amenajare a rețelei hidrografice torențiale, distribuite

¹ Comportarea în exploatare a lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea albiilor bazinelor hidrografice torențiale, preponderent forestiere – finanțat de Ministerul Educației și Cercetării prin Programul Nucleu, ciclul de cercetare 2009-2011, responsabil Șerban Octavian Davidescu

pe întreg teritoriul țării, în toate marile bazine hidrografice. Dintre acestea peste 93% (3.584) sunt lucrări hidrotehnice transversale, iar aproximativ 7% (261) sunt canale de evacuare a viiturilor.

4.2. Inventarul lucrărilor executate, instrument indispensabil pentru monitorizarea sistematică și permanentă a bazinelor hidrografice torențiale amenajate în aria forestieră a țării

4.2.1. Considerații introductive

Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale reprezintă o activitate cu o tradiție de peste 100 de ani în țara noastră, până în anul 2007 fiind construite peste 18.000 de lucrări hidrotehnice pe albiile torențiale din zona deluroasă și montană a României (Adorjani et al., 2008), având următoarele obiective (Gaspar, 1984):

- combaterea proceselor torențiale și de degradare a terenurilor;
- apărarea obiectivelor periclitate de aceste procese;
- valorificarea terenurilor degradate în condițiile unei creșteri a funcțiilor estetico-sanitare ale mediului ambiant.

Lucrările de stingere a fenomenelor torențiale și de diminuare a pagubelor produse de acestea se execută, la nivelul fiecărui bazin hidrografic, în etape, uneori separate de perioade îndelungate de timp (ani, decenii) și trebuie să facă față unor solicitări deosebite (presiuni hidrostatice și hidrodinamice care se dezvoltă în timpul viiturilor torențiale; fenomene fizico – chimice care au loc datorită infiltrării apei; șocul produs de flotanții transportați de viituri; eroziunea produsă de apă și aluviunile în mișcare; variațiile termice; tasările inegale ale terenului de fundație etc.). Prin urmare, sistemele hidrotehnice de lucrări trebuie menținute în stare de funcționare prin întreținerea continuă și repararea lor periodică, precum și prin completarea cu noi construcții hidrotehnice, acolo unde acest lucru este necesar.

Pornind de la cele menționate și luând în considerare izolarea specifică a lucrărilor, monitorizarea sistematică a lor reprezintă o componentă indispensabilă managementului regiunilor cu bazine hidrografice torențiale. Această activitate (monitorizarea) are ca punct inițial realizarea unui inventar complet al lucrărilor existente și presupune constituirea unei baze de date geospațiale, precum și evaluarea periodică a construcțiilor din punct de vedere al comportării (estimarea stării fizice a lucrărilor, gradul îndeplinirii obiectivelor, cuantificarea comportamentului în exploatare, evoluția stării lor în timp ș.a.m.d.).

4.2.2. Culegerea datelor din teren

4.2.2.1. Evenimente comportamentale care survin în exploatarea lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale

Lucrările și sistemele hidrotehnice utilizate în amenajarea albiilor torențiale au fost realizate în numeroase variante constructive, modul cum s-au comportat acestea fiind o rezultantă a mai multor factori, din care menționăm: agresivitatea factorilor de mediu, modul de așezare în sistem al lucrărilor, materialele de construcție utilizate, calitatea execuției lucrărilor etc. (Oprea et al., 1984; Clinciu, Lazăr, 1997a, b; Clinciu, Oprea, 2006; Clinciu et al., 2012, Tudose et. al., 2014).

Deficiențele apărute în exploatarea lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale sunt clasificate, conform normelor tehnice, după cum urmează (Gaspar, 1984):

1. *Deficiențe care afectează parametri care privesc: siguranța construcțiilor, deformațiile construcțiilor și ale terenului și durabilitatea construcțiilor*, constând în:

- Fisuri, în zona deversată, în zonele nedeverstate, în zidurile de conducere, în radier, în pintenul terminal;
- rupturi ale barajului, zidurilor de conducere, radierului, dinților disipatori, pintenului terminal;
- antrenarea unor părți rupte din lucrare;
- deformarea lucrării transversale sau a construcțiilor anexe din bieful aval;
- degradarea prin erodare a pragului deversorului, a paramentului aval deversat, a radierului, a zidurilor de conducere, a pragului sau blocurilor disipatoare, a grinzilor din beton armat etc.;
- degradarea stratului de beton sau zidărie de la suprafața construcției;
- deformarea plasei de sârmă la gabioane;
- putrezirea lemnului;
- antrenarea materialelor de umplutură;
- producerea unor eroziuni, în bieful aval sau pe maluri;
- apariția unor infiltrații pe paramentul aval al lucrării sau producerea unor scurgeri de apă pe sub aripile sau pe sub fundația lucrării;
- subminarea laterală a zidurilor;
- colmatarea canalelor de evacuare și a radierelor lucrărilor transversale.

2. Deficiențe care afectează parametri ce privesc funcționalitatea construcțiilor, gradul de protecție, interacțiunea dintre construcții, influența lor asupra mediului ambiant și efectul altor lucrări asupra construcțiilor de amenajare a torenților, constând în:

- depășirea deversorului de apele de viitură;
- nerealizarea în perioada de timp estimată prin proiectare a aterisamentului;
- inundarea, prin remuul creat de baraje, sau împotmolirea unor obiective din bieful amonte;
- nesprijinirea și, respectiv, neconsolidarea malurilor instabile din bieful amonte;
- dezvoltarea necontrolată a vegetației;
- lipsa vegetației forestiere de protecție a zonei de încastrare a lucrărilor și a vegetației forestiere de valorificare a depozitelor de aluviuni realizate de lucrările transversale;
- funcționarea necorespunzătoare a confuzorului;
- depășirea canalului de apele de viitură din cauza colmatării parțiale.

În scopul simplificării și pentru evitarea confuziilor, evenimentele comportamentale care afectează structural construcțiile au fost denumite „*avarii*”, iar cele care au un impact asupra capacității funcționale a lucrărilor au fost definite ca „*disfuncționalități*”. De asemenea, avariile cu efect similar asupra construcției au fost tratate împreună (infiltrațiile și fisurile, rupturile și antrenările, eroziunile, dezagregările și sufoziunile etc.), iar la altele, care au o frecvență scăzută de apariție și reprezintă stadiul incipient al altei avarii, s-a renunțat (deformările care conduc aproape întotdeauna la fisuri și/sau rupturi). Deficiențele datorate execuției sau proiectării și execuției, precum și fenomenelor de mal (surpări, prăbușiri, eroziuni etc.) au fost considerate a fi cauze ale apariției evenimentelor comportamentale și nu avarii sau disfuncționalități în sine.

Prin urmare, cu ocazia realizării inventarului, a fost propusă următoarea schemă de clasificare a evenimentelor comportamentale (Davidescu et al., 2012a, Davidescu, 2013, Tudose et al., 2014):

Avarii:

- decastrări ale aripilor lucrării transversale sau ale pintenilor, soldate cu pierderea legăturii între malul cursului de apă și partea din lucrare afectată;
- afuieri (subminări) ale lucrării sau ale radierului, ce constau în dezgolirea construcției în bieful aval;
- fisuri localizate în toate părțile lucrării, corp, aripi, radier, ziduri de

conducere, pinten, reprezentate de crăpături sau mici spărturi care potstrăpunge (sau nu) întreaga parte de lucrare afectată;

- desprinderi ale unor părți ale lucrării, parțial sau total, soldate cu pierderea legăturii între două sau mai multe fragmente de construcție;
- eroziuni ale diferitelor părți ale construcțiilor, reprezentate de desprinderea unor straturi subțiri, laminare, pe suprafețe mai mult sau mai puțin extinse, datorită acțiunii corozive a apei încărcate cu aluviuni sau a dezagregării materialelor de construcție.

Disfuncționalități:

- blocarea deversorului cu flotați, blocuri de piatră, aluviuni etc.;
- colmatarea radierului și/sau a disipatorului de energie;
- nerealizarea sau spălarea aterisamentului;
- instalarea vegetației lemnoase pe culoarul de scurgere a apei, atât în amonte de lucrare cât și în aval;
- reducerea secțiunii albiei, în sectorul aval de lucrare, datorită acumulării de aluviuni, flotați, surpării malurilor etc.

4.2.2.2. Structura datelor privind lucrările hidrotehnice

Inventarierea lucrărilor hidrotehnice se va realiza prin completarea pe teren, în prima fază, a unor fișe de descriere (fig. 4.1. și 4.2.). Fișele au 9 secțiuni: poziționarea construcției și descrierea acesteia; avarii; disfuncționalități; fotografii; observații; cauze ale apariției evenimentelor, concluzii privind comportarea lucrărilor; schița lucrării.

Prima secțiune privește localizarea bazinului hidrografic în conformitate cu Cadastrul apelor din România (1992) și poziția lucrării în sistemul hidrotehnic. La codificarea lucrărilor s-a ținut seama de sistemul propus și realizat cu ocazia inventarierii efectuate în perioada 1992-1994, acest sistem permițând să fie introduse în inventar și lucrări executate ulterior primei inventarieri. Alte elemente de identificare privesc apartenența administrativă a lucrării (localitate, județ), precum și localizarea geografică (longitudine, latitudine).

Secțiunea rezervată descrierii construcției cuprinde anii de execuție și de reparații, dacă este cazul, și elemente dimensionale specifice, precum și materialele de construcție utilizate la realizarea fiecărei părți de lucrare.

Elementele dimensionale ale lucrărilor măsurate pe teren sunt:

- înălțimea elevației (Y_0), de la fundație până la pragul deversorului, în metri;

- sarcina în deversor (H), de la pragul deversorului până la umărul acestuia, în metri;
 - deschiderea deversorului (a), la baza acestuia, în metri;
 - tipul constructiv (trapezoidal cu fruct mărit, cu fundație evazată, subdimensionat etc);
 - lungimea radierului (L_r), de la intersecția acestuia cu paramentul aval al lucrării până la capătul pintenului terminal, în metri;
 - lățimea radierului (B_r), în metri;
 - tipul disipatorului de energie (bloc disipator, bazin disipator);
 - lungimea confuzorului (L_c), în metri;
 - lățimea confuzorului în aval (B_c), în metri.
 - Deoarece există numeroase lucrări transversale al căror radier este racordat la podețe tubulare sau dalate, este necesar ca descrierea confuzorului să se facă ca element constitutiv al lucrării transversale.
 - În cazul canalelor de evacuare, descrierea se face pe sectoare omogene, dimensiunile măsurate pe teren fiind următoarele:
 - lungimea sectorului (L_s), în metri;
 - adâncimea canalului pentru fiecare sector în parte (H_s), în metri;
 - lățimea medie a fundului canalului (B_s), în metri;
- fructul zidului de gardă.

Sectoarele canalului de evacuare sunt delimitate în funcție de parametri hidraulici ai secțiunii udate (adâncime, lățime) și materialele de construcție (care influențează rugozitatea), nefiind obligatoriu ca secțiunile să cuprindă paliere mărginite de trepte.

Avariile survenite sunt notate în secțiunea a III-a a fișei de descriere, la nivelul fiecărei părți componente a construcției.

Completarea datelor în fișe se face pe baza unor măsurători expeditiv și aprecieri vizuale privind amploarea avariilor, iar pentru o mai ușoară determinare a avariilor și a proporției afectate din lucrare, estimările procentuale sunt făcute pe segmente ale părților componente.

Astfel, lucrarea transversală propriu zisă se împarte în: zonă deversată, zonă nedeversată stânga, zonă nedeversată dreapta; zidurile de conducere vor fi tratate individual (stânga, dreapta), la fel și încastrările pintenului terminal. Pentru lucrările longitudinale se au în vedere radierul canalului, zidurile de conducere și pintenul terminal, dacă există.

FIȘĂ DESCRIERE LUCRARE TRANSVERSALA

Data completării:.....

Nr. fișă.....

1. Poziționare lucrare

Bazin hidrografic

Cod cadastral

Cod lucrare:.....

Județ	Localitate	Proprietar	Longitudine	Latitudine
-------	------------	------------	-------------	------------

2. Descrierea lucrării

An execuție	Ani reparații
-------------	---------------

Construcții – elemente dimensionale

Lucrare propriu – zisă					Radier			Confuzor	
Înălțime elevație	Sarcină deversor	Deschidere deversor	Lungime coronament	Tip constructiv	Lungime radier ¹	Lățime radier ¹	Tip dispator ²	Lungime confuzor ¹	Deschidere aval ¹
Ye (m)	H (m)	a (m)	B (m)	-	Lr (m)	Br (m)	-	Lc (m)	Bc (m)

Materiale de construcții utilizate

Corp baraj	Aripi baraj	Radier	Contrabaraj	Ziduri conducere	Pinten terminal
------------	-------------	--------	-------------	------------------	-----------------

3. Avarii

Lucrare propriu zisă

Decastrare	Afuieri		Fisuri zonă deversată			Fisuri zonă nedeverstată			Desprinderi zonă deversată		Desprinderi zonă nedeverstată		Eroziuni			
	H (m)		H (m)	%	tip ³	nr	L _{fis} (m)	tip ³	nr	L _{fis} (m)	%	stânga	dreapta	h (cm)	%	
stânga	dreapta															

Radier

Fisuri		Desprindere radier	Desprindere dinți	Desprindere contrabaraj	Eroziuni	
nr.	%	%	Nd/Ni ⁴	%	h (cm)	%

Ziduri conducere

Fisuri zid stânga			Fisuri zid dreapta			Desprinderi		Eroziuni			
tip ⁴	nr	L _{fis} (m)	tip ⁴	nr	L _{fis} (m)	%		zid stânga		zid dreapta	
						stânga	dreapta	h (cm)	%	h (cm)	%

Pinten terminal

Decastrare		Afuieri		Fisuri		Desprinderi		Eroziuni		
H (m)		H (m)	%	tip ⁴	nr	L _{fis} (m)	%		h (cm)	%
stânga	dreapta						stânga	dreapta		

4. Disfuncționalități

Colmatare deversor	Colmatare radier		Înălțime aterisament	Granulometria aluviunilor	Vegetație lemnoasă amonte ⁵	Vegetație lemnoasă aval ⁵	Reducere secțiune albie aval
%SU	%SU	%Srad	Hat (m)	Gal			%Br

Fig. 4.1.a. Fișă de descriere pentru lucrări hidrotehnice transversale.

5. Fotografii

Număr poziții, Foto

6. Observații**7. Cauze ale apariției degradărilor****8. Concluzii privind comportarea lucrării**

Starea lucrării ⁶	Gradul de îndeplinire a obiectivelor ⁷

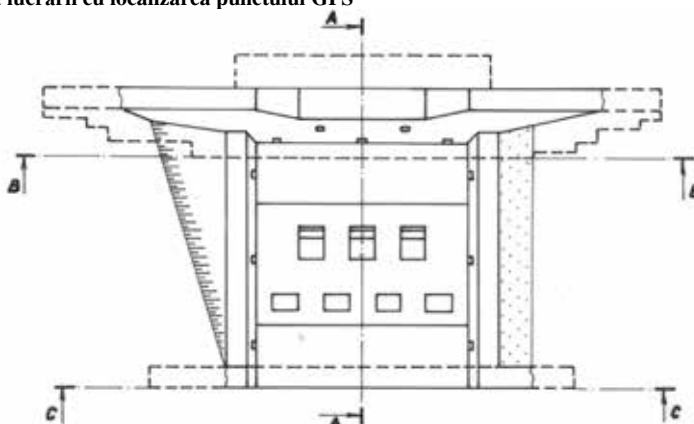
9. Schița lucrării cu localizarea punctului GPS

Fig. 4.1.b. Fișă de descriere pentru lucrări hidrotehnice transversale(verso).

FIȘĂ DESCRIERE LUCRARE LONGITUDINALĂ

Data completării:.....

Nr. fișă.....

1. Poziționare lucrare

Bazin hidrografic

Cod cadastral

Cod lucrare.....

Județ	Localitate	Proprietar	Longitudine	Latitudine
-------	------------	------------	-------------	------------

2. Descrierea lucrării

An execuție	Ani reparații
-------------	---------------

Construcții

Sector ¹	Nr. trepte	Lungime	Adâncime	Lățime radier	Fruct zid gardă	Mat constr. radier	Mat. constr. ziduri
		Ls (m)	Hs (m)	bs (m)	m (-)		

3. Avarii

Canal

Sector	Radier				Ziduri de conducere											
	Fisuri		Eroziuni		Fisuri zid stânga			Fisuri zid dreapta			Desprinderi		Eroziuni			
	nr.	%	h (cm)	%	tip ²	nr	L _{fis} (m)	tip ²	nr	L _{fis} (m)	%		zid stânga		zid dreapta	
											stânga	dreapta	h (cm)	%	h (cm)	%

Pinteni

Pinten nr. ³	Decastrare		Afuieri		Fisuri			Desprinderi		Eroziuni	
	H (m)		H (m)	%	tip ²	nr	L _{fis} (m)	%		h (cm)	%
	stânga	dreapta						stânga	dreapta		

4. Disfuncționalități

Sector	Colmatare radier		Reducere secțiune aval ⁴
	%SU	%Srad.	%Bc

Fig. 4.2.a. Fișa de descriere pentru canal de evacuare.

5. Fotografii

Număr poziții, Foto

6. Observații**7. Cauze ale apariției degradărilor****8. Concluzii privind comportarea lucrării**

Starea lucrării ⁵	Gradul de îndeplinire a obiectivelor ⁶
------------------------------	---

9. Schița lucrării cu localizarea punctului GPS**Fig. 4.2.b.** Fișa de descriere pentru canal de evacuare(verso).

Pentru fiecare avarie în parte sunt consemnate următoarele măsurători și/sau aprecieri (Davidescu, 2013):

- *decastrările*: se stabilesc prin diferența de nivel, în metri, între coronamentul aripii, sau pintelului, și cel mai de jos punct în care este vizibilă treapta de încastrare sau fundația;
- *afuierile*: prin adâncimea maximă a afuierii, exprimată în metri și prin raportul dintre lățimea afuierii și lățimea fundației (pentru lucrarea propriu-zisă) sau lățimea radierului (pentru pintelul terminal), exprimat în procente;
- *fisurile apărute în corpul lucrării, zidurile de conducere și pintelul terminal*: vor fi consemnate în funcție de orientare (orizontale sau verticale), număr și lungime totală a acestora, în metri;
- *fisurile radierului*: sunt exprimate prin numărul lor și prin proporția din radier afectată de acestea;
- *desprinderile*: sunt apreciate prin raportul, exprimat procentual, dintre volumul desprins și volumul părții de lucrare afectată;
- *desprinderile care afectează dinții disipatori*: sunt apreciate prin raportul dintre numărul de dinți desprinși și numărul inițial de dinți;
- *eroziunile*: sunt evaluate prin adâncimea maximă a acestora, în centimetri, și prin procentul suprafeței afectate, raportat la suprafața totală a părții din lucrare.

Secțiunea a IV-a a fișei privește evenimentele care afectează funcționalitatea lucrărilor; acestea sunt apreciate după cum urmează:

- gradul de blocare al deversorului: se apreciază prin proporția din secțiunea udată blocată, exprimată în procente;
- colmatarea radierului: apreciat prin procentul maxim al secțiunii udate acoperită de aluviuni și prin raportul dintre suprafața colmatată și suprafața totală a radierului, exprimat, de asemenea, în procente;
- gradul de aterisare: se cuantifică prin înălțimea aterisamentului, în metri, și granulometria aluviunilor apreciată vizual ca fină, mijlocie și grosieră;
- instalarea vegetației lemnoase nedorite pe culoarul de scurgerea apei: va fi apreciat vizual pe o scală de apreciere cu 5 trepte, în funcție de impactul care îl are asupra bunei funcționări a lucrării;
- reducerea secțiunii albiei în aval de radierul lucrării: se apreciază prin raportul procentual între lățimea culoarului liber și lățimea radierului.

În secțiunea a V-a sunt notate numărul de fotografii și ce reprezintă imaginea/ imaginile, astfel încât, la constituirea bazei de date privind lucrările inventariate,

să fie surprinse cât mai multe aspecte, ușor de identificat. Au fost fotografiate elemente avariate ale lucrărilor și disfuncționalitățile care afectează lucrările respective, precum și unele soluții constructive mai deosebite.

În cadrul secțiunilor a VI-a și a VII-a, operatorul a consemnat observații privind lucrarea descrisă (aspecte constructive, descrieri ale avariilor etc.) și a făcut o diagnoză asupra posibilelor cauze care au condus sau au favorizat apariția evenimentelor: amplasament, execuție defectuoasă, greșeli de proiectare, fenomene neprevăzute (de exemplu, alunecări de teren), erodări excesive ale albiei datorate unor fenomene meteorologice excepționale etc.

Concluziile privind comportarea construcției sunt înscrise în secțiunea a VIII-a a fișei de descriere. Ele sunt consemnate prin acordarea a două calificative de la 1 la 5, pe de o parte, pentru starea construcției, apreciere care se vrea o imagine de ansamblu a aspectului constructiv și funcțional în momentul evaluării și, pe de altă parte, pentru gradul de îndeplinire a obiectivelor propuse în momentul proiectării și execuției lucrării.

Ultima secțiune a fișei conține o schiță a lucrării, cu precizarea coordonatelor GPS care au fost măsurate, în vederea localizării lucrării.

4.2.2.3. Estimarea intensității evenimentelor comportamentale

Evaluarea stării lucrărilor hidrotehnice a pornit de la descifrarea naturii avariilor și disfuncționalităților survenite în exploatare și de la frecvența de manifestare a fiecărei avarii în parte. Pentru înregistrarea în detaliu a fiecărei avarii și disfuncționalități, lucrările afectate de fiecare deficiență în parte au fost analizate separat, urmărindu-se și modul de asociere a diferitelor evenimente comportamentale.

Pentru desprinderi a fost apreciată proporția desprinsă din partea de lucrare afectată (zonă deversată, aripă, radier, dinți disipatori, contrabaraj, zid de conducere, pinten). Intensitatea fisurării corpului, radierului, zidurilor de conducere și pintenului terminal a fost exprimată prin raportul dintre lungimea totală a fisurilor și înălțimea părții de lucrare afectată (în cazul fisurilor verticale) sau lungimea acestora (pentru fisurile orizontale). În cazul celorlalte evenimente comportamentale (decastrări, afuieri, eroziuni și fisuri ale radierului), cuantificarea s-a făcut prin doi parametri și a fost calculat un indice numit „*intensitatea evenimentului comportamental*” (Tudose et al., 2014) stabilită în funcție de elementele măsurabile ale avariilor și elementele dimensionale ale construcțiilor (tab. 4.1.).

Tabel 4.1. Exprimarea intensității avariilor (Tudose et al, 2014)

Avarie		Parametri măsurați ai avariilor	Intensitatea avariei	Valoare maximă înregistrată
Parte de lucrare afectată	Tip			
Lucrări transversale cu radier				
Lucrare propriu-zisă	Decastrare	Adâncime decastrare stânga (A_{st})-m Adâncime decastrare dreapta (A_{dr})-m	$\frac{A_{st}+A_{dr}}{Y_e+H}$	1,50
	Afuiere	Adâncime (A)-m Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	4,00
	Fisurare	Lungimea fisurilor orizontale (L_o)-m Lungimea fisurilor verticale (L_v)-m Număr fisuri (N)	$\frac{L_o}{B} + \frac{L_v}{Y_e+H}$	9,80
	Desprindere zonă deversată	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Desprindere aripi	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Eroziune	Adâncime eroziune (A)-cm Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	90,00
Radier	Fisurare	Număr fisuri (N) Proporție radier afectată (P%)	$N \cdot P\%$	5,00
	Desprindere	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Afuiere	Adâncime (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	4,00
	Eroziune	Adâncime eroziune (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	40,00
Sistem disipator	Desprindere dinți	Număr de dinți rupți (N_{dr})	$\frac{N_{dr}}{N_D}$	1,00
	Desprindere contrabaraj	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00

Avarie		Parametri măsurați ai avariilor	Intensitatea avariei	Valoare maximă înregistrată
Parte de lucrare afectată	Tip			
Lucrări transversale cu radier				
Ziduri de conducere	Fisurare	Lungimea fisurilor orizontale (L_o) Lungimea fisurilor verticale (L_v) Număr fisuri (N)	$\frac{L_o + L_v}{L_r}$	2,97
	Desprindere	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Eroziune	Adâncime eroziune (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	60,00
Pinten terminal	Decastrare	Adâncime decastrare stânga (A_{st}) Adâncime decastrare dreapta (A_{dr})	$\frac{A_{st} + A_{dr}}{H_z}$	8,00
	Fisurare	Lungimea fisurilor orizontale (L_o) Lungimea fisurilor verticale (L_v) Număr fisuri (N)	$\frac{L_o + L_v}{B_p}$	3,96
	Desprindere	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Eroziune	Adâncime eroziune (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	50,00
Lucrări transversale fără radier				
Lucrare propiu-zisă	Decastrare	Adâncime decastrare stânga (A_{st}) Adâncime decastrare dreapta (A_{dr})	$\frac{A_{st} + A_{dr}}{Y_e + H}$	3,64
	Afuiere	Adâncime (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	3,00
	Fisurare	Lungimea fisurilor orizontale (L_o) Lungimea fisurilor verticale (L_v) Număr fisuri (N)	$\frac{L_o}{B} + \frac{L_v}{Y_e + H}$	8,00
	Desprindere zonă deversată	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Desprindere aripi	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Eroziune	Adâncime eroziune (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	40,00

Avarie		Parametri măsurați ai avariilor	Intensitatea avariei	Valoare maximă înregistrată
Parte de lucrare afectată	Tip			
Canale de evacuare				
Radier	Fisurare	Număr fisuri (N) Proporție radier afectată (P%)	$N \cdot P\%$	1,20
	Desprindere	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Eroziune	Adâncime eroziune (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	50,00
Ziduri de conducere	Fisurare	Lungimea fisurilor orizontale (L_o) Lungimea fisurilor verticale (L_v) Număr fisuri (N)	$\frac{L_o + L_v}{L_r}$	0,32
	Desprindere	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Eroziune	Adâncime eroziune (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	21,00
Pinteni	Decastrare	Adâncime decastrare stânga (A_{st}) Adâncime decastrare dreapta (A_{dr})	$\frac{A_{st} + A_{dr}}{H_z}$	2,70
	Afuiere	Adâncime (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	3,00
	Fisurare	Lungimea fisurilor orizontale (L_o) Lungimea fisurilor verticale (L_v) Număr fisuri (N)	$\frac{L_o + L_v}{B_p}$	1,67
	Desprindere aripi	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Desprindere zonă centrală	Proporție desprinsă (P%)	$P\%$	1,00
	Eroziune	Adâncime eroziune (A) Proporție afectată (P%)	$A \cdot P\%$	90,00

Elementele dimensionale menționate în tabelul 4.1. sunt: înălțimea elevației (Y), sarcina în deversor (H), lungimea coronamentului (B), numărul dinților disipatori (N_D), lungimea radierului (L_r), înălțimea zidurilor de conducere (H_z) și lungimea pintenului (B_p).

4.3. Determinarea indicelui de stare

4.3.1. Evenimente comportamentale care intervin în ecuația indicelui de stare

Utilizarea unui indice cumulativ, pentru aprecierea stării lucrărilor hidrotehnice, care surprinde impactul diferitelor avarii, reprezintă un instrument eficient pentru urmărirea în exploatare a lucrărilor hidrotehnice, care ar trebui să fie continuă și sistematică.

Pentru exprimarea stării fizice a construcțiilor hidrotehnice au fost luate în considerare toate avariile consemnate la inventarierea lor. Impactul fiecărei avarii asupra stării fizice a construcției a fost cuantificat în funcție de intensitatea de manifestare a evenimentului comportamental, intensitate determinată pe baza caracteristicilor măsurate și a dimensiunilor părților de lucrare afectate. Cu excepția fisurilor diferitelor componente, toate celelalte avarii (decastrare, desprindere, afuiere și eroziune), la o anumită valoare a intensității lor de manifestare, pot scoate din folosință construcția hidrotehnică.

Valoarea intensității avariei pentru care construcția hidrotehnică este scoasă din funcțiune sau este în pericol iminent de distrugere a fost denumită „*intensitate limită relevantă*” și variază în funcție de tipul avariei și componenta construcției care este afectată (tab.4.2.). Chiar dacă intensitatea unei avarii la o anumită lucrare este mai mare decât intensitatea limită relevantă, impactul asupra lucrării nu este mai pronunțat. Spre exemplu, pentru o lucrare decastrată, intensitatea decastrării produce un impact crescător până când acest parametru ajunge la o valoare egală cu înălțimea lucrării, după care, dacă avaria progresează, efectul rămâne același. Putem spune că dacă avaria ajunge la intensitatea maximă normată, lucrarea este scoasă din uz sau se află în pericol iminent de distrugere.

Tabel 4.2. Intensitatea limită relevantă a avariilor

Categorie construcție hidrotehnică	Parte de lucrare afectată	Valoarea intensității limită relevante pentru ...				
		decastrare	afuiere	fisurare	desprindere	eroziune
Lucrare transversală	Corp	1,00	2,00	10,00	1,00	50,00
	Radier	-	1,50	5,00	1,00	50,00
	Ziduri de conducere	-	-	5,00	1,00	50,00
	Pinten terminal	1,00	-	5,00	1,00	50,00
Canal	Radier	-	-	5,00	1,00	50,00
	Ziduri de conducere	-	-	5,00	1,00	50,00
	Pinteni	1,00	1,50	5,00	1,00	50,00

Având în vedere faptul că fisurarea reprezintă o avarie incipientă, care declanșează sau favorizează dezvoltarea altor avarii, nu se poate stabili intensitatea limită relevantă. Numărul mare de lucrări inventariate luate în considerare și valorile obținute experimental, ne permit, totuși, să adoptăm ca intensitate limită relevantă pentru această avarie valoarea 10, în cazul corpului lucrărilor hidrotehnice transversale și valoarea 5, pentru celelalte părți componente ale lucrărilor transversale și ale canalelor de evacuare.

Făcând o analiză comparativă între valorile stabilite ca intensitate limită relevantă și intensitatea maximă înregistrată experimental pentru fiecare avarie în parte (tab. 4.1) am constatat că în 144 de cazuri (3,7%) valoarea intensității limită relevante este depășită. Depășirile au fost consemnate în cazul decastrărilor și afuierilor, precum și în cazul eroziunii corpului și zidurilor de conducere ale lucrărilor transversale.

4.3.2. Stabilirea ponderii fiecărei avarii în expresia indicelui de stare

Ponderea fiecărei avarii în expresia indicelui de stare, pe categorii de lucrări (lucrări transversale cu și fără radier și canale de evacuare), a fost stabilită prin intermediul analizei multicriteriale, în care s-a ținut seama de frecvența de apariție a fiecărei avarii în parte și de evaluarea privind starea lucrării efectuate de operatori pe teren la momentul inventarierii construcțiilor. Astfel, starea fizică a lucrărilor a fost notată de la 1 la 5 (1 foarte proastă, 5 stare excelentă) și pentru fiecare avarie s-a calculat o valoare medie a acestui indicator. Menționăm că notarea s-a făcut pe criterii mai mult sau mai puțin subiective, pe baza experienței fiecărui operator. Astfel, pentru fiecare avarie în parte a putut fi stabilită o notă medie, de la 1 la 5, și în acest fel a putut fi evaluat impactul fiecărei avarii asupra stării fizice a lucrărilor așa cum a fost ea evaluată de către operatori.

La stabilirea ponderii fiecărui eveniment în ecuația indicelui de stare s-a ținut seama de un criteriu cantitativ, și anume, diferența între valorile medii ale stării evaluate pentru fiecare avarie în parte, pornind de la formula:

$$\gamma_i = \frac{(p \cdot K_{pa} \cdot K_s + m + 0,5 + \Delta p)}{-\Delta p' + \frac{N}{2}} \quad (4-1)$$

Tabel 4.3. Calculul parametrului „p” din ecuația (4-1) pentru lucrări transversale cu radier

Avarii	Decastrare lucrare	Afiere lucrare	Fisuri corp	Desprinderi zonă deversată	Desprinderi aripi	Eroziune lucrare	Fisuri radier	Desprindere radier	Afiere radier	Eroziune radier	Desprindere dinți	Desprindere contrabraj	Fisuri ziduri	Desprinderi ziduri	Eroziune ziduri	Decastrare pînten	Fisuri pînten	Desprindere pînten	Eroziune pînten	p
Decastrare lucrare	0,50	0	0,11	0	0	0,06	0,02	0	0,27	0,09	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0	1,29
Afiere lucrare	0,67	0,50	0,78	0,22	0	0,73	0,69	0,26	0,94	0,76	0,91	0,37	0,53	0	0,60	0,57	0,61	0,09	0,64	9,87
Fisuri corp	0	0	0,50	0	0	0	0	0	0,16	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,79
Desprinderi zonă deversată	0,45	0	0,56	0,50	0	0,51	0,47	0,04	0,72	0,54	0,69	0,15	0,31	0	0,38	0,35	0,39	0	0,42	6,48
Desprinderi aripi	0,81	0,14	0,92	0,36	0,50	0,87	0,83	0,4	1,08	0,90	1,05	0,51	0,67	0,11	0,74	0,71	0,75	0,23	0,78	12,36
Eroziune lucrare	0	0	0,05	0	0	0,50	0	0	0,21	0,03	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0,97
Fisuri radier	0	0	0,09	0	0	0,04	0,50	0	0,25	0,07	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	1,17
Desprindere radier	0,41	0	0,52	0	0	0,47	0,43	0,5	0,68	0,50	0,65	0,11	0,27	0	0,34	0,31	0,35	0	0,38	5,92
Afiere radier	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Eroziune radier	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0,18	0,5	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,85
Desprindere dinți	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0,53
Desprindere contrabraj	0,30	0	0,41	0	0	0,36	0,32	0	0,57	0,39	0,54	0,50	0,16	0	0,23	0,20	0,24	0	0,27	4,49
Fisuri ziduri	0,14	0	0,25	0	0	0,2	0,16	0	0,41	0,23	0,38	0	0,50	0	0,07	0,04	0,08	0	0,11	2,57
Desprinderi ziduri	0,70	0,03	0,81	0,25	0	0,76	0,72	0,29	0,97	0,79	0,94	0,40	0,56	0,50	0,63	0,60	0,64	0,12	0,67	10,38
Eroziune ziduri	0,07	0	0,18	0	0	0,13	0,09	0	0,34	0,16	0,31	0	0	0	0,50	0	0,01	0	0,04	1,83
Decastrare pînten	0,10	0	0,21	0	0	0,16	0,12	0	0,37	0,19	0,34	0	0	0	0,03	0,50	0,04	0	0,07	2,13
Fisuri pînten	0,06	0	0,17	0	0	0,12	0,08	0	0,33	0,15	0,30	0	0	0	0	0	0,50	0	0,03	1,74
Desprindere pînten	0,58	0	0,69	0,13	0	0,64	0,60	0,17	0,85	0,67	0,82	0,28	0,44	0	0,51	0,48	0,52	0,50	0,55	8,43
Eroziune pînten	0,03	0	0,14	0	0	0,09	0,05	0	0,30	0,12	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0,50	1,5

Tabel 4.4. Calculul parametrului „p” din ecuația (4-1) pentru lucrări transversale fără radier

Avarii	Decastrare lucrare	Afuiere lucrare	Fisuri	Desprinderi zd	Desprinderi aripi	Eroziune lucrare	p
Decastrare lucrare	0,50	0,25	0,06	0	0	0,18	0,99
Afuiere lucrare	0	0,50	0	0	0	0	0,50
Fisuri	0	0,19	0,50	0	0	0,12	0,81
Desprinderi zid	0,58	0,83	0,64	0,50	0	0,76	3,31
Desprinderi aripi	0,96	1,21	1,02	0,38	0,50	1,14	5,21
Eroziune lucrare	0	0,07	0	0	0	0,50	0,57

Tabel 4.5. Calculul parametrului „p” din ecuația (4-1) pentru canalele de evacuare

Avarii	Fisuri radier	Desprindere radier	Eroziune radier	Fisuri ziduri	Desprinderi ziduri	Eroziune ziduri	Decastrare pinten	Afuiere pinteni	Fisuri pinten	Desprindere aripi	Desprindere zonă centrală	Eroziune pinten	p
Fisuri radier	0,50	0	0,13	0,73	0	0,04	0,29	0,09	0,12	0	0	0,19	2,09
Desprindere radier	0,38	0,50	0,51	1,11	0	0,42	0,67	0,47	0,50	0,03	0	0,57	5,16
Eroziune radier	0	0	0,50	0,60	0	0	0,16	0	0	0	0	0,06	1,32
Fisuri ziduri	0	0	0	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50
Desprinderi ziduri	0,42	0,04	0,55	1,15	0,50	0,46	0,71	0,51	0,54	0,07	0	0,61	5,56
Eroziune ziduri	0	0	0,09	0,69	0	0,50	0,25	0,05	0,08	0	0	0,15	1,81
Decastrare pinten	0	0	0	0,44	0	0	0,50	0	0	0	0	0	0,94
Afuiere pinteni	0	0	0,04	0,64	0	0	0,20	0,50	0,03	0	0	0,10	1,51
Fisuri pinten	0	0	0,01	0,61	0	0	0,17	0	0,50	0	0	0,07	1,36
Desprindere aripi	0,35	0	0,48	1,08	0	0,39	0,64	0,44	0,47	0,50	0	0,54	4,89
Desprindere z. centr.	0,67	0,29	0,80	1,40	0,25	0,71	0,96	0,76	0,79	0,32	0,50	0,86	8,31
Eroziune pinten	0	0	0	0,54	0	0	0,10	0	0	0	0	0,50	1,14

unde: γ_i este ponderea nivelului i ; p - suma punctelor obținute (pe linie) de elementul luat în calcul; K_{pa} și K_s fiind doi factori de corecție care țin cont de componenta lucrării afectate, respectiv de frecvența cu care avaria analizată este singulară la nivelul întregii lucrări; m - numărul de nivele surclasate; Δp - diferența dintre punctele criteriului „ i ” și punctele obținute de ultimul criteriu (cu numărul de puncte cel mai mic); N - numărul de criterii considerate; $\Delta p'$ - diferența dintre punctajul elementului luat în calcul și punctajul primului element.

Punctele pentru fiecare eveniment sunt stabilite pe baza tablourilor pătratică (tab. 4.3. – 4.5.) prin compararea două câte două a tuturor avariilor prin prisma impactului fiecăreia asupra stării evaluate pe teren, după cum urmează: dacă nota stării pentru avaria din coloană este inferioară notei stării pentru evenimentul de pe linie se trece valoarea 0, dacă nu, se trece valoarea absolută a diferenței dintre cele două note.

Factorul de corecție aferent părții de lucrare afectată (subunitar) a fost calculat în urma unei analize multicriteriale pentru lucrări transversale cu radier și canale de evacuare și are următoarele valori:

- pentru lucrările transversale cu radier: 0,50 în cazul lucrării propriu-zise, 0,27 pentru radier, 0,01 pentru sistemul disipator, 0,07 pentru zidurile de conducere și 0,15 pentru pintenul terminal;
- pentru canalele de evacuare a apelor de viitură: 0,50 pentru radier, 0,35 pentru zidurile conducătoare, respectiv 0,15 pentru pinteni.

Factorul de corecție (supraunitar) aferent frecvenței cu care avaria apare ca singulară, la nivelul unei lucrări, a fost calculat ca fiind unu plus raportul între numărul lucrărilor la care avaria apare singulară și numărul total de lucrări afectate de avaria respectivă.

Valoarea ponderilor în ecuația „indicelui de stare” pe categorii de lucrări este prezentată în tabelul 4.6.

Tabel 4.6. Ponderea avariilor în exprimarea indicelui de stare, pe categorii de lucrări

Avarii	Pondere		
	Lucrări transversale cu radier	Lucrări transversale fără radier	Canale de evacuare
Decastrare lucrare	0,92	0,67	-
Afuiere lucrare	2,52	0,15	-
Fisuri corp	0,74	0,47	-
Desprinderi zonă deversată	1,90	2,46	-

Avarii	Pondere		
	Lucrări transversale cu radier	Lucrări transversale fără radier	Canale de evacuare
Desprinderi aripi	3,27	5,33	-
Eroziune lucrare	0,82	0,27	-
Fisuri radier	0,66	-	1,38
Desprindere radier	1,33	-	2,76
Afuiere radier	0,24	-	-
Eroziune radier	0,52	-	0,98
Desprindere dinți	0,03	-	-
Desprindere contrabaraș	0,10	-	-
Fisuri ziduri	0,31	-	0,32
Desprinderi ziduri	1,00	-	2,14
Eroziune ziduri	0,18	-	0,84
Decastrare pinten	0,59	-	0,08
Afuiere pinten	-	-	0,58
Fisuri pinten	0,45	-	0,45
Desprindere pinten	1,18	-	-
Desprindere pinten zonă centrală	-	-	1,61
Desprindere aripi pinten	-	-	1,12
Eroziune pinten	0,38	-	0,20

4.3.3. Stabilirea unei scale unice pentru intensitatea evenimentelor comportamentale

Cuantificarea intensității a ținut seama numai de specificul fiecărui eveniment în parte și, deoarece se dorește mai departe o reflectare cât mai fidelă a acestuia în expresia unui indice de stare, se impune ca valorile care reprezintă intensitatea evenimentelor să fie omogenizate, pentru obținerea unor rezultate relevante.

Cu alte cuvinte, intensitatea de manifestare a avariilor trebuie să fie convertită pe o scară unică. Mai convenabilă pentru aceasta este o scară de la 0 la 100, deoarece păstrează neschimbate limitele scârilor inițiale pentru grupul de evenimente unde procentul de afectare a reprezentat unicul criteriu de exprimare a intensității. Considerăm că deformează realitatea, aplicarea unei conversii

pornind de la limita maximă obținută experimental pentru intensitatea avariilor; de aceea a fost definit parametrul „intensitate maximă relevantă” (I_{lim}^R). Valorile din tabelul 4.2. au fost stabilite în urma analizei și observațiilor făcute în decursul timpului de specialiști în domeniul corectării torenților.

Prin urmare, factorul de conversie al intensității avariilor (F_C) va avea expresia următoare:

$$F_C = \frac{100}{I_{lim}^R} \quad (4-2)$$

Valoarea factorului de conversie pentru fiecare avarie în parte este prezentată în tabelul 4.7.

Tabel 4.7. Valoarea factorului de conversie pe tipuri de avarii și categorii de lucrări

Tip lucrare hidrotehnică	Parte componentă	Avarie	I_{lim}^R	F_C
Lucrare transversală	Lucrare Propriu-zisă	Decastrare	1,00	100,00
		Afuiere	2,00	50,00
		Fisuri	10,00	10,00
		Desprinderi zonă deversată	1,00	100,00
		Desprinderi aripi	1,00	100,00
		Eroziune	50,00	2,00
	Radier	Fisuri	5,00	20,00
		Desprindere	1,00	100,00
		Afuiere	1,50	66,67
		Eroziune	50,00	2,00
	Sistem disipator	Desprindere dinți	1,00	100,00
		Desprindere contrabaraj	1,00	100,00
	Ziduri de conducere	Fisuri	5,00	20,00
		Desprinderi	1,00	100,00
		Eroziune	50,00	2,00
	Pinten terminal	Decastrare	1,00	100,00
		Fisuri	5,00	20,00
		Desprindere	1,00	100
		Eroziune	50,00	2,00

Tip lucrare hidrotehnică	Parte componentă	Avarie	I_{lim}^R	F_C
Canal de evacuare	Radier	Fisuri radier	5,00	20,00
		Desprindere radier	1,00	100,00
		Eroziune radier	50,00	2,00
	Ziduri conducătoare	Fisuri ziduri	5,00	20,00
		Desprinderi ziduri	1,00	100,00
		Eroziune ziduri	50,00	2,00
	Pinteni	Decastrare pinten	1,00	100,00
		Afuiere pinteni	1,50	66,67
		Fisuri pinten	5,00	20,00
		Desprindere aripi	1,00	100,00
		Desprindere zona centrală	1,00	100,00
		Eroziune pinten	50,00	2,00

4.3.4. Indicele de avariere și indicele de stare

Odată realizată convertirea scărilor s-a putut trece la pasul următor: aflarea produsului dintre ponderile care cuantifică valoric influențele fiecărui eveniment identificat (y_i), intensitățile de manifestare a evenimentelor și factorul de conversie. Ca rezultat al acestui produs s-a obținut indicele „de avariere” a lucrărilor (Y_A) sub forma:

$$Y_A = \sqrt{\sum y_i \cdot I_i \cdot F_{Ci}} \quad (4-3)$$

unde I_i reprezintă intensitatea evenimentului comportamental i , iar restul factorilor au semnificația cunoscută. Intensitatea evenimentelor incluse în ecuația indicelui de avariere nu poate depăși, pentru fiecare avarie în parte, valoarea intensității limită relevante, deoarece odată atinsă această valoare, impactul avariei respective asupra stării fizice a lucrării nu se mai modifică.

S-a convenit ca indicele de avariere să fie calculat prin însumarea de valori individuale, acestea din urmă reprezentând intensitatea (convertită și ponderată) a fiecărui eveniment identificat în parte.

În sfârșit, pentru decizii privitoare la modul de comportare a lucrărilor, a fost nevoie de definirea unui indice care să reflecte „starea” lucrărilor și care să fie crescător pe măsură ce gradul de avariere al unei lucrări scade. Utilizând acest nou parametru, se pot face analize nu numai la nivelul individual al unei lucrări, ci și pe ansamblul unui bazin hidrografic, al unei baterii de lucrări, al unui sistem de lucrări etc.

Aducerea la același numitor a indicelui de avariere pe tipuri de lucrări a condus la funcția de determinare a indicelui de stare pe tipuri de lucrări, conform relației (Tudose et al., 2014):

$$Y_s = 100 \cdot \left(1 - \frac{Y_A}{Y_A^{REF}} \right) \quad (4-4)$$

în care Y_A^{REF} reprezintă o valoare de referință a indicelui de avariere, pe categorii de lucrări (canale de evacuare, lucrări transversale cu și fără radier), reprezentând valoarea teoretică a indicelui de avariere pentru o lucrare având toate componentele desprinse, după cum urmează:

- lucrări transversale cu radier: $Y_A^{REF}=31,321$;
- lucrări transversale fără radier: $Y_A^{REF}=27,911$;
- canale de evacuare: $Y_A^{REF}=27,622$.

4.4. Clasificarea lucrărilor hidrotehnice și a bazinelor hidrografice amenajate, în funcție de valorile indicelui de stare

Indicele de stare ilustrează efectul cumulativ al impactului avariilor survenite, pe durate de folosință, lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajare bazinelor hidrografice torențiale. Acest parametru are valori între 0 și 100, iar această scală permite separarea pe categorii în funcție de starea fiecărei lucrări (fig. 4.3. – 4.5).



Fig. 4.3. Barajul 40M2,0 -stare foarte rea- de pe Valea Ialomicioarei (B.H. Ialomița), distrus în totalitate, având un indice de stare $Y_s=3,2$ (foto Gancz, 2009).



Fig. 4.4. Pragul 140M1,5 de pe valea Obia (B.H. Argeș) a cărui zonă deversată este desprinsă, conducând la un indice de stare $Y_s=24,3$ -stare rea (foto Tudose, 2011).



Fig. 4.5. Pragul 30M1,5 de pe pr. Alunului Sadu Gorj (B.H. Jiu), cu radierul avariat (desprindere, eroziune) însă în stare bună de funcționare - $Y_s=68,3$, necesitând consolidări (foto David, 2009).

Se propune împărțirea lucrărilor hidrotehnice pe cinci categorii de stare, după cum urmează:

- stare foarte rea, când indicele de stare este mai mic sau egal cu 20;
- stare rea, când indicele de stare este cuprins între 20 (exclusiv) și 40 (inclusiv);
- stare medie, când indicele de stare este cuprins între 40 (exclusiv) și 60 (inclusiv);
- stare bună, când indicele de stare este cuprins între 60 (exclusiv) și 80 (inclusiv);
- stare foarte bună, când indicele de stare este mai mare de 80.

Însemnătatea indicelui de stare de la nivelul de lucrare individuală poate fi extinsă la nivelul bateriilor de lucrări și, mai departe, la nivelul de albie amenajată sau bazin hidrografic amenajat, constituind o problemă de interes practic în sensul adoptării și utilizării unor criterii cât mai obiective la stabilirea necesității și oportunității intervențiilor și, în special, la eșalonarea cheltuielilor pentru repunerea în siguranță a sistemelor hidrotehnice de amenajare a albiilor torențiale.

Desigur, indicele de stare mediu pentru o populație de lucrări (o baterie, totalitatea construcțiilor de pe o albie amenajată sau dintr-un bazin hidrografic etc.) reprezintă criteriul cel mai important, însă și alte elemente sunt demne de a fi luate în seamă. Între acestea se enumeră: vulnerabilitatea obiectivelor periclitate de viituri, gradul de torențialitate a bazinului, proporția lucrărilor având o stare rea și foarte rea (indice de stare mai mic sau egal cu 40), gradul de îndeplinire al obiectivelor propuse inițial. În plus, în lista criteriilor de ierarhizare a bazinelor hidrografice torențiale amenajate mai pot fi luate în considerare și vârsta lucrărilor, numărul de lucrări, susținerea între lucrări etc.

Mai mult decât atât, se adaugă o întrebare de al cărei răspuns depinde construcția metodologiei de calcul al indicelui de stare mediu pe bazin: cât de bine exprimă starea întregului sistem de lucrări media indicelui de stare a lucrărilor individuale? Întrebarea este cu atât mai justificată cu cât un sistem hidrotehnic este alcătuit din lucrări având dimensiuni diferite. Deseori, acest sistem se compune din mai multe baterii, iar fiecare baterie poate fi alcătuită din traversă(e), prag(uri) ± baraj(e). De aici opinia potrivit căreia indicele de stare mediu pe bazin ar trebui să fie calculat ca o medie ponderată a indicilor de stare ai lucrărilor din cuprinsul bazinului, ponderea urmând să fie alocată în funcție de dimensiunile lucrărilor (înălțimea, deschiderea la partea superioară, combinații dintre acestea două etc.).

Pe de altă parte nu trebuie eludată nici opinia potrivit căreia la ponderarea indicelui de stare ar trebui să se țină seama și de rolul atribuit fiecărei lucrări în

sistem. Într-adevăr o lucrare grav avariata, indiferent de dimensiunile ei, poate periclita rezistența și funcționalitatea întregului sistem; spre exemplu: o traversă scoasă din funcțiune poate conduce la subminarea unei construcții mai înalte din amonte și, prin aceasta, poate contribui în aceeași măsură la destabilizarea sistemului dar și a oricărei alte lucrări componente din sistem.

Toate elementele prezentate demonstrează că elaborarea unui algoritm de ordonare a bazinelor hidrografice în funcție de starea fizică a construcțiilor hidrotehnice din cuprinsul lor este o sarcină dificilă, mai ales pentru că o asemenea abordare este una inedită în domeniul amenajării torenților. Fundamentarea unei metodologii necesită cercetări și observații, în special asupra dinamicii evenimentelor comportamentale, pentru a putea surprinde acele aspecte care afectează stabilitatea sistemelor hidrotehnice de amenajare a albiilor torențiale.

4.5. Bază de date geospațială cu lucrările hidrotehnice

4.5.1. Elemente introductive

Informațiile referitoare la construcțiile hidrotehnice de corectare a torenților pot fi administrate și sub formă de entități cu referință geografică, în cadrul unei baze de date geospațiale.

Prin bază de date geospațială se înțelege „*un ansamblu structurat de date, înregistrat pe suporturi accesibile computerului, dezvoltată pentru a satisface simultan cerințele mai multor utilizatori într-un mod selectiv, totodată atribuind informației o referință spațială*” (Davidescu et al., 2012b). Cu alte cuvinte, baza de date este un ansamblu de colecții de date, ordonat pe niveluri de organizare a datelor în memoria externă; coerent; conform unor restricții de integritate; structurat conform unui model de date; cu o redundanță minimă controlată și asigurată printr-o tehnică de proiectare; accesibil mai multor utilizatori în timp util.

Stocarea informațiilor se face sub formă de atribute de diferite mărimi ale unor obiecte structurate unele față de altele, pe baza unor relații. O entitate (articol, înregistrare logică, obiect –în cazul nostru, o construcție hidrotehnică) este un obiect distinct (construcție sau parte din aceasta), reprezentat în baza de date. Un atribut este o caracteristică care descrie un aspect oarecare al obiectului care se înregistrează în baza de date, acesta având și o referință spațială caracterizată pentru un tip de geometrie. Valoarea reprezintă mărimea ce se atribuie fiecărei caracteristici din cadrul unei entități. O relație este o asociație între mai multe entități.

Pe baza informațiilor de mai sus, se poate defini baza de date geospațială privitoare la lucrările hidrotehnice ca fiind un sistem informatic compus din tabele interconectate, din care unele cu informații geografice stocate printr-un modul special (GIS) al bazei de date.

4.5.2. Arhitectura bazei de date

Arhitectura bazei de date GIS, necesară administrării și interogării datelor cu referință spațială (fig. 4.6), este caracterizată prin:

- baza de date cartografice, propriu-zisă (componenta descriptivă);
- sistemul de gestiune al bazei de date GIS;
- sistemul de gestiune al utilizatorilor;
- dicționarul bazei de date (metabaza de date).



Fig. 4.6. Conceptualizare grafică privitoare la arhitectura bazei de date și serviciile oferite de aceasta.

Baza de date cartografice, propriu-zisă, conține informații referitoare la lucrările hidrotehnice și alte informații conexe din cadrul zonei unde sunt amplasate aceste construcții.

Baza de date geospațiale este administrată de un sistem de gestiune a informațiilor. Acesta poate face parte din grupul aplicațiilor de tip web, având încorporate două componente majore, conectate la o baza de date ce conține referințe spațiale, după cum urmează:

- *componenta de management*, care asigură interoperabilitate cu tabelele, și

- *componenta GIS*, concepută și dezvoltată ca aplicație de tip „webmapping”, care asigură manipularea primitivelor grafice (de tip punct, linie, poligon sau colecție de geometrii), extrase din geodatele digitale stocate în tabelele cu referință spațială din baza de date.

4.5.3. Componenta descriptivă

Tabelele fără referințe spațiale conțin elementele descriptive ale lucrărilor, iar cele cu referințe spațiale stochează, în funcție de geometria atribuită, elemente geografice directe (ca de exemplu poziția construcției) și indirecte (cum sunt firul văii sau drumurile existente) legate de lucrările hidrotehnice.

Structura de tabele interconectate se modelează pe informațiile preluate din teren, cu ajutorul fișelor de înregistrare descrise (figurile 4.1., 4.2). Ideea generală a componentei descriptive este guvernată de un tabel principal („*master table*”), care reunește informațiile culese din teren pe baza unei identități unice, corespunzătoare fiecărei construcții hidrotehnice.

Legăturile din cadrul bazei de date sunt atât de tipul „*one to one*” (identitate unică – locație unică), cât și de tipul „*one to many*” (bazin hidrografic – construcții hidrotehnice), sau „*many to one*” (zone afectate – construcție hidrotehnică).

Aplicația informatică disponibilă la adresa www.abht.ro (fig. 4.7) permite materializarea inventarului lucrărilor hidrotehnice utilizate pentru amenajarea albiilor torențiale. Cu ajutorul acestui software se pot face operațiile:

- înregistrarea caracteristicilor structurale, calitative și cantitative ale construcțiilor de corectare a torenților din bazinele hidrografice amenajate cu astfel de lucrări, împreună cu fotografiile, observații, date de localizare și evenimentele comportamentale survenite în exploatare;
- calculul indicelui de stare pentru fiecare lucrare hidrotehnică, pe baza datelor furnizate;
- selecția lucrărilor hidrotehnice înregistrate în funcție de criteriile specificate
- vizualizarea datelor pentru o anumită lucrare (inclusiv a indicelui de stare calculat), a fotografiilor și observațiilor realizate de operatorii din teren;
- furnizarea unor rapoarte pentru fiecare lucrare, în funcție de diferite criterii de selecție;
- înregistrarea diferențiată a datelor obținute prin inventarieri succesive pentru aceeași lucrare.

Înregistrarea datelor colectate din teren pentru realizarea, completarea și actualizarea bazei de date se face de către persoane care au acces pe baza de conturi specifice. Aplicația „ABHT” rulează pe o gamă largă de dispozitive hardware (telefon mobil, tabletă, desktop), nu este dependentă de un producător

specific, nu este limitată la un singur sistem de operare, poate fi accesată prin internet atât pentru obținerea de rapoarte, cât și pentru actualizarea datelor.



Fig. 4.7. Pagina de start a sistemului informatic ABHT (abht.ro).

Sistemul informatic de monitorizare al construcțiilor hidrotehnice utilizate în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, ABHT, poate fi accesat prin link-ul <http://abht.ro/>, introdus într-un navigator web de tip open source (ex.: Google Chrome, Opera, Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox etc.). Utilizatorii independenți pot vizualiza datele, le pot descărca sau pot obține rapoartele prestabilite.

Persoanele care accesează sistemul pot fi, în funcție de gradul de acces:

- **administrator** pentru gestionarea bazei de date și pentru crearea conturilor de editori;
- **editorii** sunt utilizatori care pot completa baza de date existentă cu noi înregistrări și care pot face modificări ale datelor introduse (aplicația permite vizualizarea numelui ultimului editor care a făcut înregistrări pentru fiecare lucrare în parte);
- **utilizatorii** site-ului, care pot realiza interogări ale bazei de date.

Pentru introducerea datelor în sistem (editare) este necesară logarea, în timp ce, pentru a vizualiza sau a descărca date și/sau rapoarte, această operație nu este necesară.

Prin completarea permanentă a bazei de date, cu noi inventarieri ale lucrărilor analizate, devine posibilă urmărirea în timp a evoluției stării lucrărilor înregistrate, element fundamental în monitorizarea acestora. În viitor se dorește lărgirea bazei de date prin extinderea inventarierilor în cât mai multe bazine hidrografice.

Aplicația permite utilizatorilor să vizualizeze fișele individuale (fig. 4.8, 4.9) ale tuturor lucrărilor inventariate, descărcarea datelor în format „.csv” în funcție de orice criteriu de selecție dorit, pe baza a numeroase filtre prestabilite (locație, cod cadastral, tip lucrare, materiale de construcție, dimensiuni etc.), precum și o serie de rapoarte „implicite” bazate tot pe o selecție anterioară, după cum urmează:

- distribuția lucrărilor selectate pe categorii de stare;
- distribuția indicelui de stare mediu pe categorii de vârstă a lucrărilor (anul execuției);
- distribuția indicelui de stare mediu pe categorii de lucrări;
- distribuția indicelui de stare mediu pe materiale de construcție a lucrărilor;
- distribuția indicelui de stare mediu pe bazine hidrografice amenajate.

4.5.4. Componenta GIS

Aplicația web *GIS*, reprezintă a doua componentă de bază a sistemului. Ea conține (Davidescu et al., 2012b) unelte de bază: de vizualizare („zoom, pan”), de editare a datelor spațiale stocate în format vectorial (formate de tip punct, linie și poligon) (fig. 4.10.), de integrare a datelor preluate cu ajutorul sistemelor de navigație de tip GPS într-un mod automat în baza de date (surprinderea realității din teren în scopul realizării unor evidențe dinamice, ușor accesibile) și de asociere a informațiilor descriptive cu cele geografice, precum și de realizare a rapoartelor (în vederea filtrării, sortării etc.).

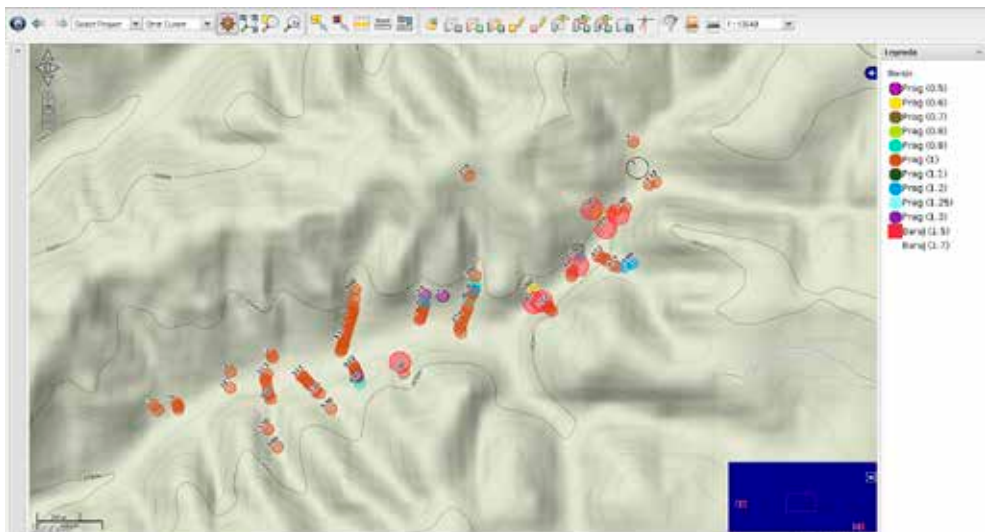


Fig. 4.10. Captură de ecran (și medalion cu detaliu) reprezentând componenta webgis a aplicației.

În componența aplicației GIS sunt incluse elemente de calcul implicit al unor caracteristici dimensionale cum ar fi: suprafețe, perimetre, lungimi. Componenta GIS se constituie într-o unealtă capabilă să asigure gestionarea și utilizarea datelor geografice în concordanță cu elementele descriptive preluate în teren. Scopul este de a oferi un instrument de lucru atât utilizatorilor care populează baza de date, cât și celor care utilizează baza de date în scopul fundamentării unor decizii.

4.6. Concluzii și recomandări practice

Inventarierea lucrărilor hidrotehnice de pe întreg cuprinsul țării reprezintă o necesitate în contextul prevederilor naționale și a celor europene referitoare la administrarea resurselor de apă de suprafață. Integrarea inventarului într-o bază de date GIS îi lărgeste aplicabilitatea, inventarul constituind prima etapă în implementarea unui sistem de monitorizare, structura datelor din fișele de inventariere permițând și evaluarea periodică a stării fizice a acestora.

Așa cum este conceput, sistemul informatic asigură singularitatea datelor prin sistemul de codificare independent, fiind aplicabil pentru culegerea datelor de mai multe echipe. Datele culese pot fi suprapuse pe orice suport cartografic (planuri de bază, hărți amenajistice, ortofotoplanuri etc. și pot fi permanent actualizate. Totodată pot fi accesate și interpretate de o gamă foarte largă de utilizatori, indiferent de sistemul de operare sau browser-ul de internet utilizat. Prin meniul ușor de folosit, pe de o parte și datorită complexității datelor primare încorporate, pe de altă parte, furnizează rapoarte mai mult sau mai puțin amănunțite, în funcție de cerințele solicitantului (Davidescu et al., 2012b).

III. REZULTATE, DISCUȚII ȘI CONCLUZII

5. ZONAREA BAZINELOR ÎN FUNCȚIE DE INDICELE DE RISC LA VIITURI TORENȚIALE. STUDII DE CAZ

Autori: Ioan CLINCIU, Mihai – Daniel NIȚĂ, Nicu – Constantin TUDOSE, Șerban Octavian DAVIDESCU, Victor Dan PĂCURAR

5.1. Considerații introductive

Pentru ca întreaga problematică dezvoltată asupra estimării indicelui de risc la viituri torențiale (R) să fie îndreptată către o finalitate practică, în cele ce urmează se recurge la expunerea unor studii de caz, bazate pe utilizarea combinată dintre tehnicile clasice și tehnicile moderne (geomatică și modelare hidraulică). Produsele finale urmează a fi hărți tematice care redau bazinele dintr-un anumit teritoriu clasificate în funcție de nivelul riscului la viituri torențiale; exprimarea poate fi făcută pe o scară divizată pe 4 trepte (risc scăzut, mediu, ridicat și foarte ridicat) sau pe mai multe ori mai puține trepte, conform opțiunii decidentului/finanțatorului.

Deoarece în capitolul 3, relațiile indicelui de risc la viituri torențiale au fost stabilite atât la nivel bazinal, cât și la nivelul celor două componente ale sale, zonarea bazinelor va fi făcută în trei faze: mai întâi în funcție de indicele de risc datorat gradului de torențialitate, apoi în funcție de indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor și, în final, în funcție de valorile reunite ale celor doi indici.

Pentru aplicarea metodologiei propuse vor fi prezentate trei studii de caz specifice la diferite tipuri de administrație. Primul studiu de caz specifică gospodărirea apelor având ca teritoriu inclus în analiză bazinul superior al Tărlungului (amonte de Acumularea Săcele). Al doilea studiu de caz privește zonarea riscului la viituri torențiale pentru o unitate a administrației silvice, teritoriul analizat fiind terenurile forestiere administrate de INCDS Marin Drăcea prin Baza Experimentală Caransebeș. Al treilea studiu de caz, vizează două arii naturale protejate (ROSCI0195 Piatra Mare și ROSCI0207 Postăvarul) și evaluează riscul la viituri torențiale pentru bazinele hidrografice care intersectează diferite obiective social-economice. Evaluarea face abstracție de faptul că unele dintre bazinele au fost deja echipate cu lucrări hidrotehnice de corectare a torențiilor.

5.2. Testarea preliminară a metodologiei propuse pentru estimarea indicelui de risc la viituri torențiale. Studiu de caz cu date stabilite pe cale clasică

Pentru o primă testare a metodologiei descrise în capitolul 3 a fost aleasă Valea Adâncă de Jos care deșeuzează direct în lacul Acumulării Săcele (fig. 5.1), imediat în amonte de amplasamentul barajului de pământ construit pentru crearea acumulării Săcele.

Înainte de confluența cu lacul de acumulare, cursul de apă este traversat de drumul național DN1A Brașov - Vălenii de Munte (fig. 5.2), iar în sens longitudinal (axial) se desfășoară drumul forestier cu același nume, al cărui traseu urmărește \pm paralel talvegul văii (fig. 5.3). În cele două puncte de pe traseu, unde drumul intersectează talvegul și trece de pe un versant pe celălalt, au fost construite podețe din beton cu secțiunea dreptunghiulară (fig. 5.4).



Fig. 5.1. Lacul Acumulării Săcele, imediat amonte de barajul acumulării (foto Spătaru, 2007).



Fig. 5.2. Subtraversarea drumului național DN1A cu pod peste Valea Adâncă de Jos (foto Mihalache, 2020).



Fig. 5.3. Drumul forestier Valea Adâncă de Jos, în zona de racordare la DN1A (foto Mihalache, 2020).



Fig. 5.4. Podeț dalat de traversare a Văii Adâncă de Jos (foto Mihalache, 2020).

De remarcat că afluenții de pe versantul stâng al văii interceptează direct (și aproximativ perpendicular) drumul forestier, iar podețele construite în aceste situații sunt de tip tubular.

Afluenții care colectează apele de pe versantul drept deșează în Valea Adâncă de Jos, dar aceștia nu periclitează în mod direct drumul forestier. În schimb, prin scurgerea de aluviuni provenită din cuprinsul bazinelor de recepție, aceștia afectează lacul de acumulare prin diminuarea volumului util.

Datele primare necesare pentru stabilirea gradului de torențialitate (prin intermediul termenilor K_{TOR} și K_{ERO}) s-au extras din proiectele de diplomă elaborate de-a lungul timpului la disciplina de Corectare a torenților, iar datele tehnice și funcționale despre receptorii existenți în spațiul bazinului sau în imediata vecinătate a acestuia s-au preluat din studiul de fundamentare intitulat „Amenajarea torenților din bazinul superior al Tărlungului”, elaborat în anul 1977 de fostul Colectiv mixt pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale (șef proiect: I. Clinciu).

În tabelul 5.1 sunt prezentate cele 11 bazine luate în considerare, cu specificarea a două caracteristici ale acestora (suprafață, grad de împădurire) și cu indicarea receptorilor care sunt afectați de viiturile torențiale, pentru fiecare caz în parte.

Tabel 5.1. Receptorii afectați de viituri torențiale în bazinul hidrografic Valea Adâncă de Jos

Nr. crt.	Bazinul			Receptorul afectat		
	Denumirea	Suprafața (ha)	Procent de împădurire (%)	Lacul Acumulării Săcele	DN1A Brașov–Ploiești	Drumul forestier Adâncă de Jos
1	Adâncă de Jos	363,5	55	X	X	X
2	Valea lui Dan	23,5	77	X	-	-
3	Bazinul lui Soare	49,1	65	X	-	-
4	Valea Lungă	19,5	70	X	-	X
5	Obârșia Văii	99,5	38	X	-	X
6	Valea Spurcată	16,5	34	X	-	X
7	Valea Mare	28,9	43	X	-	X
8	Valea Largă	7,5	70	X	-	X
9	Valea Îngustă	2,9	24	X	-	X
10	Valea Zimbrului	4,6	59	X	-	X
11	Valea Lupului	4,8	69	X	-	X

Modul în care elementele primare de calcul au fost sistematizate, precum și evidențierea etapelor care au fost parcurse pentru a fi obținut indicele de risc la viituri torențiale sunt ilustrate în tabelele 5.2 – 5.6.

Tabel 5.2. Indicele de risc datorat gradului de torențialitate în bazinul hidrografic Valea Adâncă de Jos

Nr. crt.	Bazinul		Coeficientul de torențialitate al scurgerii lichide (K_{TOR})				Coeficientul de torențialitate al scurgerii solide (K_{ERO})			Indicele de risc datorat gradului de torențialitate (R_{GT})			
	Denumirea	F (ha)	% Păd	$Q_{max,1\%}$ (m^3/s)	$Q_{el\%}$ (m^3/s)	K_h^1	$K_{TOR} = 1,43 \cdot K_h$	W_a (m^3/an)	$K_L = W_a/F$ ($m^3/an/ha$)	$K_{ERO} = 2 \cdot K_T$ (t/an/ha)	$60 \cdot K_{TOR}$	R_{GT}^2	R_{GT}
1	Valea Adâncă de Jos	363,5	55	38,9	112,69	0,35	0,49	1925	5,30	10,59	29,62	6,62	6,02
2	Valea lui Dan	23,5	77	3,43	11,05	0,31	0,44	83,04	3,53	7,07	26,64	4,42	5,57
3	Valea lui Soare	49,1	65	5,82	22,10	0,26	0,38	122,6	2,50	4,99	22,60	3,12	5,07
4	Valea Lungă	19,5	70	2,38	8,97	0,27	0,38	145,3	7,45	14,90	22,77	9,31	5,66
5	Obârșia Văii	99,5	38	14,52	39,80	0,36	0,52	230,5	2,32	4,63	31,30	2,90	5,85
6	Valea Spurcată	16,5	34	2,22	7,76	0,29	0,41	54,09	3,28	6,56	24,56	4,10	5,35
7	Valea Mare	28,9	43	4,63	15,61	0,30	0,42	189,6	6,56	13,12	25,46	8,20	5,80
8	Valea Largă	7,5	70	0,97	3,98	0,24	0,35	80	10,67	21,33	20,94	13,33	5,85
9	Valea Îngustă	2,9	24	0,64	1,74	0,37	0,53	17,6	6,07	12,14	31,56	7,59	6,26
10	Valea Zimbrului	4,6	59	0,76	2,62	0,29	0,41	27	5,87	11,74	24,87	7,34	5,68
11	Valea Lupului	4,8	69	0,9	2,88	0,31	0,45	65	13,54	27,08	26,81	16,93	6,61

¹ conform ecuației (3-3).

² conform ecuației (3-8).

Tabel 5.3. Indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor. Cazul drumului forestier Valea Adâncă de Jos

Nr. crt.	Bazinul				Caracteristicile receptorului				Indicele de risc datorat caracteristicilor receptorului (drum forestier) ¹		
	Denumirea	F (ha)	Debitul maxim $Q_{max,1\%}$ (m ³ /s)	Lățimea albiei ² (m)	Panta albiei I _a (m/m)	Expunerea (E)				Amplizarea pagubelor potențiale (P)	
						Diferența de nivel medie (m)	Adâncimea curentului h _{10%} ³ (m)	E ⁴		Lungimea avariată L _D (m)	Paguba convertită la scară și corectată cu ponderea ⁵
1	Valea Adâncă de Jos	363,5	38,9	4,89	0,17	1,80	1,48	4,12	753	20	5,11
2	Valea lui Dan	23,5	3,43	1,81	0,34	-	-	-	-	-	-
3	Valea lui Soare	49,1	5,82	2,36	0,24	-	-	-	-	-	-
4	Valea Lungă	19,5	2,38	1,69	0,28	1,50	0,45	1,50	12,7	0,34	1,96
5	Obârșia Văii	99,5	14,52	3,05	0,19	4,00	1,05	1,31	22,9	0,61	1,98
6	Valea Spurcată	16,5	2,22	1,59	0,30	4,00	0,43	0,54	11,9	0,32	1,69
7	Valea Mare	28,9	4,63	1,95	0,29	2,00	0,61	1,53	14,6	0,39	1,98
8	Valea Largă	7,5	0,97	1,19	0,40	0,60	0,29	2,41	8,9	0,24	2,16
9	Valea Îngustă	2,9	0,64	0,85	0,39	0,50	0,28	2,80	6,4	0,17	2,23
10	Valea Zimbrului	4,6	0,76	1,00	0,38	0,50	0,28	2,80	7,5	0,20	2,24
11	Valea Lupului	4,8	0,9	1,02	0,35	0,50	0,32	3,20	7,7	0,21	2,33

Notă: Importanței economico-sociale (I) i s-a atribuit valoarea 1, deoarece categoria drumului este 4, iar factorul de conversie este 0,25. Pentru că s-a admis ipoteza egalității dintre I și V, iar I_c = a·I, primul produs de sub radicalul expresiei indicelui de risc datorat caracteristicilor receptorului va avea valoarea 2·a·1 = 2. Costul unitar al refacerii este i_c = 70 euro·m⁻¹. Valoarea maximă posibilă a pagubei este A_p = 52.710 euro.

¹ conform ecuației (3-17).

² Se determină cu relația La = 0,575 · F0,363.

³ conform ecuației (3-10).

⁴ conform ecuației (3-11).

⁵ conform ecuației (3-15).

Tabel 5.4. Indicele de risc datorat caracteristicilor receptorilor. Cazul lacului Acumulării Săcele

Nr. crt.	Bazinul		Importanța economică și socială		Expunere (E)			Vulnerabilitate		Amplimea pagubelor potențiale (P)				Indicele de risc datorat caracteristicilor receptorului (lac de acumulare) ¹
	Denumirea	F (ha)	Categorie obiectiv (cf STAS) (I)	Coefficient de conversie (a)	Lungime lac L_{lac} (km)	Distanța bazin – lac D_{bh} (km)	E^2	K_{ERO}	V^3	Indicele de cost la decolmatare i_c (euro/m ³)	Valoarea maximă posibilă a pagubei A_{lac} (euro)	Valoarea convertită la scară și corectată cu ponderea ⁴		
1	Valea Adâncă de Jos	363,5	1	10	10	0,25	10,00	10,59	0,2400	10	38495	20,00	6,34	
2	Valea lui Dan	23,5	1	10	10	1,21	2,07	7,07	0,0104	10	38495	0,86	3,60	
3	Valea lui Soare	49,1	1	10	10	1,52	1,65	4,99	0,0153	10	38495	1,27	3,60	
4	Valea Lungă	19,5	1	10	10	1,99	1,26	14,90	0,0182	10	38495	1,51	3,58	
5	Obârșia Văii	99,5	1	10	10	2,24	1,12	4,63	0,0288	10	38495	2,39	3,68	
6	Valea Spurcată	16,5	1	10	10	2,24	1,12	6,56	0,0068	10	38495	0,56	3,42	
7	Valea Mare	28,9	1	10	10	2,04	1,23	13,12	0,0237	10	38495	1,97	3,64	
8	Valea Largă	7,5	1	10	10	1,93	1,30	21,33	0,0105	10	38495	0,83	3,48	
9	Valea Îngustă	2,9	1	10	10	1,75	1,43	12,14	0,0022	10	38495	0,18	3,41	
10	Valea Zimbrului	4,6	1	10	10	1,53	1,63	11,74	0,0034	10	38495	0,28	3,45	
11	Valea Lupului	4,8	1	10	10	0,93	2,78	27,08	0,0081	10	38495	0,68	3,67	

¹ conform ecuației (3-18).² conform ecuației (3-12).³ conform ecuației (3-14).⁴ conform ecuației (3-16).

Tabel 5.5. Indicele riscului la viituri torențiale. Bazinul Valea Adâncă de Jos

Nr. crt.	Bazinul		Indicele de risc provocat de:					Indicele riscului la viituri torențiale (R) în varianta de exprimare:	
			Gradul de torențialitate R_{GT}	Caracteristicile receptorului					
	Denumirea	F (ha)		% Păd	DF	DN	Lac	Total	$R = R_{GT} \cdot R_{REC}$
1	Valea Adâncă de Jos	363,5	55	5,11	-	6,34	11,45	68,93	8,30
2	Valea lui Dan	23,5	77	-	-	3,60	3,60	20,05	4,48
3	Valea lui Soare	49,1	65	-	-	3,60	3,60	18,25	4,27
4	Valea Lungă	19,5	70	1,96	-	3,58	5,54	31,36	5,60
5	Obârșia Văii	99,5	38	1,98	-	3,68	5,66	33,11	5,75
6	Valea Spurcată	16,5	34	1,69	-	3,42	5,11	27,34	5,23
7	Valea Mare	28,9	43	1,98	-	3,64	5,62	32,60	5,71
8	Valea Largă	7,5	70	2,16	-	3,48	5,64	32,99	5,74
9	Valea Îngustă	2,9	24	2,23	-	3,41	5,64	35,31	5,94
10	Valea Zimbrului	4,6	59	2,24	-	3,45	5,69	32,31	5,68
11	Valea Lupului	4,8	69	2,33	-	3,67	6,00	39,66	6,30

Valorile K_h și K_t din tabelul 5.2 au fost stabilite conform celor expuse la §3.1.2.1, prin procedeul III (Lazăr și Clinciu, 1995; a și b), după care s-a făcut convertirea valorilor obținute pe scara variantei dezvoltate a procedeeului Gaspar (§3.1.2.2). Astfel au fost stabilite relațiile: $K_{TOR}=1,43 \cdot K_h$ și $K_{ERO} (t \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1})=2 \cdot K_t$ ($m^3 \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$). Mărimile L_a și $h_{1\%}$ din tabelul 5.3. au fost determinate aplicând relațiile prezentate la §3.2.3.1 (avându-se ca elemente de intrare cunoscute: F , I_a și $Q_{max 1\%}$). Diferența de nivel ΔH_T^D , medie pentru întregul traseu al drumului, a fost stabilită cu ajutorul modelului digital de elevație, procedându-se în felul următor: drumul a fost împărțit în sectoare egale de 100 m și au fost calculate altitudinile minime față de talveg pe baza statisticii pixelilor atinși de fiecare sector. S-au identificat astfel 8 clase ale diferenței de nivel, după cum se arată în legenda figurii 5.5, lungimea de drum pentru fiecare clasă fiind indicată de histograma redată în figura 5.6.



Fig. 5.5. Delimitarea sectoarelor drumului forestier Valea Adâncă de Jos pe clase în funcție de diferența de nivel între cota talvegului și cota drumului.

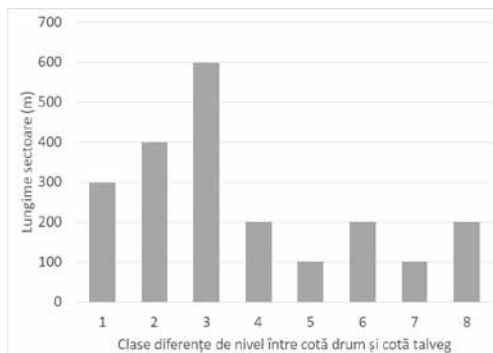


Fig. 5.6. Lungimea sectoarelor drumului forestier Adâncă de jos pe clase ale diferenței de nivel între cota talvegului și cota drumului.

Ponderându-se fiecare din aceste lungimi cu valoarea corespunzătoare centrului fiecărei clase a rezultat ΔH_T^D medie pe întregul traseu al drumului. Valoarea obținută (1,80) este înscrisă în coloana 6 la nr. crt. 1 din tabelul 5.3, ea fiind utilizată pentru a estima gradul de expunere al drumului forestier Valea Adâncă de Jos care are o amplasare paralelă față de traseul viiturii, reprezentat de albia principală a acestei văi. Pentru restul cazurilor, fiind vorba de afluenți care sunt traversați pe la gura lor de drumul forestier, diferența de nivel ΔH_T^D s-a măsurat fie pe verticala centrului de greutate al platformei de drum din dreptul podețului existent (cazurile 8-11 din tabel), fie pe verticala punctului de confluență cu albia principală din bazin (până la drum - cazurile 4 și 7 din tabel), fie, în sfârșit, pe verticala din extremitatea aval a sectorului terminal de drum, apreciat ca fiind predispus la distrugere/avariere în urma aportului de debit provenit din bazinele de recepție

existente în amonte (5 și 6 în tabel), a căror secțiune de control este situată la o foarte mică distanță de punctul terminus al drumului forestier.

Privitor la lungimea avariata (L_D) se menționează că, pentru toate bazinele hidrografice ale afluenților unde drumul traversează albia sau drumul se află pe direcția acesteia, dar în aval de secțiunea de control, s-a admis relația empirică $L_D = 7 \cdot L_a$, în timp ce pentru întregul bazin hidrografic s-au luat în considerare sectoarele din albia principală care îndeplinesc condiția $\Delta H_T^D \leq 1,0$ m, la care s-a adăugat și lungimea cumulată a sectoarelor de pe afluenți, apreciate că sunt vulnerabile la acțiunea viiturilor.

Costul unitar mediu al refacerii sectoarelor de drum avariate ori distruse s-a adoptat ca fiind de 70 euro/metru; acest cost a fost dedus din valoarea de 300.000 lei, admisă, în urma discuțiilor cu câțiva specialiști în domeniu, ca reprezentând un cost mediu (aproximativ) pentru punerea în operă a unui kilometru de drum forestier în condițiile fizico-geografice ale României.

Dacă se ține seama de cea de a doua formă de exprimare a indicelui R, redată în tabelul 5.5 și dacă ecartul valorilor obținute se împarte în 4 intervale de mărime egală, distribuția de frecvență obținută este ușor asimetrică (fig. 5.7), foarte apropiată de o distribuție normală. Ea arată că pentru 6 din cele 11 bazine hidrografice testate riscul la viituri torențiale este de nivel mediu, în timp ce alte 3 bazine hidrografice se

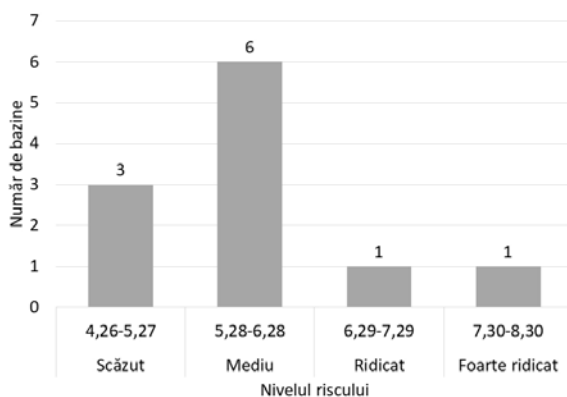


Fig. 5.7. Histograma de frecvență a bazinelor hidrografice testate în funcție de nivelul riscului la viituri torențiale

încadrează în categoria „*risc scăzut la viituri torențiale*”. În categoriile „*risc ridicat*” și „*risc foarte ridicat*” a fost identificat câte un singur bazin hidrografic.

În consecință, în condițiile unor fonduri de investiție reduse, ordinea de intervenție cu lucrări hidrotehnice de corectare a torenților ar trebui să fie următoarea: în prima urgență fondurile trebuie alocate pentru cele două bazine hidrografice identificate cu nivel de risc ridicat și foarte ridicat, iar în cea de a doua urgență pentru cele 6 bazine hidrografice identificate cu nivel de risc mediu. Pot fi amânate la amenajare cele 3 bazine hidrografice clasificate la categoria „*risc scăzut*”.

Pe de altă parte, avantajul rezultat în urma determinării indicelui de risc (R) pentru fiecare bazin hidrografic în parte poate fi utilizat și în sensul ierarhizării priorităților de intervenție asupra bazinelor încadrate în aceeași urgență. Spre exemplu, pentru grupul celor 6 bazine hidrografice amintite mai înainte, dacă se recurge la o reclasificare a valorilor R , de această dată numai pentru intervalul de la 5,27 până la 6,28 atunci vom constata că 5 dintre ele se poziționează în prima jumătate a intervalului, iar unul singur în cea de a doua jumătate a intervalului. Prin urmare, acestuia din urmă i se va acorda prioritatea întâi la amenajare.

5.3. Aplicarea metodologiei propuse pentru estimarea indicelui de risc la viituri torențiale. Studiu de caz: bazinul hidrografic Tărlung (amonte de Acumularea Săcele)

5.3.1. Aspecte introductive

Pentru a valida metodologia testată preliminar prin aplicația prezentată la §5.2 la nivelul unei populații bazinale cu volum mult mai mare, capabilă să

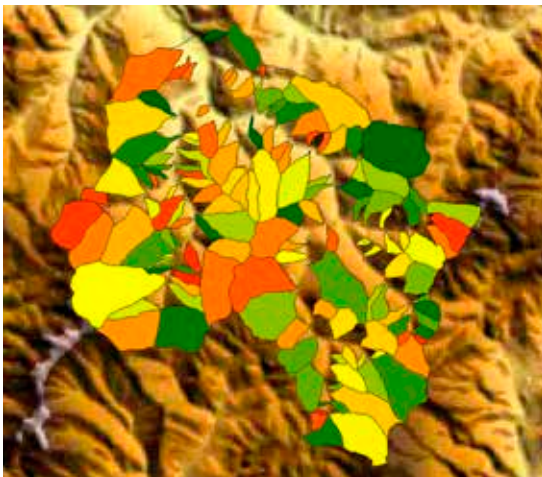


Fig. 5.8. Delimitarea, pe cale digitală, a bazinelor hidrografice luate în studiu.

acopere mai bine anumite criterii de reprezentativitate (privind suprafața, panta, gradul de împădurire etc.), s-au ales cele 142 de bazine hidrografice mici, predominant forestiere, care au format obiectul unor cercetări anterioare (Niță, 2011; Niță et al., 2011) și care sunt localizate în amonte de barajul acumulării Săcele, ca afluenți direcți ai râurilor și pâraielor din această zonă: Tărlung, Doftana, Tigăile, Valea Dracului, Valea Zimbrului ș.a. (fig. 5.8).

Suprafața bazinelor hidrografice luate în studiu variază de la 5,56 ha până la 672,8 ha, distribuția de frecvență pe categorii de suprafață fiind cea arătată în figura 5.9.

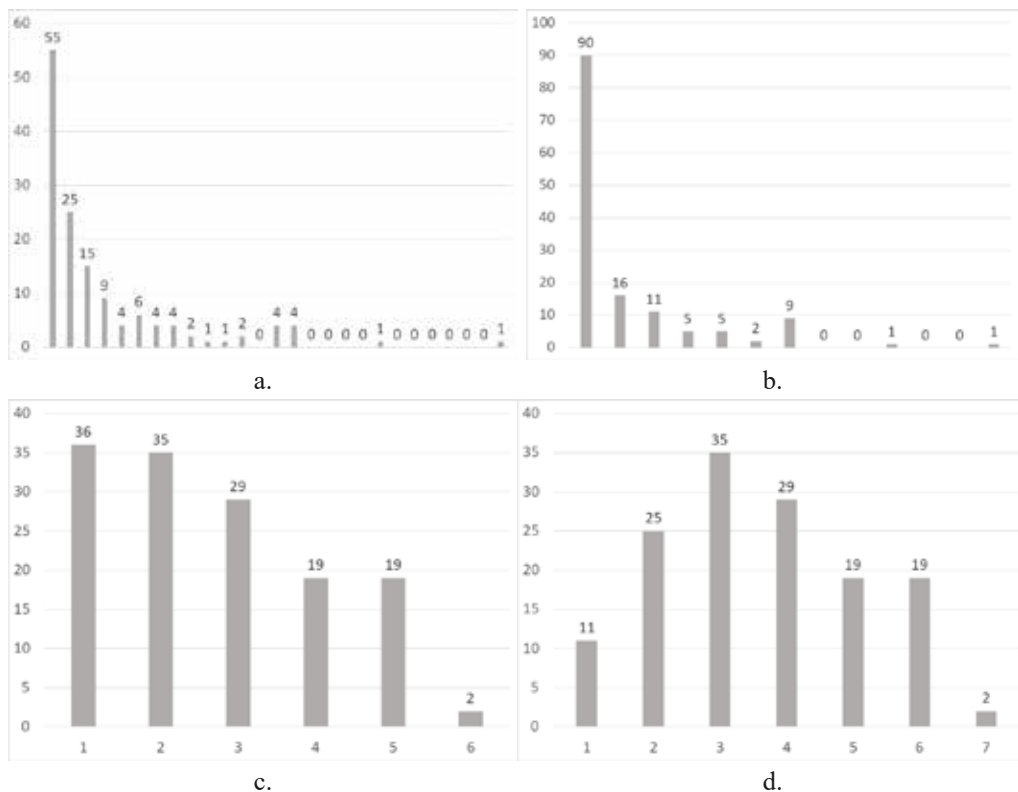


Fig. 5.9. Distribuția bazinelor hidrografice studiate pe categorii de suprafață:
a și b – intervale de clasă egale (25 și 50 ha);
c și d – intervale de clasă inegale (delimitate în progresie geometrică).

În cele ce urmează, întreaga aplicație este bazată pe utilizarea tehnicilor geomatice, fiind vorba în special de funcții și algoritmi GIS pentru aplicarea automatizată a metodologiei de calcul și tehnici de teledetecție (unde este cazul) pentru extragerea datelor de intrare.

5.3.2. Algoritmul de calcul al indicelui de risc datorat gradului de torențialitate

Pentru fiecare bazin hidrografic în parte au fost determinate mai întâi următoarele două elemente (fig. 5.10):

- Gradul de torențialitate al scurgerii lichide, exprimat prin coeficientul K_{TOR} , și
- Gradul de torențialitate al scurgerii solide, exprimat prin coeficientul K_{ERO} .



q_etalon	Cnormal	Cmax	Cmin	Qmax_norma	Qmax_max	Qmax_min	Ktor
0.497674643469	0.32862772	0.37930713	0.32862772	6.20612432992	7.24431466732	6.20612432992	0
0.539576291895	0.35022958	0.36821052	0.35022958	4.0350127588	4.64598842185	4.0350127588	0
0.380253290037	0.33145371	0.36912321	0.31912321	19.8616371895	22.121253257	19.1247704807	0.3
0.384719873989	0.32884908	0.36326541	0.31336542	18.9078257932	25.8000953914	18.0061476246	0.4
0.573511366513	0.30435243	0.33435243	0.30435243	2.96018060491	2.98080286257	2.96018060491	0
0.511204323237	0.30961153	0.30961153	0.30961153	5.06441180484	5.88227730953	5.06441180484	0
0.386032278987	0.3281541	0.37481424	0.32481424	18.6251462908	21.2793548804	18.4454855551	0.1
0.421955243425	0.33182751	0.36526771	0.31526771	13.5971671526	14.9625244263	12.9147115778	0.4

Fig. 5.10. Captură de ecran ilustrând baza de date formată pentru fiecare bazin în parte

(Niță et al, 2011). Valorile K_{TOR} rezultate au fost grupate pe clase, obținându-se o distribuție de frecvență ușor asimetrică (fig.5.11).

Cel de-al doilea coeficient, (K_{ERO}), a fost determinat prin evaluarea eroziunii solului, potrivit ecuației universale a eroziunii (USLE):

$$K_{ERO} = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (5-1)$$

unde:

K_{ERO} este cantitatea anuală de sol erodat pe unitatea de suprafață ($t \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$)

R – factorul pluvial ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm oră}^{-1} \text{ an}^{-1}$);

K – factorul erodabilității solului ($t \text{ ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ ha mm}^{-1} \text{ oră}^{-1} \text{ an}^{-1}$);

L – factorul lungimii versantului;

S – factorul pantei;

C – factorul învelișului vegetal;

P - factorul măsurilor antierozionale

În acest scop, au fost utilizate metodele descrise la §3.2, apelându-se la proceduri geomatice pentru a acoperi volumul mare de lucru într-un timp redus.

Primul coeficient, K_{TOR} , a fost determinat cu formula propusă la paragraful amintit, iar valoarea debitului a fost determinată prin metoda „diagramei morfo-etalon”. Pentru automatizarea determinărilor a fost utilizată o metodologie concepută anterior

Astfel, la nivel de celulă, s-a putut estima valoarea medie a eroziunii solului pentru fiecare bazin hidrografic delimitat. Valorile K_{ERO} rezultate au fost grupate pe clase, obținându-se o distribuție de frecvență destul de apropiată de cea normală (fig.5.12).

Pentru determinarea pierderii de sol calculată pe unitatea de suprafață (t/ha) a fost folosită schema logică redată în fig. 5.13, calculul făcându-se automatizat

Odată calculați coeficienții K_{TOR} și K_{ERO} cu relația (3-8), s-a putut determina indicele de risc datorat gradului de torențialitate R_{GT} și s-a putut construi distribuția de frecvență a acestui indice (fig. 5.14). În final, i-a fost atribuită spațialitate acestui indice, prin conectarea valorilor rezultate (anexa 1) din poziția geografică a bazinelor hidrografice luate în studiu (fig. 5.15).

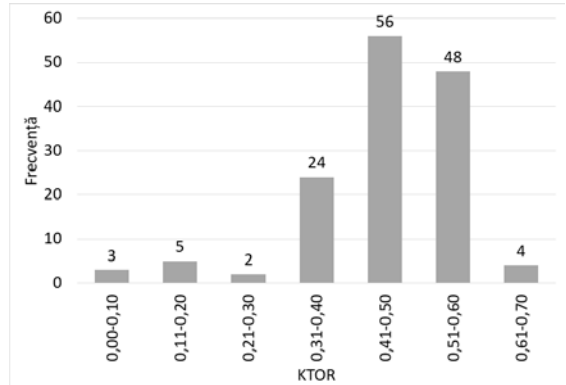


Fig. 5.11. Distribuția bazinelor hidrografice studiate pe clase ale coeficientului de torențialitate al scurgerii lichide (K_{TOR}).

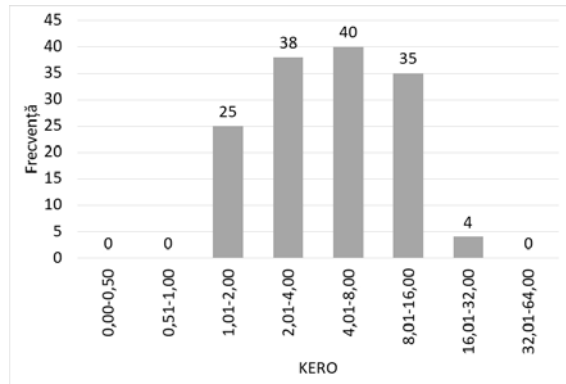


Fig. 5.12. Distribuția bazinelor hidrografice studiate pe clase ale coeficientului de torențialitate al scurgerii solide (K_{ERO}).

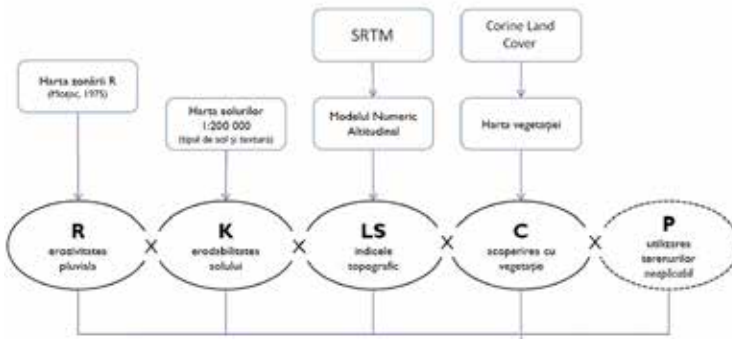


Fig. 5.13. Schema logică utilizată pentru determinarea pierderii de sol (după Terente, 2008).

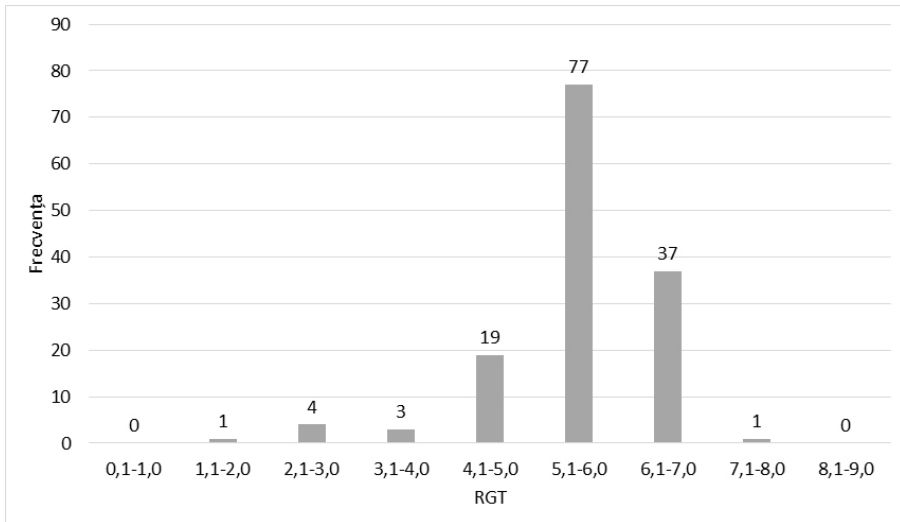


Fig. 5.14. Distribuția bazinelor hidrografice studiate pe clase ale indicelui de risc datorat gradului de torențialitate (R_{GT}).

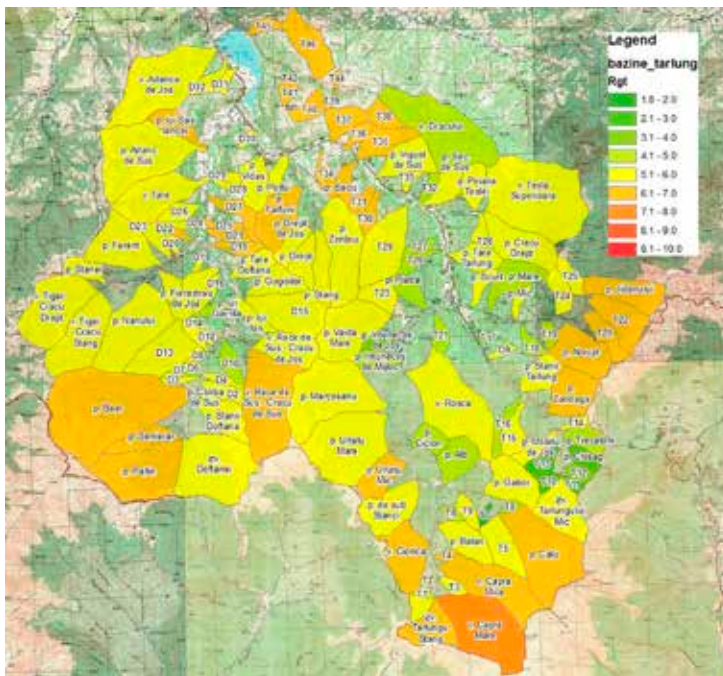


Fig. 5.15. Harta digitală a indicelui de risc datorat gradului de torențialitate (R_{GT}) în bazinul hidrografic Târlungul Superior (amonte de acumularea Săcele).

5.3.3. Algoritm de calcul al indicelui de risc datorat caracteristicilor receptorilor

Pentru cele patru caracteristici ale receptorilor, analizate la §3.1.3 importanța economică și socială, vulnerabilitatea, gradul de expunere și amploarea pagubelor potențiale, pot fi obținute soluții interesante pentru determinarea indicelui de risc, bazate pe utilizarea tehnicilor geomatice, mai ales pentru ultimele două caracteristici.

Dar cum amploarea pagubelor potențiale este o consecință directă a gradului de expunere, în cele ce urmează se insistă în special asupra acestuia din urmă, distingându-se două cazuri:

- cazul drumurilor și
- cazul lacurilor de acumulare.

5.3.3.1. Cazul drumurilor

Rezultatul operației de cuantificare a expunerii poate avea o utilizare mult mai largă dacă determinarea pornește de la nivelul de celulă și se finalizează printr-un model digital al expunerii. Cu alte cuvinte, în loc de expunerea unui anumit receptor putem vorbi, într-o primă fază, de expunerea fiecărei celule față de celula de pe albie la care aceasta este tributară. Evident, cu cât depărtarea celulei în cauză este mai mare față de celula de pe albie, cu atât expunerea este mai redusă.

Pentru o asemenea manieră de abordare au fost folosite proceduri și funcții specifice GIS, conform schemei redată în figura 5.16.

Metodologia propusă se structurează în mai multe etape, după cum urmează (Tudose et al., 2020):

Etapa 1: Recondiționarea modelului digital de elevație (DEM) – fill sinks/ remove peaks

Modelul digital de elevație este cel care permite algoritmului să ia în considerare elementele morfometrice implicate în prognoza debitului maxim de viitură și a transportului de aluviuni, ca principali indicatori ai gradului de torențialitate ai bazinului.

Pentru studiul de caz a fost utilizat un model digital de elevație cu o celulă (pixel) de 30 de metri, derivat din modelul disponibil gratuit SRTM. Pentru a asigura funcționarea algoritmului, modelul amintit a fost supus unor ajustări prealabile, necesare pentru a evita determinarea unor valori eronate. Recondiționarea DEM-ului a constat în eliminarea depresiunilor și a vârfurilor anormale din zona morfometrică ce corespunde unei văi.

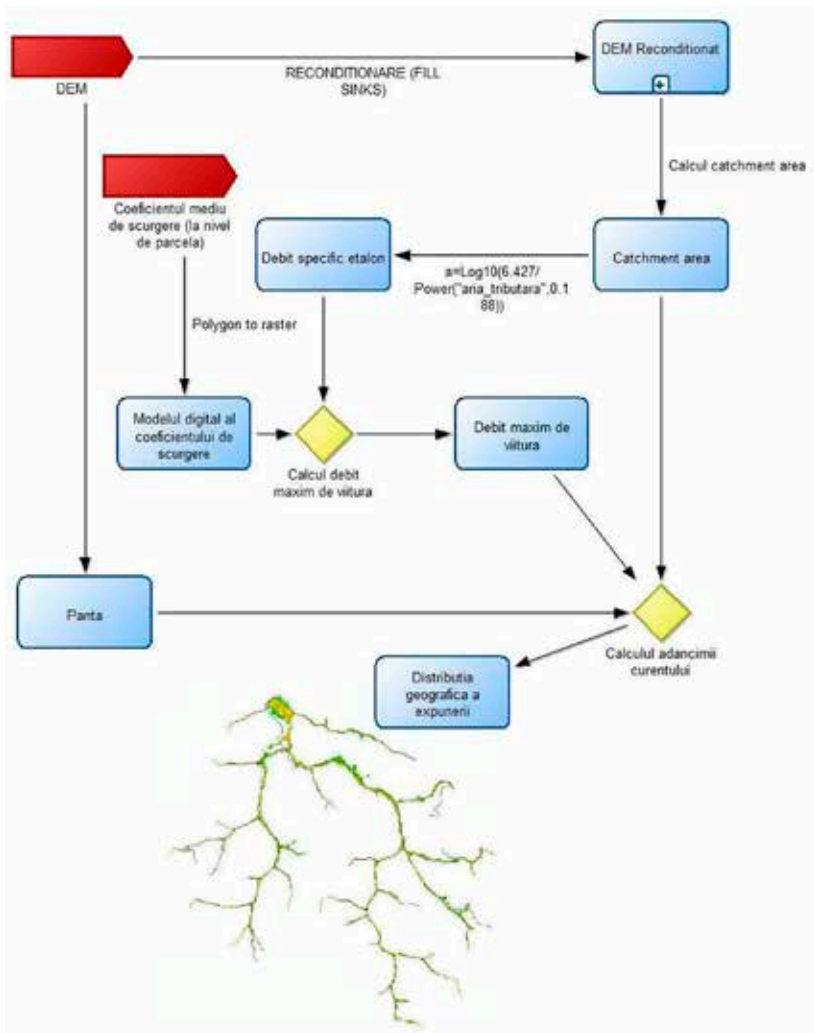


Fig. 5.16. Schema logică de calcul pentru obținerea distribuției geografice a expunerii (catchment area = arie tributară).

Etapa 2: Determinarea ariei tributare (catchment area)

Aria tributară pentru fiecare pixel (fig. 5.17.) este determinată ca sumă dintre aria propriu-zisă a pixelului respectiv și suprafața pixelilor din amonte a căror scurgere trece total sau parțial prin pixelul luat în studiu (Niță, 2008). Pentru realizarea acestei operații, direcțiile de scurgere pot fi determinate prin diferite metode (D8, D ∞). În cazul de față a fost utilizat algoritmul D8.

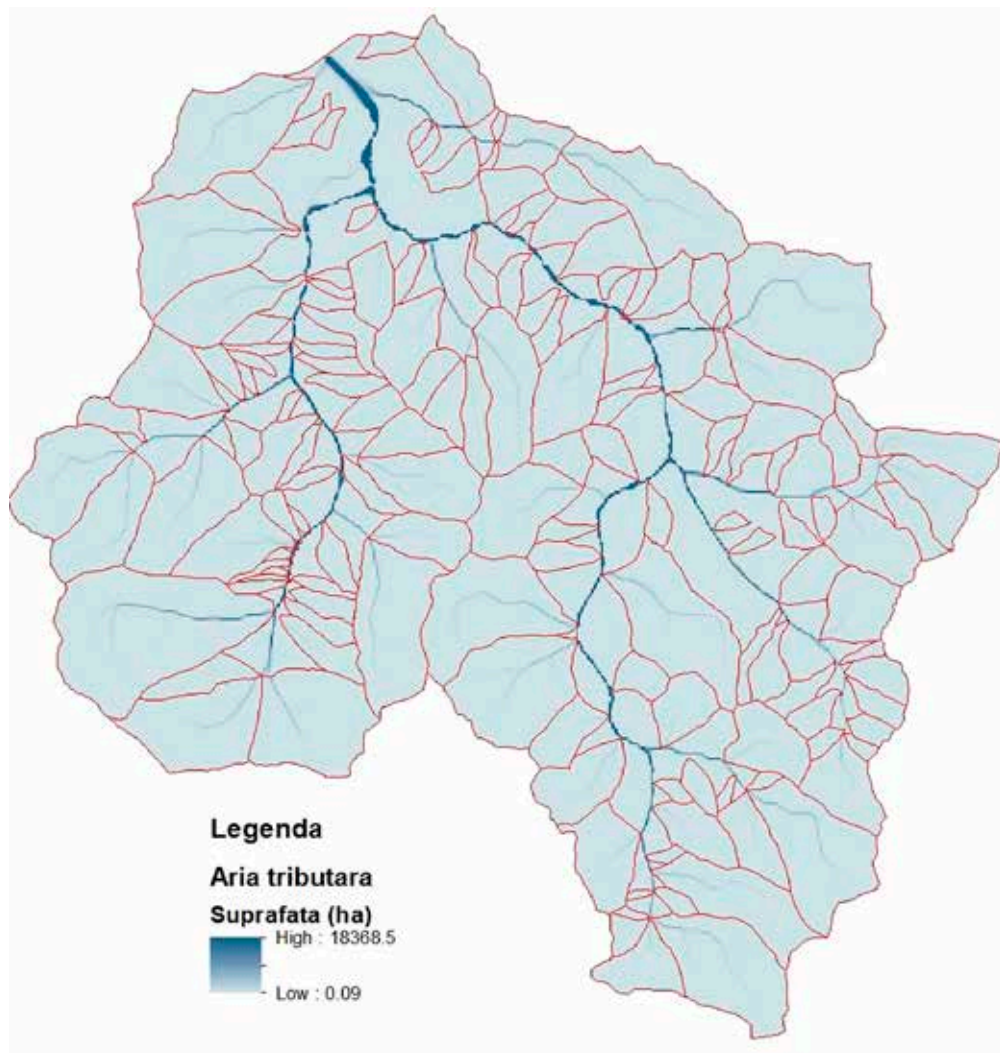


Fig. 5.17. Aria tributară determinată la nivel de celulă.

Etapa 3: Calculul debitului specific maxim etalon și crearea modelului digital al lățimii albiei

Acest calcul s-a realizat la nivel de celulă prin utilizarea ecuației generatoare a diagramei morfo-etalon (Clinciu, 1991), în varianta stabilită de autor pentru bazine hidrografice de ordinul II (sistemul Strahler). Ecuația se aplică rasterului care conține informații despre aria tributară. Mai jos este prezentat modul de scriere a ecuației într-un meniu de tip raster calculator:

$$\text{Raster} = \text{Log10}(6.427/\text{Power}(\text{raster_aria_tributara}, 0.188)) \quad (5-2)$$

Singurul dezavantaj în acest calcul îl reprezintă faptul că metoda se referă strict la debitele de pe văi. Cum însă aria tributară se calculează la nivelul fiecărei celule, vor apărea zone cu valori ale debitului „eronate”, nu din punct de vedere matematic, ci din punctul de vedere al ipotezei. Iată de ce, pentru a se elimina acest paradox matematic, s-a recurs la o constrângere a calculului numai asupra celulelor care se află pe albie. „Constrângerea” s-a realizat prin transformarea rasterului care conține aria tributară într-un raster care conține lățimea albiei. Se creează, astfel, o mască care obligă algoritmul să ia în considerare numai celulele dispuse în lungul albiei.

S-a utilizat pentru această operație o ecuație în care lățimea albiei (fig. 5.18) a fost exprimată numai în funcție de suprafața bazinului, conform celor arătate la §3.2, fiind eliminate celulele care au o lățime a albiei mai mică de 1 m (condiție minimă pentru a admite că zona în cauză este o vale din punct de vedere morfometric). În meniul de tip raster calculator avem:

$$\text{Raster} = 0.575 * \text{Power}(\text{raster_aria_tributara}, 0.363) \quad (5-3)$$

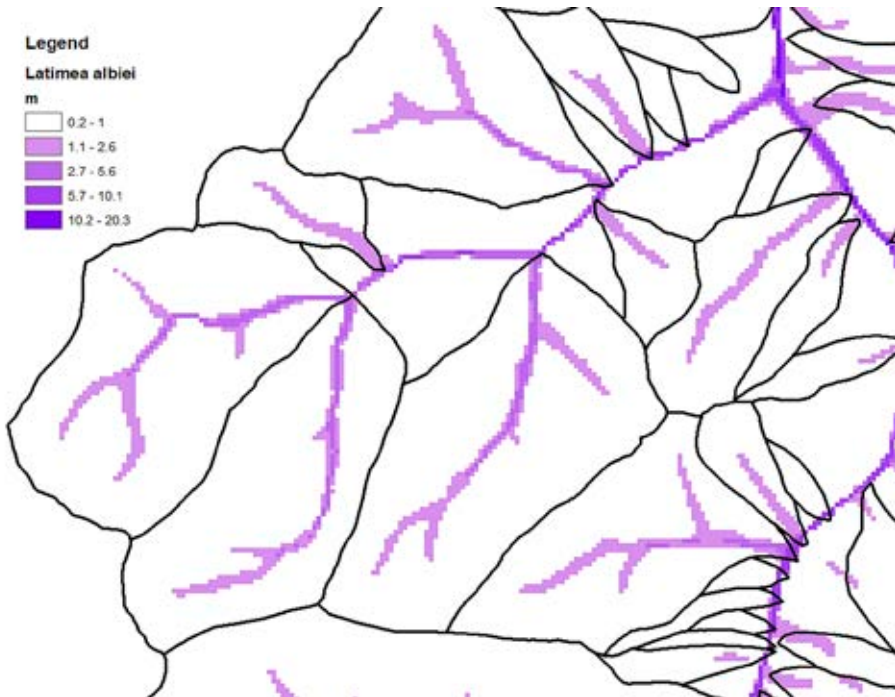


Fig. 5.18. Modelul digital al lățimii albiei.

Etapa 4: Determinarea coeficientului mediu de scurgere și crearea modelului digital al acestei mărimi

Importanța acestei etape este hotărâtoare, mai ales în privința calității valorilor pe care le livrează algoritmul. Cu alte cuvinte, precizia de determinare a coeficientului de scurgere se răsfrânge direct asupra preciziei de estimare a gradului de expunere.

Din această cauză, în funcție de datele disponibile și de importanța studiului, se pot utiliza numeroase metode de calcul al coeficientului de scurgere, de la metoda Frevert la metoda Apostol, pe numeroase seturi de date, furnizate de Corine Land Cover sau de către Amenajamentul silvic, sau chiar date culese din teren special pentru acest scop.

Algoritmul folosește datele despre coeficientul mediu de scurgere stocate în format raster; dacă aceste date sunt stocate în format vectorial ele trebuie transformate cu o funcție de tip „*polygon to raster*”. Rezultatul etapei este un model digital care prezintă distribuția geografică a coeficientului mediu de scurgere (fig. 5.19).

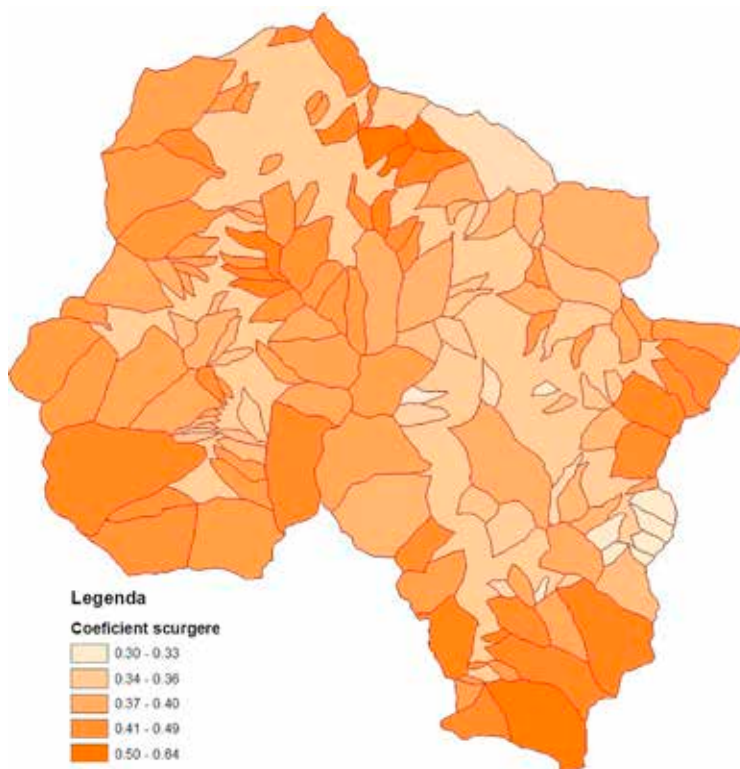


Fig. 5.19. Modelul digital al coeficientului mediu de scurgere.

Etapa 5. Calculul debitului maxim de viitura ($Q_{max 1\%}$) și realizarea modelului digital al acestei mărimi

Și acest calcul se realizează la nivel de celulă, utilizând rasterul rezultat în urma aplicării etapei 3 (debitul specific maxim etalon), rasterul din etapa 4 (coeficientul mediu de scurgere) și rasterul ce conține aria tributară (fig. 5.20.). Operația matematică este cea de înmulțire între cele 3 rezultate.

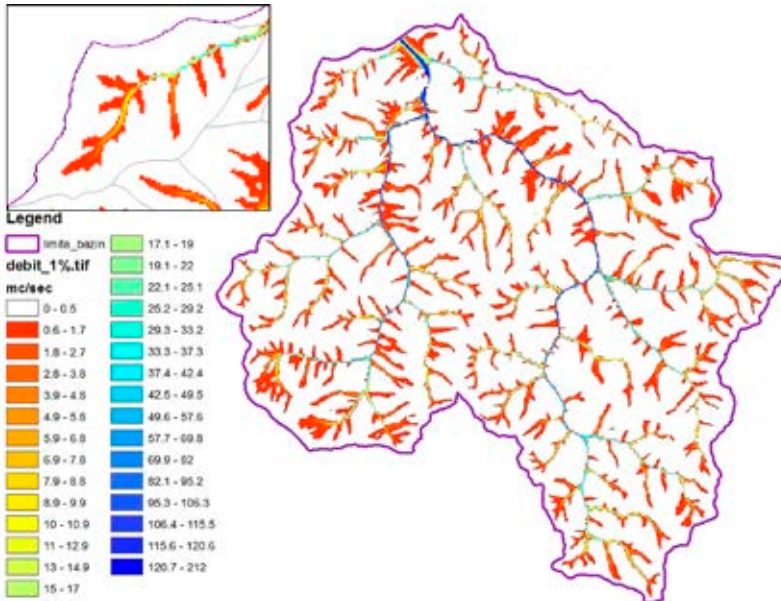


Fig. 5.20. Modelul digital al debitului maxim de viitură cu asigurarea de 1%.

Relația este următoarea:

$$\begin{aligned}
 \text{Raster} = & \text{Log}10(6.427/\text{Power}(\text{raster_aria_tributară}, 0.188)) \\
 & * \text{raster_coef_scurgere} * \text{raster_aria_tributară}
 \end{aligned}
 \tag{5-4}$$

Etapa 6. Determinarea pantei la nivel de celulă

În vederea calculului adâncimii curentului, necesară în estimarea gradului de expunere al unui receptor, se determină panta terenului, utilizând modelul digital de elevație (fig. 5.21).

Algoritmii de calcul ai pantei sunt numeroși; cert este că majoritatea folosesc aceleași principii geometrice.

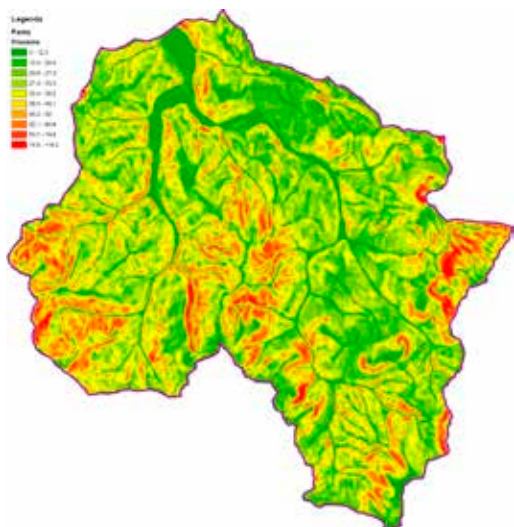


Fig. 5.21. Panta terenului redată de modelul digital de elevație.

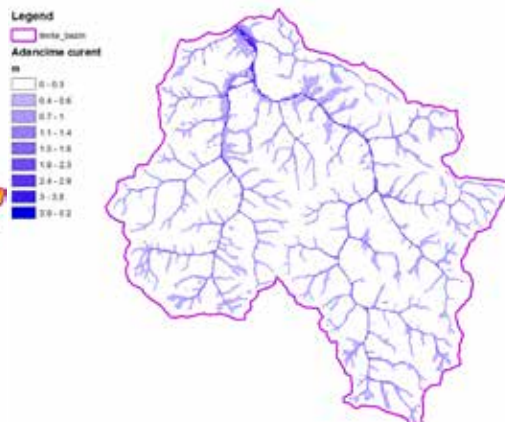


Fig. 5.22. Modelul digital al adâncimii curentului.

Etapa 7. Calculul adâncimii curentului și crearea modelului digital al acestei mărimi

Utilizând principiile metodei hidraulice (expusă la § 3.3) se determină adâncimea curentului la nivelul fiecărei celule (fig. 5.22.):

$$Raster = (0.35 / \text{Power}(\text{raster_panta} / 100, 0.3)) * (\text{Power}(\text{raster_debit_1\%}, 0.6) / \text{Power}(\text{raster_aria_tributara}, 0.2178)) \quad (5-5)$$

Etapa 8. Calculul diferenței de nivel față de valea la care este tributară celula și crearea modelului digital al acestei mărimi

Sucesiunile operațiilor în această etapă este următoarea:

- se determină pentru fiecare celulă direcția de scurgere;
- se identifică pentru fiecare celulă relațiile de tribut (celula din amonte aflată pe aceeași direcție de scurgere cu celula analizată se numește tributară);

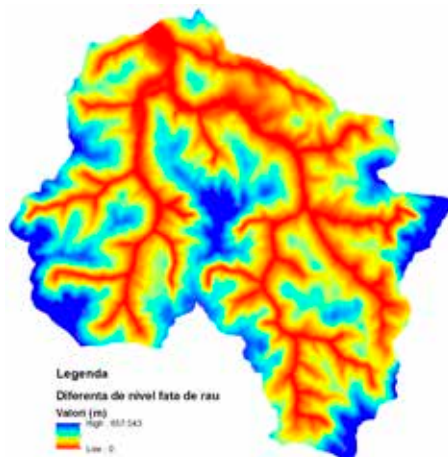


Fig. 5.23. Modelul digital al diferenței de nivel față de valea la care este tributară celula.

- se stabilește nivelul 0 prin identificarea automată a văilor (calcul automat pe baza ariei tributare);
- se determină diferența de nivel pentru celulele care sunt tributare fiecărei celule de pe văi (fig. 5.23).

Pentru a se evita paradoxul matematic de genul împărțire la 0, celulelor de pe văi (care, logic, au valoarea 0), li se adaugă 0.01 doar pentru a fi posibil calculul matematic.

Etapa 9. Calculul gradului de expunere și crearea modelului digital al gradului de expunere

Gradul de expunerea (E) se determină conform relației 3-11:

unde $h_{1\%}$ (m) este adâncimea curentului, iar ΔH^D_T (m) este diferența de nivel definită anterior (etapa 8). Într-un meniu de tip raster calculator avem:

$$Raster = 5 * raster_adâncime_curent / raster_dif_niv \quad (5-6)$$

Cu ajutorul datelor extrase din acest model (anexa 2) s-a alcătuit și distribuția de frecvență a bazinelor studiate pe intervale de clasă ale gradului de expunere (fig. 5.25.). Au fost luate în considerare numai bazinele în care există drumuri care pot fi afectate de viiturile torențiale.

Cu ajutorul datelor extrase din acest model (anexa 2) s-a alcătuit și distribuția de frecvență a bazinelor studiate pe intervale de clasă ale gradului de expunere (fig. 5.25). Au fost luate în considerare numai bazinele în care există drumuri care pot fi afectate de viiturile torențiale.

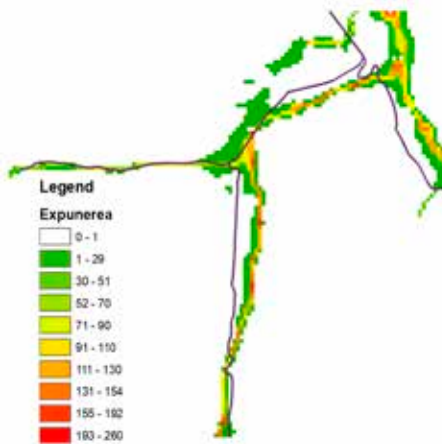


Fig. 5.24. Modelul digital al expunerii.

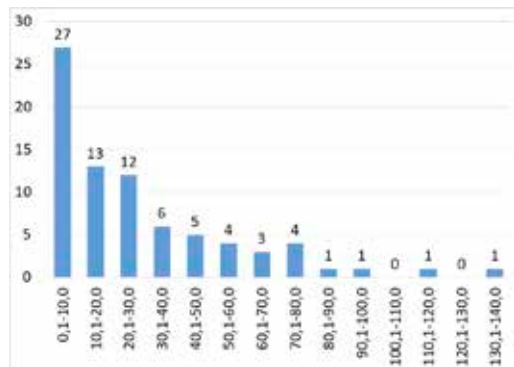


Fig. 5.25. Distribuția bazinelor hidrografice studiate pe clase ale gradului de expunere.

Etapa 10. Identificarea segmentelor de drum expuse la inundare și estimarea pagubelor potențiale

Pentru identificarea segmentelor de drum expuse la inundare (fig. 5.26) s-au intersectat vectorii care conțin drumurile studiate cu rasterul expunerii și li s-au atribuit valorile corespunzătoare. În acest mod s-a stabilit, pentru fiecare bazin în parte, care este lungimea segmentelor de drum care pot fi afectate în cazul unei viituri estimate la asigurarea de 1%. Cu ajutorul acestei lungimi, redată în anexa 2, s-a putut estima mai departe (în aceeași anexă), valoarea pagubei potențiale (convertită la scară și corectată în funcție de ponderea alocată), costurile unitare ale intervențiilor necesare pentru refacere fiind diferențiate după cum urmează (Tudose et al 2020):

- 70 euro·m⁻¹ în cazul drumurilor forestiere;
- 150 euro·m⁻¹ în cazul drumului județean;
- 1000 euro·m⁻¹ în cazul drumului național;
- 1300 euro·m⁻¹ pentru calea ferată

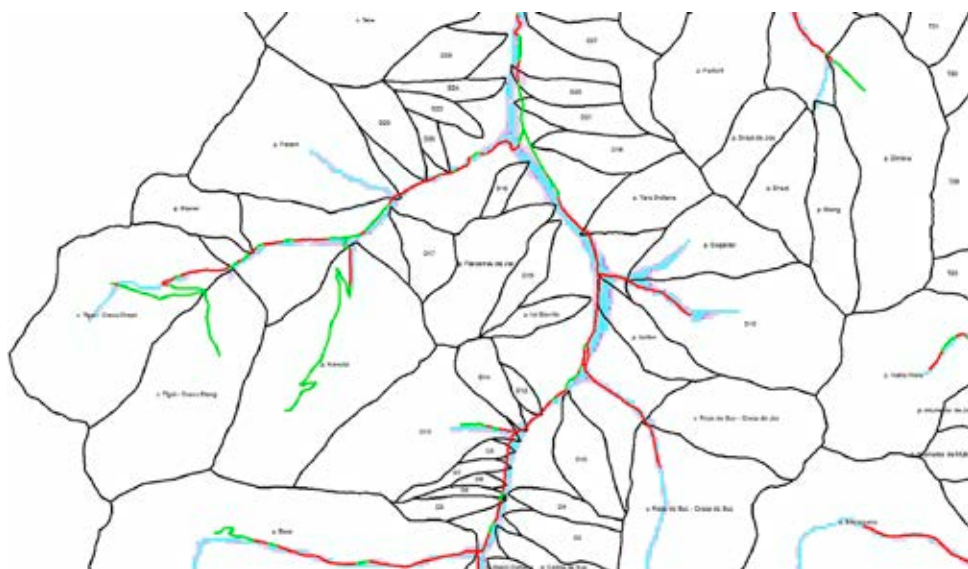


Fig. 5.26. Repartiția segmentelor de drum avariate în cadrul unor bazine hidrografice.

În urma analizei realizate au fost identificate 78 de bazine din totalul de 142, care pot avea segmente de drum avariate în cazul apariției unui debit maxim, având probabilitatea de depășire de 1%.

Etapa 11. Indicele de risc datorat caracteristicilor drumurilor

În sfârșit, utilizând rezultatele obținute pe cale geomatică pentru gradul de expunere și pentru amploarea pagubelor potențiale, dar ținând seama și de celelalte două caracteristici ale receptorilor (importanța economico-socială și vulnerabilitatea drumurilor, conform abordării de la § 3.2.3.1), s-au putut stabili valorile indicelui de risc datorat caracteristicilor drumurilor.

Pe baza datelor obținute (tab. 5.6.), a putut fi elaborată harta digitală a indicelui de risc indus de caracteristicile tehnico-funcționale ale drumurilor existente în bazinul superior al Târlungului (fig. 5.27). De asemenea, a fost întocmită și reprezentată distribuția de frecvență a acestui indice, fiind considerate două variante de mărime ale intervalului de clasă, după cum se poate observa din figura 5.28.

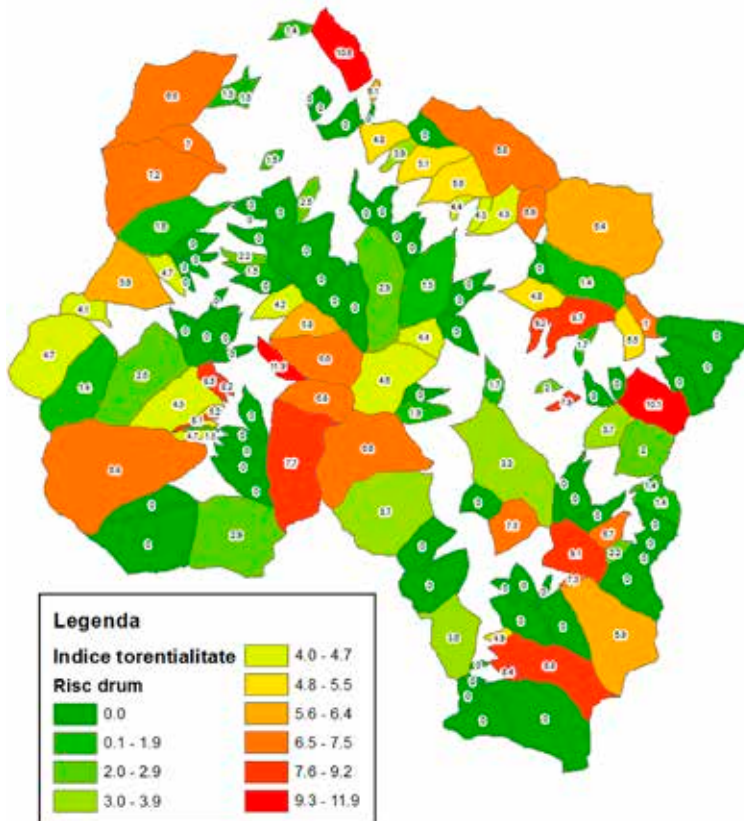


Fig. 5.27. Distribuția indicelui de risc datorat caracteristicilor drumurilor,

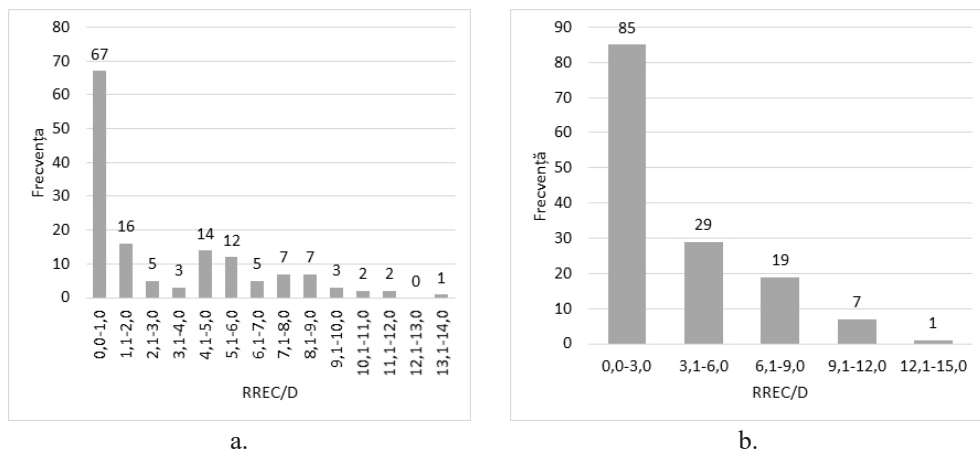


Fig. 5.28. Distribuția bazinilor hidrografice studiate pe clase ale indicele de risc datorat caracteristicilor drumurilor (R_{REC}^D):

a. interval de clasă 1,0;

b. interval de clasă 3,0.

5.3.3.2. Cazul unui lac de acumulare

În cazul unui lac de acumulare, aportul GIS este adus la identificarea și măsurarea distanței de la gura de vărsare a fiecărui bazin în parte și până la barajul lacului de acumulare pentru care se realizează studiul (fig. 5.29.). Odată aplicată funcția, se pot finaliza calculele conform propunerii de la §3.2.3.1. Rezultatele obținute sunt sintetizate și în figura 5.30., unde distribuția indicelui

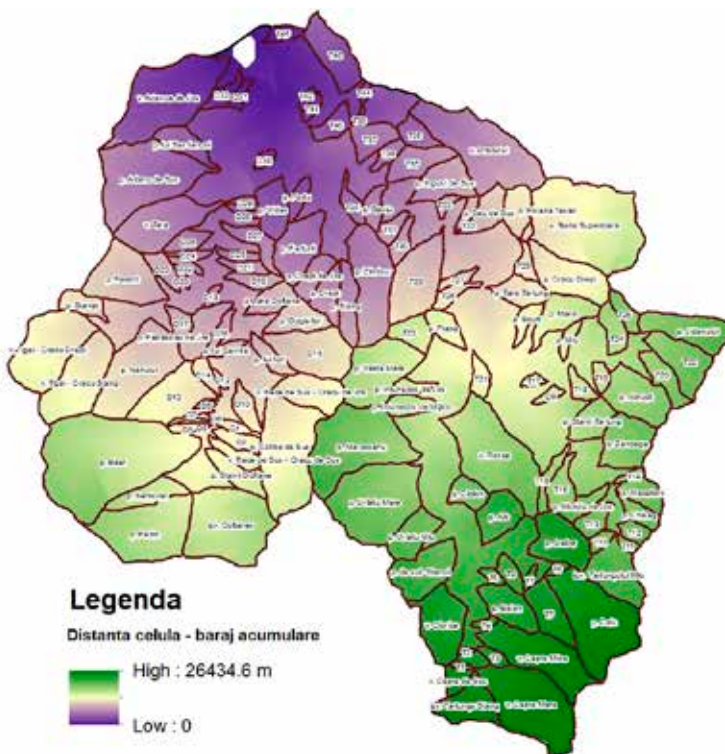


Fig. 5.29. Harta distanțelor până la barajul acumularii Săcele.

de risc datorat caracteristicilor lacului sunt prezentate tot în două variante ale mărimii intervalului de clasă.

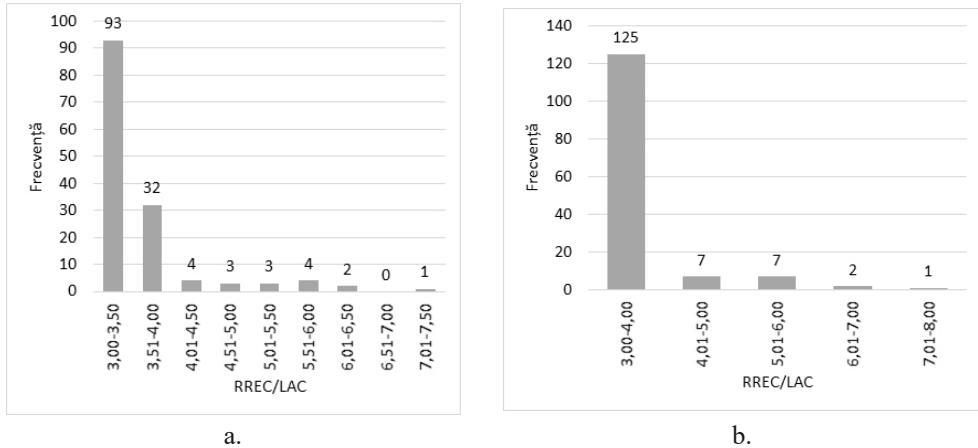


Fig. 5.30. Distribuția bazinelor hidrografice studiate pe clase ale indicele de risc datorat caracteristicilor lacului de acumulare (R_{REC}^{LAC}):

a. interval de clasă 0,5;

b. interval de clasă 1,0.

5.3.3.3. Cazul tuturor receptorilor

Pe baza datelor stabilite și redate centralizat în tabelul 5.6., s-a putut elabora harta digitală bazinală din figura 5.31., referitoare la indicele de risc datorat caracteristicilor tuturor receptorilor (drumurile și lacul de acumulare).

5.3.4. Indicele de risc datorat gradului de torențialitate și caracteristicilor receptorilor (Indicele riscului la viituri torențiale)

În urma cuplării dintre indicele de risc datorat gradului de torențialitate și indicii de risc calculați separat pentru cele două tipuri de receptori (drumuri și lac), s-au putut ierarhiza toate cele 142 de bazine hidrografice luate în considerare din punctul de vedere al riscului torențial pe care acestea îl prezintă (Anexa 4).

Pe baza valorilor astfel obținute s-a putut genera o hartă digitală (fig. 5.26.) cu ajutorul căreia se poate gândi, după un criteriu obiectiv, atât alocarea rațională a fondurilor cât și prioritizarea viitoarelor investiții în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale din această importantă zonă forestieră a țării.

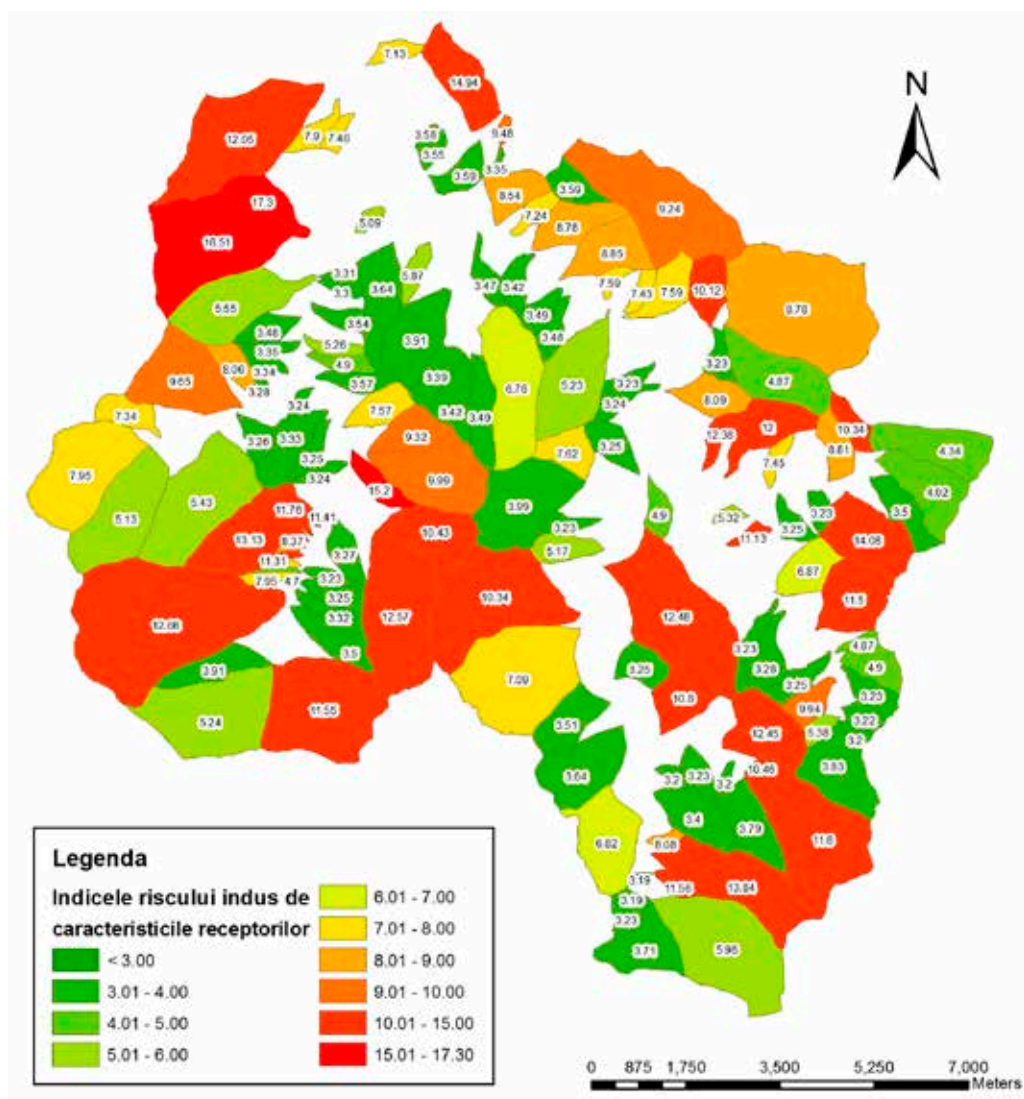


Fig. 5.31. Harta digitală a indicelui de risc datorat caracteristicilor receptorilor (R_{REC}) în bazinele hidrografice mici, predominant forestiere, de pe Valea Tărlungului (amonte de barajul acumularii Săcele).

5.4. Identificarea bazinelor susceptibile a genera viituri torențiale și a rețelei hidrografice cu predispoziție la torențialitate și eroziune din teritoriul administrat de INCDS Marin Drăcea prin Baza Experimentală Caransebeș

5.4.1. Identificarea obiectivelor afectate de viiturile torențiale

În teritoriul studiat, nu s-au executat lucrări de amenajare a albiilor torențiale, procesele de torențialitate periclitând obiectivele economice și sociale. Principalele obiective care reclamă protecție împotriva viiturilor torențiale sunt: localitățile traversate sau limitrofe rețelei hidrografice, drumurile (publice și forestiere) și terenurile silvice și agricole.

Localitățile limitrofe bazinelor hidrografice studiate, care pot fi afectate de viiturile torențiale sunt: Tincova, Peștere, Maciova, Turnu Ruieni, Borlova, Vârciorova și Sat Bătrân.

În afara de localități, viiturile pot afecta și alte obiective de interes major, dintre care se menționează, în primul rând, **rețeaua de drumuri auto**.

În funcție de categoria drumurilor se desprind două situații:

- rețeaua de drumuri publice traversată sau adiacentă rețelei hidrografice din bazinele studiate: DN6-E70 București-Timișoara, DJ680A Maciova-Ciuta-Obreja; DJ608A Caransebeș-Stațiunea turistică Muntele Mic, DJ608C Slatina-Timiș-Vârciorova, DC22 comuna Armeniș.
- rețeaua de drumuri forestiere aflate în administrarea B.E. Caransebeș, care asigură accesibilizarea fondului forestier: 34 drumuri forestiere, cu o lungime totală de 120,38 km, din care în pădure 95,38 km și 25,00 km în afara pădurii.

Nu în ultimul rând consolidarea **terenurilor silvice** din imediata apropiere a rețelei hidrografice trebuie să constituie un obiectiv permanent în activitatea administrației silvice.

La pagubele, produse sau potențiale, asupra obiectivelor menționate se mai pot adăuga și altele, mai greu evaluabile în bani. Dintre acestea amintim înălțarea patului albiilor ca urmare a depunerilor eterogene de aluviuni cu efect asupra diminuării secțiunilor de scurgere a debitelor de viitură care are ca efect inundarea terenurilor riverane, cuprinse în fondul forestier, în pășuni sau terenuri agricole și degradarea peisajului acestui teritoriu, de mare afluență turistică datorită pitorescului natural deosebit.

5.4.2. Bazine hidrografice susceptibile a genera viituri torențiale

Cercetările au vizat un număr de 17 sub-bazine hidrografice din bazinul hidrografic al râului Timiș (tab. 5.6., fig. 5.33.), cu o suprafață totală de 18.464 ha, având ca scop evaluarea riscului la inundații și propunerea de măsuri de limitare a efectelor acestora pe teritoriul administrat de B.E. Caransebeș. Sub-bazinele au fost alese astfel încât fondul forestier existent să fie administrat preponderent de B.E. Caransebeș și să existe obiective silvice, drumuri și localități care trebuie apărate, necesitând în acest sens o evaluare a impactului pe care viiturile torențiale îl au asupra lor.

Gradul de torențialitate a fost estimat pe baza metodei fundamentate de Radu Gaspar în 1967 și îmbunătățită succesiv (Tudose 2012; Clinciu et. al, 2013).

Cele trei situații au fost simulate, pentru cele 17 bazine hidrografice luate în studiu din teritoriul cercetat, folosind sistemul de cartare hidrologică (tab 5.7) propus de Alexandru Apostol (Munteanu et al, 1991, 1993; Clinciu, 2001), cu mențiunea că și pentru terenurile agricole a fost extins sistemul de cartare avut în vedere pentru fondul forestier. Analiza bonității hidrologice a terenurilor a dus la următoarele concluzii:

- terenurile cu eficiență hidrologică ridicată (A) ocupă o suprafață de 2.948 ha (14%);
- terenurile cu eficiență hidrologică mijlocie (B) ocupă o suprafață de 11.908 ha (58%);
- terenurile cu eficiență hidrologică redusă (C) ocupă o suprafață de 934 ha (4%);
- terenurile cu eficiență hidrologică scăzută (D) ocupă o suprafață de 5.005 ha (24%).

Deși din datele prezentate reiese că, pentru întreaga suprafață studiată (20.795 ha), terenurile cu eficiență hidrologică ridicată și mijlocie reprezintă 72%, repartiția diferitelor categorii de eficiență hidrologică prezintă variații semnificative pe sub-bazinele hidrografice analizate, în funcție de: procentul de împădurire, structura arboretelor, existența terenurilor degradate etc.

Pe baza încadrării hidrologice a folosințelor și a parametrilor morfometrici și hidrologici ai bazinelor hidrografice, au fost determinați coeficienții medii de scurgere și debitele aferente celor trei ipoteze (Q , Q_{\min} și Q_{\max}), corespunzătoare situației actuale și celor două situații ipotetice, în final fiind determinat gradul de torențialitate al bazinelor hidrografice avute în studiu (tab. 5.7). Determinarea debitelor la asigurarea de 1% s-a făcut cu ajutorul *Formulei raționale varianta I*.

Tabel 5.6. Parametrii morfometrici și hidrologici ai bazinului analizate

Nr. crt.	Cod bazin	Bazinul hidrografic	Suprafața	Parametrii morfometrici și hidrologici ai bazinului													
				Parametrii morfometrici ai bazinului				Parametrii morfometrici ai bazinului				Parametrii hidrologici ai bazinului					
				Lungimea albiei principale	Lungimea rețelei hidrografice	Panta albiei principale	Panta medie a versanților	Lungimea de calcul a versanților	min	m	min	min	min	min	min	min	min
1	I_1	Pr. Radului	1015	6691	55737	0,048	0,32	100	51	6,6	57,6	1,16	66,7	66,7	66,7		
2	I_2	V. Botosului	477	4700	20400	0,062	0,35	129	31,5	7,4	38,9	1,46	56,8	56,8	56,8		
3	I_3	V. Mare	839	8600	72500	0,047	0,28	110	66,2	7,2	66,2	0,99	72,5	72,5	72,5		
4	II_1	V. Viilor	1112	10220	52250	0,055	0,25	117	72,8	7,6	80,4	0,93	74,5	74,5	74,5		
5	II_2	V. Cetății	914	5900	45600	0,074	0,36	110	36,2	6,8	43,0	1,38	59,3	59,3	59,3		
6	III_1	V. Sinova	425	5950	16300	0,060	0,27	143	40,6	8,3	48,9	1,28	62,5	62,5	62,5		
7	III_2	V. Maciova	1533	6200	25000	0,080	0,42	200	36,6	8,8	45,4	1,34	60,7	60,7	60,7		
8	IV_1	V. Măloasa	591	7200	29700	0,077	0,32	109	43,3	6,9	50,2	1,26	63,3	63,3	63,3		
9	IV_2	Pr. Șerbu Mic	368	4200	13180	0,070	0,28	154	22,2	8,5	26,5	1,54	54,1	54,1	54,1		
10	IV_3	V. Slatina	1571	9600	73940	0,062	0,37	117	64,4	6,9	71,3	1,01	71,8	71,8	71,8		
11	V_1	V. Borlova	1639	11600	77500	0,069	0,35	116	73,7	7,0	80,7	0,92	74,6	74,6	74,6		
12	V_2	V. Sebeșel	1505	10400	123220	0,120	0,33	115	50,1	7,1	57,2	1,16	66,5	66,5	66,5		
13	VI_1	V. Craiului	1575	6950	56569	0,074	0,37	153	42,7	7,9	50,6	1,25	63,4	63,4	63,4		
14	VI_2	V. Cuntu	1939	10100	60747	0,076	0,34	176	8,7	61,2	69,9	1,02	71,4	71,4	71,4		
15	VII_1	V. Mare Vărciorova	1286	6700	67500	0,114	0,36	105	33,1	6,6	39,7	1,44	57,3	57,3	57,3		
16	VII_2	V. Bolvașnița	2049	10800	66713	0,085	0,41	169	61,9	8,1	70,0	1,02	71,4	71,4	71,4		
17	VII_3	V. Armeniș	1957	12400	62600	0,054	0,30	172	89,1	8,9	98,0	0,80	78,2	78,2	78,2		

Tabel 5.7. Situația actuală a bonității hidrologice a folosințelor și cele două situații ipotetice la nivelul bazinelor hidrografice studiate, coeficientul de scurgere mediu pe bazin și coeficientul de torențialitate

Nr. crt.	Cod bazin	Bazinul hidrografic	Suprafața	Ipoteza	Distribuția suprafețelor pe categorii și subcategoriile hidrologice											Coeficient de scurgere	Intensitate ploaie de calcul	Debite	Coeficient de torențialitate			
					ha															i	m ³ ·s ⁻¹	K _{tor}
					A	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	c							
1	I_1	Pr.Radului	1015	Actuală	190	6	608	0	0	66	0	115	30	0	0,33	1,16	64,8	0,23				
					870	0	0	0	0	0	115	30	0	0,3								
					0	0	0	0	0	0	885	30	100	0,42								
2	I_2	V. Botosului	477	Actuală	101	17	264	1	1	69	0	14	10	0	0,33	1,46	38,8	0,28				
					453	0	0	0	0	0	14	10	0	0,3								
					0	0	0	0	0	0	417	10	50	0,44								
3	I_3	V. Mare	839	Actuală	395	10	317	20	0	0	0	82	15	0	0,31	0,99	42,2	0,15				
					744	0	0	0	0	0	80	15	0	0,29								
					0	0	0	0	0	0	804	15	20	0,39								
4	II_1	V. Viilor	1112	Actuală	240	34	701	79	3	21	0	4	30	0	0,3	0,93	52,4	0,26				
					1082	0	0	0	0	0	0	30	0	0,28								
					0	0	0	0	0	0	1052	30	30	0,39								
5	II_2	V. Cetății	914	Actuală	75	86	686	51	0	1	0	0	15	0	0,33	1,38	69,7	0,3				
					899	0	0	0	0	0	0	15	0	0,29								
					0	0	0	0	0	0	884	15	15	0,42								
6	III_1	V. Sinova	425	Actuală	137	9	117	2	0	13	0	142	5	0	0,35	1,28	31,6	0,32				
					340	0	0	0	0	0	80	5	0	0,31								
					0	0	0	0	0	0	420	5	0	0,42								

Nr. crt.	Cod bazin	Bazinul hidrografic	Suprafața	Ipoteza	Distribuția suprafețelor pe categorii și subcategoriile hidrologice													Coeficient de scurgere	Intensitate ploaie de calcul	Debite		Coeficient de corecție		
					ha															i	mm·min ⁻¹		m ³ ·s ⁻¹	K _{cor.}
					A	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	D3	c	i							
7	III_2	V. Maciova	1533	Actuală	24	26	1148	16	1	5	0	293	20	0	0,35	1,34	118,5	0,3	-					
					Ipoteza 1	1263	0	0	0	0	250	20	0	0,31										
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1413	20	100	0,43										
8	IV_1	V. Măloasa	591	Actuală	99	85	151	3	0	149	0	92	12	0	0,35	1,26	43,7	0,37	-					
					Ipoteza 1	489	0	0	0	0	90	12	0	0,31										
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	534	12	45	0,42										
9	IV_2	Pr. Șerbu Mic	368	Actuală	8	12	196	9	2	35	0	100	5	1	0,36	1,54	34,6	0,34	-					
					Ipoteza 1	262	0	0	0	0	100	5	1	0,33										
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	358	5	5	0,43										
10	IV_3	V. Slatina	1571	Actuală	99	165	918	0	0	76	0	279	30	4	0,33	1,01	87,3	0,35	-					
					Ipoteza 1	1337	0	0	0	0	200	30	4	0,3										
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1537	30	4	0,39										
11	V_1	V. Borlova	1639	Actuală	217	242	559	90	5	72	37	366	50	1	0,33	0,92	83,1	0,37	-					
					Ipoteza 1	1288	0	0	0	0	300	50	1	0,3										
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1569	50	20	0,38										
12	V_2	V. Sebeșel	1505	Actuală	5	75	786	48	0	14	123	421	30	3	0,36	1,16	104,7	0,46	-					
					Ipoteza 1	1172	0	0	0	0	300	30	3	0,31										
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1455	30	20	0,41										
13	VI_1	V. Craiului	1575	Actuală	412	7	654	5	0	15	55	395	30	2	0,34	1,25	113,5	0,28	-					
					Ipoteza 1	1243	0	0	0	0	300	30	2	0,32										
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1525	30	20	0,42										

Nr. crt.	Cod bazin	Bazinul hidrografic	Suprafața		Ipoteza	Distribuția suprafețelor pe categorii și subcategoriile hidrologice											Coeficient de scurgere	Intenstate de ploaie de calcul	Debite			Coeficient de corectare
			F	ha		A	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	c			i	$m^3 \cdot s^{-1}$	Q	
14	VI_2	V. Cuntu	1939		Actuală	301	6	1415	30	0	2	45	79	50	11	0,32	1,02	104,9	-	-	0,26	
					Ipoteza 1	1803	0	0	0	0	75	50	11	0,29	95,5							
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1859	50	30	0,4	131,1							
15	VII_1	V. Mare Vârciorova	1286		Actuală	301	64	108	123	0	0	0	670	20	0	0,38	1,44	117	-	-	0,44	
					Ipoteza 1	816	0	0	0	0	450	20	0	0,34	104,9							
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1236	20	30	0,43	132,4							
16	VII_2	V. Bolvașnița	2049		Actuală	194	175	979	96	0	77	0	470	50	8	0,34	1,02	117,6	-	-	0,38	
					Ipoteza 1	1691	0	0	0	0	300	50	8	0,3	104,9							
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1949	50	50	0,4	138,5							
17	VII_3	V. Armeniș	1957		Actuală	150	70	612	27	1	46	0	1000	50	1	0,33	0,80	85,5	-	-	0,4	
					Ipoteza 1	1106	0	0	0	0	800	50	1	0,3	79							
					Ipoteza 2	0	0	0	0	0	1857	50	50	0,36	95,2							

Situația sintetică a gradului de torențialitate pentru bazinele hidrografice analizate este prezentată în histograma de mai jos (fig. 5.32.).

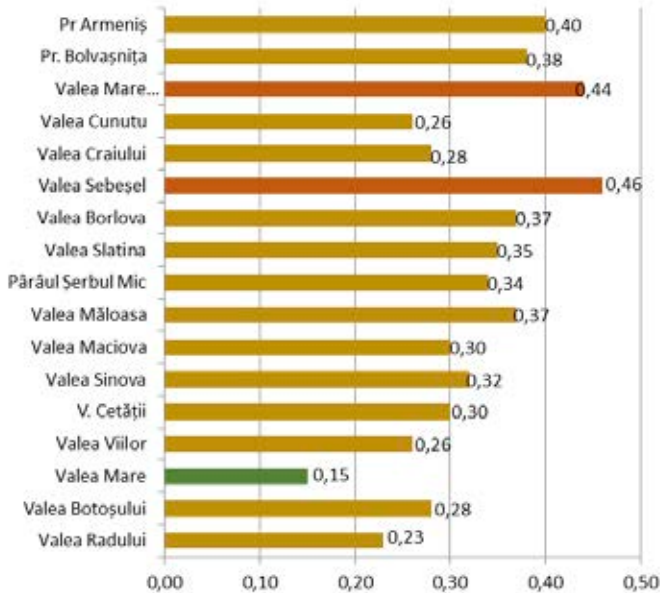


Fig. 5.32. Valorile gradului de torențialitate (K_{tor}) pentru bazinele hidrografice studiate.

Pentru clasificarea bazinetelor în funcție de torențialitatea lor, au fost stabilite 5 clase, după cum urmează:

- torențialitate slabă pentru valorile K_{tor} cuprins între 0,00 - 0,20;
- torențialitate mijlocie pentru valorile K_{tor} cuprins între 0,21 - 0,40;
- torențialitate puternică pentru valorile K_{tor} cuprins între 0,41 - 0,60;
- torențialitate foarte puternică pentru valorile K_{tor} cuprins între 0,61 - 0,80;
- torențialitate excesivă pentru valorile K_{tor} cuprins între 0,81 - 1,00.

În figura 5.33. este prezentată încadrarea bazinetelor hidrografice studiate pe clase de torențialitate, în baza coeficienților determinați în tabelul 5.7., folosindu-se un cod de culori.

Pentru sub-bazinele analizate, s-a constatat că torențialitatea este slabă pentru bazinul V. Mare din U.P. I, puternică pentru V. Sebeșel din UP V și V. Mare Vârciorova din UP VII, restul de 14 văi studiate având torențialitate mijlocie. Torencialitatea puternică a bazinetelor menționate mai sus se datorează în principal procentului mai redus de împădurire.

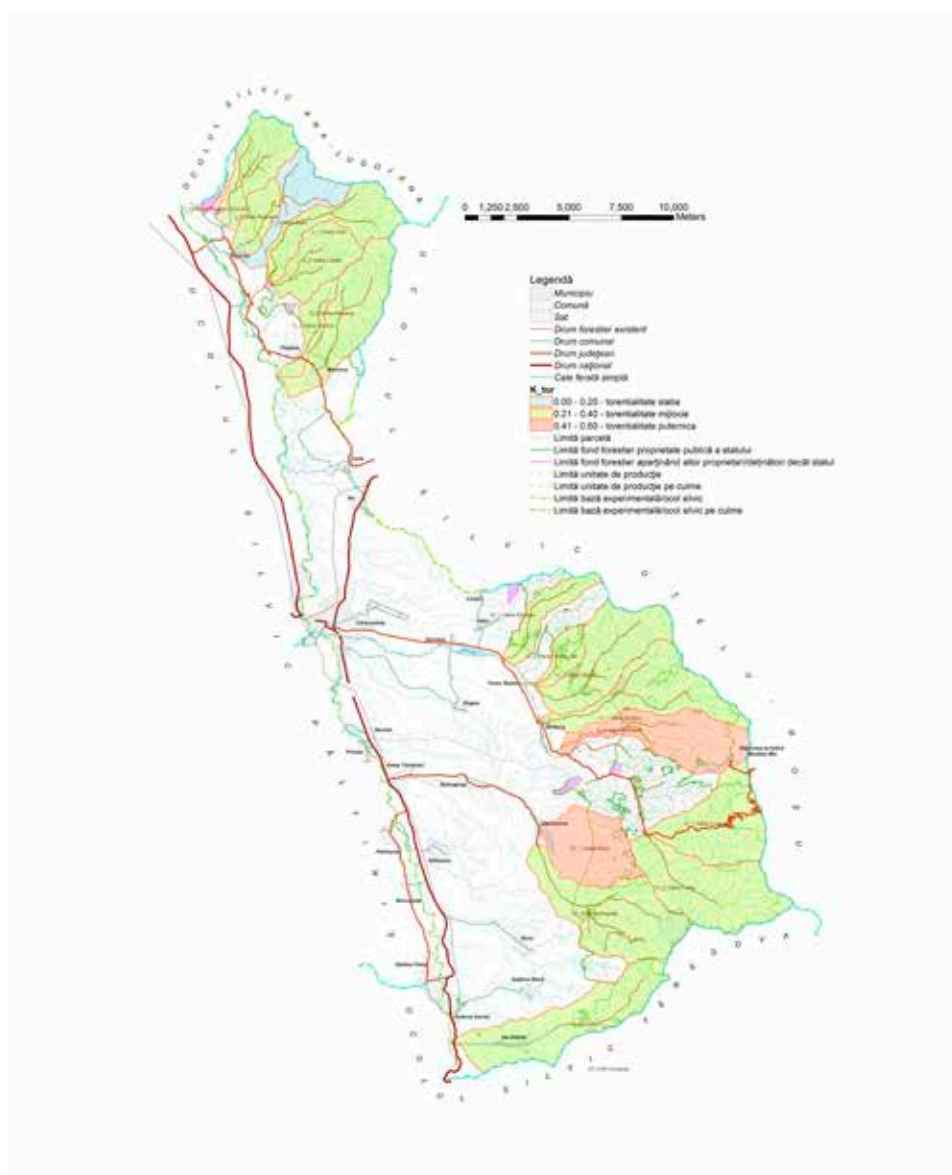


Fig. 5.33. Harta digitală a coeficientului de torențialitate pentru bazinele hidrografice susceptibile a genera viituri torențiale în fondul forestier administrat de INCDS Marin Drăcea prin BE Caransebeș.

5.5. Evaluarea riscului la viituri torențiale în siturile Natura 2000 ROSCI0195 Piatra Mare și ROSCI0207 Postăvarul

5.5.1. Bazine hidrografice analizate în interiorul ariilor protejate

Gestionarea riscului la inundații, în general, și amenajarea bazinelor hidrografice, în special, necesită identificarea bazinelor susceptibile a genera viituri torențiale (Tudose et al., 2020)

Conceptul de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale este fundamentat pe: *„conceptul de control eficient al apei și solului”* și constă în *„aplicarea pe întreaga suprafață a bazinelor torențiale, atât pe versanți cât și pe rețeaua hidrografică, a unui ansamblu de măsuri organizatorice și de lucrări biologice, biotehnice și hidrotehnice cu rol principal hidrologic și antierozional”* (Munteanu, 1975; Clinciu et al., 2015).

Această idee de abordare complexă a amenajării bazinelor hidrografice torențiale, lansată cu aproximativ patru decenii în urmă, este și acum de mare actualitate regăsindu-se în cadrul *„Strategiei naționale de Management al Riscului la Inundații”* (2010) sub următoarea exprimare: *„Este necesară o abordare holistică a fenomenului de inundații, luându-se în considerare întregul bazin hidrografic; strategia în domeniul inundațiilor trebuie să promoveze o dezvoltare coordonată și o gestionare integrată a activităților privind apa, terenurile și resursele adiacente. Măsurile non-structurale (zonarea teritoriului, prognoza viiturilor și avertizările în caz de inundații, managementul situațiilor de criză și măsuri post-inundație) prin atenuarea efectului inundațiilor, tind a fi potențial mai eficiente ca soluții durabile pe termen lung pentru problemele apei și a celor adiacente ei și ele trebuie intensificate, în special, în vederea reducerii vulnerabilității vieților umane, a bunurilor și a proprietăților”*.

Unele din țintele cuantificabile ale acestei strategii se referă la (Tudose et al, 2013): buna întreținere a construcțiilor hidrotehnice cu rol de apărare împotriva inundațiilor, realizarea lucrărilor de regularizare/recalibrare a albiilor (decolmatarea lucrărilor și a albiilor), în strânsă legătură cu lucrările antierozionale de pe versanți în scopul asigurării unei capacități optime de transport, cât și la corelarea și eșalonarea lucrărilor de amenajarea a albiei cu cele de amenajare a versanților în toate bazinele și sub-bazinele hidrografice.

În acest context, intervenția cu lucrări în cadrul bazinului trebuie realizată în funcție de gradul de torențialitate (*„predispoziția bazinului de a genera viituri torențiale”*) care se exprimă în directă corelație cu bonitatea hidrologică a terenurilor din cuprinsul bazinului și parametrii hidrologici ai acestuia.

Pentru cele două arii naturale au fost luate în considerare bazinele hidrografice care intersectează obiective social economice periclitate de viituri (fig. 5.34.), acestea fiind analizate din punctul de vedere al gradului de torențialitate.

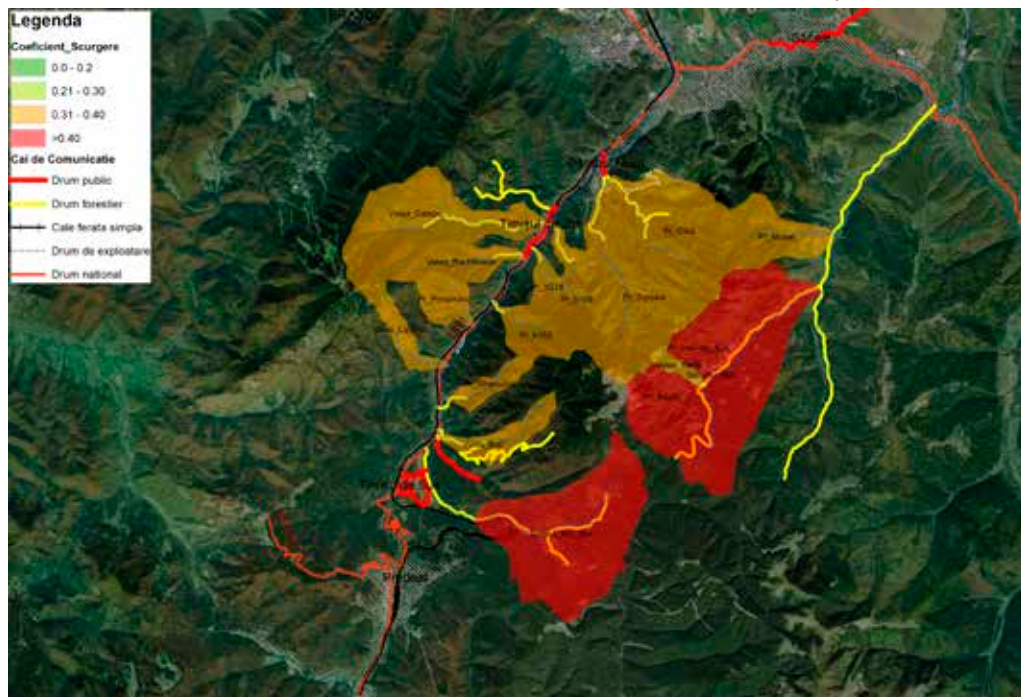


Fig. 5.34. Bazine hidrografice analizate în interiorul siturilor Natura 2000 ROSCI0195 Piatra Mare și ROSCI0207 Postăvarul.

5.5.2. Gradul de torențialitate al baznelor hidrografice selectate

Pentru determinarea gradului de torențialitate a fost aplicată metoda detaliată la §5.4.2, rezultatele fiind prezentate în tabelele 5.8. și 5.9.

Situația actuală a folosințelor, din punct de vedere hidrologic, la nivelul bazinelor luate în studiu în cuprinsul celor două situri Natura 2000 (fig. 5.35.) scoate în evidență următoarele aspecte:

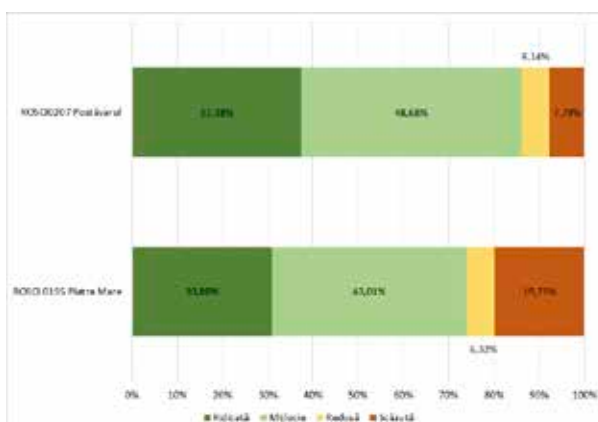


Fig. 5.35. Distribuția procentuală a suprafețelor sub raportul bonității hidrologice

- terenurile cu eficiență hidrologică ridicată (A) ocupă o suprafață de 1.735,12 ha (32%);
- terenurile cu eficiență hidrologică mijlocie (B) ocupă o suprafață de 2.382,96 ha (44%);
- terenurile cu eficiență hidrologică redusă (C) totalizează 340,15 ha (6%);
- eficiență hidrologică scăzută (D) se înregistrează pe 951,11 ha (18%).

Așadar terenurile cu eficiență hidrologică redusă și scăzută cumulează împreună o suprafață însemnată: 1.291,26 ha (24%).

Pentru toate cele trei situații amintite (situația actuală și cele două situații ipotetice) s-a calculat debitul maxim de viitură la asigurarea de 1% cu ajutorul Formulei raționale. Pe baza datelor obținute, s-a reprezentat sub forma unei hărți tematice, distribuția bazinelor hidrografice pe clase de torențialitate (fig. 5.36.), procedându-se similar ca în cazul celorlalte studii de caz, clasificarea coeficienților de torențialitate făcându-se pe 5 clase, după cum urmează: torențialitate slabă ($K_{tor}=0,0 - 0,2$); torențialitate mijlocie ($K_{tor}=0,2 - 0,4$); torențialitate puternică ($K_{tor}=0,4 - 0,6$); torențialitate foarte puternică ($K_{tor}=0,6 - 0,8$); torențialitate excesivă ($K_{tor}=0,8 - 1,0$).

În teritoriul analizat nu există bazine hidrografice cu torențialitate puternică (clasa 3), foarte puternică (clasa 4) și excesivă (clasa 5), asta datorită, pe deoparte procentului ridicat de împădurire (aproximativ 80%), iar pe de altă parte, structurii pădurilor din teritoriul analizat rezultată în urma managementului durabil al acestora.

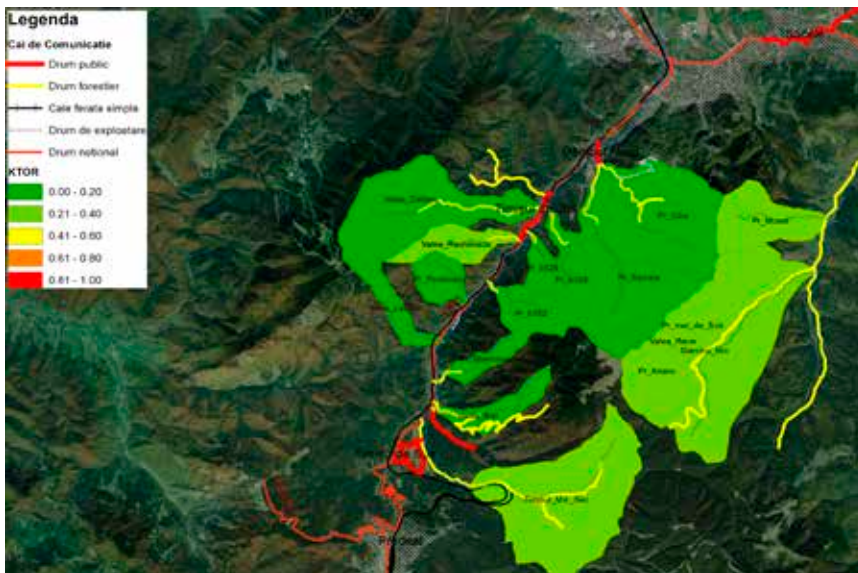


Fig. 5.36. Harta digitală a coeficientului de torențialitate pentru bazinele hidrografice analizate în interiorul siturilor Natura 2000 ROSCI0195 Pietra Mare și ROSCI0207 Postăvarul.

Tabel 5.8. Parametrii morfometrici și hidrologici ai bazinelor analizate din arile naturale protejate ROSCI0195 Piatra Mare și ROSCI 0207 Postăvarul

Nr. crt.	Bazinul hidrografic	Suprafața	Parametrii morfometrici și hidrologici ai bazinului													
			Parametrii morfometrici ai bazinului						Parametrii hidrologici ai bazinului							
			Lungimea albiei principale			Lungimea albiei secundare			Lungimea albiei de calcul a versanților		Panta medie a versanților		Durata medie de concentrare a scurgerii		Intensitatea ploii de calcul	
			L _a	L _v	I _a	R	L _v	L _v	T _v	T _n	T _c	I	H			
m			m			-		-		min		mm·min ⁻¹		mm		
ROSCI0195 Piatra Mare																
1	Timișul Mare Sec	865,76	4750	0,35	0,09	16330	292	11,11	26,44	37,55	1,45	54,4				
2	Valea Băii	140,28	3355	0,45	0,22	3994	193	8,48	11,95	20,43	2,00	40,9				
3	Ghercovacs	90,09	2447	0,45	0,18	4726	105	6,26	9,63	15,89	2,27	36,1				
4	Pr. Borna 152	156,69	2269	0,4	0,18	4567	189	8,64	8,93	17,57	2,16	38,0				
5	Pr. Borna 126	70,83	1337	0,4	0,17	2048	190	8,67	5,42	14,09	2,42	33,8				
6	Pr. Borna 108	164,92	2855	0,4	0,19	5880	154	7,80	10,94	18,74	2,09	39,2				
7	Pr. Șipoaia	628,53	5390	0,44	0,13	18560	186	8,37	24,97	33,34	1,55	51,6				
8	Pr. Cîba	517,01	4480	0,45	0,13	5870	484	13,43	20,75	34,18	1,53	52,2				
9	Pr. Inel de Sus	98,42	1230	0,35	0,24	1880	288	11,03	4,20	15,22	2,32	35,3				
10	Valea Rece	36,00	900	0,45	0,25	1000	198	8,59	3,01	11,60	2,65	30,7				
11	Gârcimul Mic	1203,11	6450	0,44	0,14	23020	287	10,40	28,79	39,19	1,41	55,4				
12	Adânc	168,61	1200	0,35	0,2	3200	290	11,07	4,48	15,55	2,30	35,7				
13	Mușat	275,29	2700	0,35	0,14	5870	258	10,44	12,05	22,49	1,91	42,9				
ROSCI0207 Postăvarul																
14	V. Cuntu	112,03	2360	0,45	0,23	2800	220	9,05	8,22	17,27	2,18	37,7				
15	V. Mare Vârciorova	122,91	1664	0,42	0,23	4419	153	7,68	5,79	13,48	2,46	33,2				
16	V. Bolvașnița	161,77	2978	0,42	0,19	5398	165	7,98	11,41	19,39	2,06	39,9				
17	V. Armeniș	597,09	5600	0,48	0,15	15305	215	8,81	24,15	32,95	1,56	51,3				

Tabel 5.9. Situația actuală a bonității hidrologice a folosințelor din siturile Natura 2000 analizate și cele două situații ipotetice la nivelul bazinelor hidrografice studiate, coeficientul de scurgere mediu pe bazin și coeficientul de torențialitate

Bazinul hidrografic	Suprafața	Ipozeza	Distribuția suprafețelor pe categorii și subcategorii hidrologice										Coeficient de scurgere	Intensitate ploaie de calcul	Debite		Coeficient de torențialitate			
			A	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3			c	i		Q		K _{for}
																		mm·min ⁻¹	m ³ ·s ⁻¹	
ha																				
ROSCI Piatra Mare																				
Timișul Mare Sec	865,76	Actuală	240,00	80,00	206,03	15,00	15,00	25,00	0,00	10,00	282,23	2,50	5,00	0,416	1,45	87,11	0,29			
		Ipozeza 1	833,26	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	2,50	5,00	0,352		73,62				
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	865,76	0,571	119,61						
Valea Băii	140,28	Actuală	50,00	8,68	50,00	10,00	10,00	15,00	0,00	5,00	0,10	1,50	0,00	0,365	2,00	17,12	0,13			
		Ipozeza 1	123,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	1,50	0,00	0,330		15,51				
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140,28	0,595	27,92						
Ghercovacs	90,09	Actuală	40,00	15,00	17,56	0,00	0,00	10,00	0,00	5,00	1,78	0,25	0,50	0,345	2,27	11,78	0,14			
		Ipozeza 1	84,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,25	0,50	0,303		10,36				
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	90,09	0,602	20,57						
Pr. Borna 152	156,69	Actuală	50,00	25,00	52,05	10,00	10,00	15,00	0,00	3,00	1,54	0,10	0,00	0,355	2,16	20,09	0,12			
		Ipozeza 1	143,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,10	0,00	0,312		17,63				
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	156,69	0,599	33,88						
Pr. Borna 126	70,83	Actuală	30,00	15,00	13,13	5,00	5,00	5,00	0,00	2,50	0,00	0,20	0,00	0,333	2,42	9,54	0,15			
		Ipozeza 1	63,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,20	0,00	0,294		8,43				
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,83	0,605	17,34						

Bazinul hidrografic	Suprafața	Ipozeza	Distribuția suprafețelor pe categorii și subcategoriile hidrologice												Intensitate de ploaie de calcul	Debite	Coeficient de torențialitate		
			A	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	c	i				Q	K _{tor}
			ha															mm·min ⁻¹	m ³ ·s ⁻¹
Pr. Borna 108	164,92	Actuală	60,00	0,00	60,00	5,00	34,22	0,00	5,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,357	2,09	20,59	0,15		
		Ipozeza 1	154,22	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,316	18,20				
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	164,92	0,597	34,43				
Pr. Șipoaia	628,53	Actuală	250,00	50,00	223,56	5,00	15,00	0,00	10,00	69,22	0,75	5,00	0,386	1,55	62,74	0,17			
		Ipozeza 1	607,78	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,75	5,00	0,347	56,45					
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	628,53	0,578	93,69					
Pr. Ciba	517,01	Actuală	200,60	54,80	192,00	15,00	30,00	0,00	0,00	18,36	1,25	5,00	0,382	1,53	50,28	0,14			
		Ipozeza 1	495,76	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	5,00	0,349	45,99					
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	517,01	0,575	75,87					
Pr. Inel de Sus	98,42	Actuală	15,00	0,00	25,00	4,53	4,40	0,00	0,00	45,99	0,00	3,50	0,417	2,32	15,91	0,38			
		Ipozeza 1	90,39	0,00	0,00	4,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,303	11,56					
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,42	0,603	22,98					
Valea Rece	36,00	Actuală	0,00	0,00	29,45	0,00	0,00	0,00	0,00	4,55	0,00	2,00	0,354	2,65	5,64	0,24			
		Ipozeza 1	34,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,273	4,35					
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,00	0,608	9,69					
Gărcimul Mic	1203,11	Actuală	298,03	100,00	375,00	30,00	50,00	0,00	0,00	331,58	3,50	15,00	0,413	1,41	117,32	0,28			
		Ipozeza 1	1154,61	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	15,00	0,353	100,34					
		Ipozeza 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1203,11	0,569	161,63					

Bazinul hidrografic	Suprafața	Ipoteza	Distribuția suprafețelor pe categorii și subcategoriile hidrologice										Intensitate ploaie de calcul	Debite	Coeficient de torențialitate					
			ha													i	mm·min ⁻¹	Q _{min}	Q _{max}	K _{tor}
			A	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3								
ROSCI Pietra Mare																				
Adânc	168,61	Actuală	54,99	0,00	55,00	15,00	20,00	0,00	0,00	20,62	0,00	3,00	0,362	104,7	2,3	0,19				
			150,61	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,306	91,8						
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	168,61	0,602	119,7						
Mușat	275,29	Actuală	75,00	9,00	98,35	30,00	15,00	0,00	0,00	47,44	0,00	0,50	0,389	23,43	1,91	0,23				
			244,79	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,334	19,76						
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	275,29	0,592	38,93						
ROSCI Postăvaru																				
Valea Lipiașu	112,03	Actuală	38,50	8,66	40,00	0,00	5,00	0,00	5,00	13,37	0,00	1,50	0,364	14,85	2,18	0,19				
			105,53	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,310	12,66						
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	112,03	0,599	24,45						
Postăvaru	122,91	Actuală	42,00	20,00	44,58	5,00	5,00	0,00	5,00	0,33	0,00	1,00	0,331	16,76	2,46	0,13				
			111,91	0,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,289	14,62						
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122,91	0,605	30,61						
Valea Răchiteauna	161,77	Actuală	41,00	10,58	45,00	10,00	10,00	0,00	5,00	38,09	0,60	1,50	0,395	21,94	2,06	0,26				
			144,67	0,00	0,00	10,00	0,00	5,00	0,00	0,60	1,50	0,325	18,09							
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	161,77	0,596	33,14						
Valea Catepu	597,09	Actuală	250,00	50,00	240,00	10,00	16,03	0,00	10,00	15,98	1,58	3,50	0,377	58,52	1,56	0,13				
			572,01	0,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	1,58	3,50	0,348	54,03							
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	597,09	0,577	89,65						

5.5.3. Obiective social - economice periclitare de viituri

Pe lângă gradul de torențialitate al bazinului hidrografic – care exprimă într-un mod sintetic capacitatea bazinelor hidrografice de a genera viituri torențiale în diferite ipostaze de management al folosințelor, trebuie avute în vedere și caracteristicile obiectivelor interceptate sau periclitare; cu alte cuvinte, trebuie luați în considerare și receptorii viiturilor torențiale.

Într-adevăr, nivelul global al riscului la viituri torențiale este dependent și de categoria de importanță a receptorilor, de gradul de expunere și de amploarea pagubelor provocate sau potențiale (Clinciu et al, 2018).

Rezultatul operației de cuantificare a expunerii poate avea o utilizare mult mai largă dacă determinarea pornește de la nivelul de celulă și se finalizează printr-un model digital al expunerii. Astfel, în loc de expunerea unui anumit receptor putem vorbi, într-o primă fază, de expunerea fiecărei celule față de celula de pe albie la care aceasta este tributară. Magnitudinea riscului reprezintă o funcție de distanță, astfel cu cât depărtarea celulei în cauză este mai mare față de celula de pe albie, cu atât expunerea este mai redusă.

Pentru o asemenea manieră de abordare au fost folosite proceduri și funcții specifice GIS, conform schemei redată în figura 5.37.

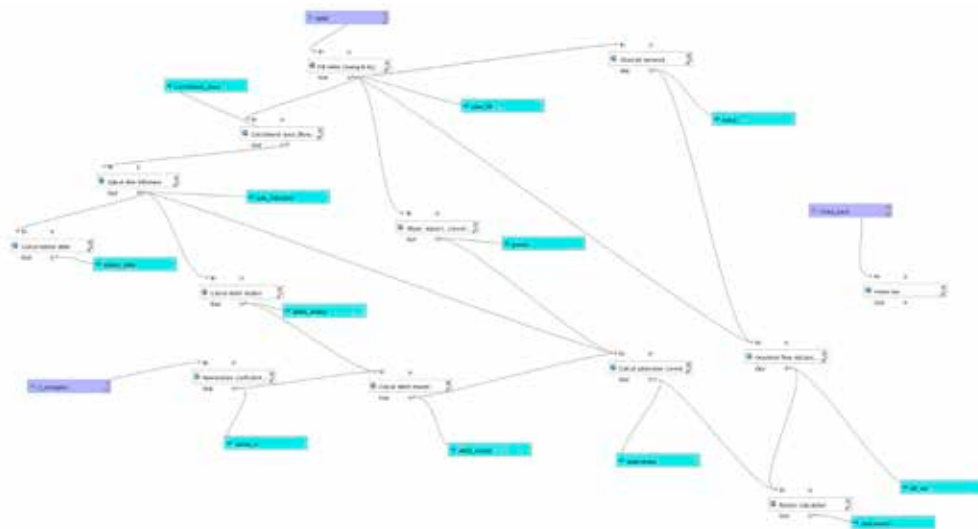


Fig. 5.37. Algoritm utilizat pentru obținerea distribuției geografice a expunerii (catchment area=arie tributară).

Algoritmul de calcul a fost conceput în aplicația Q_{gis}, o aplicație „open source” care permite, prin introducerea a trei variabile: modelul digital al terenului, stratul coeficientului de scurgere și stratul cu distribuția spațială a apelor la nivelul bazinului, determinarea expunerii obiectivelor sociale și economice la viiturile torențiale. Metodologia de lucru se structurează în 11 etape (detaliată §5.3.3.1), gradul de expunere la viitură pentru fiecare obiectiv în parte fiind prezentat în tabelul 5.10. și exemplificat în figura 5.38.

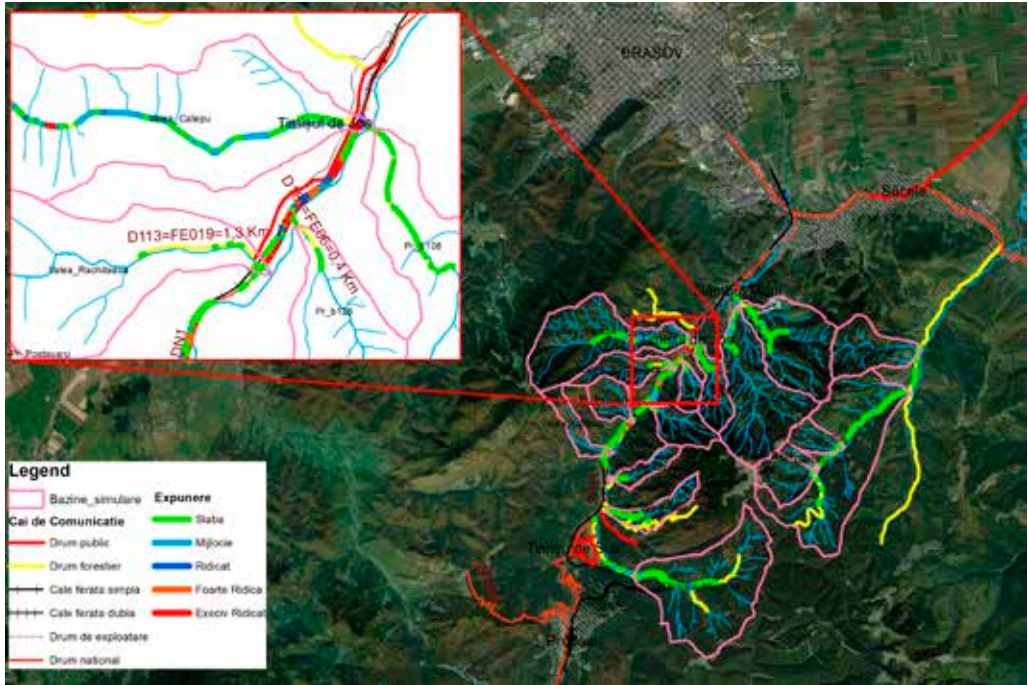


Fig. 5.38. Gradul de expunere al căilor de comunicație din siturile Natura 2000 studiate.

Obiectivele periclitate din cele două arii protejate sunt reprezentate de drumuri și căi ferate care traversează siturile, pentru care s-au determinat lungimile din cuprinsul teritoriului analizat și pentru care s-au estimat mai departe valoarea pagubelor potențiale. Aceste valori au fost estimate (tab. 5.10.) pentru tronsoanele de drum sau de cale ferată ce prezintă un risc la inundabilitate excesiv ridicat (clasa 5), iar costurile unitare ale intervențiilor necesare pentru refacere fiind diferențiate după cum urmează (Adorjani et al., 2018; Clinciu et al, 2018; Tudose et al 2020):

- 70 euro/m în cazul drumurilor forestiere;
- 150 euro/m în cazul drumurilor județene;
- 1000 euro/m în cazul drumurilor naționale;
- 1300 euro/km în cazul căilor ferate.

Tabel 5.10. Distribuția obiectivelor sociale și economice pe clase ale gradului de expunere la viituri (Tudose et al., 2020)

Nr. crt.	Obiectiv	Risc la inundație						Lungime în sit m	Proportie expusă la viitură %	Valoarea pagubei euro
		1	2	3	4	5	Total			
		m								
ROSCI Piatra Mare										
1	Magistrala CFR 500	713	176	0	0	0	889	1200	74	-
2	FE010 Timisul Mare Sec	1623	996	83	6	0	2708	6300	43	-
3	FE015 Valea Baii	915	0	0	0	0	915	1400	65	-
4	FE008 ramif. Valea Baii	18	0	0	0	0	18	4800	0	-
5	FE014 Ghecovacs	350	0	0	0	0	350	600	58	-
6	FE007	162	0	0	0	5	167	200	84	350
7	FE006	111	0	0	0	17	128	400	32	1190
8	FE005	701	0	24	3	18	746	1400	53	1260
9	FE004	900	479	96	46	82	1603	2000	80	5740
10	FE003 Chiba	883	171	26	0	0	1080	2100	51	-
11	FE013 Chiba din Dreapta	256	0	0	0	0	256	700	37	-
12	FE034 Garcin	168	0	0	0	0	168	1200	14	-
13	FE035 Garcinul Mic	1378	27	0	0	0	1405	7500	19	-
ROSCI Postăvaru										
14	Magistrala CFR 500	866	109	161	114	286	1536	4400	35	371800
15	DN1 Bucuresti-Bors	1539	223	291	320	612	2985	4400	68	612000
16	FE019 Rachiteaua	62	0	0	0	0	62	1300	5	-
17	FE020 Catepu	1222	847	45	0	68	2182	3500	62	4760
TOTAL										1038220

În urma analizei realizate s-au identificat 9 obiective din totalul de 24 care pot avea segmente avariate în cazul apariției unui debit maxim de 1% pentru care s-ar cheltui aproximativ 1.000.000 euro pentru repunerea în funcțiune și două localități (tab. 5.11.) care pot fi afectate de viituri torențiale pe o suprafață de aproximativ 20 ha. Mai mult decât atât, în situația localităților se pot înregistra pierderi de vieți omenești pentru care nu există o cuantificare în bani, acestea fiind neprețuite.

Tabel 5.11. Localități expuse la viituri torențiale

Localitate	Risc la inundație						Suprafața în sit	Proporție expusă la viitură
	1	2	3	4	5	Total		
	m ²						m	%
Timișul de Jos	23157	8202	865	3380	3925	39529	94434	42
Dâmbul Morii	10536	843	48	906	2406	14739	96175	15

Aceste costuri au fost prezentate pentru obiectivele cu expunere excesivă, dar pot să apară expuneri și în clasele inferioare. Acest fenomen s-a analizat în continuare prin simulări hidrologice, pe baza cărora s-a stabilit ponderea de manifestare a claselor de expunere, obiectivele afectate și costurile de protejare a acestor obiective și, de asemenea, costurile de reabilitare în situația afectării lor de viituri torențiale.

5.5.4. Realizarea simulărilor hidrologice pentru sectoarele de albie în vecinătatea cărora se află obiective social economice

Pentru albiile torențiale din bazinele hidrografice încadrate la un grad de expunere ridicat și foarte ridicat al obiectivelor sociale și economice la inundații și la viituri torențiale (tab. 5.12.) s-au realizat măsurători expeditivă privind topometria albiei și caracteristicile geometrice ale obiectivelor periclitare.

Tab. 5.12. Obiectivele social-economice periclitare de inundații (Tudose et al., 2020)

Nr. crt.	Bazin hidrografic	Obiective periclitare			
		Magistrala CFR 500	DN1	Localități	Drumuri forestiere
ROSCI Pietra Mare					
1	Ciba	-	-	x	x
2	Șipoaia	-	-	x	x
ROSCI Postăvaru					
3	Cațepu	x	x	x	x
4	Răchițeaua	x	x	x	x
5	Postăvaru	x	x	-	-
6	Lipiașu	x	x	-	-

În bazinele susceptibile la viituri torențiale, pe raza cărora au fost identificate obiective social-economice, s-au realizat simulări hidraulice cu ajutorul programului MIKE 11 (fig. 5.39. și fig. 5.40.).



Fig. 5.39. Nivelul apei în profil longitudinal pentru Q1% (Tudose et al., 2020).

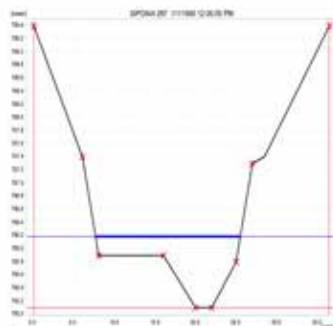


Fig. 5.40. Nivelul apei în profil transversal pentru Q1% (Tudose et al., 2020).

Pe baza simulărilor hidrologice au fost generate *hărțile de inundabilitate* pentru debitele de asigurare 1% (fig. 5.41.) care au fost suprapuse cu ajutorul programului *ArcGis* peste planurile de situație, obținându-se în final hărțile de inundabilitate cu zonele și obiectivele social economice periclitare de viituri (fig. 5.42.).

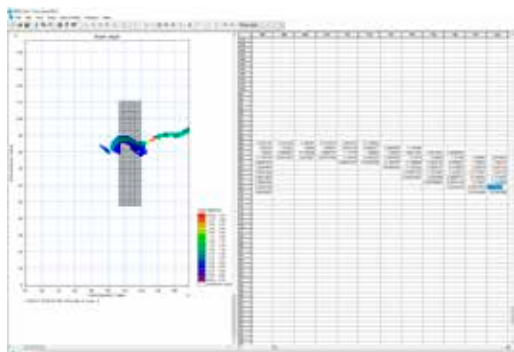


Fig. 5.41. Harta de inundabilitate obținută în Mike She pentru Q1% (Tudose et al., 2020).



Fig. 5.42. Planurile de situație cu zonele de inundabilitate pentru Q1% (Tudose et al., 2020).

5.5.5. Planuri de situație pentru apărarea obiectivelor sociale și economice periclitare de viituri

Hărțile obținute au fost suprapuse peste planurile de situație al bazinilor studiate, identificându-se zonele în care nivelul maxim al apelor la asigurarea de 1% depășește cotele obiectivelor periclitare (drumuri, terenuri intravilane fig. 5.43.).

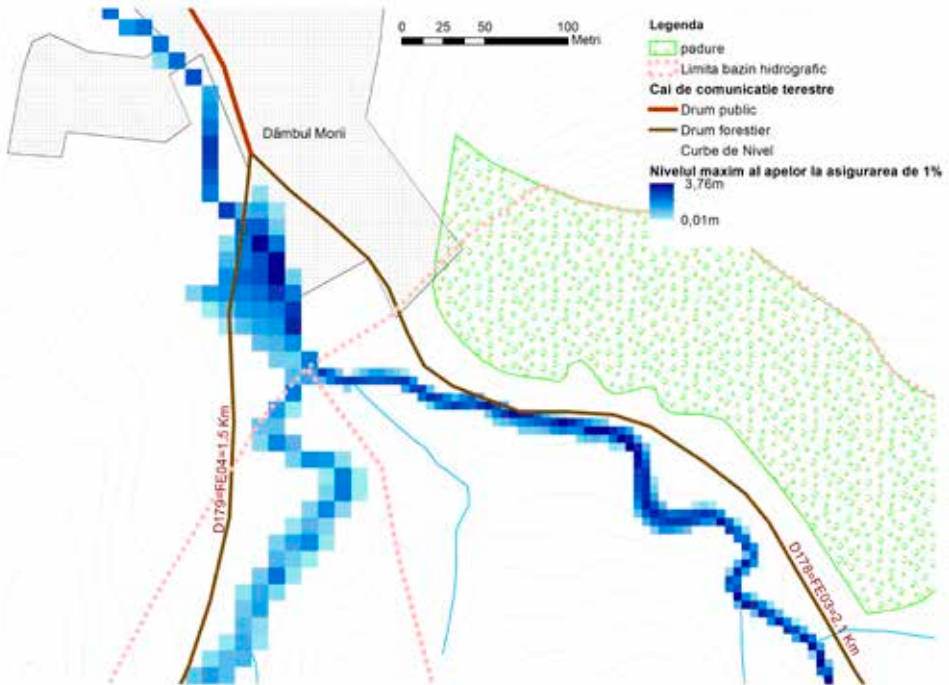


Fig. 5.43. Harta de inundabilitate suprapusă peste planul de situație al Văilor Șipoaia și Ciba (Tudose et al., 2020).

Consultând modelul hidraulic realizat în programul MIKE 11, au fost identificate podețele care nu sunt capabile să evacueze debitele cu asigurarea de 1%.



Fig. 5.44. Podeț la Magistrala CFR 500 care interceptează apele din BH Răchițeaua (Tudose et al., 2020).

În zonele identificate ca inundabile se pot propune lucrări de dirijare a viiturilor pe trasee convenabile, în raport cu obiectivele periclitate, și lucrări de protejare a malurilor. Acolo unde este necesar se poate prevedea înlocuirea podețelor existente cu podețe noi, capabile să evacueze debitele de viitură (Tudose et al, 2020). Precizăm că o serie de podețe sunt subdimensionate (fig. 5.44. și fig. 5.45.) contribuind,

în bună măsură, la inundarea zonelor din amonte, întrucât pe timpul viiturilor apele se acumulează în amonte de podețe și inundă zonele limitrofe (Tudose et al, 2020). Pentru reducerea energiei cinetice a viiturilor și retenția parțială

a aluviunilor transportate, acolo unde condițiile de teren permit acest lucru, pot fi prevăzute lucrări hidrotehnice transversale (praguri sau baraje).

Ca urmare a distribuției spațiale a bazinele hidrografice studiate în ariile protejate, în majoritatea cazurilor trebuie să se opteze pentru soluții „ecologice” de amenajare a albiilor, materialele folosite la construcții fiind materiale locale (piatră, lemn).

În cazul podețelor au fost adoptate soluții cu culei din zidărie de piatră peste care au fost prevăzute plăci prefabricate din beton armat, punându-se pe primul plan siguranța în circulație. Pentru lucrările ce protejează obiective de importanță deosebită (căi ferate, drumuri naționale) au fost adoptate materiale de construcție cu durată de funcționare îndelungată, zidărie de piatră cu mortar de ciment.

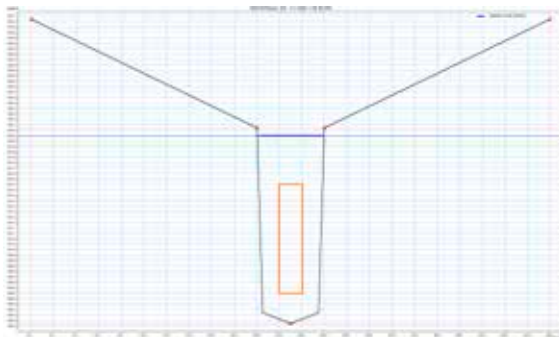


Fig. 5.43. Depășirea capacității de evacuare a debitului de asigurare 1% la podețul de la Magistrala CFR 500 din BH Răchițeaua. (Tudose et al., 2020)

5.6. Concluzii și recomandări privind zonarea bazinelor în funcție de indicele de risc la viituri torențiale

Pentru implementarea în practică a metodologiei de estimare, pe baze simplificate, a indicelui de risc la viituri torențiale, facilitățile identificate în urma studiului de caz oferă operatorului soluții de automatizare a algoritmilor de calcul, dar și posibilitatea de a ameliora calitatea rezultatelor obținute și de a valorifica aceste rezultate în contextul fundamentării deciziilor de alocare rațională a resurselor financiare disponibile și de promovare a noilor investiții dedicate amenajării bazinelor hidrografice torențiale, predominant forestiere.

Cele mai multe dintre facilitățile decelate în cadrul aplicației s-au pus în evidență cu ocazia creării modelelor digitate necesare pentru aplicarea automatizată a algoritmului de calcul privind expunerea receptorului, atât în cazul drumurilor cât și în cazul lacului de acumulare.

În plus, hărțile digitale obținute, precum și alternativele posibile de utilizare a acestor piese, evidențiate în cadrul lucrării, arată că indicele de risc determinat pe baze simplificate, ca măsură convențională a riscului datorat viiturilor cu asigurarea de producere de 1% și pe baza caracteristicilor principale ale

receptorilor (importanța, vulnerabilitatea, expunerea și amploarea pagubelor potențiale), poate însemna o soluție de răspuns la prevederea „Strategiei de gestionare pe termen mediu și lung a riscului la inundații”. Potrivit acesteia, Autorității Naționale care răspunde de Silvicultură îi revine sarcina de a eșalona, în funcție de urgențele de intervenție, proiectarea, executarea și monitorizarea lucrărilor de prevenire și combatere a viiturilor torențiale în bazine hidrografice mici, din patrimoniul silvic al României.

Totodată, rezultatele obținute în urma studiilor de caz efectuate justifică recomandarea ca, în activitatea viitoare de proiectare, tehnicile moderne ale geomatiei (în primul rând sistemele de informații geografice) să fie mai bine cunoscute sub raportul facilităților oferite (ceea ce presupune creșterea gradului de profesionalizare în acest domeniu al operatorilor), iar softurile informatice existente pe piață să fie promovate și utilizate cu mai mult curaj.

6. REZULTATELE CERCETĂRII STATISTICE ASUPRA EVENIMENTELOR COMPORTAMENTALE ȘI ASUPRA INDICELUI DE STARE, PREMISE DE BAZĂ ÎN ELABORAREA UNUI PROGRAM DE MONITORIZARE A LUCRĂRILOR

Autori: Ioan CLINCIU, Șerban Octavian DAVIDESCU, Ion Cătălin PETRIȚAN, Nicu–Constantin TUDOSE, Adriana DAVIDESCU

6.1. Necesitatea și utilitatea practică a cercetării statistice a evenimentelor comportamentale

Promovarea unei silviculturi multifuncționale, sustenabile și competitive, în contextul prevenirii deteriorării mediului prin activități antropice, presupune (și) monitorizarea bazinelor torențiale amenajate în zona forestiera a țării, întreținerea lucrărilor realizate în cuprinsul acestor bazine, reabilitarea lucrărilor afectate de viiturile torențiale și repunerea în siguranța a sistemelor din care acestea fac parte. Lucrările hidrotehnice utilizate au un efect hotărâtor asupra pantei longitudinale a cursurilor de apă prin diminuarea acesteia (Conesa–Garcia et al., 2007) conducând la scăderea semnificativă a eroziunii și a transportului de aluviuni (Conesa–Garcia, 2008). Eficiența sistemelor hidrotehnice se resimte la nivelul obiectivelor social economice protejate de acestea (Huebl și Fiebigger, 2005, Zeng et al., 2009,) conducând și la o reducere a expunerii populației la

viituri (McSaveney și Davies, 2005, Mintegui–Aguirre și Robredo, 2008, Garcia–Rodriguez et al., 2011), iar mentenanța corespunzătoare a lor este o necesitate.

Din păcate, persistă de multă vreme un deficit de preocupare pe această linie, nu numai din cauza interesului scăzut al autorităților, ci și din cauza inexistenței unui sistem coerent de cunoaștere științifică care să fundamenteze și să ierarhizeze acțiunile amintite, deoarece evenimentele comportamentale survenite în exploatarea lucrărilor hidrotehnice de amenajare a albiilor torențiale au un caracter probabilistic, similar viiturilor torențiale care le generează.

Iată de ce, numai o cercetare științifică dezvoltată pe baze statistice va putea conduce către cunoașterea aprofundată a tipologiei, frecvenței și intensității evenimentelor comportamentale survenite în perioada de exploatare a lucrărilor, astfel încât eșalonarea pe urgențe a viitoarelor intervenții să poate fi fundamentată, iar calea spre o gândire conceptuală și integrată să fie deschisă pentru completarea și perfecționarea normativelor și normelor tehnice actuale.

6.2. Rezultate obținute din cercetările privind lucrările de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Tărlungului (amonte de Acumularea Săcele)

6.2.1. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale

Cercetările s-au desfășurat în perioada 2002-2004 în cadrul unui proiect de tip A, finanțat de către UEFISCSU–CNCSIS și realizat de către Universitatea Transilvania din Brașov¹.

Au fost luate în considerare cele 21 de văi torențiale din bazinul superior al văii Tărlungului (amonte de Acumularea Săcele), văi care au fost (parțial sau integral) amenajate cu lucrări hidrotehnice de corectarea torenților. Cu ocazia parcurgerii terenului (rețelei hidrografice) au fost identificate 106 lucrări dintre care: 55 baraje, 22 praguri, 25 traverse și 4 canale.

În tabelul 6.1 se prezintă frecvența de afectare a lucrărilor și a părților de lucrare, pentru toate tipurile de avarii identificate, clasificate pe două grupe: I – avarii care afectează siguranța și durabilitatea lucrărilor și II – avarii care afectează funcționalitatea lucrărilor.

¹ Valențele didactico-experimentale, comportarea în exploatare și efectele lucrărilor de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Tărlungului (Amonte de Acumularea Săcele). Director de proiect: Prof.dr.ing. Ioan Clinciu

Tabel 6.1. Frecvența de afectare a lucrărilor (Clinciu et al., 2011)

Nr. crt.	Denumirea avariei	Codul	Nr. de lucrări afectate (NL)	Nr. de părți de lucrare afectate (NPA)	NPA/NL	Partea de lucrare cu frecvența de afectare cea mai mare
I. Avarii care afectează siguranța și durabilitatea lucrărilor						
1	Fisuri	F	7	8	1,14	9.4=4
2	Rupturi	R	49	68	1,39	9.15=42
3	Antrenări	A	48	66	1,37	9.15=42
4	Deformări	Df	5	5	1,00	9.11=5
5	Degradări prin erodare	De	52	60	1,15	9.4=43
6	Dezagregări	Dz	11	18	1,64	9.4=6
7	Decastrări	Dc	11	16	1,45	9.1=6
8	Infiltrații	I	10	16	1,60	9.5=8
9	Subminarea radierului	Sr	42	45	1,07	9.15=41
10	Subminarea corpului	Sc	17	17	1,00	9.4=17
11	Sufoziuni	Sf	6	8	1,33	9.7=3
II. Avarii care afectează funcționalitatea lucrărilor						
1	Blocare deversor	Bdv	33	33	1,00	9.8=33
2	Blocare dinți disipatori	Bdi	26	26	1,00	9.11=26
3	Colmatare radier	Cr	55	55	1,00	9.10=55
4	Instalare necontrolată a vegetației	Ihv	59	78	1,32	9.19=57
5	Spălare aterisament	Spat	11	11	1,00	9.19=11
6	Nerealizare aterisament	Nat	21	21	1,00	9.19=21
7	Îngropare lucrări	În	22	60	2,72	9.15=14
8	Adâncire albie	Aa	9	9	1,00	9.20=9
9	Nerealizare umplutură	Nu	33	33	1,00	9.4=33
10	Eroziune mal	Em	10	10	1,00	9.18=8
11	Lovirea frontală a apei în mal	Am	2	2	1,00	9.20=2
12	Neexecuția unor părți	Ne	8	13	1,62	9.7=3 9.16=3
13	Nerespectarea unor soluții din proiect	Nsp	1	1	1,00	9.4=1

Există, după cum se vede, o mare variabilitate în procesul de apariție și de manifestare a avariilor, în funcție de natura acestora și de natura părților de lucrare afectate.

Astfel, după numărul de lucrări afectate (NL), cele mai frecvente avarii sunt următoarele:

- degradarea prin eroziune (52), urmată imediat de rupturi (49) și antrenări (48), din grupa I de avarii, și
- instalarea necontrolată a vegetației forestiere (59) și colmatarea radierului (55), din grupa a II-a de avarii.
- După numărul de părți de lucrare afectate (NPA), ierarhizarea avariilor se prezintă după cum urmează:
- rupturi (68), antrenări (66) și degradări prin eroziune (60), în prima grupă, și
- instalarea necontrolată a vegetației forestiere (78), îngroparea lucrărilor în masa de aluviuni (60) și colmatarea radierului (55), în cea de a doua grupă.

Dacă se ia în considerare raportul dintre numărul de părți de lucrare afectate și numărul de lucrări afectate (NPA/NL), ierarhia avariilor se schimbă. Astfel:

- din prima categorie de avarii, valoarea NPA/NL cea mai mare (1,64) o înregistrează dezagregările urmate îndeaproape de infiltrații (1,60);
- în cea de a doua categorie, se detașează net din acest punct de vedere îngroparea în masa de aluviuni a lucrărilor (cu o valoare NPA/NL de 2,72) urmată, dar la distanță destul de mare, de neexecuția integrală a unor părți de lucrare.

În sfârșit, cele mai afectate părți de lucrare se observă că sunt următoarele:

- corpul zonei deversate în 70 de cazuri și pintenul terminal (zona radierului), în 125 de cazuri, pentru prima categorie de avarii, și
- radierul în 55 de cazuri și zona amonte lucrare în 57 de cazuri, pentru cea de a doua categorie de avarii.

Dacă analiza se face global, la nivelul ambelor categorii de avarii, pe primul loc se situează pintenul terminal (zona radierului) care, cu participarea a 4 avarii, a fost afectat în 139 de cazuri, urmată de corpul lucrării - zonă deversată - care a fost afectată în 104 cazuri, de 6 avarii.

6.2.2. Variabilitatea statistică și distribuțiile de frecvență ale intensității principalelor tipuri de evenimente comportamentale

Rezultatele prezentate în continuare au fost obținute în cadrul unui proiect de cercetare exploratorie¹ realizat la Universitatea Transilvania din Brașov

¹ Noi cercetări privind comportarea lucrărilor de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Târlungului (amonte de acumulare Săcele-județul Brașov). Director de proiect: prof. dr. ing. Ioan Clinciu.

(2009-2011), finanțarea fiind asigurată de UEFISCSU-CNCSIS. Cercetarea a vizat lucrările de amenajare a rețelei hidrotehnice torențiale de pe Valea Tărlungului (amonte de acumulare Săcele).

6.2.2.1. Intensitatea principalelor tipuri de avarii

Distribuțiile de frecvență alcătuite pentru a studia intensitatea principalelor tipuri de avarii arată că atât valorile principalilor indicatori statistici, cât și valorile testului de concordanță χ^2 depind de natura avariei, de natura criteriului folosit pentru caracterizarea intensității acesteia și de amplitudinea intervalului adoptat pentru gruparea frecvențelor pe clase.

Tabel 6.2. Rezultate ale cercetării statistice privind intensitatea principalelor tipuri de avarii (Clinciu et al., 2011)

Nr. crt	Denumirea avariei	Caracteristica studiată pentru estimarea intensității avariei	um	Amplitudinea clasei	Media aritmetică	Coeficientul de variație (%)	Distribuțiile teoretice care ajustează sau nu distribuția experimentală			
							Poisson	Normală	Charlier tip A	Beta
1	Fisurarea	Numărul de părți componente afectate prin fisurare	-	-	0,098	-	x	-	-	-
2	Ruperea pintenului terminal	Adâncimea ruperii	m	0,5	1,14	44,53	-	x	x	x
		Proporția ruperii	%	20	60,00	48,15	-	-	x	x
		Intensitatea globală a ruperii	-	1	3,12	54,46	-	-	-	x
3	Degradarea erozivă	Adâncimea degradării erozive	cm	5	6,98	86,47	-	-	x	-
				10	7,50	80,18	-	-	-	-
		Proporția degradării erozive	%	10	29,16	82,73	-	-	x	-
				20	29,58	81,90	-	-	x	x
Intensitatea globală a degradării erozive	-	1	1,50	67,37	-	-	x	-		
4	Subminarea corpului	Adâncimea subminării corpului	m	0,5	0,81	56,01	-	x	x	x
		Proporția subminării corpului	%	20	58,00	36,39	-	x	x	x
		Intensitatea globală a subminării corpului	-	1	2,93	37,48	-	x	x	x
5	Subminarea radierului	Adâncimea subminării radierului	m	0,5	0,93	55,18	-	x	x	x
		Proporția de afectare a lățimii radierului	%	20	54,32	50,69	-	x	x	x
		Intensitatea globală a subminării radierului	-	1	2,86	55,89	-	-	x	x

Pentru patru dintre avarii (ruperea pintenului terminal, degradarea erozivă, subminarea corpului și subminarea radierului), legitatea de variație a intensității a fost studiată mai întâi prin prisma a câte două criterii aplicate individual, după care – prin cuplarea acestora – s-a obținut o nouă distribuție de frecvență pentru fiecare avarie, pe baza căreia a fost stabilită intensitatea medie globală a avariei (tab. 6.2.).

În cazul tuturor celor 4 evenimente amintite, coeficientul de variație al intensității depășește pragul de 30%, considerat ca limită de trecere de la distribuțiile omogene la distribuțiile neomogene, ecartul în care se înscrie acest coeficient prezentându-se după cum urmează:

- între 30% și 40% în cazul subminării corpului, atunci când caracteristicile studiate sunt proporția subminării corpului și intensitatea globală a subminării corpului;
- între 40% și 50% în cazul ruperii pintenului terminal, când caracteristicile studiate sunt adâncimea ruperii și proporția ruperii; de asemenea în cazul degradării erozive, când caracteristica studiată este intensitatea globală a degradării erozive (cu frecvențele grupate pe trei și nu pe cinci clase de intensitate);
- între 50% și 60% pentru ruperea pintenului terminal, când caracteristica de studiu este intensitatea globală a ruperii; pentru subminarea corpului, când caracteristica de studiu este adâncimea subminării corpului; pentru subminarea radierului, indiferent de natura caracteristicii studiate (adâncimea subminării radierului, proporția de afectare a lățimii radierului și intensitatea globală a subminării radierului);
- între 80% și 90%, pentru evenimentul degradării erozive, când caracteristicile de studiu sunt adâncimea și respectiv proporția degradării erozive (indiferent de amplitudinea intervalului de clasă).

Dacă analiza comparativă se restrânge doar la intensitatea globală a evenimentelor, cele 4 tipuri de avarii se ierarhizează pe scara coeficientului de variație după cum urmează:

- subminarea corpului, între 30% și 40%;
- degradarea erozivă, între 40% și 70%;
- ruperea pintenului terminal și subminarea radierului, între 50% și 60%.

După media pe care intensitatea globală a înregistrat-o în cele 4 cazuri, rezultă că trei dintre avarii (ruperea pintenului terminal, subminarea corpului și subminarea radierului) s-au manifestat în perioada scursă de la execuția lucrărilor ca avarii de intensitate mijlocie, în timp ce a patra avarie, degradarea erozivă, s-a manifestat cu o valoare medie a intensității cu puțin inferioară treptei

de intensitate mică¹.

Aplicarea testului de concordanță (χ^2) a relevat următoarele:

- Distribuția fenomenelor rare (Poisson) este întâlnită numai la o singură avarie (fisurarea lucrărilor) dacă rolul variabilei x din structura funcției de frecvență este preluat de numărul de părți componente afectate prin fisurare;
- Pentru avariile privind subminarea corpului și subminarea radierului, normalitatea distribuțiilor de frecvență a fost dovedită statistic la toate cele 3 caracteristici care au fost adoptate pentru decelarea legităților de variație a intensității; la avaria privind ruperea pintenului terminal, condiția de normalitate a fost pusă în evidență doar pentru una dintre cele 3 caracteristici de studiu considerate. De remarcat că, în cazul degradării erozive a lucrărilor, normalitatea distribuțiilor de frecvență nu a putut fi dovedită statistic pentru niciuna dintre cele 3 caracteristici de studiu adoptate.
- Distribuțiile teoretice Charlier-tip A și Beta și-au demonstrat flexibilitatea și în cazul ajustării distribuțiilor experimentale alcătuite și cercetate, pentru prima dată, în lucrarea de față. Într-adevăr, cu excepția evenimentului fisurării lucrărilor, toate celelalte 4 evenimente luate în studiu au generat șiruri de frecvențe experimentale care, în majoritatea cazurilor, s-au dovedit concordante cu șirurile de frecvențe teoretice calculate după cele două distribuții amintite.

Așadar, dacă lăsăm la o parte evenimentul fisurării lucrărilor, se poate conchide că pentru restul evenimentelor clasificate ca avarii, distribuțiile teoretice normală, Charlier-tip A și Beta pot oferi soluții de ajustare a șirurilor de frecvențe experimentale pentru oricare dintre caracteristicile definite în vederea estimării intensității avariilor.

În sfârșit, dacă se face un clasament al distribuțiilor teoretice după numărul de distribuții experimentale pe care primele le ajustează, se constată că distribuția Charlier-tip A ocupă primul loc cu 12 distribuții ajustate (din totalul de 15) în timp ce distribuția Beta, cu cele 10 distribuții experimentale ajustate, se poziționează pe locul al doilea. În acest clasament, distribuția normală ocupă locul al treilea, ea oferind soluții pentru ajustarea a 6 distribuții experimentale dintre cele 15 studiate.

¹Aspectele metodologice ale acestor rezultate sunt detaliate în Clinciu I. (sub red.), 2011, pp. 195-252.

6.2.2.2. Intensitatea principalelor tipuri de disfuncționalități

Criteriile definite pentru prima dată în această cercetare, avute în vedere la estimarea intensității disfuncționalităților, diferă ca număr de la un caz la altul, în funcție de natura evenimentului și de gradul de acuratețe al datelor achiziționate în faza de teren a cercetărilor.

Astfel, în cazul evenimentelor privind colmatarea radierului și blocarea dinților disipatori de energie, caracterizarea intensității evenimentului a fost posibilă în urma definirii și aplicării succesive a câte două criterii individuale și a câte unui criteriu global, rezultat din cuplarea celor două criterii individuale.

Pentru instalarea necontrolată a vegetației forestiere s-au definit și s-au aplicat două criterii individuale de analiză a disfuncționalității, în timp ce pentru alte trei evenimente (blocarea deversorului, nerealizarea aterisamentului și îngroparea unor părți de lucrare) analiza statistică s-a făcut în baza a câte unui singur criteriu de estimare a intensității disfuncționalităților. (tab. 6.3.)

Tabel 6.3. Rezultate ale cercetării statistice privind intensitatea principalelor tipuri de disfuncționalități (Clineu et al., 2011)

Nr. crt	Denumirea disfuncționalităților	Caracteristica studiată pentru estimarea intensității avariei	um	Amplitudinea clasei	Media aritmetică	Coeficientul de variație (%)	Distribuțiile teoretice care ajustează sau nu distribuția experimentală			
							Poisson	Normală	Charlier tip A	Beta
1	Colmatarea radierului	Adâncimea colmatării radierului	cm	20	38,00	56,93	-	x	x	x
		Proporția suprafeței colmate pe radier	%	10	72,45	35,15	-	-	-	x
				20	70,72	33,53	-	-	x	x
		Intensitatea globală a colmatării radierului	-	1	3,45	38,92	-	-	x	x
1,5	3,43			38,18	-	-	-	-		
2	Blocarea dinților disipatori de energie	Gradul de blocare al dinților disipatori din rândul amonte	-	1	2,27	26,00	-	x	x	x
		Gradul de blocare al întregului sistem disipator (dinți + radier)	-	1	1,95	31,00	-	x	x	x
		Proporția de afectare a dinților disipatori prin degradare erozivă, deformare și dislocare	%	20	14,17	68,00	-	x	x	x

Nr. crt	Denumirea disfuncționalităților	Caracteristica studiată pentru estimarea intensității avariei	um	Amplitudinea clasei	Media aritmetică	Coeficientul de variație (%)	Distribuțiile teoretice care ajustează sau nu distribuția experimentală			
							Poisson	Normală	Charlier tip A	Beta
3	Blocarea deversorului	Proporția de blocare a lungimii pragului deversorului	%	25	52,28	44,00	-	x	x	x
				20	51,91	36,00	-	x	x	x
4	Instalarea necontrolată a vegetației forestiere	Suprafața din culoarul de scurgere pe care s-a instalat vegetația forestieră	m ²	100	109,45	84,00	-	x	x	x
		Gradul de blocare al culoarului de scurgere de către vegetația forestieră	%	20	37,37	77,00	-	-	-	x
5	Nerealizarea aterisamentului	Proporția de necolmatare a înălțimii utile	%	25	29,10	75,00	-	x	x	x
6	Îngroparea unor părți de lucrare	Numărul de părți de lucrare îngropate	-	1	0,76	250,00	-	-	-	-

Variabilitatea intensității – exprimată prin intermediul coeficientului de variație – este legată de natura diferită a disfuncționalităților, de natura diferită a criteriilor definite și considerate pentru caracterizarea acestor evenimente și, într-o măsură mai redusă, de amplitudinea adoptată pentru intervalul de clasă al distribuției de frecvență

Doar la o singură caracteristică (gradul blocării dinților disipatori din rândul amonte), coeficientul de variație a rezultat ca fiind mai mic de 30%. Cei mai mulți coeficienți de variație (câte 6) se înscriu în intervalele 30%-40% și respectiv 40%-80%. Numai într-un singur caz este depășit pragul de 80%.

Pentru două dintre disfuncționalitățile depistate cu cea mai ridicată frecvență (colmatarea radierului și blocarea dinților disipatori de energie), unde criteriile individuale de analiză s-au cuplat în vederea estimării intensității globale a evenimentului, concluziile desprinse sunt următoarele:

- pentru întreaga perioadă de funcționare a lucrărilor (circa 25 de ani), intensitatea medie globală a colmatării radierului corespunde clasei intermediare de intensitate de la mijlocie la mare;
- în aceeași perioadă, disfuncționalitatea globală a dinților disipatori de energie (prin efectul cumulat al deformării, dislocării și degradării erozive) s-a manifestat cu o intensitate foarte mică.

Pe scările criteriilor individuale adoptate pentru estimarea intensității, cu valori poziționate în prima jumătate a intervalului de scară au fost găsite: proporția suprafeței colmatate pe radier, gradul de blocare a dinților disipatori din rândul amonte, gradul de blocare a întregului sistem disipator și gradul de blocare a lungimii pragului deversorului.

Cu valori care se înscriu în cea de a doua jumătate a intervalului de scară au fost depistate: gradul de blocare a culoarului central de scurgere și gradul necolmatării lucrărilor.

Analiza concordanței dintre distribuțiile experimentale și distribuțiile teoretice s-a soldat cu următoarele rezultate:

- Ipoteza potrivit căreia îngroparea a mai mult de două părți alcătuitoare la o singură lucrare hidrotehnică transversală ar fi un eveniment rar întâlnit pe rețeaua torențială amenajată a Văii Tărlungului nu a putut fi validată statistic, ea neconfirmându-se în urma ajustării șirului de frecvențe experimentale după distribuția Poisson.
- Dacă se face abstracție de evenimentul îngropării unor părți de lucrare, se poate spune că toate disfuncționalitățile supuse analizei descriu distribuții de frecvență care sunt concordante cu distribuția normală, cel puțin pentru câte una din cele două (sau trei) caracteristici adoptate pentru a surprinde legitatea de variație a intensității evenimentelor.
- Pe ansamblu, din totalul celor 13 distribuții experimentale, opt satisfac condiția de normalitate. Nu a putut fi dovedită îndeplinirea acestei condiții de către distribuțiile de frecvență alcătuite pentru trei dintre criteriile caracterizante ale intensității disfuncționalităților (proporția suprafeței colmatate pe radier, intensitatea globală a colmatării radierului și gradul de blocare a culoarului de scurgere de către vegetația forestieră), chiar dacă în primele două cazuri s-au alcătuit și s-au studiat în paralel câte două distribuții de frecvență, diferite între ele prin amplitudinea intervalului de clasă.
- Remarcabilă pentru evenimentele din categoria disfuncționalităților este aptitudinea distribuției Beta de a ajusta toate cele 13 șiruri de frecvențe experimentale, cu o singură excepție: șirul generat de intensitatea globală a colmatării radierului, atunci când frecvențele evenimentului sunt grupate pe trei și nu pe cinci trepte de intensitate.
- Printr-un grad ridicat de flexibilitate se detașează și distribuția Charlier-tip A, a cărei funcție de frecvență a generat valori teoretice concordante cu valorile experimentale pentru 10 dintre cele 13 distribuții luate în studiu.

6.3. Rezultate obținute din cercetările privind comportarea în exploatare a diverselor tipuri de lucrări hidrotehnice utilizate în amenajarea rețelei hidrografice torențiale din România

6.3.1. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale

În urma lucrărilor de teren și a prelucrării primare a datelor, au fost identificate un număr de 3.584 lucrări hidrotehnice transversale și 261 canale de evacuare a apelor de viitură, care au fost analizate și sistematizate, pe de o parte, în funcție de caracteristicile dimensionale, iar pe de altă parte în funcție de evenimentele pe care le-au înregistrat în perioada de funcționare.

Din totalul lucrărilor hidrotehnice transversale descrise, 1.946 sunt lucrări cu radier, din care 1.557 au pinten terminal. Au fost construite cu ziduri de conducere 1.898 de lucrări (din care 17 fără radier), ceea ce înseamnă un total de 3.796 ziduri de conducere.

Din lucrările identificate, 786 lucrări hidrotehnice transversale (21,9%) nu prezintă nicio avarie la nivelul elementelor constructive.

Avariile care afectează lucrările transversale și frecvența apariției lor se prezintă după cum urmează:

- la nivelul lucrării propriu-zise (3.584 lucrări)

decastrări	183 lucrări	5,1%;
afuieri	970 lucrări	27,1%;
fisuri	506 lucrări	14,1%;
desprinderi	1.247 lucrări	34,8%;
eroziuni	1.126 lucrări	31,4%.
- la nivelul radierului (1.946 radiere)

fisuri	55 radiere	2,8%;
desprinderi	515 radiere	26,5%;
afuieri	711 radiere	36,5%;
eroziuni	485 radiere	24,9%.
- la nivelul zidurilor de conducere (3.796 ziduri)

fisuri	198 ziduri	5,2%;
desprinderi	419 ziduri	11,0%;
eroziuni	401 ziduri	10,6%.

- la nivelul pintenului terminal (1.557 pinteni)

decastrări	58 pinteni	3,7%;
desprinderi	249 pinteni	16,0%;
fisuri	25 pinteni	1,6%;
eroziuni	119 pinteni	7,6%;

Cele mai frecvente avarii sunt afuierea radierelor, desprinderile din corpul lucrării propriu-zise și eroziunile lucrării propriu-zise, fiecare avarie, în parte, afectând peste 30% din totalul lucrărilor respective. Având în vedere că, la nivelul zidurilor de conducere și al pintenului terminal, frecvența de afectare este scăzută, se poate concluziona că aceste două părți componente sunt mai puțin vulnerabile la apariția avariilor.

Disfuncționalitățile care afectează lucrările transversale identificate pe teren sunt enumerate în continuare:

blocarea secțiunii deversorului	1.512 lucrări	42,2%;
colmatarea radierului	1.150 radier	59,1% ¹ ;
instalarea necontrolată a vegetației în amonte	1.462 lucrări	40,8%;
instalarea necontrolată a vegetației în aval	1.193 cazuri	33,3%;
reducerea secțiunii de scurgere în aval	1.126 cazuri	29,2%.

Din analiza datelor se poate concluziona că, în general, disfuncționalitățile se manifestă asociat unele cu altele și de cele mai multe ori și cu avarii. Blocarea deversorului apare concomitent cu colmatarea radierului și instalarea necontrolată a vegetației în amonte, reducerea secțiunii în aval favorizează colmatarea radierului și instalarea vegetației în aval. Prin urmare, datorită acestor condiționări, colmatarea radierului este cea mai frecvent întâlnită disfuncționalitate.

În cazul celor 261 de canale de evacuare inventariate, având o lungime totală de 23.942,4 m, analiza evenimentelor s-a făcut la nivelul de sector de canal, unitar din punct de vedere al materialului de construcție și al adâncimii. Cele 261 de canale de evacuare au fost împărțite în 350 sectoare de canal, fiind luate în considerare, pentru analiză, 350 de radier , 700 de ziduri de conducere cu o lungime totală 47.884,8 m și 283 de pinteni.

Fără avarii au fost identificate 84 de canale, având 101 sectoare și 56 de pinteni, cu o lungime totală de 5.193,9 m (21,7%). Au mai fost descrise încă 38 de sectoare de canal, cu o lungime 1.864,5 m fără avarii ale radierului sau ale zidurilor de conducere. În ceea ce privește pintenii, pe lângă cei 56 menționați, mai sunt încă 117 bucați fără evenimente cu potențial de afectare a construcțiilor.

¹ Se raportează la lucrările cu radier.

Astfel, numărul de sectoare fără avarii este 139 (39,7%) cu o lungime de 7.058,4 m (29,5%), iar numărul pintenilor fără avarii este 173 (61,1%).

Frecvența avariilor care afectează componentele canalelor de evacuare, sistematizate pe părțile constructive afectate și pe sectoare de canal, sunt expuse în cele ce urmează:

- la nivelul radierului (350 radiere, cu o lungime de 23.942,4m)

fisuri	5 radiere	1,4%;	252,0 m	1,1%;
desprinderi	51 radiere	14,6%;	5.436,8 m	22,7%;
eroziuni	154 radiere	44,0%.	13.657,4 m	57,0%.
- la nivelul zidurilor de conducere (700 ziduri cu o lungime de 47.884,8 m)

fisuri	52 ziduri	7,4%;	4.245,5 m	8,9%;
desprinderi	123 ziduri	17,6%;	11.182,1 m	23,4%;
eroziuni	137 ziduri	19,6%.	13.131,4 m	27,4%.
- la nivelul pintenilor (193 pinteni)

decastrări	7 pinteni	2,5%;
afuieri	35 pinteni	12,4%;
fisuri	14 pinteni	4,9%;
desprinderi	42 pinteni	14,8%;
eroziuni	59 pinteni	20,8%;

Se observă că, pentru canalele de evacuare, frecvența avariilor este mult mai redusă decât în cazul lucrărilor transversale. Cea mai frecventă este eroziunea radierului, care afectează 44% din numărul acestora, pe 57% din lungimea lor.

Privitor la disfuncționalitățile întâlnite la canalele de evacuare, au fost deosebite 193 de sectoare de canal (55,1%), cu o lungime totală de 14.371,8 m (60%), care sunt afectate de colmatare; doar 19 canale au secțiunea redusă în aval (7,3%).

6.3.2. Frecvența de apariție și asocierea cauzelor generatoare de evenimente comportamentale

6.3.2.1. Constatări privind cauzele generatoare de evenimente comportamentale

După cum arată datele centralizate în tabelul 6.4, cele mai frecvente cauze care conduc la apariția avariilor sunt viiturile produse în timpul perioadei de funcționare a lucrărilor și uzura în timp a acestora. Cauzele identificate sunt ușor explicabile, date fiind condițiile speciale de exploatare a lucrărilor, respectiv

albiei torențiale cu transport excesiv de aluviuni și debite excepționale.

O altă cauză foarte des întâlnită, mai ales la corpul lucrărilor transversale și la canale, este neintervenția cu operațiuni de întreținere, respectiv reparații curente și capitale. Întârzierea remedierii lucrărilor, după apariția avariilor, conduce la amplificarea accelerată a degradărilor și, în final, la scoaterea din funcțiune a lor.

Cauze cu frecvență ridicată și cu impact (negativ) semnificativ asupra stării lucrărilor sunt materialele necorespunzătoare folosite la construcția lucrărilor (betoane de mărci inferioare celor prevăzute, zidărie din bolovani de râu necioplți, folosirea de agregate de râu nespălate, utilizarea de piatră gelivă în zidării etc.) și tehnologiile de punere în operă neconforme cu prevederile normativelor în vigoare (nerespectarea dozajelor la realizarea mortarelor și betoanelor, clădirea neglijentă a pietrelor în zidărie, cu crearea de rosturi mari, neumplute cu mortar, rosturi evidente la turnarea betoanelor, care evoluând rapid în fisuri permit infiltrarea apei prin corpul lucrărilor etc.).

Nesușinerea lucrărilor în aval, succedată de apariția afuierii și subminării corpului lucrărilor transversale sau a radierelor, poate fi atribuită și faptului că, pentru lucrările care ocupă prima poziție în sistemul hidrotehnic proiectat, s-a acceptat ipoteza potrivit căreia o adâncime afuiată mai mică de 0,5 m nu afectează stabilitatea.

Tabel 6.4. Frecvența cauzelor ce au generat avarii ale lucrărilor hidrotehnice

Cauze ale apariției avariilor	Lucrări hidrotehnice transversale		Canale
	Corp	Anexe	
Amplasare necorespunzătoare a lucrării pe profilul longitudinal	48	10	1
Amplasare necorespunzătoare a lucrării în plan	9	0	0
Amplasare necorespunzătoare a deversorului	1	0	0
Panta de aterisare mai mare decât cea preconizată	53	22	0
Panta de aterisare mai mică decât cea preconizată	174	163	1
Nesușinere în aval	268	186	10
Nerealizarea aterisamentului la lucrarea aval	23	25	0
Materiale necorespunzătoare	597	272	53
Lipsă pinten terminal	19	62	0
Nerespectarea dimensiunilor elementelor componente ale lucrării	259	86	10
Nerespectarea tehnologiei de execuție	475	229	41
Nerespectarea numărului de lucrări prevăzut	8	5	0
Tasare inegală a terenului de fundare	71	34	2
Lipsa operațiunilor de întreținere	669	197	50

Cauze ale apariției avariilor	Lucrări hidrotehnice transversale		Canale
	Corp	Anexe	
Cauze naturale (viituri excepționale, alunecări și prăbușiri de maluri etc.)	877	359	53
Uzura în timp (depășirea duratei normate de funcționare)	967	378	79
Intervenții antropice (drumuri peste aripa barajelor, prin corpul lucrărilor, desprinderi de elemente în alte scopuri etc.)	133	19	17
Alte cauze	2	6	1
Număr total lucrări	3584	1946	261
Număr lucrări cu avarii	2222	1052	165

O cauză a afuiierilor este și nerealizarea pantei de aterisare preconizată, stabilită prin normativul de proiectare, pe baza granulometriei aluviunilor din albie. O altă cauză o reprezintă aterisarea parțială a lucrării din aval, datorită supradimensionării capacității de retenție a sistemului hidrotehnic sau a avarierii lucrării din aval, incapabilă să formeze aterisamentul proiectat. De asemenea, panta aterisamentului variază în timp și așezarea aluviunilor nu se face liniar. Imediat după viituri, panta de așezare a aluviunilor este mare datorită transportului și depunerii de aluviuni grosiere. Dacă, însă, în perioada proiectată pentru realizarea aterisamentelor, în general 10 ani, nu survin evenimente care să genereze viituri torențiale, așezarea aluviunilor în aterisamente se face sub un unghi de înclinare mai mic, predominând aluviunile fine. (Davidescu, 2013).

Dacă afuierea este însoțită și de nerealizarea pintenului terminal, se constată o degradare mai rapidă a radierelor ceea ce, într-o fază ulterioară, conduce la un impact negativ asupra stabilității întregii lucrări.

Nu sunt rare cazurile în care lucrările hidrotehnice sunt avariate datorită unor intervenții antropice, prin conducerea traseului căilor de acces peste aripile/pinteni sau prin deversorul lucrărilor, prin ridicarea de construcții peste părți din lucrare, prin demolarea unor părți de lucrare pentru asigurarea accesului în bazinet, prin trasul lemnelor peste lucrări etc.

În majoritatea cazurilor, avem de a face cu un complex de cauze care conduc la apariția avariilor, o avarie nefiind rezultatul direct al unei cauze unice și, în același timp, o cauză putând avea ca efect apariția mai multor degradări. Spre exemplu, apariția desprinderilor este favorizată de calitatea slabă a materialelor, coroborată cu producerea de viituri și cu uzura în timp a lucrărilor. De asemenea, calitatea slabă a materialului de construcție poate conduce la apariția concomitentă a desprinderilor, eroziunilor și fisurilor (Davidescu, 2013).

Viiturile excepționale, alunecările de maluri și uzura în timp a lucrărilor sunt cauze asupra cărora nu putem acționa în mod conștient și pot fi categorisite ca și cauze naturale de apariție a avariilor. Calitatea necorespunzătoare a materialelor,

nerespectarea tehnologiilor de execuție, nerespectarea dimensiunilor lucrărilor proiectate sau dimensionarea eronată a lucrărilor sunt, însă, cauze antropice, asupra cărora se poate interveni printr-un control atent pe parcursul activității de proiectare și de execuție a lucrărilor.

Mentenanța lucrărilor, constând în intervenții periodice reprezentate de reparații curente și capitale, nu trebuie neglijată. Acțiunea de refacere a părților avariate, în faza incipientă de producere a acestora, este mult mai eficientă funcțional și economic decât intervențiile realizate după producerea unor evenimente majore, cum sunt prăbușirea sau avarierea gravă a lucrărilor.

Disfuncționalitățile identificate pe parcursul cercetărilor: blocarea deversoarelor, colmatarea radierelor și canalelor, instalarea necontrolată a vegetației pe șenalul de scurgere (atât în amonte cât și în aval de lucrări), reducerea secțiunii de scurgere în aval de lucrările transversale, precum și nerealizarea aterisamentelor, sunt evenimente care contribuie la degradarea construcțiilor la realizarea defectuoasă a funcțiilor atribuite, deși nu afectează direct stabilitatea și rezistența lucrărilor.

Principalele cauze care conduc la apariția disfuncționalităților sunt viiturile care se produc în bazinele hidrografice torențiale și neaplicarea sistematică a operațiunilor de întreținere.

Blocarea deversoarelor se datorează viiturilor repetate și transportului excesiv de aluviuni grosiere, blocuri și flotați, care epuizează capacitatea de retenție a sistemului de lucrări proiectat. Ca urmare, apele de viitură sunt deviate pe trasee nedorite, periclitanând atât obiectivele interceptate (drumuri, terenuri, clădiri), cât și anumite părți de lucrare (ex. încastrările în maluri).

Colmatarea radierelor/canalelor apare datorită transportului de aluviuni, fiind favorizată de materialele lemnoase rămase în albie în urma activităților de exploatare sau a uscării naturale a vegetației forestiere. Am constatat că radierele și canalele au fost colmate și datorită unor lucrări terasiere executate în imediata apropiere a rețelei hidrografice constând în împingerea în radiere/canale a materialului rezultat din activitățile de reparare sau construcție a drumurilor, depozitarea voluntară a resturilor menajere și a altor deșeuri în canale sau pe radiere. Colmatarea radierelor este favorizată și de existența dinților disipatori și a contrabarajelor care nu au fost curățate de materialul depus în decursul timpului.

Pe depozitele de aluviuni astfel formate se instalează cu ușurință vegetația (lemnoasă și nelemnoasă), care accentuează reducerea secțiunii de scurgere favorizând, prin acțiunea mecanică a rădăcinilor, degradarea continuă și lentă a construcțiilor.

În condițiile unui debit permanent redus în aval de lucrările transversale, dar

și pe aterisamentele acestora, se instalează vegetație lemnoasă, reprezentată de specii ca anin, salcie, căprească, soc etc., care conduce la colmatarea culoarului de scurgere și la devierea apelor pe trasee care periclitează obiectivele existente, dar și stabilitatea lucrărilor de corectare a torenților.

Îngustarea secțiunii albiei în aval de deversoarele sau de radierele lucrărilor hidrotehnice este cauzată de depunerile de aluviuni din timpul viiturilor sau, cel mai adesea, de neexecutarea degajărilor de albie prevăzute în proiecte.

În sfârșit, ca urmare a supradimensionării sistemului de lucrări hidrotehnice și/sau a neproducerii de viituri în perioada de funcționare a lucrărilor, se semnalează nerealizarea aterisamentelor la cotele și la pantele prevăzute la data elaborării proiectului, cu efect negativ asupra stabilității lucrărilor din amonte.

6.3.2.2. Frecvența și asocierea cauzelor generatoare de avarii în cazul lucrărilor hidrotehnice transversale

Apariția evenimentelor comportamentale la lucrările hidrotehnice transversale fiind generată de un complex de factori, este foarte greu de separat sau de individualizat o „cauză generatoare” a unei anumite avarii, mai ales că evenimentele comportamentale se intercondiționează și fac ca o anumită avarie sau disfuncționalitate să se poate afla, împreună cu alte cauze, la originea unei alteia. Cu alte cuvinte, nu pot fi decelate asocieri clare între cauze și avarii, o anumită cauză putând conduce la producerea mai multor tipuri de avarii, iar o anumită avarie fiind, în general, rezultatul unui cumul de cauze.

Tab. 6.5. Frecvența de apariție a principalelor cauze generatoare de avarii la lucrările hidrotehnice transversale

Specificații		Lucrări efectuate	Cauze ale apariției avariilor (%)							
			Uzura	Viituri	Întrețineri	Materiale	Tehnologie	Nesustinere aval	Panta de aterisare	Dimensiuni elemente constructive
Lucrare propriu -zisă	Decastrări	183	45	74	36	66	53	29	17	66
	Afuieri	970	245	273	255	243	180	234	169	186
	Fisuri	506	212	137	97	164	223	70	54	66
	Desprinderi	1247	563	625	416	386	247	146	107	143
	Eroziuni	1126	587	412	304	369	293	133	126	120

Specificații		Lucrări efectuate	Cauze ale apariției avariilor (%)							
			Uzura	Viituri	Întrețineri	Materiale	Tehnologie	Nesusținere aval	Panta de aterisare	Dimensiuni elemente constructive
Radier	Fisuri	55	30	13	8	17	13	12	17	10
	Desprinderi	515	270	285	181	180	124	79	46	53
	Afuieri	710	246	234	152	184	181	186	160	76
	Eroziuni	485	233	200	119	186	150	69	62	55
Ziduri de conducere	Fisuri	198	82	88	31	81	90	19	16	28
	Desprinderi	419	²⁵⁴	253	169	126	92	60	24	29
	Eroziuni	401	220	189	126	169	110	38	30	39
Pinteni	Decastrări	58	32	32	17	15	14	9	20	12
	Fisuri	25	15	6	4	7	10	3	10	2
	Desprinderi	249	147	158	100	64	64	49	24	19
	Eroziuni	119	62	57	23	30	40	16	30	12
Lucrări avariate având ca și cauză ...			1035	992	736	713	575	445	333	324
Indice de stare mediu (Y_s)			67,5	62,3	63,0	72,0	73,9	71,0	76,0	69,8

În cercetarea desfășurată, au fost luate în considerare numai cauzele generatoare ce au fost evidențiate în cel puțin 5% din cazuri, rezultând, pe ansamblu, 8 categorii de cauze (tab. 6.5.), după cum urmează:

- uzura datorată exploatării îndelungate a lucrărilor (uzura);
- viituri excepționale, fenomene de mal etc. (viituri);
- lipsa operațiilor specifice de întreținere (întrețineri);
- utilizarea unor materiale de construcție necorespunzătoare (materiale);
- aplicarea de tehnologii de execuție neconforme, abaterea de la prevederile normativelor și/sau a proiectelor (tehnologie);
- nesușinerea în aval a lucrării, fie datorită lipsei de prevedere a proiectantului (lucrarea fiind prima din sistem sau din baterie), fie datorită renunțării la lucrarea din aval etc. (nesușinere aval);
- realizarea aterisamentelor la pante mai mici decât cele prevăzute în proiecte (panta de aterisare);
- dimensiuni mai mici ale elementelor constitutive (încăstrări, fundație, radier etc.) datorate fie subdimensionării elementului respectiv de către proiectant, fie executării parțiale a acestui element (dimensiuni elemente constructive).

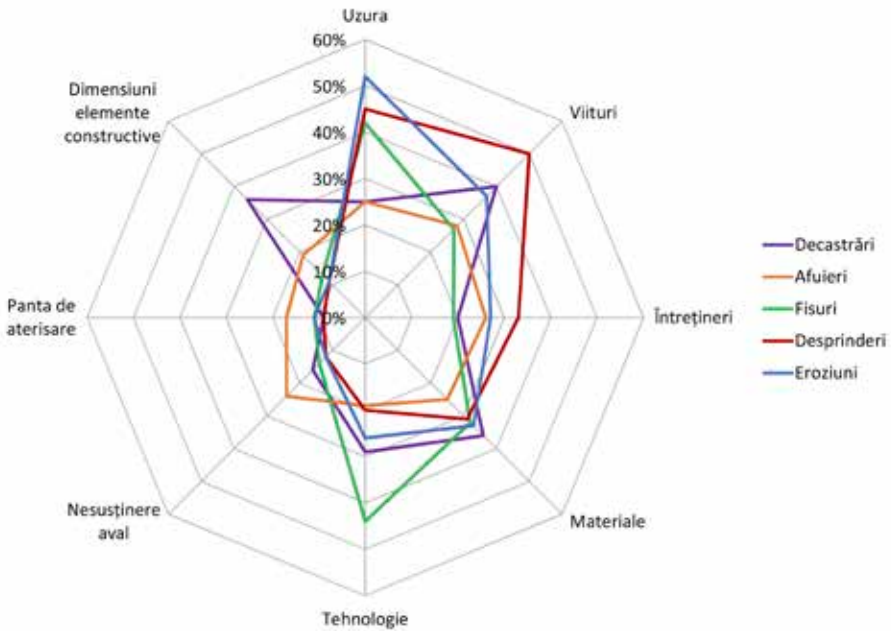


Fig. 6.2. Asocieria dintre avariile corpului lucrărilor transversale și cauzele apariției acestora.

În figura 6.2. este reprezentat modul de asociere al tipurilor de avarii care afectează corpul lucrărilor hidrotehnice transversale cu diversele cauze semnalate la data inventarierii acestora (valori procentuale, indicând ponderea diverselor avarii raportată la numărul de lucrări expuse la o anumită cauză). Decastrările sunt asociate preponderent nerespectării dimensiunilor constructive, iar fisurile cu nerespectarea tehnologiei de execuție. Afuierile sunt asociate cu nerespectarea dimensiunilor constructive, nerealizarea pantei de aterisare și nesuștinerea în bieful aval. În cazul desprinderilor, deși asocierea cu diversele cauze este relativ uniformă, totuși o anumită deplasare se evidențiază ca fiind cauzată de uzura în timp, de viituri, lipsa întreținerilor și utilizarea materialelor de slabă calitate. O asociere relativ uniformă este întâlnită și în cazul eroziunilor; cu pondere mai mare se disting aici uzura, calitatea slabă a materialelor și tehnologia de execuție necorespunzătoare.

Cele menționate sugerează că, dacă afuierile și decastrările sunt provocate de un număr de cauze specifice (nesuștinere aval, nerealizarea pantei de aterisare și nerespectarea dimensiunilor lucrărilor, respectiv nerespectarea dimensiunilor constructive), apariția eroziunilor, fisurilor și a desprinderilor, sunt provocate de un complex de cauze, preponderente fiind viiturile excepționale, uzura în timp, calitatea materialelor și calitatea execuției.

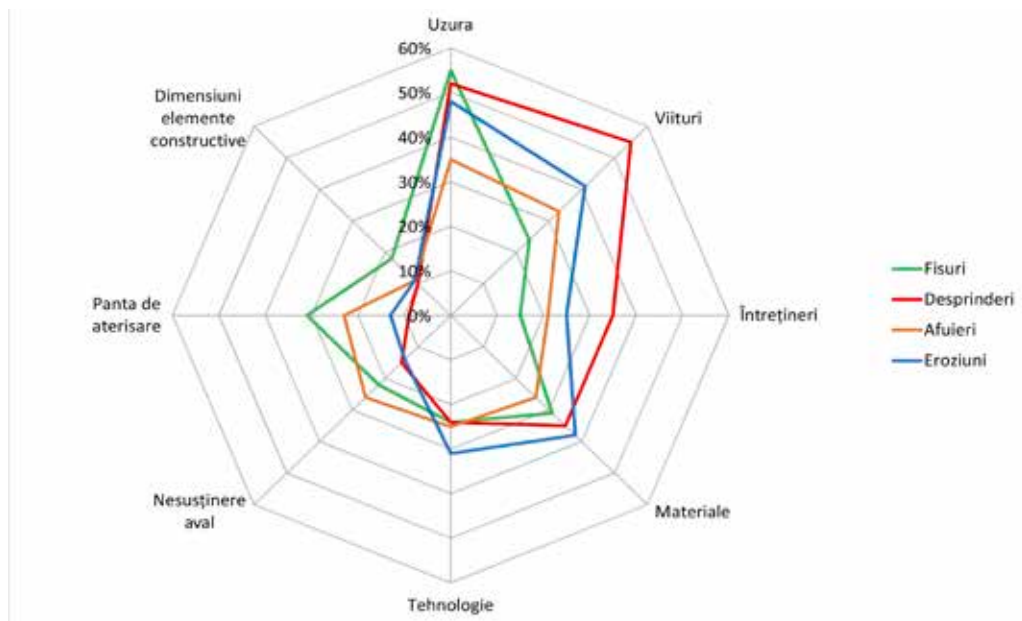


Fig. 6.3. Asocieria dintre avariile radierului lucrărilor transversale și cauzele apariției acestora.

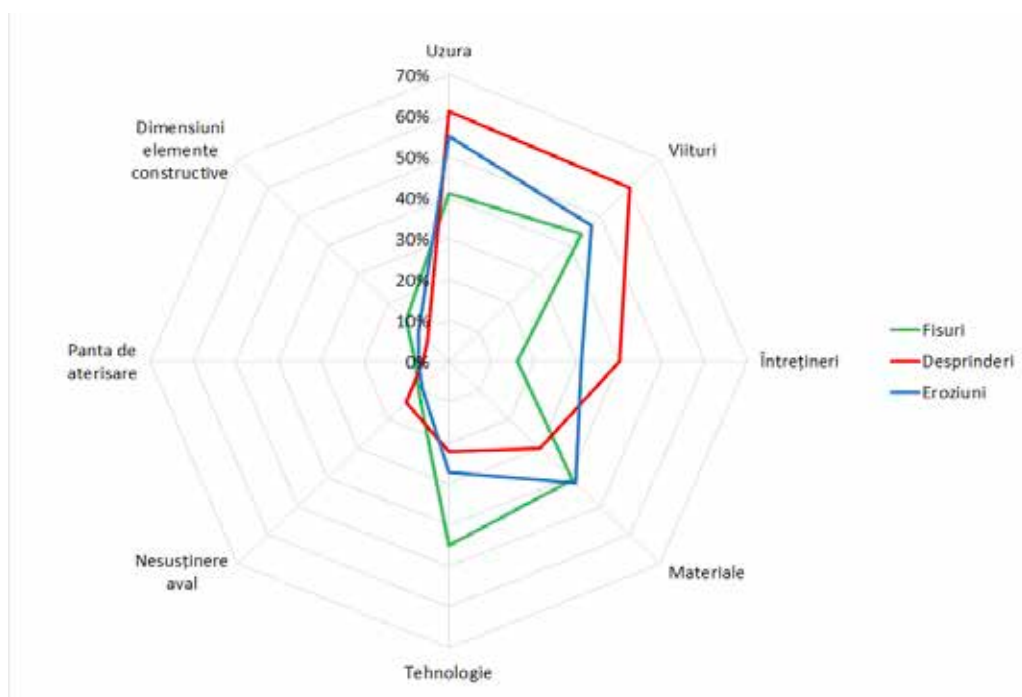


Fig. 6.4. Asocieria dintre avariile zidurilor de conducere ale lucrărilor transversale și cauzele apariției acestora.

Efectuând analiza și pentru radier (fig. 6.3.), se observă aceeași tendință: se pune în evidență aportul determinant al pantei de aterisare (mai mică decât în prevederile proiectului) și al lipsei de susținere în aval, pentru apariția afuiierilor, și cumului de cauze la producerea desprinderilor și eroziunilor.

În cazul zidurilor de gardă (fig. 6.4), se observă asocierea foarte frecventă a fisurilor cu nerespectarea tehnologiei de execuție. Pentru eroziuni se constată o răspândire uniformă pe cauze, respectiv uzură în timp, viituri puternice, lipsa întreținerilor și reparațiilor curente, materiale de slabă calitate și tehnologie de execuție neconformă, în timp ce pentru desprinderi preponderente sunt cauzele legate de exploatare, respectiv uzura în timp și viiturile puternice.

6.3.2.3. Frecvența cauzelor generatoare de avarii în cazul canalelor de evacuare

Pentru canalele de evacuare, cauzele generatoare de avarii sunt: uzura în timp a componentelor lucrării, viiturile excepționale și alte evenimente naturale care au solicitat canalele (alunecări de teren etc.), lipsa unor operațiuni de întreținere și a unor mici reparații, utilizarea unor materiale de construcție de slabă calitate, aplicarea unor tehnologii de punere în operă deficitare, intervenții antropice constând în demolarea radierului.

Tabel 6.6. Frecvența de apariție a celor mai importante cauze care au condus la avarierea canalelor, pentru fiecare avarie în parte

Specificații		Lungimea (nr. bucăți) afectate ¹	Cauze ale apariției avariilor (%)				
			Uzura	Materiale	Viituri	Întrețineri	Tehnologie
Radier	Fisuri	252,0 m	-	64,3	-	43,7	17,9
	Desprinderi	5436,8 m	44,7	59,5	16,2	19,6	58,4
	Eroziuni	13657,4 m	50,3	42,1	25,6	36,7	31,5
Ziduri de gardă	Fisuri orizontale	2784,5 m	40,0	43,6	24,4	39,7	21,2
	Fisuri verticale	1796,0 m	9,2	68,8	19,7	12,9	14,3
	Desprinderi	11182,1 m	50,1	42,5	32,7	44,2	34,4
	Eroziuni	13131,4 m	51,8	30,5	34,1	39,7	33,5

¹ Pentru avariile care afectează radierul și zidurile de conducere, s-a trecut lungimea sectoarelor sau zidurilor având o anumită avarie, iar în cazul pintenilor s-a trecut numărul de pinteni cu avaria respectivă.

Specificații		Lungimea (nr. bucăți) afectate ¹	Cauze ale apariției avariilor (%)				
			Uzura	Materiale	Viituri	Întrețineri	Tehnologie
Pinteni	Decastrări	7 buc	28,6	14,3	28,6	28,6	14,3
	Afuieri	35 buc	37,1	28,6	20,0	20,0	17,1
	Fisuri orizontale	11 buc	90,9	-	90,9	-	-
	Fisuri verticale	3 buc	66,7	66,7	33,3	33,3	33,3
	Desprinderi	42 buc	71,4	45,2	42,9	23,8	19,0
	Eroziuni	59 buc	54,2	32,2	54,2	20,3	28,8
Canale avariate având ca și cauză ...		buc	79	53	53	50	44
		Lungime (m)	10020,8	7112,6	4933,8	6923,2	5104,5
Indice de stare mediu (Y_s)			74,2	70,4	77,5	77,3	77,6

Dintre toate cauzele identificate (care au stat la originea apariției avariilor) sunt evidențiate în tabelul 6.6. numai cele mai importante cinci cauze, altele având o frecvență de apariție neglijabilă.

6.4. Rezultatele cercetării statistice a indicelui de stare – premisă esențială în elaborarea și aplicarea unui program de monitorizare sistematică și permanentă a lucrărilor

6.4.1. Distribuția de frecvență a indicelui de stare

Pentru întreaga populație de lucrări cercetate la scara României, obținându-se doar o singură cifră a indicelui de stare, aceasta nu va fi revelatoare; va putea, însă, spune multe lucruri dacă se recurge la stratificarea lucrărilor după diferite criterii: mari bazine, vârsta lucrărilor, tipologie, materiale de construcție, înălțime etc.; caz în care se observă că indicatorul de stare prezintă o anumită „variabilitate statistică”.

Înainte de a se recurge la stratificarea lucrărilor după unele dintre aceste criterii s-a testat distribuția experimentală a frecvențelor indicelui de stare, obținută în baza cercetării lucrărilor considerate în cadrul proiectului pentru a se stabili dacă reprezintă sau nu estimăția vreunei distribuții teoretice. Pentru aceasta a fost nevoie mai întâi să fie determinată frecvența lucrărilor pe categorii tipologice și pe clase ale indicelui de stare.

Tabel 6.7. Ajustarea distribuției experimentale a stării lucrărilor hidrotehnice transversale după distribuția Meyer

Starea lucrărilor	Corespondentul numeric al stării	Distribuția experimentală	Distribuția teoretică
Foarte bună	5	2067	2100
Bună	4	914	928
Medie	3	386	410
Rea	2	165	181
Foarte rea	1	52	80

Pentru lucrările hidrotehnice transversale s-a dovedit că distribuția experimentală a factorului caracterizant al stării lucrărilor se ajustează după legea Meyer, a cărei funcție de frecvență se exprimă sub forma:

$$f_x = k \cdot e^{-\alpha x} \quad (6-1)$$

unde: e este baza logaritmului natural, iar k și α sunt parametrii funcției Meyer, care depind de caracteristicile distribuției experimentale, respectiv de indicele de stare al lucrărilor.

Centralizându-se datele obținute (tab. 6.7.), s-a putut constata o bună apropiere între frecvențele teoretice și frecvențele experimentale, dovadă a faptului că evenimentul cercetat urmează legea distribuției Meyer.

Pentru verificarea ipotezei nule, potrivit căreia între frecvențele teoretice și cele experimentale diferențele sunt nesemnificative, s-a utilizat testul Kolmogorov–Smirnov. Cum $1-k=1,000 > D_{0,05\%}=0,200$, ipoteza nulă nu se respinge; deci între cele două șiruri de frecvențe nu există diferențe semnificative.

Utilizându-se același test și pentru canalele de evacuare s-a găsit că distribuția experimentală a indicelui de stare concordă cu frecvența teoretică stabilită după legea Meyer, așa cum se observă în tabelul 6.8.

Tabel 6.8. Ajustarea distribuției experimentale a stării canalelor după distribuția Meyer

Starea lucrărilor	Corespondentul numeric al stării	Distribuția experimentală	Distribuția teoretică
Foarte bună	5	187	181
Bună	4	42	65
Medie	3	16	23
Rea	2	10	8
Foarte rea	1	5	3

6.4.2. Influența vârstei asupra indicelui de stare

6.4.2.1. Cazul lucrărilor hidrotehnice transversale

S-a analizat influența vârstei lucrărilor din perspectiva indicelui de stare, găsindu-se că dependența statistică este foarte bine surprinsă de o ecuație de regresie de tip logaritmic (fig. 6.5). Distribuția norului de puncte arată că, pe măsură ce crește vârsta lucrărilor, scade valoarea medie a indicelui de stare, rezultat, în mod evident, conform așteptărilor. Pentru a putea evidenția categoriile de vârstă care au influențat mai mult sau mai puțin starea lucrărilor s-a recurs la analiza simplă a varianței (tab. 6.9).

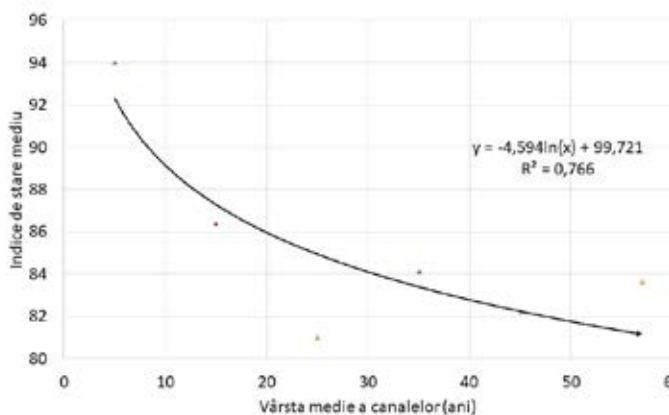


Fig. 6.5. Dependenta corelatională dintre starea lucrărilor transversale și vârsta acestora

Pentru a putea evidenția categoriile de vârstă care au influențat mai mult sau mai puțin starea lucrărilor s-a recurs la analiza simplă a varianței (tab. 6.9).

Tabel 6.9. Influența vârstei lucrărilor hidrotehnice transversale în expresia indicelui de stare, pusă în evidență prin intermediul analizei simple a varianței

Categoriile de vârstă	Intervalul categoriei (ani)	Numărul de valori observate	Suma valorilor observate	Media	Sursa variației	Numărul gradelor de libertate	Varianța	F
1	0-5	193	18156,2	94,1	Între variante	10	11.835,8	27
2	5-10	309	28432,1	92,0				
3	10-15	196	17153,2	87,5				
4	15-20	249	20562,0	82,6				
5	20-25	554	43142,1	77,9	În interiorul variantelor (reziduală)	3.573	438,4	-
6	25-30	535	41962,7	78,4				
7	30-35	617	47609,6	77,2				
8	35-40	316	25016,1	79,2				
9	40-45	203	14845,3	73,1	Totală	3.583	471,4	F _{0,05} =1,83 F _{0,01} =2,32
10	45-50	194	15652,7	80,7				
11	>50	218	16351,0	75,0				

Constatându-se, prin aplicarea testului „F”, că există diferențe între clasele de vârstă, s-a trecut la analiza de detaliu privind semnificațiile diferențelor dintre categoriile de vârstă (Tab. 6.10). S-a calculat eroarea diferenței dintre variante, folosindu-se varianța reziduală pentru grupe cu număr diferit de observații:

$$s_d = s_E \cdot \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}} \quad (6-2)$$

în care: n_i și n_j reprezintă numărul de observații pentru toate grupele.

În funcție de s_d s-au determinat diferențele limită pentru cele trei probabilități de transgresiune uzuale (5%, 1% și 0,1%) respectiv:

$$DL_{5\%} = 1,96 \cdot s_d$$

$$DL_{1\%} = 2,58 \cdot s_d$$

$$DL_{0,1\%} = 3,29 \cdot s_d$$

Faptul că aproape toate diferențele dintre clase sunt semnificative din punct de vedere statistic demonstrează că vârsta și-a pus puternic amprenta asupra stării fizice a lucrărilor.

Tabel 6.10. Semnificația diferențelor pentru clasele de vârstă

Categoriile de vârstă a lucrărilor	Media	Numărul de valori observate	Categoriile de vârstă a lucrărilor										
			1	2	3	4	10	8	6	5	7	11	9
			Diferențele mediilor pe categorii										
1	94,1	193	0,0	2,1	6,6**	11,5***	13,4***	14,9***	15,7***	16,2***	16,9***	19,1***	21,0***
2	92,0	309		0,0	4,5*	9,4***	11,3***	12,8***	13,6***	14,1***	14,8***	17,0***	18,9***
3	87,5	196			0,0	4,9*	6,8**	8,3***	9,1***	9,6***	10,3***	12,5***	14,4***
4	82,6	194				0,0	1,9	3,4	4,2**	4,7**	5,4***	7,6***	9,5***
10	80,7	249					0,0	1,5	2,3	2,8	3,5*	5,7**	7,6***
8	79,2	535						0,0	0,8	1,3	2,0	4,2*	6,1**
6	78,4	316							0,0	0,5	1,2	3,4*	5,3**
5	77,9	617								0,0	0,7	2,9	4,8**
7	77,2	218									0,0	2,2	4,1*
11	75,0	554										0,0	1,9
9	73,1	203											0,0

Semnificații: *diferențe semnificative; ** diferențe distinct semnificative; *** diferențe foarte semnificative

6.4.2.2. Cazul canalelor de evacuare

Și în cazul canalelor, vârsta prezintă o influență însemnată asupra indicelui de stare, așa cum s-a întâmplat și la lucrările transversale.

Considerând canalele pe clase de vârstă de 10 de ani, pentru 6 grade de libertate și pentru probabilitatea de transgresiune de 5% ($r_{0,05}=0,754$), valoarea coeficientului de corelație ($r=0,875$) semnifică o dependență corelațională distinct semnificativă.

Atât în cazul lucrărilor hidrotehnice transversale cât și al canalelor, pentru lucrările având vârsta cuprinsă între 20 și 40 de ani, au fost constatate unele abateri de la tendința generală, starea construcțiilor fiind dependentă și de reparațiile și intervențiile cu alte lucrări în bazinele respective.

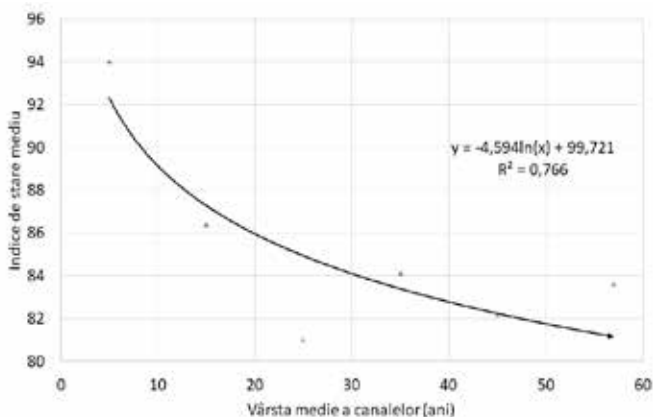


Fig. 6.6. Dependenta corelațională dintre stare și vârsta canalelor.

Totuși, aceste variații nu au un impact hotărâtor asupra tendinței generale care, în primii 20 de ani are o pantă de scădere mai pronunțată. După această perioadă, deteriorarea construcțiilor hidrotehnice are un gradient mai mic, ceea ce poate fi explicat prin faptul că sistemele hidrotehnice de protecție împotriva scurgerilor torențiale sunt mult mai vulnerabile în primii ani de exploatare. De asemenea, stingerea agresivității torenților pe sectoarele amenajate cu lucrări hidrotehnice, fenomen care se resimte după 10–20 ani de la execuția sistemelor, este o altă cauză a variației pantei de descreștere a degradării lucrărilor.

6.4.2.3. Influența înălțimii lucrărilor hidrotehnice transversale asupra indicelui de stare

Pentru a verifica nivelul de manifestare a acestei influențe s-a recurs la studiul dependenței corelaționale dintre înălțimea lucrărilor și indicele de stare, categoriile de înălțime fiind delimitate din 0,5 în 0,5 m.

Gruparea tuturor valorilor într-un interval relativ restrâns (71,3–84,8) indică un impact relativ mic al înălțimii lucrării transversale asupra stării acesteia;

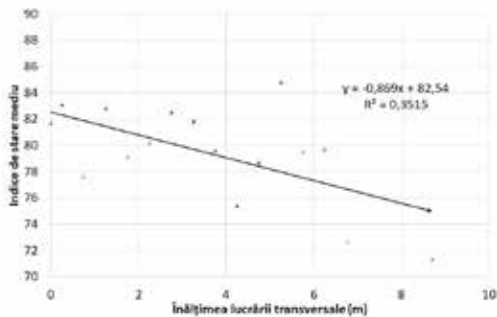


Fig. 6.7. Dependența corelațională dintre indicele de stare și înălțimea elevației lucrărilor transversale.

corelația este însă semnificativă ($r=0,593$) pentru 15 grade de libertate (fig. 6.7). Datorită suprafeței de contact a construcției cu atmosfera și, mai ales, cu lama deversată, lucrările transversale mai înalte sunt mai expuse la degradare.

În cercetarea științifică viitoare, existența/inexistența acestei corelații urmează să fie verificată și prin analiza varianței, ocazie cu care se poate proceda și la mărirea intervalului de clasă.

6.4.2.4. Influența materialului de construcție și a tipului de lucrare asupra indicelui de stare

Pentru a dovedi influența materialului de construcție asupra indicelui de stare s-a recurs la o stratificare convenabilă a lucrărilor transversale, ținându-se seama atât de materialul de construcție, cât și de tipul constructiv de lucrare, după cum urmează: beton (B); contraforți din beton și elemente prefabricate (BCF); filtrante din beton (BF); zidărie de piatră cu mortar de ciment (M); contraforți din zidărie și alte elemente (MCF); filtrante din zidărie (MF); baraje din tuburi PREMO (BT); baraje din alte elemente prefabricate (BPR); căsoaie din lemn (CL); gabioane (G); zidărie uscată (ZU); mixte, din zidărie cu mortar și beton (MB). Reprezentarea grafică este redată în figura 6.8, pe cele cinci clase ale indicelui de stare.

Din figura 6.8 se observă că lucrările transversale din categoriile BF, BPR și BT nu înregistrează structuri având o stare rea sau foarte rea, însă quantumul total al construcțiilor aparținând acestor categorii nu totalizează 1% din numărul total al lucrărilor inventariate. Făcând o comparație între lucrările monolit din beton (B) și lucrările monolit din zidărie de piatră cu mortar de ciment (M) care reprezintă, în proporții aproximativ egale, peste 85% din totalul lucrărilor evaluate, constatăm că lucrările din beton s-au comportat mai bine deoarece 73% dintre acestea au o stare foarte bună, în timp ce la zidărie proporția lucrărilor foarte bune este de 61%.

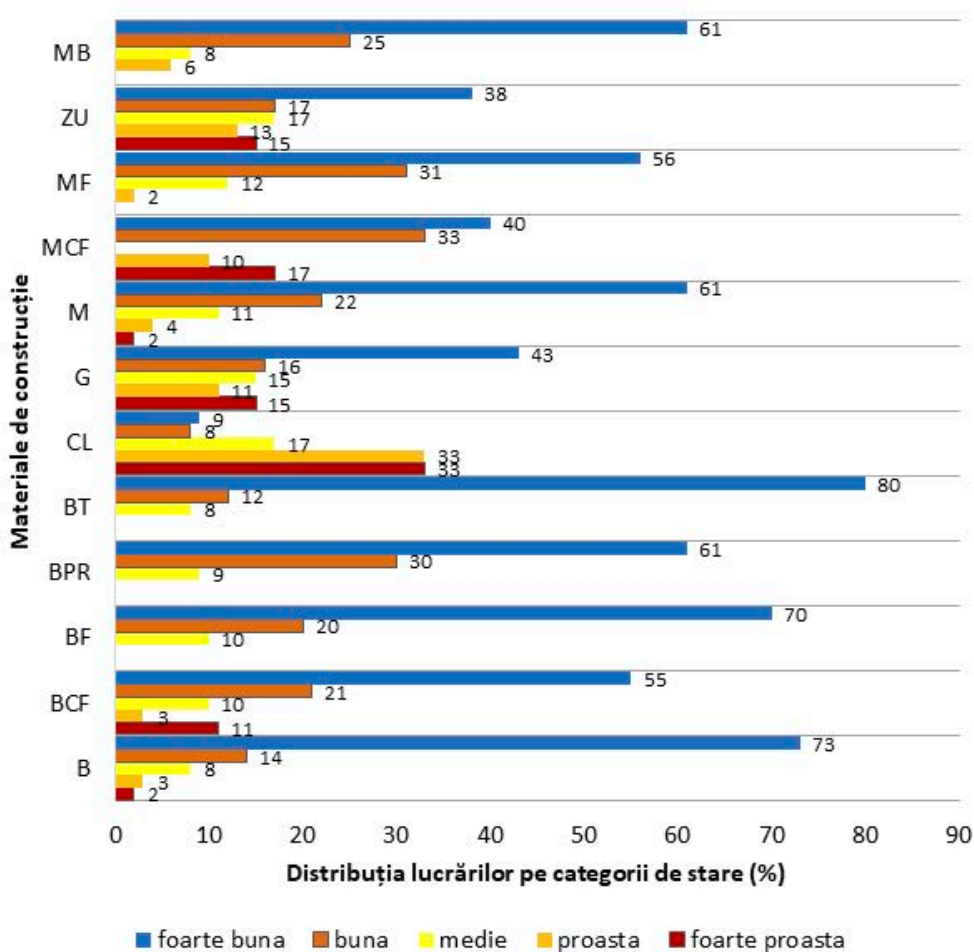


Fig. 6.8. Histograma de frecvență a lucrărilor hidrotehnice transversale pe tipuri de lucrări și pe clase ale indicelui de stare.

Cu cel mai mare procent de piese aflate în stare foarte rea, rea și medie (clasele 1, 2 și 3) s-au identificat căsoaiele din lemn (83%), urmate de pragurile din zidărie uscată (45%) și de pragurile și barajele din gabioane (41%).

6.4.3. Modelarea statistico–matematică a indicelui de stare mediu pe bazin

Răspunsul construcțiilor hidrotehnice la condițiile de mediu este ilustrat prin încadrarea lucrărilor hidrotehnice pe categorii, în funcție de starea lor. Reprezentarea distribuției spațiale a categoriilor de stare a lucrărilor constituie un criteriu pentru stabilirea ordinii de intervenție și, în același timp, o modalitate de repartizare obiectivă a resurselor atât pentru refacerea lucrărilor avariate, luate individual, cât și pentru repunerea în siguranță a sistemului din care aceste lucrări fac parte. Prin urmare, ierarhizarea lucrărilor hidrotehnice după stare și a bazinelor hidrografice amenajate în funcție de urgențele de intervenție, alături de monitorizarea în timp real a stării lucrărilor, constituie premisele unui sistem complex de management al albiilor torențiale amenajate.

Avarierea (de regulă însoțită și de diminuarea funcționalității) reprezintă, în esența sa, un fenomen natural, impactul între construcții și viituri fiind deseori violent și cu consecințe grave asupra integrității și funcționalității barajelor, pragurilor, traverselor sau canalelor de evacuare. Urmele lăsate de acțiunea scurgerii torențiale pot evolua progresiv conducând, în final, la deteriorarea, distrugerea parțială și chiar scoaterea totală din funcțiune a lucrărilor. Pe de altă parte, violența viiturilor, dar și acțiunea permanentă a apei scurse dintr-un bazin hidrografic se află în strânsă legătură cu parametrii morfometrici și cu natura, extinderea și structura vegetației existente în bazinul respectiv (Dinu, 1974; Munteanu et. al 1991, 1993; Giurgiu, 1982; Chang, Waters, 1984; Dirja, 2000; Mircea, 2002).

Existența unui procent ridicat de împădurire nu este însă suficientă pentru oprirea sau diminuarea viiturilor torențiale, decât atunci când caracteristicile structurale ale pădurii (structură, compoziție și stare) corespund cerințelor funcției hidrologice. Ecosistemele forestiere cu structură etajată, consistență plină, litieră bogată, situate pe soluri profunde, bine structurate, fac ca scurgerea de suprafață să fie foarte redusă, chiar dacă terenurile sunt în pantă, iar ploile care generează aceste scurgeri sunt importante din punct de vedere cantitativ (Giurgiu, 1978).

Pentru realizarea modelării statistico-matematice a indicelui de stare mediu pe bazinul hidrografic, s-au utilizat rezultatele cercetării statistice efectuate asupra comportării lucrărilor hidrotehnice inventariate în bazinele de recepție ale celor trei Crișuri (spațiu hidrografic situat în vestul României), pe 53 de formații torențiale (fig. 6.9 și tab. 6.11.) cuprinse în 10 perimetre de ameliorare/bazine hidrografice torențiale (Davidescu, 2013).

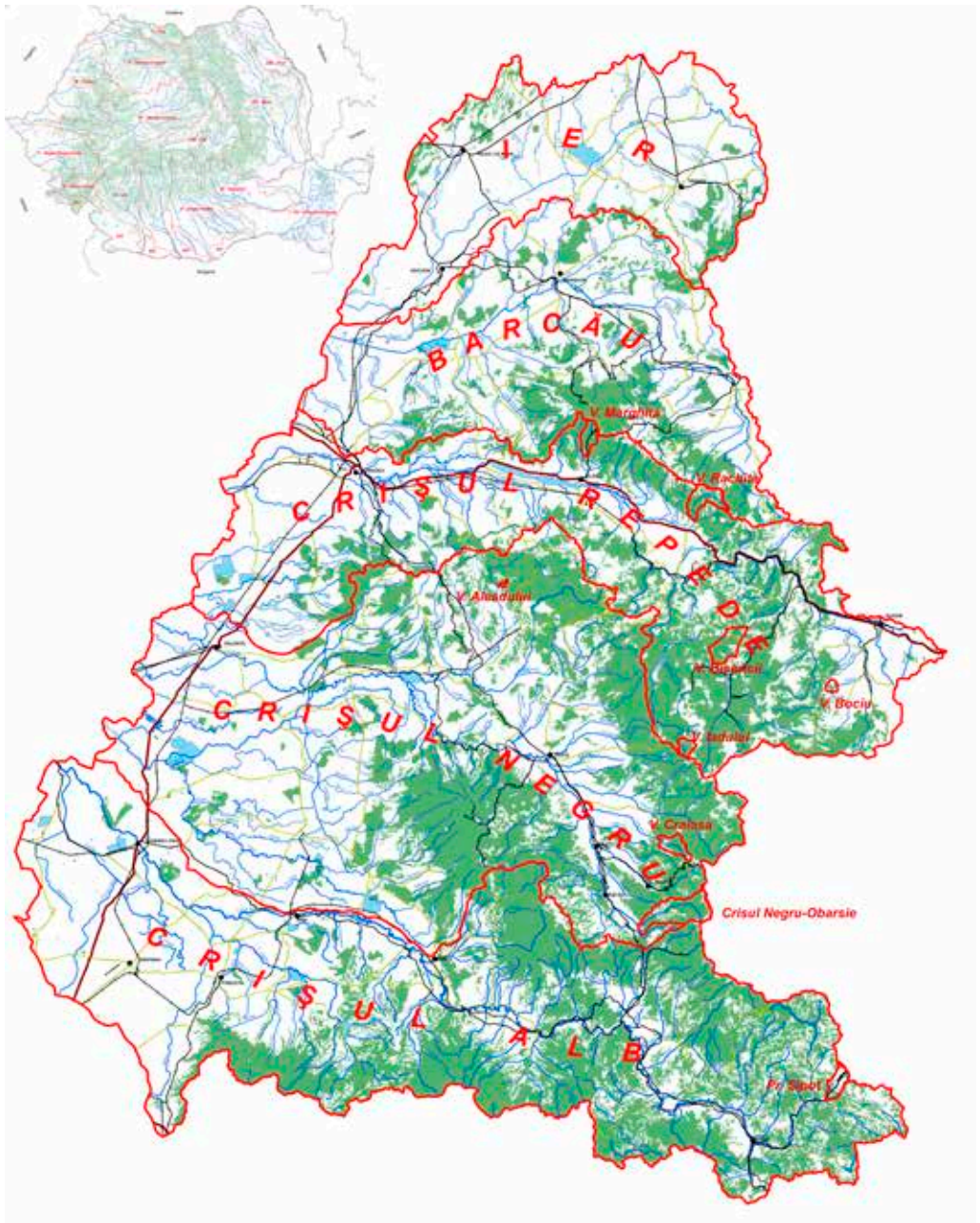


Fig. 6.9. Amplasarea geografică a spațiului hidrografic Crișuri și a bazinetelor luate în studiu (Davidescu, 2013).

Tabel 6.11. Bazinele hidrografice torențiale (perimetre de ameliorare) ale căror lucrări de amenajare a albiilor au fost incluse în modelarea statistică (Davidescu, 2013)

Nr. crt.	Bazin hidrografic/ perimetru de ameliorare	Județul	Lungime rețea		Nr. formații torențiale	Lucrări de corectare a torenților		
			Total	Consolidată		Longitudinale	Transversale	Total
			km	km				
CRIȘUL ALB								
1	Pârâul Șipot	Hunedoara	12,00	2,20	10	1	35	36
CRIȘUL NEGRU								
2	Perimetrul Băița - Poiana	Bihor	33,90	2,50	9	6	23	33
3	Perimetrul Săliște de Vașcău	Bihor	3,40	0,70	9	8	21	30
4	Valea Crăiasa	Bihor	29,00	4,30	4	1	51	52
5	Valea Aleșdului	Bihor	1,90	0,60	1		8	8
CRIȘUL REPEDE								
6	Valea Bociu	Cluj	5,90	3,00	4	3	59	62
7	Valea Iadului (obârșie)	Bihor	12,25	3,70	3	1	15	16
8	Valea Bisericii - Remeți	Bihor	78,50	5,20	6	2	33	35
9	Valea Răchiții	Bihor	45,00	3,90	4	3	52	55
10	Valea Marghița	Bihor	2,20	3		18	18	
TOTAL BAZINETE ANALIZATE			257,85	28,30	53	25	315	340

Analiza comportării și stării lucrărilor a fost urmărită prin intermediul a 15 elemente care caracterizează bazinele de recepție, din care: una reprezintă vârsta medie a lucrărilor, 6 sunt parametri morfometrici ai bazinului (suprafața, coeficientul lui Gravellius, lungimea rețelei hidrografice, panta medie a versanților, densitatea rețelei hidrografice, ordinul hidrografic în sistem Strahler), 6 sunt elemente care caracterizează pădurile din cuprinsul bazinului (procentul de împădurire, proporția arboretelor în conservare, proporția arboretelor artificiale, proporția arboretelor echiene, proporția de rășinoase, productivitatea arboretelor), iar doi sunt parametri de sinteză caracteristici pentru capacitatea de retenție a tuturor folosințelor din cadrul bazinului (potențialul de retenție mediu pe bazin și indicele de eroziune mediu pe bazin).

Datele referitoare la arboretele din cadrul bazinelor hidrografice analizate au fost extrase din amenajamentele silvice elaborate de ICAS (anexa 5), fiind

preferate amenajamentele elaborate în ultimul deceniu al secolului trecut, deoarece acestea cuprind date referitoare la toate pădurile din bazine.

Analiza influenței diversilor factori asupra indicelui de stare s-a făcut în două etape: prima a vizat studiul corelației dintre indicele de stare mediu pe bazin la nivel individual și valorile fiecărui parametru din cei 15, rezultând un număr de 53 de perechi de valori pentru fiecare factor; în a doua etapă, bazinele au fost încadrate în clase în funcție de fiecare parametru în parte urmărindu-se, ca variabilă dependentă, valoarea medie a indicelui de stare pentru fiecare clasă în parte.

Analiza la nivelul fiecărui bazin (pentru 52 de grade de libertate), a identificat corelații semnificative între indicele de stare pe bazin și următorii parametri luați în studiu: vârsta medie a lucrărilor, coeficientul care cuantifică forma bazinului (Gravellius) și clasa de producție medie a arboretelor din cuprinsul bazinului.

Înaintarea în vârstă antrenează în mod automat o degradare progresivă a lucrărilor, datorată, în primul rând, uzurii continue a materialelor de construcție. Acest fenomen de „îmbătrânire” a fost surprins atât anterior, când au fost luate în considerare lucrările la nivel individual (fig. 6.5), cât și acum (fig. 6.10), când bazinele amenajate

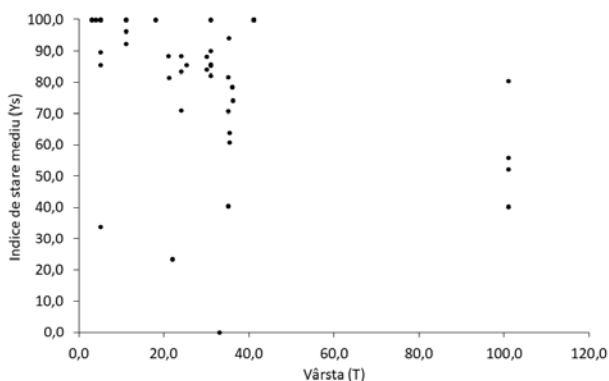


Fig. 6.10. Legătura dintre indicele de stare mediu pe bazin și vârsta medie a lucrărilor hidrotehnice incluse în modelare.

sunt analizate prin intermediul indicelui de stare mediu pe bazin, care ține cont de toate lucrările hidrotehnice din cuprinsul bazinului (inclusiv canalele de evacuare), chiar dacă variabilitatea specifică acestui fenomen este foarte ridicată. Cu toate că se înregistrează o valoare mică a coeficientului de corelație, din reprezentarea grafică se observă că, pentru valori mai mari de 60 ale indicelui de stare (indicând o stare bună și foarte bună a lucrărilor din cuprinsul bazinului), câmpul de corelație se restrânge, ceea ce sugerează o legătură și mai strânsă între indicele de stare mediu pe bazin și vârsta medie a lucrărilor.

Forma bazinului, este cuantificată prin intermediul coeficientului lui Gravellius (raportul dintre perimetrul bazinului și lungimea cercului având aceeași suprafață). Este interesant că, pe măsură ce valoarea acestui coeficient de formă se mărește (bazinul devenind mai alungit), variația înregistrată conduce

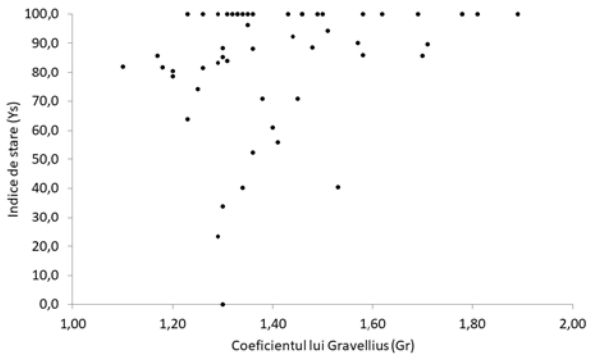


Fig. 6.11. Legătura dintre indicele de stare mediu pe bazin și coeficientul de formă (Gravellius) al bazinului hidrografic amenajat.

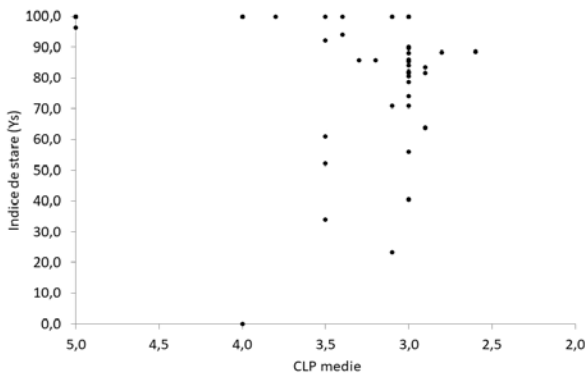


Fig. 6.12. Legătura dintre indicele de stare mediu pe bazin și clasa de producție medie a arboretelor din bazinul amenajat.

la un indice de stare mediu pe bazin din ce în ce mai mare (fig. 6.11). Se confirmă astfel că „fenomenele torențiale au o manifestare mult mai pronunțată în cazul bazinelor circulare decât în cazul altor forme ale bazinelor” (Clineu și Lazăr, 1999); prin urmare și impactul viiturilor asupra lucrărilor hidrotehnice este mult mai intens resimțit dacă valorile coeficientului lui Gravellius sunt mai apropiate de 1 și este din ce în ce mai redus pe măsură ce valorile acestui coeficient cresc.

Neașteptat și dificil de interpretat este rezultatul consemnat în cazul clasei de producție medii a arboretelor din cuprinsul bazinului (fig. 6.12), ca factor de influență al stării lucrărilor. Valori foarte mari ale indicelui de stare mediu pe bazin s-au înregistrat în cazul bazinelor unde arboretele au o productivitate

scăzută, tendința evidentă fiind de înrăutățire a stării lucrărilor pe măsură ce productivitatea arboretelor este mai ridicată. O posibilă explicație este aceea că o mare parte din bazinetele cu arborete încadrate în clase de producție inferioare sunt perimetre de ameliorare, unde împădurirea s-a desfășurat la adăpostul lucrărilor hidrotehnice de corectare a torenților (perimetrul Săliște de Vașcău, valea Bociu). Luarea în stăpânire a teritoriului de către vegetația forestieră a redus foarte mult, în perimetrul Săliște de Vașcău, sau chiar a anulat efectele viiturilor torențiale asupra construcțiilor hidrotehnice.

Prin gruparea bazinelor pe categorii, în funcție de valorile factorilor independenți și din analiza corelației, s-au pus în evidență trei factori care influențează semnificativ starea lucrărilor pe întreg bazinul: suprafața,

coeficientul lui Gravellius și lungimea rețelei hidrografice.

În cazul primului factor s-a recurs la o transformare a variabilei, bazinele fiind grupate în funcție de rădăcina pătrată a suprafeței (în ha). Pentru bazine având suprafața mai mică de 400 ha se observă o stare semnificativ mai rea a lucrărilor, pe măsură ce suprafața de recepție crește. În cazul bazinelor având suprafața mai mare de 400 ha, starea lucrărilor de amenajare din cuprinsul lor, cuantificată prin indicele de stare mediu pe bazin, este mai bună (fig. 6.13).

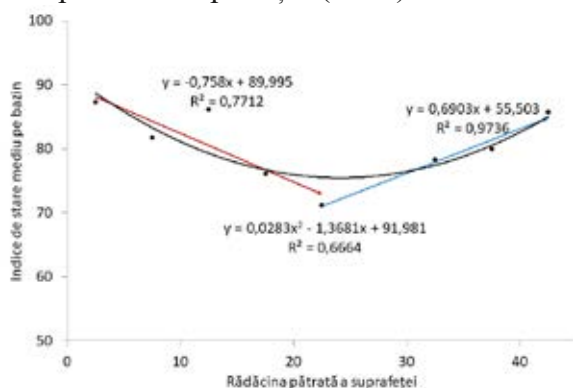


Fig. 6.13. Indicele de stare mediu pe bazin în funcție de suprafața bazinului (bazine grupate pe categorii).

La fel ca în cazul analizei la nivel individual, coeficientul lui Gravellius influențează semnificativ asupra stării lucrărilor (fig. 6.14), iar coeficienții ecuației de regresie sunt foarte apropiați de cei obținuți la prima analiză (coeficientul de regresie are valoarea 33,988 în cazul analizei pe bazine grupate pe categorii, în timp ce în cazul analizei individuale, coeficientul de regresie este 34,89; termenul liber are valoarea 36,505 pentru bazine grupate, respectiv 34,285 pentru cele negrupate).

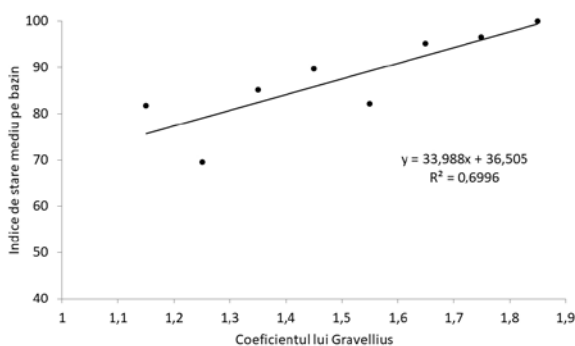


Fig. 6.14. Indicele de stare mediu pe bazin în funcție de coeficientul lui Gravellius (bazine grupate pe categorii).

Lungimea rețelei hidrografice torențiale este un alt parametru morfometric cu o influență semnificativă asupra indicelui de stare mediu pe categorii de bazine. Deoarece valorile variabilei independente (lungimea rețelei hidrografice) erau foarte mari, s-a recurs și aici la o transformare a variabilei, clasele de bazine fiind delimitate în funcție de valoarea logaritmului zecimal al lungimii rețelei hidrografice, exprimată în m. Corelația astfel obținută este semnificativă pentru 6 grade de libertate, iar ecuația de regresie subliniază faptul că indicele de stare scade pe măsură ce lungimea rețelei hidrografice crește (fig. 6.15).

Ceilalți parametri care definesc bazinele hidrografice nu influențează

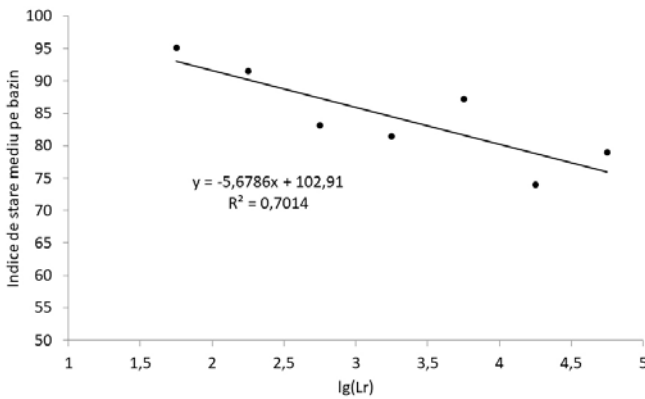


Fig. 6.15. Indicele de stare mediu pe bazin în funcție de lungimea rețelei hidrografice (bazine grupate pe categorii).

semnificativ indicele de stare mediu pe bazin.

Pentru toți parametrii analizați (chiar dacă corelația cu indicele de stare mediu pe bazin nu este semnificativă), au fost notate (tab. 6.12) tipurile de funcții care asigură coeficientul de determinație cel mai ridicat, în vederea includerii lor într-o regresie multiplă.

Tab. 6.12 Tipul funcțiilor de regresie stabilit între indicele de stare mediu pe bazin al lucrărilor hidrotehnice de amenajare a albiilor și parametrii bazinelor de recepție (Davidescu, 2013)

Parametru corelație	Simbol	U.M.	Tip funcție	Nivel semnificație
Vârsta	T	ani	$a \cdot T + b$	semnificativ
Suprafața	S	ha	$a \cdot S + b \cdot \sqrt{S} + c$	semnificativ
Coefficientul lui Gravellius	G	-	$a \cdot G + b$	semnificativ
Procentul de împădurire	P	%	$e^{a \cdot P}$	nesemnificativ
Lungimea rețelei hidrografice	L_r	m	$a \cdot \log L_r + b$	semnificativ
Panta medie a versanților	I_v	-	$a \cdot I_v + b$	nesemnificativ
Densitatea de drenaj	D_r	kmkm ⁻²	$a \cdot D_r + b$	nesemnificativ
Ordinul hidrografic	O	-	$a \cdot O + b$	nesemnificativ
Proporția arboretelor în conservare	C	-	$a \cdot C + b$	nesemnificativ
Proporția arboretelor artificiale	A	-	$a \cdot A + b$	nesemnificativ
Proporția arboretelor echiene	E	-	$a \cdot E + b$	nesemnificativ
Clasa de producție medie a arboretelor	C_p	-	$a \cdot C_p + b$	semnificativ
Proporția de rășinoase	R	-	$a \cdot R + b$	nesemnificativ
Potențialul de retenție mediu pe bazin	Z	mm	$a \cdot \ln Z + b$	nesemnificativ
Indicele de eroziune mediu pe bazin	q_v	m ³ an ⁻¹ ha ⁻¹	$a \cdot q_v + b$	nesemnificativ

După cum se observă, cea mai frecventă este funcția liniară; excepțiile se referă la: suprafața bazinului, pentru care funcția este parabolică; procentul de

împădurire, pentru care funcția este exponențială; lungimea rețelei hidrografice și potențialul de retenție pentru care funcția este logaritmică.

Pornind de la funcțiile specificate în tabelul 6.12 a fost concepută o ecuație de regresie multiplă neliniară care, într-o primă fază, încorporează toate cele 15 variabile independente simbolizate în tabel, forma restrânsă a acestei ecuații este:

$$Y_s = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot f(x_i) \quad (6-3)$$

în care a_0 și a_i reprezintă coeficienți, iar x_i valorile variabilelor independente.

Analizând semnificația fiecărui coeficient în parte au fost excluse, pe rând, variabilele care au avut coeficienți de regresie ne semnificativi, începând cu cei care au avut valorile cele mai scăzute ale lui „ p ”, rezultând, după fiecare excludere, o nouă ecuație care nu mai conține variabila ne semnificativă. Eliminările au fost efectuate succesiv, până când toate variabilele rămase au fost semnificative. În ecuația finală au fost incluse 5 dintre variabilele independente, și anume: vârsta lucrărilor, în ani (T); ordinul hidrografic (O); lungimea rețelei hidrografice, în km (L_r); potențialul de retenție al folosințelor din cuprinsul bazinului, în mm (Z) și indicele de eroziune mediu pe bazin, în m³an⁻¹ha⁻¹ (q_v). Forma numerică este (Davidescu, 2013):

$$Y_s = -0,4367 \cdot T + 16,2275 \cdot O - 29,3776 \cdot \log(L_r) + 23,5807 \cdot \ln(Z) + 3,5500 \cdot q_v \quad (6-4)$$

Pentru calibrarea modelului am realizat reprezentarea grafică a perechilor de valori constituite din indicii de stare reali și cei calculați pe baza ecuației de mai sus (fig. 6.16.). Gruparea perechilor de valori în preajma bisectoarei cadranelui I, pentru valori mai mari decât 50 ale indicelui de stare, evidențiază că estimarea făcută prin intermediul parametrilor care definesc bazinele hidrografice este foarte bună. Pentru lucrările având $Y_s < 50$, perechile de valori se îndepărtează semnificativ de bisectoare. Prin urmare, pe lângă factorii cuprinși în ecuație, în cazul lucrărilor foarte avariate, alți factori au o influență hotărâtoare. Printre aceștia se află, cu certitudine, parametrii ploilor care au generat viiturile responsabile de degradarea lucrărilor, însă nu am dispus de date pentru introducerea lor în analiză. Pe de altă parte nici calitatea materialelor de construcție nu a putut fi cuantificată numeric și, prin urmare, nu a putut fi introdusă într-o expresie matematică de tipul celei de mai sus.

Bazinele unde lucrările prezintă un grad de avariere avansat (valori ale indicelui mediu pe bazin sub 50) se abat de la legitatea descrisă de celelalte

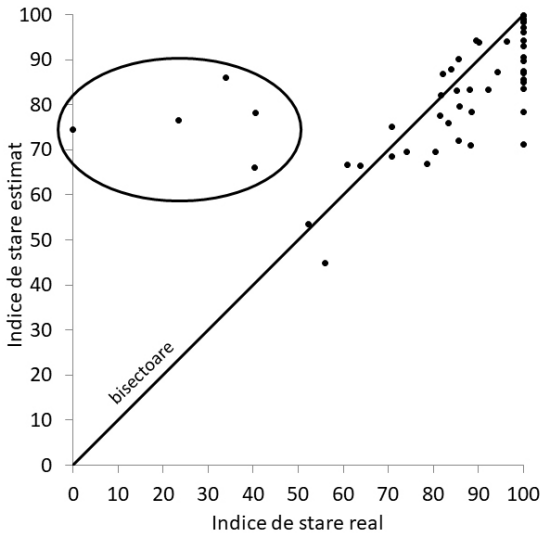


Fig. 6.16. Compararea valorilor obținute pentru indicele de stare prin intermediul estimării făcute în baza parametrilor bazinului hidrografic și valoarea reală a indicelui de stare mediu pe bazin (Davidescu 2013).

bazine indiferent de modul de realizare a analizei (individual prin regresie simplă pe clase sau independent, sau combinat prin regresie multiplă). Abaterile sunt consemnate la 5 bazine, evidențiate în fig. 6.16, și se referă la: Ravena Km 23+600 ($Y_s=0$), Ravena Km 20 ($Y_s=40,3$), Pr. Marginii ($Y_s=33,9$), Ravena I de pe pr. Lungșor ($Y_s=40,5$) și valea Bârloage ($Y_s=23,4$).

În cuprinsul lor există un număr mic de lucrări hidrotehnice (una la Ravena Km 23+600 și Valea Bârloage, două la Ravena km 20 și Pârâul Marginii și trei lucrări pe Ravena

I de pe Pârâul Lungșor) care pot fi excluse din analiza însemnătății statistice a factorilor ce influențează starea lor. Astfel, s-a accentuat semnificația statistică a tuturor coeficienților de corelație dintre starea lucrărilor și cei 15 factori de influență. Excluderea a condus la includerea ca parametri semnificativi a încă 4 caracteristici morfometrice ale bazinelor de recepție (suprafața, lungimea rețelei hidrografice, densitatea rețelei hidrografice și ordinul hidrografic), după cum este ilustrat în tabelul următor.

Tabel 6.13. Ecuații de regresie stabilite între indicele de stare mediu pe bazin și elementele bazinelor de recepție (Davidescu, 2013)

Parametru corelație	Simbol	U.M.	Tip funcție	Coefficient de corelație
Vârsta	T	ani	$-0,3143 \cdot T + 98,473$	0,56
Suprafața	S	ha	$-2,029 \cdot \ln S + 96,218$	0,40
Coefficientul lui Gravellius	G	-	$22,535 \cdot G + 57,422$	0,32
Lungimea rețelei hidrografice	L _r	m	$-2,786 \cdot \ln L_r + 90,657$	0,40
Densitatea rețelei hidrografice	D _r	km/km ²	$2,8939 \cdot \sqrt{D_r} + 81,888$	0,31
Ordinul hidrografic	o	-	$-4,0748 \cdot O + 98,138$	0,34
Clasa de producție medie	C _p	-	$7,9892 \cdot C_p + 61,036$	0,47

Pentru cele 48 de bazine rămase în analiză s-a procedat analog pentru exprimarea influenței combinate a celor 15 parametri care caracterizează bazinele hidrografice amenajate, și s-a ajuns la următoarea ecuație de regresie multiplă (Davidescu, 2013):

$$Y_s = 117,3158 - 0,4329 \cdot T - 8,2474 \cdot \ln S - 25,1888 \cdot I_v - 4,1000 \cdot D_r^{0,5} + 8,9886 \cdot O + 5,5412 \cdot \ln(Z) + 1,2798 \cdot q_v \quad (6-5)$$

Față de ecuația precedentă (6-4) noi termeni apar în ecuația de regresie: termenul liber, suprafața bazinului (sub formă logaritmică), panta medie a versanților (exprimată sub forma tangentei unghiului de pantă), densitatea de drenaj (sub formă de rădăcină pătrată); a dispărut însă termenul referitor la lungimea rețelei hidrografice (exprimat în ecuația 6-4 sub formă logaritmică). Deoarece suprafața bazinului și densitatea de drenaj (calculată ca raport între lungimea rețelei hidrografice și suprafața bazinului de recepție) au fost incluse în ecuație, parametrul „lungimea rețelei hidrografice” devine ne semnificativ și redundant.

Din figura 6.17, care ilustrează câmpul pe care-l definesc perechile de valori indice de stare reali și indice de stare calculat pe baza ecuației (6-5), se observă o supraestimare a indicilor de stare prin intermediul elementelor bazinelor hidrografice amenajate, cea mai mare parte a punctelor din grafic aflându-se deasupra bisectoarei cadranelui I.

Astfel, se pune în evidență influența elementelor morfometrice ale bazinului de recepție asupra stării lucrărilor hidrotehnice de amenajare a albiilor din cuprinsul lor, elemente care influențează și parametri hidrologici ai bazinelor (debitul de viitură, transportul de aluviuni etc.). Ca urmare a uzurii în timp a lucrărilor, asociată și cu alte circumstanțe favorabile (materiale de construcție necorespunzătoare, intervenții antropice neraționale, tehnologii neadecvate de punere în operă a lucrărilor etc.), viiturile torențiale sunt cele responsabile de declanșarea, dar și de dinamica evenimentelor comportamentale care se produc în perioada de funcționare a lucrărilor.

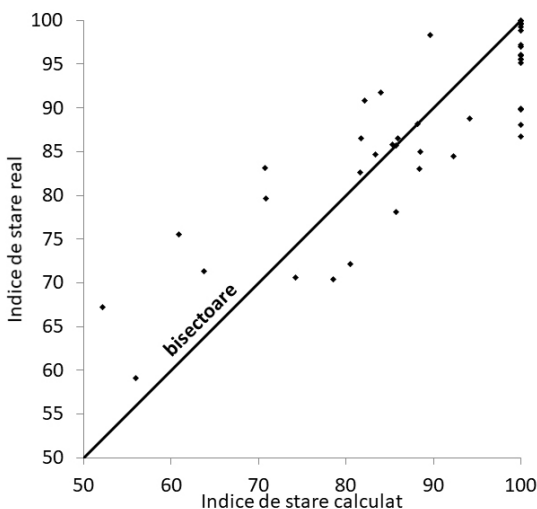


Fig. 6.17. Compararea valorilor obținute pentru indicele de stare prin intermediul estimării făcute în baza parametrilor bazinului hidrografic (ecuația 6-5) și valoarea reală a indicelui de stare mediu pe bazin.

Revenind la observația că norul de puncte se distribuie în jurul bisectoarei I a graficului, se remarcă și forma acestuia, practic eliptică, care sugerează existența unei corelații statistice între cele două variabile studiate. Pentru 47 de grade de libertate, coeficientul de corelație (0,84) este foarte semnificativ din punct de vedere statistic (fig. 6.18).

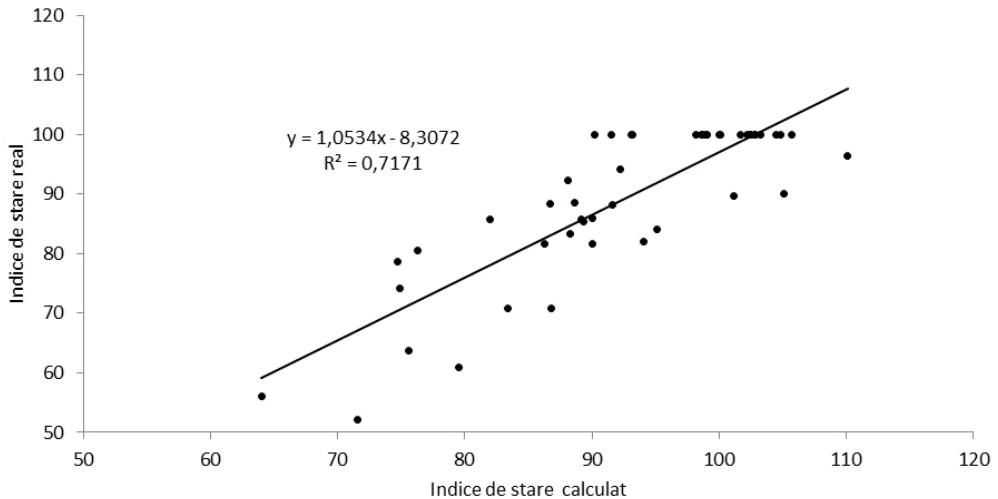


Fig. 6.18. Regresia între indicele de stare mediu pe bazin calculat prin intermediul estimării făcute în baza parametrilor bazinului hidrografic (ecuația 6-5) și valoarea reală a indicelui de stare mediu pe bazin.

Ecuția de regresie a indicelui de stare real în funcție de indicele de stare calculat pe baza ecuației (6-5) este următoarea:

$$Y_S^{real} = 1,0534 \cdot Y_S^{calculat} - 8,3072 \quad (6-6)$$

Prin înlocuirea în ecuația (6-6) a expresiei din ecuația (6-5) rezultă:

$$Y_S = 115,2733 - 0,4560 \cdot T - 8,7931 \cdot \ln(S) - 26,5338 \cdot I_v - 4,3189 \cdot D_r^{0,5} + 9,4686 \cdot O + 5,8371 \cdot \ln(Z) + 1,3481 \cdot q_v \quad (6-7)$$

6.4.4. Concluzii finale desprinse din cercetarea statistică asupra indicelui de stare

Pentru toate cele 3.845 de lucrări luate în cercetare s-a găsit că distribuția experimentală a factorului ce caracterizează starea lucrărilor se ajustează după legea unei distribuții teoretice (Meyer). Concordanța a fost confirmată atât pe baza „testului de conformitate” Kolmogorov – Smirnov, cât și prin intermediul

legăturii corelative dintre categoria de stare atribuită vizual (pe teren) și indicele de stare calculat, obținut în urma prelucrării întregului set de date experimentale.

În urma analizei simple a varianței a rezultat că vârsta și-a pus puternic amprenta asupra indicelui de stare, influența evidențiindu-se sub forma unei ecuații de regresie de tip logaritmic. S-a dovedit, astfel, cu argumente statistice că pe măsură ce crește vârsta lucrărilor, scade media indicelui de stare al acestora.

De asemenea, pe baza datelor avute la dispoziție s-a putut demonstra că și înălțimea lucrărilor ar fi influențat valoarea indicelui de stare, deși intervalul variației este restrâns.

Din punctul de vedere al materialelor de construcție, s-a găsit că barajele filtrante din beton au înregistrat cel mai mic număr de lucrări (5%) caracterizate prin stare foarte rea, rea și medie, urmate de barajele din tuburi (8%). Cel mai mare număr de lucrări încadrate în aceste clase aparțin căsoaielor din lemn (75%), urmate de lucrările din zidărie uscată (43%) și de cele din gabioane (40%).

Modelul statistico-matematic de variație a indicelui de stare are ca aplicabilitate practică estimare expeditivă a indicelui de stare mediu pe bazin, printr-un calcul facil, atunci când resursele de timp sau cele materiale sunt insuficiente pentru inventarierea lucrărilor și evenimentelor comportamentale survenite în timp. Utilizarea acestui algoritm este recomandată numai pentru obținerea unor previziuni asupra stării lucrărilor și nu la elaborarea măsurilor concrete de reabilitare a sistemelor hidrotehnice, operațiuni care necesită culegerea datelor, referitoare la comportare din teren.

O prognoză a evoluției stării lucrărilor se poate realiza pentru un bazin dat, dacă nu se propun modificări ale folosințelor, deoarece singura variabilă este vârsta lucrărilor. De asemenea, poate fi estimată durata de funcționare eficientă a unui sistem hidrotehnic amplasat în anumite condiții de mediu, cu acest scop putând fi utilizată ecuația (6-7), stabilind vârsta la care indicele de stare va înregistra o anumită valoare (60, 40, 20 etc.), în acest fel putând fi preconizate și perioadele de realizare a reparațiilor lucrărilor hidrotehnice.

Legătura existentă între gradul de avariere al lucrărilor și gradul de torențialitate a bazinului (exprimat prin potențialul de retenție și indicele de eroziune mediu pe bazin) face posibilă simularea evoluției în timp a stării lucrărilor în funcție de tipul și structura folosințelor, ceea ce poate conduce la fundamentarea deciziilor manageriale cu privire la modul de gospodărire a folosințelor.

6.5. Semnificații practice ale rezultatelor cercetării statistice privind evenimentele comportamentale și indicele de stare

Rezultatele cercetării statistice întreprinse asupra evenimentelor comportamentale și a indicelui de stare, deși se impun, înainte de toate, prin valoarea lor teoretică (metodologică), totuși pot fi extrase din aceste rezultate și unele semnificații practice, care vizează în mod direct fie activitatea de realizare a lucrărilor (proiectarea și execuția), fie monitorizarea lucrărilor (planificarea operațiilor specifice de intervenție), fie toate cele 3 laturi ale activității.

Spre exemplu, din cea de a treia categorie de rezultate fac parte: cunoașterea naturii/tipologiei evenimentelor comportamentale, cunoașterea naturii și frecvenței cauzelor care generează evenimentele comportamentale, cunoașterea modului în care se asociază evenimentele comportamentale ș.a.

Pentru monitorizarea lucrărilor, un interes practic aparte îl prezintă rezultatele obținute cu privire la frecvența și intensitatea evenimentelor comportamentale, mai ales dacă aceste două elemente se reunesc și se introduc în expresia indicelui de stare.

În sfârșit, pentru viitoare cercetări aplicative pe această temă, dezvoltate pe baze statistice, nu trebuie neglijate semnificațiile practice pe care le oferă coeficienții de variație ai frecvenței și intensității principalelor evenimente comportamentale, precum și cunoașterea cu anticipație a distribuțiilor teoretice care se pretează a fi selecționate pentru etapa de ajustare a distribuțiilor experimentale.

7. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI PRACTICE

Autori: Ioan CLINCIU, Șerban Octavian DAVIDESCU

7.1. Concluzii privind aplicarea concepției de amenajare și posibilitatea eșalonării investițiilor

1. Nu numai la scară europeană și mondială, ci și în România, există o recunoaștere unanimă asupra rolului jucat de pădure în prevenirea și combaterea viiturilor torențiale, chiar dacă, în condițiile amplificării fenomenelor pluvio-hidrologice extreme, cu cantități foarte mari de precipitații (uneori depășind 80-100 mm, în câteva ore), survenite după ploi anterioare ce conduc la umezirea excesivă a solului (Vincent, 2004), nici în bazinele hidrografice mici, integral împădurite, formarea viiturilor nu mai poate fi împiedicată.

2. Schimbările de esență survenite în structura proprietății asupra terenurilor au generat și generează dificultăți în aplicarea soluțiilor de amenajare pe întreaga suprafață a bazinului, de la cumpăna apelor și până la confluența cu colectorul, așa cum stipulează strategiile UE în domeniu (Directiva-Cadru privind Apași Directiva privind gestionarea riscului la inundații).

Deși aceste strategii au fost asimilate în legislația românească, totuși armonizarea soluțiilor de amenajare la scară de bazin hidrografic întârzie să se realizeze în practică, atâta vreme cât nu s-au găsit mecanismele de recompensare financiară a celor care dețin în proprietate terenurile din cuprinsul bazinelor hidrografice torențiale vizate la amenajare. Nici despre o participare activă a populației locale la realizarea lucrărilor nu se poate vorbi, încă, în România, din moment ce condițiile de trai din zona rurală se situează la limitele de subzistență. Iată de ce, fondurile alocate de la bugetul statului, parteneriatul public-privat și creditele externe vor rămâne, în continuare, surse principale pentru finanțarea investițiilor în domeniul la care se face referire.

3. Dată fiind discrepanța considerabilă dintre valoarea lucrărilor necesare și posibilitățile limitate de finanțare, se simte nevoia unui instrument care să fundamenteze deciziile de alocare rațională a resurselor financiare și de eșalonare a noilor investiții. Metodologia de determinare a așa numitului „*indice de risc la viituri torențiale*”, propusă și introdusă în lucrare, susținută și prin cele două studii de caz realizate, arată că acest indice (exprimat pe o scară de la 0-10, în funcție de gradul de torențialitate al bazinului și de caracteristicile obiectivelor interceptate/periclitate de viiturile torențiale) poate elimina subiectivismul decidentului atunci când, în lipsa resurselor financiare necesare, bazinele hidrografice torențiale dintr-un anumit teritoriu nu pot fi atacate simultan cu lucrări de amenajare și, drept consecință, se pune problema încadrării lor pe urgențe de intervenție.

7.2. Concluzii privind monitorizarea lucrărilor

1. Ca urmare a rezultatelor celor mai recente cercetări referitoare la comportarea lucrărilor, de o nouă paradigmă în abordare beneficiază monitorizarea lucrărilor de amenajare a rețelei hidrografice torențiale, un segment încă deficitar al activității practice.

a - Elementul de noutate îl reprezintă așa numitul „*indice de stare*”, exprimat ca un parametru care sintetizează efectele evenimentelor comportamentale produse în perioada de funcționare a lucrărilor. Stratificarea lucrărilor existente, după valorile acestui indice face posibilă eșalonarea pe grade de complexitate, dar și pe grade de urgență, a intervențiilor necesitate de reabilitarea lucrărilor

avariate de viiturile torențiale.

b - Acest nou mod de abordare a justificat introducerea în lucrare atât a metodologiei de determinare a indicelui de stare, cât și a rezultatelor celor mai recente cercetări statistice în domeniu, referitoare la frecvența și intensitatea de manifestare a celor mai întâlnite evenimente comportamentale. Rezultatele cuprinse rezumativ în capitolul 6 acoperă o nișă în care cercetarea științifică nu a pătruns decât cu puțină vreme în urmă: *descoperirea legităților teoretice după care variază intensitatea evenimentelor comportamentale în perioada de funcționare a lucrărilor de amenajare a rețelei hidrografice torențiale.*

c - Metodologia de determinare a indicelui de stare se bazează, în esență, pe gradul avarierii lucrării, exprimat, la rândul său, prin rădăcina pătrată a sumei produselor dintre trei termeni: ponderea alocată fiecărei avarii în parte, în urma unei analize multicriteriale, intensitatea avariei redată pe o scară specifică și un factor de conversie introdus în vederea omogenizării scărilor diferite utilizate la aprecierea intensității avariilor.

Este remarcabil că, în cursul anului 2015, s-a ajuns la o variantă perfecționată a metodologiei de determinare a indicelui de stare, diferită de cea introdusă și prezentată în raportul științific al primei etape (2012-2013). Noutățile aduse constau din exprimarea stării fizice, în funcție de toate avariile consemnate odată cu inventarierea lucrărilor, din reconsiderarea ponderii cu care fiecare avarie participă în expresia indicelui de stare și din implementarea unei noțiuni noi, aceea de "*intensitate limită relevantă*", prin aceasta înțelegându-se valoarea intensității avariei pentru care construcția este scoasă din funcțiune sau se află în fața pericolului iminent de fi distrusă.

d - În urma cercetării statistice a indicelui de stare s-a putut dovedi influența vârstei lucrărilor și a naturii materialului de construcție în evoluția stării tuturor lucrărilor, precum și influența înălțimii, în cazul lucrărilor transversale.

2. Pe de altă parte, întreaga construcție metodologică clădită în jurul indicelui de stare nu va putea fi implementată în practica unităților silvice decât din momentul în care informațiile referitoare la lucrările executate vor putea fi administrate și gestionate sub formă de entități cu referință geografică, în cadrul unei baze de date geospațiale. Pentru o asemenea manieră de rezolvare pledează lucrarea de față.

Realizarea unui inventar complet al lucrărilor executate, încadrat într-un sistem GIS care să permită o monitorizare în timp real a tuturor datelor, inclusiv evoluția stării fizice a lucrărilor, este imperios necesară.

Baza de date ar urma să fie alcătuită dintr-o componentă descriptivă (un tabel principal care să reunească informații culese din teren, pe baza unei

identități unice, corespunzătoare fiecărei piese) și o componentă GIS, ale cărei instrumente specifice de lucru să permită: vizualizarea datelor, editarea datelor, integrarea automată a datelor, construcția de evidențe și realizarea de rapoarte de diferite tipuri.

7.3. Recomandări privind monitorizarea lucrărilor

1. Se recomandă promovarea bazei de date descrise în capitolul 4.5, având în vedere că aceasta poate oferi un instrument de lucru atât utilizatorilor care populează baza cu date, prin înregistrări preluate din teren, cât și celor care o folosesc în vederea luării unor decizii.

Integrarea inventarului lucrărilor în baza de date preconizată îi lărgeste acesteia aplicabilitatea, inventarul constituind prima etapă în implementarea unui nou sistem de monitorizare, iar structura datelor din fișa de inventar permițând evaluarea periodică a stării fizice a fiecărei lucrări în parte.

2. Pentru asigurarea mentenanței lucrărilor executate, nu mai trebuie neglijat rolul esențial al intervențiilor cu caracter periodic (reparațiile curente și reparațiile capitale), fiind mult mai eficientă funcțional și financiar intervenția pentru refacerea părților avariate în faza incipientă de manifestare a evenimentului/ evenimentelor, decât intervenția ulterioară, mult întârziată, realizată în faza de maximă intensificare a consecințelor, când afectarea gravă a rezistenței și/sau stabilității este iminentă, ajungându-se chiar până la ruperea și/sau prăbușirea lucrării.

3. Pentru luarea deciziilor de monitorizare a lucrărilor de pe rețeaua hidrografică torențială, se recomandă ca:

a - În funcție de valoarea indicelui de stare (0...100), lucrările să fie încadrate în categoriile următoare: cu stare foarte rea (sub 20), rea (20...40), mediocră (40...60), bună (60...80) și foarte bună (80...100).

b - Reparațiile curente să fie prevăzute la lucrări cu indicele de stare sub 80, iar reparațiile capitale, o dată la 15 ani, la lucrări având indicele de stare sub 60.

c - Pentru o eșalonare a reparațiilor capitale, corelată și cu resursele financiare, materiale și umane avute la dispoziție, se poate utiliza în practică următorul set de criterii: indicele de stare mediu pe bazin, proporția lucrărilor având indicele de stare sub 40, proporția lucrărilor având indicele de stare sub 60, numărul total de lucrări din teritoriu, vârsta medie a lucrărilor, importanța obiectivelor protejate de lucrări, gradul de torențialitate, raportul dintre lungimea de albie consolidată și lungimea rețelei hidrografice cu degradări etc. Ponderea care trebuie alocată acestor criterii urmează a fi stabilită prin cercetările aflate în desfășurare.

4. Până când metodologia de monitorizare aflată în curs de elaborare, descrisă în lucrarea de față, va fi definitivată și va fi testată în bazine torențiale reprezentative, amenajate, întreținerea și repararea lucrărilor de pe rețeaua hidrografică torențială vor fi realizate în conformitate cu prevederile actelor normative în vigoare.

7.4. Recomandări privind valorificarea rezultatelor cercetărilor

Există așteptarea ca rezultatele cercetărilor, integrate rezumativ în această lucrare, să cunoască în practică o triplă valorificare, respectiv:

1. În activitatea de proiectare și monitorizare a lucrărilor, prin cunoașterea avansată oferită asupra tipologiei evenimentelor comportamentale, asupra naturii și frecvenței cauzelor generatoare și asupra modului în care se asociază evenimentele comportamentale, precum și prin rezultatele care se referă la frecvența și intensitatea evenimentelor comportamentale, mai ales când aceste două elemente se integrează în expresia indicelui de stare.

2. În activitatea de execuție a lucrărilor, prin cunoașterea avansată oferită asupra frecvenței cu care materialele de construcție necorespunzătoare, nerespectarea dimensiunilor elementelor componente ale lucrării și nerespectarea tehnologiilor de execuție se implică în apariția avariilor și disfuncționalităților și conduc la o agravare a stării lucrărilor, reflectată prin micșorarea indicelui de stare.

3. În activitatea de cercetare viitoare, cunoscut fiind avantajul metodologic rezultat din cunoașterea cu anticipație a coeficientului de variație a intensității evenimentelor comportamentale și a tipului de distribuție teoretică pe care se pliază frecvența intensității acestor evenimente.

7.5. Recomandări privind continuarea și finalizarea unor cercetări aflate în desfășurare, direcții noi în activitatea de cercetare

1. Ținând seama de progresele deja înregistrate și având la bază cele sugerate la încheierea capitolului 6, este oportună continuarea și finalizarea cercetărilor prin care, în funcție de indicii de stare al lucrărilor și de alte criterii, bazinele hidrografice torențiale amenajate dintr-o anumită zonă să fie clasificate pe urgențe din punctul de vedere al intervențiilor cu reparații curente și reparații capitale.

2. Dat fiind faptul că, în urma analizei privind modul de asociere a cauzelor generatoare de evenimente comportamentale, a fost dovedit aportul determinant al

diferenței dintre panta de proiectare și panta de aterisare la apariția evenimentului de afuiere a radierului, apare necesară aprofundarea prin cercetare a acestei probleme, luând în considerare și cele două modele de prognoză a pantei de aterisare, elaborate până la ora actuală, dar care nu au fost utilizate decât în mod sporadic în activitatea de proiectare.

7.6. Recomandări privind actualizarea și (re)elaborarea normativelor

1 - Prin dimensiunile și conținutul problemelor abordate, dar și prin modul în care acestea au fost relaționate și armonizate, lucrarea de față se poate constitui într-un util „ghid de lucru” cu ocazia actualizării și (re)elaborării într-o concepție unitară a întregului set de normative care urmează să reglementeze activitatea de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, predominant forestiere. Crearea unui nou cadru normativ în acest domeniu de activitate este necesară și oportună și trebuie să fie focalizată pe următoarea idee țintă în privința alcătuirii și armonizării conținuturilor: viitoarele normative trebuie să cuprindă, într-o proporție judicioasă, atât elementele de fundamentare științifică necesare în activitatea de proiectare și/sau monitorizare, cât și soluțiile de amenajare și soluțiile constructive care și-au demonstrat viabilitatea în condițiile de teren și torențialitate specifice bazinelor hidrografice mici, predominant forestiere.

2 - Tematica ce va fi abordată de viitoarele normative nu trebuie să se concentreze doar asupra proiectării lucrărilor, ci trebuie să îmbrățișeze și activitatea de monitorizare a lucrărilor, înțelegând-o pe aceasta din urmă în sensul cel mai larg: începând cu urmărirea comportării și întreținerea sistematică și permanentă a tuturor lucrărilor, pe întreaga durată normată de funcționare a acestora, continuând cu aplicarea periodică a măsurilor de intervenție care se impun pentru reabilitarea stării fizice a lucrărilor și pentru restabilirea funcționalității lucrărilor și încheind cu exprimarea, pe cât posibil cantitativă, a efectelor (economice, ecologice și sociale) ale acțiunii de amenajare.

BIBLIOGRAFIE

Adorjani A., Davidescu Ș.O., Gancz C., 2008: *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic al României. În Silvologie vol. VI „Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Noi concluzii și fundamente științifice”*. Editura Academiei Române, București, pp. 169-192.

Adorjani A., Ungurean C., Davidescu Ș., Tudose N., Davidescu A., 2018: *Evaluarea riscului la viiturile torențiale și elaborarea unui sistem de măsuri structurale și non-structurale în pădurile administrate prin Baza Experimentală Săcele a I.N.C.D.S. „Marin Drăcea”*. Revista de Silvicultură și Cinegetică Nr. 42, pp. 59-69.

Boix-Faios C., Barbera G.G., Lopez Bermudez F., Castillo V.M., 2007: *Effects of Check Dams, Reforestation and Land Use Changes on River Chanel Morphology: Case Study of the Rogativa Catchment (Murcia – Spain)*. Science Direct – Geomorphology nr. 91, pp. 103-123.

Borelli S., 1998: *Integrated watersheds management – concepts and approaches. Working Party on Management of Mountain Watersheds. Twenty – first Session, Marienbad–Czech Republic.*

Castillo V.M., Mosch W.M., Conesa-Garcia C., Barbera G.G., Navaro Cano J.A., Lopez–Bermudez F., 2007: *Effectiveness and Geomorphological Impacts of Check Dams for Soil Erosion Control in a Semiarid Mediterranean Catchment. El Carcavo (Murcia, Spain)*, Catena, 70, pp. 416-427.

Chang M., Waters S.P., 1984: *Forests and other factors associated with streamflow in east Texas*. Water Resour. Bull., 20, pp. 713-720.

Clinciu I. 1985: *Formula rațională și conceptul de bazin torențial „morfoetalon” – premise în stabilirea unor diagrame de calcul al debitului maxim de viitură în cazul torenților (diagramele „morfoetalon”)*, Revista Pădurilor Anul 100 Nr. 1, pp 38-40.

Clinciu, I., 1994: *A new concept in science and its significance, torrential hydrological hysteresis*. Memorial University of Newfoundland, Canada.

Clinciu, I., 1999: *Noi premise și strategii în amenajarea bazinelor hidrografice montane, pe plan european*. Revista pădurilor nr.6, pp. 1-6.

Clinciu, I., 2002: *Torențialitatea și dezvoltarea durabilă a muntelui*. Volumul „Pădurea și viitorul”, pp. 269-274.

Clinciu, I., 2006: *Pădurea și regimul apelor, de la primele abordări ale înaintașilor la recente preocupări de exprimare cantitativă și de zonare a riscului la viituri și inundații*. Silvologie vol. V, Pădurea și regimul apelor, sub red. V. Giurgiu, I. Clinciu, Editura Academiei Române, București, pp. 107-154.

Clinciu, I., 2008: *Estimarea și zonarea riscului hidrologic în bazine hidrografice mici din aria forestieră.* În Revista Pădurilor nr. 5, pp. 26-31.

Clinciu I. (sub red.), 2011: *Cercetări privind lucrările de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Tărlungului (amonte de acumulare Săcele).* Editura Universității Transilvania din Brașov, pp. 400.

Clinciu I., Lazăr N.V., 1997a: *Lucrări de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale,* Editura didactică și pedagogică, București, pp. 161.

Clinciu I., Lazăr N.V., 1997b: *Efectele lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale.* Revista de Silvicultură, an II, nr. 2, pp. 22-25.

Clinciu, I., Lazăr, N., Alexa, B., 1998: *Profesorul Stelian Munteanu, personalitate marcantă a științei și învățământului superior silvic, creatorul școlii românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în actualitate.* Editura Lux Libris, Brașov, pp. 17-24.

Clinciu I., Lazăr N.V., 1999: *Bazele amenajării torenților,* Editura Lux Libris, Brașov; pp208.

Clinciu I., Davidescu, Ș.O., 2000: *Dinamica funcției hidrologice într-un bazin hidrografic împădurit, cu excedent de arborete exploatabile.* Revista pădurilor, nr. 5.

Clinciu I., Oprea V., 2006: *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. În „Construcțiile forestiere în contextul gospodăririi durabile a pădurilor”.* Editura Lux Libris, Brașov, pp. 263-314.

Clinciu I., Petrițan I.C., Niță M.D., 2012: *Magnitude of damage events on hydrotechnical torrent control structures.* Environmental Engineering and Management Journal, [S.l.], v. 14, n. 1, pp. 57-71, <http://eemj.eu/index.php/EEMJ/article/view/2158>.

Clinciu I., Zlota I., Rontea I., 2012: *Lansarea temei de cercetare: Fundamente și soluții privind proiectarea și monitorizarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, predominant forestiere,* Revista pădurilor Anul 127 Nr. 3., pp 37-46.

Clinciu I., Davidescu Ș., Niță M.D., Gancz C., Ciornei I., 2015: *Promoting ecological solutions for torrential watersheds management, a major contemporary problem to Romanian forestry,* Rev. Pădurilor, Anul 130, Nr. 1-2, pp. 41-54.

Clinciu I., Niță M.D., Davidescu Ș., Tudose N.C., Tereșneu C.C., 2018: *A simplified methodology for estimating the torrential risk in small, predominantly forested, mountainous watersheds,* Revista pădurilor Anul 133 Nr. 4, pp. 3-20.

Conesa-Garcia C., Lopez-Bermudez., Garcia-Lorenzo R., 2007: *Bed stability variations after check dam construction in torrential channels (South-East Spain).* Wiley InterScience, vol. 32, pp. 2165-2184.

Conesa-Garcia C., Garcia-Lorenzo R., 2008: *Effectiveness of Check – Dams in the control of General Transitory Bed Scouring in Semiarid Catchment Areas (South–East Spain)*. Water and Environmental Journal, pp. 1-14.

Davidescu Ș.O., 2013: *Cercetări privind comportarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, predominant forestiere din spațiul hidrografic Crișuri* – teză de doctorat, conducător științific prof. dr. ing. Ioan Clinciu. Universitatea Transilvania din Brașov.

Davidescu Ș.O., Clinciu I., Tudose N.C., Ungurean C., 2012a: An evaluating methodology for torrent – control structures condition. Annals of Forest Research, vol. 55 (1) 2012. pp. 125-143.

Davidescu Ș.O., Niță M.D., Clinciu I., Adorjani A., Tudose N.C., Ungurean C., 2012b: *Monitorizarea stării lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale și stabilirea urgențelor de intervenție cu reparații*. Revista Pădurilor. vol. 127, nr. 3, pp. 17-22.

Dinu V., 1974: *Pădurea – Apa – Mediul înconjurător*, Editura Ceres, București, pp. 357.

Dîrja M., 2000: *Combaterea eroziunii solului*. Editura Risoprint, Cluj Napoca.

Drobot R., Chendeș V., 2008: *Metodologia simplificată pentru identificarea bazinelor generatoare de viituri rapide*. În silvologie, vol. VI, Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Noi concepții și fundamente științifice. Editura Academiei Române.

Garcia Rodriguez J.L., Garcia F., Ciulianu A., 2011: *The works in the torrential correction and their effect after a century. Proceedings of the Biennial International Symposium “Forest and Sustainable Development”*. Transylvania University Publishing House, pp. 415-420.

Gaspar R., 1967: *Contribuții la determinarea gradului de torențialitate a bazinelor hidrografice și a eficienței hidrologice a lucrărilor de corectarea torenților*, Revista Pădurilor Anul 82 Nr. 8. pp. 410-414.

Gaspar R., 1984: *Norme tehnice pentru urmărirea comportării în timp a lucrărilor de construcții folosite în amenajarea torenților*. ICAS – Ministerul Silviculturii. București, pp. 15.

Gaspar, R., 2004: *Rolul pădurii în prevenirea și combaterea viiturilor torențiale din bazinele hidrografice mici*. Revista Pădurilor Anul 119 nr. 1, pp. 16-22.

Gaspar R., 2005: *Procedeu simplificat, bazat pe „Metoda încărcării limită” (PS-MIL) de estimare a producției de aluviuni în bazine mici acoperite predominant de păduri și pajiști*, Revista Pădurilor, Anul 120 Nr. 4, pp. 9-20.

Gaspar R., Untaru E., Roman F., Cristescu C., 1982: *Cercetări hidrologice în bazine hidrografice torențiale mici*, I.C.A.S.

Giurgiu V., 1978: *Conservarea pădurilor*, Editura Ceres, București, pp. 307.

Giurgiu V., 1982: *Pădurea și viitorul*, Editura Ceres, București.

Giurgiu, V. (sub red.), 1995: *Protejarea și dezvoltarea durabilă a pădurilor României*. Editura Arta Grafică, București, pp. 400.

Giurgiu, V., 1998: *Amenajarea bazinelor hidrografice în contextul dezvoltării durabile*. Volumul „Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în actualitate”. Editura Lux Libris, Brașov, pp. 10-16.

Giurgiu, V., 2004: *Silvologie – vol. III B. Gestionarea durabilă a pădurilor României*. Editura Academiei Române, București, pp. 320.

Heinimann, H.R., 2003: *Risk management – A Framework to improve Effectiveness and Efficiency of Resource Management Decisions. Twenty-third Session of the Working Party on Mountain Watershed Management*, Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, Bern, pp. 59-68.

Huebl J., Fiebigler G., 2005: *Debris-flow mitigation measures. in Debris-flow Hazards and Related Phenomena*. Praxis. Springer Berlin Heidelberg, pp. 445-487.

Ionescu, Șt., 2006a: *Unele precizări și sugestii privind întocmirea hărților de risc natural la inundații (HRNI)*. Partea I. Hidrotehnica, 51 (2006), 7, pp. 22-35.

Ionescu, Șt., 2006b: *Unele precizări și sugestii privind întocmirea hărților de risc natural la inundații (HRNI)*. Partea a II-a. Hidrotehnica, 51 (2006), 8-9, pp. 9-14.

Lazăr N.V., Gaspar R. et al., 1994: *Cercetări privind stabilitatea, rezistența și funcționalitatea lucrărilor de amenajarea torenților*. Tema 12RA/94. referat științific final, ICAS.

Lazăr N., Clinciu I., 1995: *Gradul de torențialitate a bazinelor hidrografice mici, predominant forestiere*. In: *Normativul pentru proiectarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale*, ICAS București, pp. 31-35.

Mazzorana, B., Comiti, F., Fuchs, S., 2011: *A structured approach to enhance flood hazard assessment in mountain streams*. Nat Hazards. doi: 10.1007/s11069-011-9811-y.

Mazzorana, B., Zischg, A., Largiader, A., Hübl, J., 2009: *Hazard index maps for woody material recruitment and transport in alpine catchments*. Nat Hazards Earth Syst Sci, 9, pp. 197-209.

McSaveney M.J., Davies T.R.H., 2005: *Engineering for debris flows in New Zealand. in Debris-flow Hazards and Related Phenomena*. Praxis. Springer Berlin Heidelberg. pp. 635-658.

Mintegui Aguirre J.A., Robredo J.C., 2008: *Estrategias para el Control de los Fenomenos Torrenciales y de la Ordenacion Sostenible de las Cuencas de Montana. UNESCO para America Latina y el Caribe. PHI – VII/Documento tecnico No 13.*

Mircea S., 2002: *Formarea, evoluția și strategia de amenajare a ravenelor.* Editura BREN. București, pp 209.

Mircea S., Vasilescu C., Mircea A., 1992: *Observații asupra modului de comportare a lucrărilor hidrotehnice transversale executate pe formațiunile torențiale din b.h. Olănești.* Buletin Științific, Seria E, Vol. 34, U.S.A. București.

Munteanu S.A., 1975: *Premise fundamentale în problema amenajării bazinelor hidrografice torențiale,* Revista Pădurilor Anul 90 Nr. 4, pp. 196-201.

Munteanu, S. A., 1976: *Evoluția, pe plan european, a preocupărilor și concepțiilor FAO în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale.* În Revista Pădurilor nr. 2, pp. 94-102.

Munteanu, S. A., I. Clinciu, 1981: *Fenomenul de histerezis hidrologic în bazinele hidrografice torențiale reîmpădurite și importanța lui sub raportul transportului de aluviuni.* În Revista Pădurilor nr. 4, pp. 414-417.

Munteanu S.A., Gaspar R., Clinciu I., 1984: *Profilul unic de referință pentru barajele din domeniul amenajării torenților.* Revista pădurilor nr.3.

Munteanu S.A., Traci C., Clinciu I., Lazăr N.V., Untaru E., 1991: *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice,* vol. I, Editura Academiei Române, București, pp. 328.

Munteanu S.A., Traci C., Clinciu I., Lazăr N.V., Untaru E., Gologan V., 1993: *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice,* vol. II, Editura Academiei Române, București, pp. 311.

Niță M.D., 2011: *Posibilități de îmbunătățire a metodologiei de prognoză a debitului maxim al viiturilor torențiale în bazine hidrografice mici, predominant forestiere.* Rezumat teză de doctorat. Universitatea „Transilvania” din Brașov, pp. 71.

Niță M.D., Tudose N.C., Clinciu I., 2011: *Estimating and mapping torrentiality risk in small forested watersheds,* Bulletin of the Transilvania University of Brașov, 4 (2011), pp. 61-66.

Nyssen J., Gebreselassie S., Assefa R., Deckers J., Zenbe A., Poesen J., Frankl A., 2017: *Boulder-Faced Log Dams as an Alternative for Gabion Check Dams in First-Order Ephemeral Streams with Coarse Bed Load in Ethiopia.*

Oprea V (resp.), 1996: *Inventarul lucrărilor executate între anii 1950-1992, comportarea și efectul lor, propuneri pentru continuarea acțiunii,* Manuscris, ICAS, București.

Oprea V., Apostol A., Marineață V., Lescar L., 1984: *Îndrumar tehnic pentru întreținerea și repararea lucrărilor de ameliorare a terenurilor degradate și de corectare a torenților din fondul forestier*, ICAS, București, pp. 64.

Remaitre A., van Asch Th. W. J., Malet J.-P., Maquaire O., 2008: *Influence of check dams on debris-flow run-out intensity*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, pp. 1403–1416.

Terente M., 2008: *Modelarea și analiza digitală a terenului. Cu aplicații în bazinul montan al Teleajenului*. Lucrare de Licență. Facultatea de Geografie a Universității din București.

Tudose N.C., Davidescu Ș., Ungurean C., Adorjani A., Davidescu A., 2014: *Inventarul și starea lucrărilor hidrotehnice administrate de RPLP Kronstadt și RPLP Săcele din siturile Natura 2000 (Postăvaru, Piatra Mare și Ciucas)*, Revista de cultură și cinegetică nr. 35, pp. 118-122.

Tudose N.C., Ungurean C., Davidescu Ș., Clinciu I., Marin M., Niță M.D., Adorjani A., Davidescu A., 2020: *Torrential flood risk assessment and environmentally friendly solutions for small catchments located in the Romania Natura 2000 sites Ciucas, Postavaru and Piatra Mare*, Science of The Total Environment, Volume 698, 134271. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134271>.

Vazken A., 2004: *Water and Forests: from Historical Controversy to Scientific Debate*. Journal of Hydrology nr. 291, pp. 1-27.

Vincent M., 2003: *Études des mécanismes de l'écoulement sur les bassins forestiers du Mont Lozère pendant la période de recharge post-estivale*. Études de Géographie Physique, nr. XXX, pp. 27-42. –

Zeng Q.,L., Yue Z.,Q., Yang Z.,F., Zhang, X.,J., 2009: *A case study of long-term field performance of check-dams in mitigation of soil erosion in Jiangjia stream, China*. Environ Geol 58., pp. 897 – 911.

Zingari, P.C., 2006: *Integrate watershed management and forests. Conference Proceedings*. Porto Cervo, Sassari, Sardinia, Italy. FAO&EOMF. Printed in Italy. Copyright FAO, pp.81-84.

Anexa 1: Indicele de risc datorat gradului de torențialitate (R_{gt})

Nr. crt.	Bazinul		K_{TOR}					K_{ERO}			$R_{GT} = \sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0,625 \cdot K_{ERO}}$		
	Denumire/cod	Suprafața F (ha)	Grad de împădurire %	$Q_{max,1\%}$ (m ³ /s)	$Q_{0,1\%}$ (m ³ /s)	K_h	K_{tor}	Min	Max	Mediu	60 K_{TOR}	0,625 K_{ERO}	R_{GT}
1	D10	49,76	99	5,28	21,38	0,25	0,35	0,15	42,61	2,37	21,182	1,483	4,76
2	D12	8,82	97	1,63	4,71	0,35	0,50	1,50	41,75	3,31	29,737	2,071	5,64
3	D13	176,20	96	21,49	66,87	0,32	0,46	0,25	40,63	2,41	27,575	1,506	5,39
4	D14	32,24	96	5,35	14,13	0,38	0,54	0,25	32,27	2,84	32,494	1,776	5,85
5	D15	199,07	84	24,56	72,87	0,34	0,48	0,49	29,71	5,22	28,921	3,262	5,67
6	D16	30,13	100	3,73	13,08	0,29	0,41	0,32	3,26	1,78	24,456	1,112	5,06
7	D17	36,72	99	4,59	16,19	0,28	0,41	0,20	46,96	2,40	24,349	1,502	5,08
8	D18	12,40	90	1,83	6,36	0,29	0,41	0,50	34,75	3,05	24,746	1,906	5,16
9	D19	42,43	36	7,33	17,91	0,41	0,58	0,75	37,22	14,38	35,098	8,988	6,64
10	D2	42,61	99	4,82	16,99	0,28	0,41	0,26	39,49	2,26	24,361	1,415	5,08
11	D20	12,06	60	1,94	6,09	0,32	0,46	0,54	55,87	8,84	27,377	5,526	5,74
12	D21	29,32	50	5,36	13,43	0,40	0,57	1,17	30,89	10,07	34,266	6,292	6,37
13	D22	18,34	44	3,23	9,33	0,35	0,50	0,93	28,16	11,25	29,717	7,031	6,06
14	D23	44,13	74	6,40	20,39	0,31	0,45	0,57	40,09	6,40	26,927	3,998	5,56
15	D24	19,05	56	3,07	9,05	0,34	0,48	1,23	32,67	10,58	29,050	6,614	5,97
16	D25	25,93	47	4,21	11,59	0,36	0,52	1,23	41,30	12,00	31,167	7,500	6,22
17	D26	43,47	58	6,83	20,06	0,34	0,49	0,69	32,03	9,62	29,214	6,015	5,94
18	D27	63,35	28	9,38	22,76	0,41	0,59	0,64	50,31	8,42	35,349	5,263	6,37
19	D28	14,60	68	2,26	7,15	0,32	0,45	0,92	25,35	5,79	27,109	3,619	5,54
20	D29	17,87	79	2,71	9,19	0,30	0,42	1,09	36,96	4,96	25,343	3,102	5,33

Nr. crt.	Bazinul			K _{TOR}						K _{ERO}			$R_{GT} = \sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0,625 \cdot K_{ERO}}$
	Denumire/cod	Suprafața F (ha)	Grad de împădurire %	Q _{max.1%} (m ³ /s)	Q _{ei1%} (m ³ /s)	K _h	K _{tor}	Min	Max	Mediu	60 K _{TOR}	0.625 K _{ERO}	
21	D3	19,90	92	2,48	9,34	0,27	0,38	0,72	40,67	3,70	22,765	2,311	5,01
22	D30	17,15	61	2,70	8,04	0,34	0,48	0,25	14,45	1,64	28,826	1,026	5,46
23	D31	21,74	55	3,52	9,87	0,36	0,51	0,08	33,01	6,31	30,548	3,944	5,87
24	D32	35,43	57	5,16	14,96	0,34	0,49	0,11	35,82	6,57	29,583	4,104	5,80
25	D4	22,34	100	2,87	10,48	0,27	0,39	0,26	4,76	2,47	23,506	1,545	5,01
26	D5	7,46	86	0,90	4,24	0,21	0,30	0,92	31,12	4,44	18,155	2,775	4,57
27	D6	5,56	79	0,84	2,99	0,28	0,40	1,23	42,45	7,88	24,013	4,926	5,38
28	D7	13,71	85	1,87	6,56	0,28	0,41	0,91	42,16	6,06	24,381	3,786	5,31
29	D8	7,42	69	1,26	3,89	0,32	0,46	1,28	37,61	9,11	27,857	5,697	5,79
30	D9	17,13	100	2,35	8,42	0,28	0,40	0,64	2,87	1,86	23,945	1,164	5,01
31	izv.Tărlungului Mic	149,41	69	16,66	59,00	0,28	0,40	0,17	64,50	7,93	24,226	4,955	5,40
32	izv. Dofanei	339,83	66	42,54	121,56	0,35	0,50	0,13	47,96	7,91	30,029	4,947	5,91
33	izv. TărlungulStâng	118,11	51	18,77	48,51	0,39	0,55	0,75	28,71	8,02	33,193	5,015	6,18
34	p. Abrupt	162,54	73	25,32	64,47	0,39	0,56	0,36	45,09	9,17	33,692	5,732	6,28
35	p. Adânc de Sus	361,59	62	40,53	114,52	0,35	0,51	0,37	46,21	8,07	30,363	5,042	5,95
36	p. Alb	104,28	100	9,74	39,03	0,25	0,36	0,23	5,70	1,58	21,419	0,986	4,73
37	p. Baci	41,53	48	6,95	17,35	0,40	0,57	0,21	25,53	7,95	34,367	4,966	6,27
38	p.Baer	672,80	58	75,18	189,95	0,40	0,57	0,20	68,65	15,82	33,958	9,889	6,62
39	p. Bălan	108,05	90	17,09	44,51	0,38	0,55	0,28	27,06	3,53	32,931	2,203	5,93
40	p. Catul	344,04	29	43,94	109,15	0,40	0,58	0,27	54,03	18,56	34,542	11,599	6,79
41	p. Chișag	43,83	100	1,70	18,76	0,09	0,13	0,15	2,77	1,61	7,782	1,007	2,96

Nr. crt.	Bazinul			K _{TOR}						K _{ERO}			R _{GT} = $\sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0,625 \cdot K_{ERO}}$		
	Denumire/cod	Suprafata F (ha)	Grad de împădurire %	Q _{max.1%} (m ³ /s)	Q _{et.1%} (m ³ /s)	K _h	K _{tor}	Min	Max	Mediu	60 K _{TOR}	0.625 K _{ERO}	R _{GT}		
42	p. Ciclon	57,62	100	6,69	25,53	0,26	0,37	0,15	4,35	2,00	22,484	1,247	4,87		
43	p. Coliba de Sus	44,15	77	6,71	19,27	0,35	0,50	0,53	18,50	4,96	29,860	3,102	5,74		
44	p. Craiu Drept	169,92	97	15,56	55,63	0,28	0,40	0,21	24,94	2,55	23,996	1,592	5,06		
45	p. de sub Stânci	157,56	75	20,11	58,33	0,34	0,49	0,17	73,02	5,20	29,579	3,249	5,73		
46	p. Drept	69,64	85	10,76	30,18	0,36	0,51	0,45	39,34	4,70	30,590	2,936	5,79		
47	p. Drept de Jos	59,56	78	8,69	24,55	0,35	0,51	0,23	31,95	4,59	30,381	2,868	5,77		
48	p. Farfuriu	147,70	65	21,72	58,39	0,37	0,53	0,27	48,45	8,34	31,914	5,210	6,09		
49	p. Ferenc	204,74	84	24,96	75,93	0,33	0,47	0,10	46,67	5,68	28,205	3,549	5,64		
50	p. Fierăstrău de Jos	92,74	99	11,20	37,12	0,30	0,43	0,13	35,94	2,10	25,887	1,310	5,22		
51	p. Gabor	147,03	93	17,59	55,42	0,32	0,45	0,28	23,15	2,49	27,237	1,557	5,37		
52	p. Gogoșilor	89,11	81	12,14	37,78	0,32	0,46	0,52	56,56	5,49	27,578	3,431	5,57		
53	p. Îngust de Sus	115,49	98	12,47	39,70	0,31	0,45	0,08	28,94	1,75	26,947	1,094	5,30		
54	p. Întunecos de Jos	28,91	100	1,76	13,87	0,13	0,18	0,63	4,30	2,49	10,881	1,559	3,53		
55	p. Întunecos de Mijloc	53,42	99	5,62	23,60	0,24	0,34	0,44	30,48	3,38	20,442	2,113	4,75		
56	p. Jidanului	145,05	57	20,16	57,07	0,35	0,51	0,33	54,89	15,62	30,318	9,761	6,33		
57	p. lui Gavrilă	22,74	100	3,16	11,62	0,27	0,39	0,35	3,58	2,21	23,341	1,384	4,97		
58	p. lui Ion	45,99	85	6,15	18,49	0,33	0,48	1,02	54,23	5,67	28,562	3,544	5,67		
59	p. lui Sas Ianoși	74,45	60	10,27	26,84	0,38	0,55	0,51	44,75	7,23	32,825	4,517	6,11		
60	p. Mărcășanu	369,01	70	37,95	114,02	0,33	0,48	0,15	48,18	8,82	28,559	5,513	5,84		
61	p. Mare	111,93	99	10,07	39,77	0,25	0,36	0,15	9,61	1,91	21,731	1,192	4,79		
62	p. Mic	23,69	100	3,77	10,89	0,35	0,49	1,22	3,54	2,19	29,684	1,368	5,57		
63	p. Molidu de Jos	46,25	87	5,71	19,01	0,30	0,43	0,14	15,11	2,43	25,758	1,520	5,22		

Nr. crt.	Bazinul			K _{TOR}					K _{ERO}			R _{GT} = $\sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0,625 \cdot K_{ERO}}$		
	Denumire/cod	Suprafața F (ha)	Grad de împădurire %	Q _{max.1%} (m ³ /s)	Q _{ed.1%} (m ³ /s)	K _h	K _{tor}	Min	Max	Mediu	60 K _{TOR}	0,625 K _{ERO}	R _{GT}	
64	p. Nanului	294,30	96	34,29	102,03	0,34	0,48	0,16	41,20	2,70	28,836	1,688	5,52	
65	p. Paltin	300,24	55	38,56	104,53	0,37	0,53	0,82	60,81	15,08	31,649	9,428	6,41	
66	p. Pietra	55,86	100	6,44	25,63	0,25	0,36	0,54	3,27	1,77	21,574	1,104	4,76	
67	p. Podu	34,88	58	4,85	14,42	0,34	0,48	0,15	28,58	7,87	28,844	4,921	5,81	
68	p. Poiana Teslei	71,21	100	8,89	30,55	0,29	0,42	0,36	3,32	1,88	24,973	1,173	5,11	
69	p. Seurt	36,91	100	5,45	15,13	0,36	0,52	0,39	2,56	1,57	30,909	0,981	5,65	
70	p. Sec de Sus	74,07	95	8,54	28,84	0,30	0,42	0,21	42,44	2,76	25,424	1,727	5,21	
71	p. Semisvar	83,56	55	11,88	32,08	0,37	0,53	0,33	53,34	16,09	31,759	10,056	6,47	
72	p. Stanei	54,79	85	8,40	23,75	0,35	0,51	0,27	22,92	3,77	30,345	2,355	5,72	
73	p. Stâng	84,53	83	11,57	32,65	0,35	0,51	0,81	31,66	5,42	30,415	3,385	5,81	
74	p. Stâni Doftana	75,23	61	10,69	30,19	0,35	0,51	0,56	24,05	7,10	30,375	4,437	5,90	
75	p. Stâni Târlung	80,94	77	9,66	32,92	0,29	0,42	0,06	48,83	5,02	25,189	3,135	5,32	
76	p. Tare Doftana	63,61	69	10,09	27,52	0,37	0,52	0,83	58,65	7,14	31,473	4,463	5,99	
77	p. Tare Târlung	74,21	100	8,85	28,47	0,31	0,44	0,23	52,38	1,80	26,661	1,128	5,27	
78	p. Trecătorii	61,63	98	5,05	26,22	0,19	0,28	0,20	14,69	1,95	16,537	1,216	4,21	
79	p. Urlatu Mare	353,46	83	35,20	117,60	0,30	0,43	0,24	36,96	4,92	25,679	3,073	5,36	
80	p. Urlatu Mic	97,61	67	15,61	41,08	0,38	0,54	0,24	35,81	5,91	32,596	3,691	6,02	
81	p. Văda Mare	228,51	80	29,26	85,07	0,34	0,49	0,45	48,30	6,53	29,513	4,079	5,80	
82	p. VIDAȘ	95,79	67	13,02	36,51	0,36	0,51	0,21	41,31	6,45	30,595	4,030	5,88	
83	p. Zănoaga	142,73	87	21,59	56,52	0,38	0,55	0,05	72,80	6,56	32,771	4,103	6,07	
84	p. Zimbru	246,50	79	26,19	83,79	0,31	0,45	0,35	37,93	5,42	26,815	3,390	5,50	
85	TI	8,72	100	1,62	4,67	0,35	0,50	0,74	3,49	2,44	29,808	1,526	5,60	

Nr. crt.	Bazinul			K _{TOR}						K _{ERO}				$R_{GT} = \sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0,625 \cdot K_{ERO}}$
	Denumire/cod	Suprafata F (ha)	Grad de împădurire %	Q _{max.1%} (m ³ /s)	Q _{et.1%} (m ³ /s)	K _h	K _{tor}	Min	Max	Mediu	60 K _{TOR}	0.625 K _{ERO}	R _{GT}	
86	T10	22,65	100	0,66	10,62	0,06	0,09	0,28	3,07	1,77	5,293	1,105	2,53	
87	T11	14,62	100	0,57	6,93	0,08	0,12	0,14	2,45	1,41	7,054	0,880	2,82	
88	T12	32,00	100	2,20	15,42	0,14	0,20	0,21	3,02	1,75	12,237	1,094	3,65	
89	T13	46,23	100	0,99	21,39	0,05	0,07	0,25	3,01	1,74	3,987	1,088	2,25	
90	T14	15,38	80	2,35	7,45	0,32	0,45	0,56	22,23	4,48	27,068	2,797	5,46	
91	T15	65,18	87	8,60	29,23	0,29	0,42	0,53	12,82	2,51	25,254	1,567	5,18	
92	T16	40,04	92	3,65	16,46	0,22	0,32	0,17	9,75	1,79	19,019	1,116	4,49	
93	T17	13,48	100	0,62	6,41	0,10	0,14	0,40	2,55	1,39	8,304	0,872	3,03	
94	T18	33,53	93	3,75	14,45	0,26	0,37	0,32	11,78	2,72	22,271	1,703	4,90	
95	T19	25,52	99	3,25	12,66	0,26	0,37	0,59	8,41	2,67	22,046	1,666	4,87	
96	T2	6,13	100	1,27	3,38	0,38	0,54	1,27	3,08	2,53	32,309	1,584	5,82	
97	T20	71,51	62	11,16	29,34	0,38	0,54	0,37	31,53	7,62	32,628	4,763	6,11	
98	T21	38,07	99	3,41	15,78	0,22	0,31	0,08	6,35	1,38	18,553	0,865	4,41	
99	T22	134,70	57	21,18	55,04	0,38	0,55	0,95	45,59	11,60	33,009	7,251	6,35	
100	T23	66,89	100	8,26	29,96	0,28	0,39	0,26	8,23	2,35	23,643	1,471	5,01	
101	T24	57,86	81	8,36	26,16	0,32	0,46	0,15	19,95	3,69	27,420	2,306	5,45	
102	T25	41,49	61	5,85	17,00	0,34	0,49	0,41	25,00	5,52	29,542	3,448	5,74	
103	T26	34,24	100	4,19	15,60	0,27	0,38	0,75	3,16	1,67	23,040	1,044	4,91	
104	T27	23,02	100	2,96	10,94	0,27	0,39	0,58	3,05	1,73	23,237	1,084	4,93	
105	T28	32,25	99	4,71	13,33	0,35	0,51	0,22	13,72	1,55	30,348	0,968	5,60	
106	T29	206,12	82	20,80	68,31	0,30	0,44	0,24	39,67	4,52	26,130	2,828	5,38	
107	T3	23,14	91	4,23	11,99	0,35	0,50	0,81	19,59	3,32	30,285	2,074	5,69	

Nr. crt.	Bazinul			K _{TOR}						K _{ERO}				$R_{GT} = \sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0,625 \cdot K_{ERO}}$
	Denumire/cod	Suprafata F (ha)	Grad de împădurire %	Q _{max.1%} (m ³ /s)	Q _{ei%} (m ³ /s)	K _h	K _{tor}	Min	Max	Mediu	60 K _{TOR}	0.625 K _{ERO}	R _{GT}	
108	T30	37,38	44	6,05	16,52	0,37	0,52	0,62	40,33	12,43	31,432	7,772	6,26	
109	T31	34,92	43	5,60	14,94	0,37	0,54	1,02	43,14	13,36	32,167	8,351	6,37	
110	T32	23,75	92	2,97	11,88	0,25	0,36	0,83	31,59	4,06	21,450	2,539	4,90	
111	T33	17,97	98	2,53	8,51	0,30	0,42	0,40	23,24	2,23	25,458	1,395	5,18	
112	T34	38,29	44	5,84	15,68	0,37	0,53	0,06	29,13	9,77	31,979	6,107	6,17	
113	T35	94,48	36	13,61	33,94	0,40	0,57	0,26	28,65	9,35	34,407	5,845	6,34	
114	T36	31,34	100	5,65	12,69	0,45	0,64	1,26	21,69	14,45	38,207	9,032	6,87	
115	T37	76,49	7	13,22	30,43	0,43	0,62	0,52	32,27	12,60	37,275	7,874	6,72	
116	T38	52,71	6	8,65	19,93	0,43	0,62	0,50	20,32	11,35	37,244	7,095	6,66	
117	T39	7,40	21	1,50	3,87	0,39	0,55	1,23	26,17	11,32	33,219	7,077	6,35	
118	T4	13,06	94	2,78	6,75	0,41	0,59	0,40	16,87	4,73	35,267	2,953	6,18	
119	T40	51,84	26	8,09	20,24	0,40	0,57	0,69	36,55	9,25	34,301	5,780	6,33	
120	T41	18,05	45	3,06	8,71	0,35	0,50	1,37	38,95	13,06	30,162	8,165	6,19	
121	T42	12,94	41	2,28	6,39	0,36	0,51	0,85	39,44	13,17	30,620	8,231	6,23	
122	T44	9,67	29	1,85	4,80	0,38	0,55	0,85	31,60	9,73	33,009	6,079	6,25	
123	T45	29,08	41	5,09	13,11	0,39	0,55	1,34	45,97	15,40	33,288	9,624	6,55	
124	T46	135,70	34	18,39	47,41	0,39	0,55	0,22	35,19	11,67	33,274	7,295	6,37	
125	T5	109,90	66	14,80	45,01	0,33	0,47	0,23	51,70	10,15	28,205	6,342	5,88	
126	T6	17,53	100	2,14	9,29	0,23	0,33	0,43	4,13	2,09	19,767	1,307	4,59	
127	T7	12,07	100	0,14	6,26	0,02	0,03	0,84	2,78	2,12	1,979	1,324	1,82	
128	T8	13,30	100	1,80	7,23	0,25	0,36	0,65	4,03	2,23	21,310	1,397	4,77	
129	T9	38,66	100	5,65	17,48	0,32	0,46	0,32	4,16	1,87	27,727	1,171	5,38	

Nr. crt.	Bazinul			K _{TOR}					K _{ERO}			R _{GT} = $\sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0,625 \cdot K_{ERO}}$		
	Denumire/cod	Suprafața F (ha)	Grad de împădurire %	Q _{max.1%} (m ³ /s)	Q _{et.1%} (m ³ /s)	K _h	K _{tor}	Min	Max	Mediu	60 K _{TOR}	0.625 K _{ERO}	R _{GT}	
130	v. Adâncă de Jos	367,46	58	38,37	111,99	0,34	0,49	0,14	47,38	8,11	29,399	5,069	5,87	
131	v. Capra de Sus	34,97	98	5,78	16,65	0,35	0,50	0,44	10,01	2,24	29,809	1,399	5,59	
132	v. Capra Mare	334,90	22	45,82	106,94	0,43	0,61	0,60	74,47	19,85	36,763	12,408	7,01	
133	v. Capra Mica	246,35	44	31,93	79,93	0,40	0,57	0,37	65,30	16,38	34,277	10,235	6,67	
134	v. Ciorica	170,71	89	27,71	68,36	0,41	0,58	0,13	21,96	2,58	34,779	1,612	6,03	
135	v. Dracului	367,83	84	22,28	100,55	0,22	0,32	0,04	36,31	3,46	19,008	2,164	4,60	
136	v. Rece de Sus – Craicu de Jos	122,66	79	16,35	49,77	0,33	0,47	0,66	73,12	7,16	28,192	4,476	5,72	
137	v. Rece de Sus – Craicu de Sus	345,98	54	44,05	114,13	0,39	0,55	0,22	55,34	11,24	33,114	7,025	6,34	
138	v. Roșca	368,33	99	30,42	97,00	0,31	0,45	0,09	17,01	1,69	26,910	1,054	5,29	
139	v. Tare	206,96	63	26,43	72,07	0,37	0,52	0,13	44,79	6,69	31,467	4,181	5,97	
140	v. Tesla Superoara	505,10	100	42,52	138,66	0,31	0,44	0,07	22,61	2,04	26,309	1,276	5,25	
141	v. Tigăi – Craicu Drept	268,19	86	34,47	96,95	0,36	0,51	0,51	48,08	5,07	30,502	3,168	5,80	
142	v. Tigăi – Craicu Stâng	230,50	C	28,29	80,85	0,35	0,50	0,22	43,33	3,97	30,025	2,480	5,70	

Anexa 2: Indicele de risc datorat caracteristicilor drumurilor (R_D^{REC})¹

$A_D=453660.00$

Nr. crt.	Bazin/Drum	L_D (m)	Importanța (I)	i_c^p (euro/m)	Expunerea (E)	Valoarea pagubei potențiale (euro)	Amploarea pagubei potențiale convertită și corectată (P)	R_D^{REC}
1	D12							8,19
2	DJ 102	52,45	2,00	150,00	64,93	7867,50	0,15	8,19
3	D13							9,69
4	DJ 102	133,08	2,00	150,00	45,91	19962,00	0,27	6,94
5	FE027=D172=0,6km	239,26	2,00	70,00	5,50	16748,20	0,06	2,75
6	D14							8,50
7	DJ 102	71,59	2,00	150,00	70,00	10738,50	0,22	8,50
8	D15							6,21
9	FE023=D168=1,3km	754,81	2,00	70,00	35,41	52836,70	1,18	6,21
10	D21							1,50
11	DJ 102	0,00	2,00	150,00	0,25	0,00		1,50
12	D23							4,68
13	FE028=D173=5,8km	16,16	2,00	70,00	19,90	1131,20	0,01	4,68
14	D25							1,85
15	DJ 102	147,93	2,00	150,00	1,41	22189,50	0,01	1,85
16	D3							4,71
17	DJ 102	30,59	2,00	150,00	20,16	4588,50	0,03	4,71
18	D30							1,69
19	DN 1A	0,00	2,68	1500,00	0,18	0,00		1,69

¹ calculat conform ecuației (3-17).

Nr. crt.	Bazin/Drum	L _D (m)	Importanța (I)	i _D _c (euro/m)	Expunerea (E)	Valoarea pagubei potențiale (euro)	Amplioarea pagubei potențiale convertită și corectată (P)	R ^D _{REC}
20	D31							1,69
21	DN 1A	0,00	2,68	1500,00	0,17	0,00		1,69
22	D32							1,68
23	DN 1A	0,00	2,68	1500,00	0,14	0,00		1,68
24	D5							1,48
25	DJ 102	0,00	2,00	150,00	0,18	0,00		1,48
26	D6							4,34
27	DJ 102	100,97	2,00	150,00	16,76	15145,50	0,07	4,34
28	D7							8,06
29	DJ 102	73,13	2,00	150,00	62,82	10969,50	0,20	8,06
30	D8							5,13
31	DJ 102	139,20	2,00	150,00	24,18	20880,00	0,15	5,13
32	D9							7,92
33	DN 1A	67,66	2,68	1500,00	59,89	101490,00	0,18	7,92
34	izv. Doftanei							7,03
35	DJ 102	0,00	2,00	150,00	0,03	0,00		1,42
36	FE025=D170=0,5km p. Abrupt	414,08	2,00	70,00	28,85	28985,60	0,53	5,60
37								10,10
38	FE011=D153=5,2 km p. Adânc de Sus	34,97	2,00	70,00	99,86	2447,90	0,15	10,10
39								11,83
40	DJ 102	84,50	2,00	150,00	25,82	12675,00	0,10	5,28
41	FE031=D176=1,8km p. Alb	1421,98	2,00	70,00	38,39	99538,60	2,41	6,54
42								7,52
43	FE016=D129=2,6km	74,16	2,00	70,00	54,38	5191,20	0,18	7,52

Nr. crt.	Bazin/Drum	L _p (m)	Importanța (I)	i _c ^D (euro/m)	Expunerea (E)	Valoarea pagubei potențiale (euro)	Amplioarea pagubei potențiale convertită și corectată (P)	R ^D _{REC}
44	p. Baer							5,53
45	FE026=D171=3,5km	2130,77	2,00	70,00	26,09	149153,90	2,45	5,53
46	p. Calul							5,73
47	FE016=D129=2,6km	356,56	2,00	70,00	30,41	24959,20	0,48	5,73
48	p. Cracu Drept							1,42
49	FE013=D152=5,5 km	0,00	2,00	70,00	0,01	0,00		1,42
50	p. Ferenc							5,81
51	FE028=D173=5,8km	101,76	2,00	70,00	31,61	7123,20	0,14	5,81
52	p. Gabor							9,05
53	FE016=D129=2,6km	31,97	2,00	70,00	79,70	2237,90	0,11	9,05
54	p. Gogoșilor							5,83
55	FE023=D168=1,3km	27,85	2,00	70,00	31,90	1949,50	0,04	5,83
56	p.Îngust de Sus							5,51
57	DN 1A	130,81	2,68	1500,00	27,50	196215,00	0,16	5,51
58	p. Întunecos de Mijloc							1,87
59	FE014=D127=10,0km	24,50	2,00	70,00	1,48	1715,00	0,00	1,87
60	p. lui Ion							11,84
61	DJ 102	313,28	2,00	150,00	136,29	46992,00	1,88	11,84
62	p. lui Sas Ianoși							13,72
63	DJ 102	63,15	2,00	150,00	39,90	9472,50	0,11	6,48
64	FE031=D176=1,8km	205,44	2,00	70,00	49,93	14380,80	0,45	7,24
65	p. Mărcășanu							5,58
66	FE019=D132=1,8km	167,6,35	2,00	70,00	27,13	117344,50	2,00	5,58
67	p. Mare							8,68
68	FE011=D153=5,2 km	64,66	2,00	70,00	73,21	4526,20	0,21	8,68

Nr. crt.	Bazin/Drum	L _p (m)	Importanța (I)	i _c ^D (euro/m)	Expunerea (E)	Valoarea pagubei potențiale (euro)	Amploarea pagubei potențiale convertită și corectată (P)	R ^D _{REC}
69	p. Mic							4,23
70	FE011=D153=5,2 km	11,44	2,00	70,00	5,86	800,80	0,00	2,80
71	FE012=D154=0,7 km	0,00	2,00	70,00	0,02	0,00		1,42
72	p. Nanului							1,78
73	FE029=D174=2,7km	379,83	2,00	70,00	1,15	26588,10	0,02	1,78
74	p. Podu							2,42
75	FE022=D135=2,9km	65,22	2,00	70,00	3,83	4565,40	0,01	2,42
76	p. Poiana Teslei							6,83
77	FE013=D152=5,5 km	64,75	2,00	70,00	44,46	4532,50	0,13	6,83
78	p. Seurt							9,15
79	FE011=D153=5,2 km	103,12	2,00	70,00	81,44	7218,40	0,37	9,15
80	p. Sec de Sus							4,26
81	DN 1A	79,37	2,68	1500,00	15,44	119055,00	0,05	4,26
82	p. Sianei							4,02
83	FE028=D173=5,8km	72,74	2,00	70,00	14,11	5091,80	0,05	4,02
84	p. Stăni Târlung							3,45
85	DN 1A	302,44	2,68	1500,00	9,08	453660,00	0,12	3,45
86	p. Tare Doftana							4,10
87	DJ 102	133,16	2,00	150,00	14,72	19974,00	0,09	4,10
88	p. Tare Târlung							4,81
89	DN 1A	103,80	2,68	1500,00	20,38	155700,00	0,09	4,81
90	p. Trecătorii							1,64
91	DN 1A	0,00	2,68	1500,00	0,01	0,00		1,64
92	p. Urlatu Mare							2,99
93	FE018=D131=1,5km	635,18	2,00	70,00	6,75	44462,60	0,19	2,99

Nr. crt.	Bazin/Drum	L _p (m)	Importanța (I)	i _c ^D (euro/m)	Expunerea (E)	Valoarea pagubei potențiale (euro)	Amploarea pagubei potențiale convertită și corectată (P)	R ^D _{REC}
94	p. Vaida Mare							4,16
95	FE020=D133=2,0km	489,66	2,00	70,00	14,95	34276,20	0,32	4,16
96	p. Zănoaga							7,79
97	DN 1A	20,72	2,68	1500,00	0,45	31080,00	0,00	1,77
98	FE013=D155=2,8km	54,91	2,00	70,00	34,12	3843,70	0,08	6,02
99	p. Zimbru							2,81
100	FE022=D135=2,9km	79,84	2,00	70,00	5,87	5588,80	0,02	2,81
101	T10							2,17
102	FE013=D155=2,8km	27,29	2,00	70,00	2,69	1910,30	0,00	2,17
103	T13							6,71
104	FE013=D155=2,8km	38,35	2,00	70,00	42,94	2684,50	0,07	6,71
105	T14							1,64
106	DN 1A	0,00	2,68	1500,00	0,01	0,00		1,64
107	T17							2,12
108	DN 1A	26,90	2,68	1500,00	1,82	40350,00	0,00	2,12
109	T21							1,67
110	FE014=D127=10,0km	0,00	2,00	70,00	0,78	0,00		1,67
111	T23							4,32
112	FE020=D133=2,0km	73,03	2,00	70,00	16,62	5112,10	0,05	4,32
113	T24							5,49
114	FE011=D153=5,2 km	45,05	2,00	70,00	28,11	3153,50	0,06	5,49
115	T25							7,02
116	FE011=D153=5,2 km	19,55	2,00	70,00	47,18	1368,50	0,04	7,02
117	T29							1,50
118	FE021=D134=0,4km	0,00	2,00	70,00	0,25	0,00		1,50

Nr. crt.	Bazin/Drum	L _p (m)	Importanța (I)	i _c ^D (euro/m)	Expunerea (E)	Valoarea pagubei potențiale (euro)	Amploarea pagubei potențiale convertită și corectată (P)	R ^D _{REC}
144	FE014=D127=10,0km v. Cîrtoara	32,07	2,00	70,00	75,22	2244,90	0,11	8,79
145								3,38
146	FE017=D130=0,8km v. Dracului	228,10	2,00	70,00	9,30	15967,00	0,09	3,38
147								5,31
148	FE009=D151=8,2km v. Rece de Sus - Craicu de Jos	2418,83	2,00	70,00	23,69	169318,10	2,53	5,31
149								6,74
150	FE024=D169=1,7km v. Rece de Sus - Craicu de Sus	62,28	2,00	70,00	43,32	4359,60	0,12	6,74
151								7,56
152	FE024=D169=1,7km v. Roșca	465,33	2,00	70,00	54,09	32573,10	1,11	7,56
153								8,94
154	FE014=D127=10,0km	100,05	2,00	70,00	46,92	7003,50	0,21	7,01
155	FE015=D128=2,7km v. Tare	543,46	2,00	70,00	1,69	38042,20	0,04	1,93
156								1,56
157	DJ 102	0,00	2,00	150,00	0,42	0,00		1,56
158	v. Tesla Superioara							5,01
159	FE013=D152=5,5 km v. Tigăi - Craicu Drept	2152,30	2,00	70,00	21,13	150661,00	2,00	5,01
160								4,02
161	FE028=D173=5,8km v. Tigăi - Craicu Stîng	747,31	2,00	70,00	13,70	52311,70	0,45	4,02
162		0,00	2,00					1,42
163	FE030=D175=0,7km	0,00	2,00	70,00	0,01	0,00		1,42

Anexa 3: Indicele de risc datorat caracteristicilor lacului (R_{LAC}^{RECI})

$$L_{LAC} = 2,5 \text{ km}; i_c^{LAC} = 20,00 \text{ euro/m}^3$$

Bazinul		Distanța bazin-lac D_{bh} (km)	Expunerea (E)	Vulnerabilitatea (V)		Amplarea pagubei potențiale (P)		R_{LAC}^{REC}
Denumirea	Suprafața			K_{ERO}	V	Valoarea maximă posibilă a pagubei (A_{rec})	P	
D10	49,76	9,66	0,26	2,37	0,01	106458,41	0,22	3,27
D12	8,82	9,99	0,25	3,31	0,00	106458,41	0,05	3,22
D13	176,20	10,37	0,24	2,41	0,03	106458,41	0,80	3,44
D14	32,24	10,17	0,25	2,84	0,01	106458,41	0,17	3,26
D15	199,07	8,58	0,29	5,22	0,06	106458,41	1,95	3,78
D16	30,13	7,44	0,34	1,78	0,00	106458,41	0,10	3,25
D17	36,72	7,89	0,32	2,40	0,01	106458,41	0,17	3,26
D18	12,40	6,58	0,38	3,05	0,00	106458,41	0,07	3,24
D19	42,43	6,57	0,38	14,38	0,04	106458,41	1,15	3,57
D2	42,61	11,39	0,22	2,26	0,01	106458,41	0,18	3,25
D20	12,06	7,05	0,35	8,84	0,01	106458,41	0,20	3,28
D21	29,32	5,90	0,42	10,07	0,02	106458,41	0,55	3,40
D22	18,34	6,57	0,38	11,25	0,01	106458,41	0,39	3,34
D23	44,13	7,34	0,34	6,40	0,02	106458,41	0,53	3,38
D24	19,05	5,61	0,45	10,58	0,01	106458,41	0,38	3,35
D25	25,93	5,38	0,46	12,00	0,02	106458,41	0,58	3,41
D26	43,47	5,12	0,49	9,62	0,03	106458,41	0,79	3,48

¹ Calculat conform ecuației (3-18).

Bazinul		Distanța bazin-lac D_{bh} (km)	Expunerea (E)	Vulnerabilitatea (V)		Amplimea pagubei potențiale (P)		R_{LAC}^{REC}
				K_{ERO}	V	Valoarea maximă posibilă a pagubei (A_{REC})	P	
Denumirea	Suprafața							
D27	63,35	4,73	0,53	8,42	0,03	106458,41	1,00	3,54
D28	14,60	4,21	0,59	5,79	0,01	106458,41	0,16	3,30
D29	17,87	4,14	0,60	4,96	0,01	106458,41	0,17	3,31
D3	19,90	11,17	0,22	3,70	0,00	106458,41	0,14	3,24
D30	17,15	1,72	1,45	1,64	0,00	106458,41	0,05	3,40
D31	21,74	0,11	22,73	6,31	0,01	106458,41	0,26	5,77
D32	35,43	0,09	27,78	6,57	0,01	106458,41	0,44	6,22
D4	22,34	11,11	0,23	2,47	0,00	106458,41	0,10	3,23
D5	7,46	11,10	0,23	4,44	0,00	106458,41	0,06	3,22
D6	5,56	10,98	0,23	7,88	0,00	106458,41	0,08	3,22
D7	13,71	10,76	0,23	6,06	0,01	106458,41	0,16	3,25
D8	7,42	10,56	0,24	9,11	0,00	106458,41	0,13	3,24
D9	17,13	13,43	0,19	1,86	0,00	106458,41	0,06	3,21
izv. Tărlungului Mic	149,41	18,14	0,14	7,93	0,07	106458,41	2,23	3,83
izv. Doftanei	339,83	13,18	0,19	7,91	0,17	106458,41	5,05	4,52
izv. Tărlungul Stâng	118,11	22,13	0,11	8,02	0,06	106458,41	1,78	3,71
p. Abrupt	162,54	15,15	0,17	9,17	0,09	106458,41	2,80	3,98
p. Adânc de Sus	361,59	3,23	0,77	8,07	0,18	106458,41	5,48	4,68
p. Alb	104,28	18,60	0,13	1,58	0,01	106458,41	0,31	3,28
p. Baci	41,53	5,52	0,45	7,95	0,02	106458,41	0,62	3,42
p. Baer	672,80	11,82	0,21	15,82	0,67	106458,41	20,00	7,13
p. Bălan	108,05	19,73	0,13	3,53	0,02	106458,41	0,72	3,40

Bazinul		Distanța bazin-lac D _{bh} (km)	Expunerea (E)	Vulnerabilitatea (V)		Amplourea pagubei potențiale (P)		R _{LAC} ^{REC}
Denumirea	Suprafața			K _{ERO}	V	Valoarea maximă posibilă a pagubei (A _{LAC})	P	
p. Calul	344,04	20,58	0,12	18,56	0,40	106458,41	11,99	5,87
p. Chișag	43,83	16,99	0,15	1,61	0,00	106458,41	0,13	3,23
p. Ciclon	57,62	16,91	0,15	2,00	0,01	106458,41	0,22	3,25
p. Coliba de Sus	44,15	11,49	0,22	4,96	0,01	106458,41	0,41	3,32
p. Craiu Drept	169,92	10,23	0,24	2,55	0,03	106458,41	0,81	3,45
p. de sub Stânci	157,56	18,00	0,14	5,20	0,05	106458,41	1,54	3,64
p. Drept	69,64	5,91	0,42	4,70	0,02	106458,41	0,61	3,42
p. Drept de Jos	59,56	5,89	0,42	4,59	0,02	106458,41	0,51	3,39
p. Farfuriu	147,70	4,24	0,59	8,34	0,08	106458,41	2,31	3,91
p. Ferenc	204,74	7,72	0,32	5,68	0,07	106458,41	2,18	3,84
p. Fierăstrău de Jos	92,74	7,19	0,35	2,10	0,01	106458,41	0,37	3,33
p. Gabor	147,03	17,72	0,14	2,49	0,02	106458,41	0,69	3,40
p. Gogoșilor	89,11	8,56	0,29	5,49	0,03	106458,41	0,92	3,49
p. Îngust de Sus	115,49	6,26	0,40	1,75	0,01	106458,41	0,38	3,34
p. Întunecos de Jos	28,91	13,36	0,19	2,49	0,00	106458,41	0,14	3,23
p. Întunecos de Mijloc	53,42	13,94	0,18	3,38	0,01	106458,41	0,34	3,30
p. Jidanului	145,05	16,37	0,15	15,62	0,14	106458,41	4,26	4,34
p. lui Gavrilă	22,74	8,53	0,29	2,21	0,00	106458,41	0,09	3,24
p. lui Ion	45,99	8,19	0,31	5,67	0,02	106458,41	0,49	3,36
p. lui Sas Ianoși	74,45	3,26	0,77	7,23	0,03	106458,41	1,01	3,58
p. Mărcășanu	369,01	12,35	0,20	8,82	0,20	106458,41	6,11	4,76
p. Mare	111,93	12,00	0,21	1,91	0,01	106458,41	0,40	3,32
p. Mic	23,69	13,44	0,19	2,19	0,00	106458,41	0,10	3,22

Bazinul		Distanța bazin-lac D_{bh} (km)	Expunerea (E)	Vulnerabilitatea (V)		Amplarea pagubei potențiale (P)		R_{LAC}^{REC}
				K_{ERO}	V	Valoarea maximă posibilă a pagubei (A_{rec})	P	
Denumirea	Suprafața							
p. Molidu de Jos	46,25	16,63	0,15	2,43	0,01	106458,41	0,21	3,25
p. Nanului	294,30	8,46	0,30	2,70	0,05	106458,41	1,49	3,65
p. Paltin	300,24	13,22	0,19	15,08	0,28	106458,41	8,51	5,24
p. Piatra	55,86	12,02	0,21	1,77	0,01	106458,41	0,19	3,25
p. Podu	34,88	2,92	0,86	7,87	0,02	106458,41	0,52	3,45
p. Poiana Teslei	71,21	8,76	0,29	1,88	0,01	106458,41	0,25	3,29
p. Seurt	36,91	12,02	0,21	1,57	0,00	106458,41	0,11	3,23
p. Sec de Sus	74,07	8,00	0,31	2,76	0,01	106458,41	0,38	3,33
p. Senisvar	83,56	13,24	0,19	16,09	0,08	106458,41	2,53	3,91
p. Stanei	54,79	9,72	0,26	3,77	0,01	106458,41	0,39	3,32
p. Stâng	84,53	5,76	0,43	5,42	0,03	106458,41	0,86	3,49
p. Stânii Doftana	75,23	11,97	0,21	7,10	0,03	106458,41	1,00	3,50
p. Stânii Târlung	80,94	14,89	0,17	5,02	0,03	106458,41	0,76	3,42
p. Tare Doftana	63,61	7,66	0,33	7,14	0,03	106458,41	0,85	3,47
p. Tare Târlung	74,21	9,88	0,25	1,80	0,01	106458,41	0,25	3,28
p. Trecătorii	61,63	16,85	0,15	1,95	0,01	106458,41	0,23	3,26
p. Urlatu Mare	353,46	15,72	0,16	4,92	0,11	106458,41	3,27	4,10
p. Urlatu Mic	97,61	17,53	0,14	5,91	0,04	106458,41	1,08	3,51
p. Vaida Mare	228,51	11,33	0,22	6,53	0,09	106458,41	2,80	3,99
p. Vidaș	95,79	2,70	0,93	6,45	0,04	106458,41	1,16	3,64
p. Zănoaga	142,73	16,10	0,16	6,56	0,06	106458,41	1,76	3,71
p. Zimbru	246,50	5,16	0,48	5,42	0,08	106458,41	2,51	3,95
T1	8,72	22,08	0,11	2,44	0,00	106458,41	0,04	3,19

Bazinul		Distanța bazin-lac D_{bh} (km)	Expunerea (E)	Vulnerabilitatea (V)		Amplourea pagubei potențiale (P)			R_{LAC}^{REC}
Denumirea	Suprafața			K_{ERO}	V	Valoarea maximă posibilă a pagubei (A_{REC})	P		
T10	22,65	18,08	0,14	1,77	0,00	106458,41	0,08	3,21	
T11	14,62	18,14	0,14	1,41	0,00	106458,41	0,04	3,20	
T12	32,00	17,83	0,14	1,75	0,00	106458,41	0,11	3,22	
T13	46,23	17,34	0,14	1,74	0,01	106458,41	0,15	3,23	
T14	15,38	16,67	0,15	4,48	0,00	106458,41	0,13	3,23	
T15	65,18	15,32	0,16	2,51	0,01	106458,41	0,31	3,28	
T16	40,04	15,00	0,17	1,79	0,00	106458,41	0,13	3,23	
T17	13,48	12,90	0,19	1,39	0,00	106458,41	0,04	3,20	
T18	33,53	13,76	0,18	2,72	0,01	106458,41	0,17	3,25	
T19	25,52	14,27	0,18	2,67	0,00	106458,41	0,13	3,23	
T2	6,13	21,53	0,12	2,53	0,00	106458,41	0,03	3,19	
T20	71,51	15,79	0,16	7,62	0,03	106458,41	1,02	3,50	
T21	38,07	11,77	0,21	1,38	0,00	106458,41	0,10	3,23	
T22	134,70	16,17	0,15	11,60	0,10	106458,41	2,94	4,02	
T23	66,89	8,31	0,30	2,35	0,01	106458,41	0,30	3,30	
T24	57,86	14,14	0,18	3,69	0,01	106458,41	0,40	3,32	
T25	41,49	14,65	0,17	5,52	0,01	106458,41	0,43	3,32	
T26	34,24	9,76	0,26	1,67	0,00	106458,41	0,11	3,24	
T27	23,02	9,29	0,27	1,73	0,00	106458,41	0,07	3,23	
T28	32,25	9,99	0,25	1,55	0,00	106458,41	0,09	3,23	
T29	206,12	7,11	0,35	4,52	0,06	106458,41	1,75	3,73	
T3	23,14	21,47	0,12	3,32	0,00	106458,41	0,14	3,23	
T30	37,38	6,77	0,37	12,43	0,03	106458,41	0,87	3,48	

Bazinul		Distanța bazin-lac D_{bh} (km)	Expunerea (E)	Vulnerabilitatea (V)		Amplarea pagubei potențiale (P)			R_{LAC}^{REC}
Denumirea	Suprafața			K_{ERO}	V	Valoarea maximă posibilă a pagubei (A_{REC})	P		
T31	34,92	6,54	0,38	13,36	0,03	106458,41	0,88	3,49	
T32	23,75	7,88	0,32	4,06	0,01	106458,41	0,18	3,27	
T33	17,97	7,45	0,34	2,23	0,00	106458,41	0,08	3,24	
T34	38,29	4,05	0,62	9,77	0,02	106458,41	0,70	3,47	
T35	94,48	5,39	0,46	9,35	0,06	106458,41	1,66	3,72	
T36	31,34	4,81	0,52	14,45	0,03	106458,41	0,85	3,50	
T37	76,49	3,95	0,63	12,60	0,06	106458,41	1,81	3,78	
T38	52,71	4,21	0,59	11,35	0,04	106458,41	1,12	3,59	
T39	7,40	2,70	0,93	11,32	0,01	106458,41	0,16	3,35	
T4	13,06	20,77	0,12	4,73	0,00	106458,41	0,12	3,22	
T40	51,84	2,30	1,09	9,25	0,03	106458,41	0,90	3,59	
T41	18,05	1,46	1,71	13,06	0,01	106458,41	0,44	3,55	
T42	12,94	1,16	2,16	13,17	0,01	106458,41	0,32	3,58	
T44	9,67	2,73	0,92	9,73	0,01	106458,41	0,18	3,36	
T45	29,08	0,12	20,83	15,40	0,03	106458,41	0,84	5,70	
T46	135,70	1,78	1,40	11,67	0,10	106458,41	2,98	4,18	
T5	109,90	20,92	0,12	10,15	0,07	106458,41	2,10	3,79	
T6	17,53	19,28	0,13	2,09	0,00	106458,41	0,07	3,20	
T7	12,07	20,51	0,12	2,12	0,00	106458,41	0,05	3,20	
T8	13,30	20,87	0,12	2,23	0,00	106458,41	0,06	3,20	
T9	38,66	19,55	0,13	1,87	0,00	106458,41	0,14	3,23	
v. Adâncă de Jos	367,46	0,12	20,83	8,11	0,19	106458,41	5,60	6,50	
v. Capra de Sus	34,97	22,15	0,11	2,24	0,00	106458,41	0,15	3,23	

Bazinul		Distanța bazin-lac D_{bh} (km)	Expunerea (E)	Vulnerabilitatea (V)		Amplourea pagubei potențiale (P)			R_{LAC}^{REC}
Denumirea	Suprafața			K_{ERO}	V	Valoarea maximă posibilă a pagubei (A_{REC})	P		
v. Capra Mare	334,90	22,08	0,11	19,85	0,42	106458,41	12,49	5,96	
v. Capra Mica	246,35	21,07	0,12	16,38	0,25	106458,41	7,58	5,05	
v. Ciorica	170,71	20,04	0,12	2,58	0,03	106458,41	0,83	3,44	
v. Dracului	367,83	4,17	0,60	3,46	0,08	106458,41	2,39	3,93	
v. Rece de Sus - Cracu de Jos	122,66	10,27	0,24	7,16	0,05	106458,41	1,65	3,69	
v. Rece de Sus - Cracu de Sus	345,98	10,28	0,24	11,24	0,24	106458,41	7,31	5,01	
v. Roșca	368,33	14,28	0,18	1,69	0,04	106458,41	1,17	3,54	
v. Tare	206,96	4,14	0,60	6,69	0,09	106458,41	2,60	3,99	
v. Tesla Superioara	505,10	10,26	0,24	2,04	0,06	106458,41	1,94	3,77	
v. Tigăi - Cracu Drept	268,19	10,01	0,25	5,07	0,08	106458,41	2,55	3,93	
v. Tigăi - Cracu Stâng	230,50	9,98	0,25	3,97	0,06	106458,41	1,72	3,71	

Anexa 4: Indicele de risc la viituri torențiale (R)

Nr. crt.	Bazinul	Indicele de risc provocat de:										Indice de risc la viituri torențiale (R)	
		Gradul de torențialitate		Caracteristicile receptorului									Total
		R_{GT}	R_{REC}^{LAC}	Drumuri				Total drumuri	R_{REC}				
				R_{REC}^{DN}	R_{REC}^{DJ}	R_{REC}^{DF}						$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}}$	
1	D10	4,76	3,27							0,00	3,27	3,95	
2	D12	5,64	3,22		8,19					8,19	11,41	8,02	
3	D13	5,39	3,44		6,94	2,75				9,69	13,13	8,42	
4	D14	5,85	3,26		8,50					8,50	11,76	8,30	
5	D15	5,67	3,78			6,21				6,21	9,99	7,53	
6	D16	5,06	3,25							0,00	3,25	4,05	
7	D17	5,08	3,26							0,00	3,26	4,07	
8	D18	5,16	3,24							0,00	3,24	4,09	
9	D19	6,64	3,57							0,00	3,57	4,87	
10	D2	5,08	3,25							0,00	3,25	4,06	
11	D20	5,74	3,28							0,00	3,28	4,34	
12	D21	6,37	3,40		1,50					1,50	4,90	5,59	
13	D22	6,06	3,34							0,00	3,34	4,50	
14	D23	5,56	3,38			4,68				4,68	8,06	6,69	
15	D24	5,97	3,35							0,00	3,35	4,47	
16	D25	6,22	3,41		1,85					1,85	5,26	5,72	
17	D26	5,94	3,48							0,00	3,48	4,54	
18	D27	6,37	3,54							0,00	3,54	4,75	
19	D28	5,54	3,30							0,00	3,30	4,28	
20	D29	5,33	3,31							0,00	3,31	4,20	

Nr. crt.	Bazinul	Indicele de risc provocat de:										Indice de risc la viituri torențiale (R)
		Gradul de torențialitate	Caracteristicile receptorului					Total				
			Drumuri									
		R_{GT}	R_{REC}^{LAC}	R_{REC}^{DN}	R_{REC}^{DJ}	R_{REC}^{DF}	Total drumuri	R_{REC}	$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}}$			
21	D3	5,01	3,24		4,71		4,71	7,95	6,31			
22	D30	5,46	3,40	1,69			1,69	5,09	5,27			
23	D31	5,87	5,77	1,69			1,69	7,46	6,62			
24	D32	5,80	6,22	1,68			1,68	7,90	6,77			
25	D4	5,01	3,23				0,00	3,23	4,02			
26	D5	4,57	3,22		1,48		1,48	4,70	4,64			
27	D6	5,38	3,22		4,34		4,34	7,56	6,38			
28	D7	5,31	3,25		8,06		8,06	11,31	7,75			
29	D8	5,79	3,24		5,13		5,13	8,37	6,96			
30	D9	5,01	3,21	7,92			7,92	11,13	7,47			
31	izv. Tărlungului Mic	5,40	3,83				0,00	3,83	4,55			
32	izv. Doftanei	5,91	4,52		1,42	5,60	7,03	11,55	8,27			
33	izv. Tărlungul Stâng	6,18	3,71				0,00	3,71	4,79			
34	p. Abrupt	6,28	3,98			10,10	10,10	14,08	9,40			
35	p. Adânc de Sus	5,95	4,68		5,28	6,54	11,83	16,51	9,91			
36	p. Alb	4,73	3,28			7,52	7,52	10,80	7,15			
37	p. Baci	6,27	3,42				0,00	3,42	4,63			
38	p. Baer	6,62	7,13			5,53	5,53	12,66	9,16			
39	p. Bălan	5,93	3,40				0,00	3,40	4,49			
40	p. Calul	6,79	5,87			5,73	5,73	11,60	8,88			
41	p. Chișag	2,96	3,23				0,00	3,23	3,09			
42	p. Cielon	4,87	3,25				0,00	3,25	3,98			

Nr. crt.	Bazinul	Indicele de risc provocat de:										Indice de risc la viituri torențiale (R)
		Gradul de torențialitate		Caracteristicile receptorului						Total		
		R_{GT}	R_{REC}^{LAC}	Drumuri			R_{REC}^{DF}	Total drumuri	R_{REC}	$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}}$		
43	p. Coliba de Sus	5,74	3,32					0,00		3,32	4,37	
44	p. Cracu Drept	5,06	3,45			1,42		1,42		4,87	4,96	
45	p. de sub Stânci	5,73	3,64					0,00		3,64	4,57	
46	p. Drept	5,79	3,42					0,00		3,42	4,45	
47	p. Drept de Jos	5,77	3,39					0,00		3,39	4,42	
48	p. Farfurii	6,09	3,91					0,00		3,91	4,88	
49	p. Ferenc	5,64	3,84			5,81		5,81		9,65	7,38	
50	p. Fierăstrău de Jos	5,22	3,33					0,00		3,33	4,17	
51	p. Gabor	5,37	3,40					9,05		12,45	8,17	
52	p. Gogoșilor	5,57	3,49			5,83		5,83		9,32	7,20	
53	p. Îngust de Sus	5,30	3,34	5,51				5,51		8,85	6,85	
54	p. Întunecos de Jos	3,53	3,23					0,00		3,23	3,38	
55	p. Întunecos de Mijloc	4,75	3,30					1,87		5,17	4,95	
56	p. Jidanului	6,33	4,34					0,00		4,34	5,24	
57	p. lui Gavrilă	4,97	3,24					0,00		3,24	4,01	
58	p. lui Ion	5,67	3,36	11,84				11,84		15,20	9,28	
59	p. lui Sas Ianoși	6,11	3,58	6,48				6,48	7,24	17,30	10,28	
60	p. Măreșanu	5,84	4,76			5,58		5,58		10,34	7,77	
61	p. Mare	4,79	3,32			8,68		8,68		12,00	7,58	
62	p. Mic	5,57	3,22			4,23		4,23		7,45	6,44	
63	p. Molidu de Jos	5,22	3,25					0,00		3,25	4,12	
64	p. Nanului	5,52	3,65					1,78		5,43	5,48	

Nr. crt.	Bazinul	Indicele de risc provocat de:										Indice de risc la viituri torențiale (R)
		Gradul de torențialitate		Caracteristicile receptorului						Total		
		R_{GT}	R_{REC}^{LAC}	Drumuri			Total drumuri	R_{REC}	R			
		R_{REC}^{DN}	R_{REC}^{DJ}	R_{REC}^{DF}						$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}}$		
65	p. Paltin	6,41	5,24							0,00	5,24	5,80
66	p. Piatra	4,76	3,25							0,00	3,25	3,94
67	p. Podu	5,81	3,45			2,42				2,42	5,87	5,84
68	p. Poiana Teslei	5,11	3,29			6,83				6,83	10,12	7,19
69	p. Seurt	5,65	3,23			9,15				9,15	12,38	8,36
70	p. Sec de Sus	5,21	3,33	4,26						4,26	7,59	6,29
71	p. Senisvar	6,47	3,91							0,00	3,91	5,03
72	p. Stanei	5,72	3,32			4,02				4,02	7,34	6,48
73	p. Stang	5,81	3,49							0,00	3,49	4,50
74	p. Stăniș Doftana	5,90	3,50							0,00	3,50	4,54
75	p. Stăniș Târlung	5,32	3,42	3,45						3,45	6,87	6,05
76	p. Tare Doftana	5,99	3,47		4,10					4,10	7,57	6,74
77	p. Tare Târlung	5,27	3,28	4,81						4,81	8,09	6,53
78	p. Trecătorii	4,21	3,26	1,64						1,64	4,90	4,54
79	p. Urlatu Mare	5,36	4,10			2,99				2,99	7,09	6,17
80	p. Urlatu Mic	6,02	3,51							0,00	3,51	4,60
81	p. Vaida Mare	5,80	3,99			4,16					3,99	4,81
82	p. Vidas	5,88	3,64							0,00	3,64	4,63
83	p. Zănoaga	6,07	3,71	1,77						6,02	11,50	8,36
84	p. Zimbru	5,50	3,95			2,81				2,81	6,76	6,09
85	T1	5,60	3,19							0,00	3,19	4,23
86	T10	2,53	3,21			2,17				2,17	5,38	3,69

Nr. crt.	Bazinul	Indicele de risc provocat de:										Indice de risc la viituri torențiale (R)
		Gradul de torențialitate		Caracteristicile receptorului						Total		
		R_{GT}	R_{REC}^{LAC}	Drumuri			Total drumuri	R_{REC}	R			
		R_{REC}^{DN}	R_{REC}^{DJ}	R_{REC}^{DF}							$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}}$	
87	T11	2,82	3,20							0,00	3,20	3,00
88	T12	3,65	3,22							0,00	3,22	3,43
89	T13	2,25	3,23					6,71		6,71	9,94	4,73
90	T14	5,46	3,23	1,64						1,64	4,87	5,16
91	T15	5,18	3,28							0,00	3,28	4,12
92	T16	4,49	3,23							0,00	3,23	3,81
93	T17	3,03	3,20	2,12						2,12	5,32	4,02
94	T18	4,90	3,25							0,00	3,25	3,99
95	T19	4,87	3,23							0,00	3,23	3,97
96	T2	5,82	3,19							0,00	3,19	4,31
97	T20	6,11	3,50							0,00	3,50	4,63
98	T21	4,41	3,23					1,67		1,67	4,90	4,65
99	T22	6,35	4,02							0,00	4,02	5,05
100	T23	5,01	3,30					4,32		4,32	7,62	6,18
101	T24	5,45	3,32					5,49		5,49	8,81	6,93
102	T25	5,74	3,32					7,02		7,02	10,34	7,71
103	T26	4,91	3,24							0,00	3,24	3,99
104	T27	4,93	3,23							0,00	3,23	3,99
105	T28	5,60	3,23							0,00	3,23	4,25
106	T29	5,38	3,73					1,50		1,50	5,23	5,31
107	T3	5,69	3,23					8,33		8,33	11,56	8,11
108	T30	6,26	3,48							0,00	3,48	4,67

Nr. crt.	Bazinul	Indicele de risc provocat de:										Indice de risc la viituri torențiale (R)
		Gradul de torențialitate		Caracteristicile receptorului						Total		
		R_{GT}	R_{REC}^{LAC}	Drumuri			Total drumuri	R_{REC}	R			
		R_{REC}^{DN}	R_{REC}^{DJ}	R_{REC}^{DF}						$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}}$		
109	T31	6,37	3,49							0,00	3,49	4,71
110	T32	4,90	3,27	4,16						4,16	7,43	6,03
111	T33	5,18	3,24	4,35						4,35	7,59	6,27
112	T34	6,17	3,47							0,00	3,47	4,63
113	T35	6,34	3,72	5,06						5,06	8,78	7,46
114	T36	6,87	3,50	3,74						3,74	7,24	7,05
115	T37	6,72	3,78	4,76						4,76	8,54	7,58
116	T38	6,66	3,59							0,00	3,59	4,89
117	T39	6,35	3,35							0,00	3,35	4,61
118	T4	6,18	3,22					4,86		4,86	8,08	7,07
119	T40	6,33	3,59							0,00	3,59	4,77
120	T41	6,19	3,55							0,00	3,55	4,69
121	T42	6,23	3,58							0,00	3,58	4,72
122	T44	6,25	3,36					6,12		6,12	9,48	7,70
123	T45	6,55	5,70					1,43		1,43	7,13	6,84
124	T46	6,37	4,18					10,76		10,76	14,94	9,75
125	T5	5,88	3,79							0,00	3,79	4,72
126	T6	4,59	3,20							0,00	3,20	3,84
127	T7	1,82	3,20							0,00	3,20	2,41
128	T8	4,77	3,20					7,26		7,26	10,46	7,06
129	T9	5,38	3,23							0,00	3,23	4,16
130	v. Adâncea de Jos	5,87	6,50					5,55		5,55	12,05	8,41

Nr. crt.	Bazinul	Indicele de risc provocat de:										Indice de risc la viituri torențiale (R)	
		Gradul de torențialitate		Caracteristicile receptorului									Total
		R_{GT}	R_{REC}^{LAC}	Drumuri				Total drumuri	R_{REC}				
		R_{REC}^{DN}	R_{REC}^{DJ}	R_{REC}^{DF}									
131	v. Capra de Sus	5,59	3,23							0,00	3,23	$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}}$ 4,25	
132	v. Capra Mare	7,01	5,96							0,00	5,96	6,46	
133	v. Capra Mica	6,67	5,05			8,79				8,79	13,84	9,61	
134	v. Ciorica	6,03	3,44			3,38				3,38	6,82	6,41	
135	v. Dracului	4,60	3,93			5,31				5,31	9,24	6,52	
136	Cracu de Jos	5,72	3,69			6,74				6,74	10,43	7,72	
137	Cracu de Sus	6,34	5,01			7,56				7,56	12,57	8,92	
138	v. Roșca	5,29	3,54			8,94				8,94	12,48	8,12	
139	v. Tare	5,97	3,99		1,56					1,56	5,55	5,75	
140	v. Tesla Supertioara	5,25	3,77		5,01					5,01	8,78	6,79	
141	v. Tigăi - Craeu Drept	5,80	3,93		4,02					4,02	7,95	6,79	
142	v. Tigăi - Craeu Stâng	5,70	3,71		1,42					1,42	5,13	5,41	

Anexa 5: Valorile parametrilor considerați în modelarea statistico-matematică a indicelui de stare mediu pe bazin

Formațiune torențială	Parametrii morfometrici ai bazinului										Parametrii referitori la pădurile din cuprinsul bazinului							Parametrii hidrologici sintetici ai fosiștelor din cuprinsul bazinului	
	Indicele de stare (mediu)		Vârsta medie a lucrărilor	Suprafața	Coefficientul de formă (Gravellus)	Lungimea rețelei hidrografice	Panta medie a versanților	Densitatea rețelei hidrografice	Ordinul hidrografic	Procentul împădurire	Proportia arborilor în conservare	Proportia arborilor articiale	Proportia arborilor echiene	Clasa de producție medie	Proportia de rășinoase	Potențialul de retenție mediu pe bazin	Indicele de eroziune mediu pe bazin		
	Y_s	-	T	S	G	L_r	I_v	D_r	O	P	C	A	E	C_p	R	Z	q_v		
Numărul de lucrări																			
Pr. Șipot	36	60,9	35,4	1127,1	1,40	52797	42,3	4,68	4	27,7	24,5	29,6	14,9	3,5	6,3	3,5	8,0		
Rav. km 28+130	6	96,3	11,0	12,7	1,35	803	32,8	6,32	2	6,7	0,0	0,0	100,0	5,0	0,0	3,1	9,7		
Rav. km 27+200	2	100,0	11,0	23,4	1,81	1343	35,7	5,74	2	7,0	0,0	0,0	100,0	5,0	0,0	3,1	9,7		
Rav. km 27+150	1	100,0	11,0	29,3	1,62	1008	44,9	3,44	2	18,8	0,0	0,0	100,0	5,0	0,0	3,2	9,2		
Rav. km 23+600	1	0,0	33,0	34,2	1,30	1879	33,8	5,49	2	13,2	100,0	40,0	0,0	4,0	12,0	3,1	9,4		
Pr. Tămașului	4	56,0	101,0	25,1	1,41	1419	40,6	5,65	2	6,2	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,2	9,4		
Afl. Tămașului	1	80,5	101,0	0,5	1,20	84	50,2	16,80	1	78,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	5,0	2,7		
Ravena km 22	1	52,2	101,0	6,2	1,36	630	42,3	10,16	2	3,2	66,7	43,3	76,7	3,5	43,3	3,1	9,7		
Ravena km 20	2	40,3	101,0	0,4	1,34	109	40,5	27,25	1	77,5	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	4,9	2,7		
Ravena I	1	100,0	18,0	40,4	1,33	2496	50,5	6,18	3	41,7	25,8	53,0	100,0	3,8	0,0	3,3	7,7		
Crișul Negru – ob.	22	85,7	5,0	1457,7	1,17	26227	54,4	1,80	4	74,0	16,8	52,8	60,9	3,3	51,4	4,3	4,2		

Formațiune torencială	Numărul de lucrări	Parametrii morfometrici ai bazinului										Parametrii referitori la pădurile din cuprinsul bazinului						Parametrii hidrologici sintetici ai fosiștelor din cuprinsul bazinului	
		Indicele de stare (mediu)	Vârsta medie a lucrărilor	Suprafața	Coefficientul de forma (Gravellus)	Lungimea rețelei hidrografice	Panta medie a versanților	Densitatea rețelei hidrografice	Ordinul hidrografic	Procentul împădurire	Proportia arborelor în conservare	Proportia arborelor articale	Proportia arborelor echlene	Clasa de producție	Proportia de rășinoase	Potențialul de retenție mediu pe bazin	Indicele de eroziune mediu pe bazin		
		Y_x	T ani	S ha	G	L_r m	I_v %	D_r km ² ·km ⁻²	O	P	C	A	E	C_p	R	Z	q_v m ³ ·an ⁻¹ ·ha ⁻¹		
Ravena 4u.a. 75	2	100,0	5,0	1,6	1,78	225	72,0	14,06	1	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	3,0	50,0	5,5	0,6	
Rav. am. b. 188	1	89,6	5,0	2,2	1,71	326	64,8	14,82	1	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	3,0	50,0	5,5	0,6	
Ravena boma 188	2	100,0	5,0	85,7	1,43	2693	47,8	3,14	2	89,6	1,4	79,9	1,4	84,8	3,0	62,2	4,7	2,1	
Pr. Marginii	2	33,9	5,0	387,8	1,30	10506	50,1	2,71	3	74,4	28,5	12,7	34,9	3,5	25,6	4,2	4,7		
Rav. av. Marginii	2	100,0	5,0	6,6	1,32	339	69,6	5,14	1	83,3	100,0	0,0	100,0	4,0	0,0	3,8	6,3		
Ravena 8	2	100,0	5,0	10,8	1,29	1054	70,6	9,76	2	97,0	100,0	0,0	100,0	4,0	0,0	4,0	5,6		
Pr. Blăjei	1	100,0	5,0	28,7	1,58	2545	42,0	8,87	2	20,6	89,9	0,0	10,1	4,0	0,0	3,2	9,0		
Pr. Vâlcelelor	2	100,0	5,0	40,6	1,33	1769	54,6	4,36	2	64,0	0,0	0,0	100,0	3,0	2,7	4,5	4,1		
Ravena 1 (Săliște)	3	100,0	41,0	8,5	1,35	323	29,4	3,80	1	100,0	10,6	10,6	80,7	3,1	6,4	5,3	1,2		
Ravena 2 (Săliște)	2	100,0	41,0	0,4	1,78	128	54,3	32,00	1	100,0	100,0	0,0	0,0	4,0	60,0	4,0	5,5		
Ravena 3 (Săliște)	2	100,0	41,0	0,4	1,34	77	71,5	19,25	1	100,0	100,0	0,0	0,0	4,0	60,0	4,0	5,5		
Ravena 4 (Săliște)	1	100,0	41,0	10,8	1,46	559	22,5	5,18	1	99,7	7,4	7,4	35,7	3,1	4,4	5,1	1,8		
Ravena 5 (Săliște)	4	100,0	41,0	0,2	1,26	84	51,3	42,00	1	55,0	100,0	0,0	0,0	5,0	40,0	3,6	7,5		
Ravena 6 (Săliște)	6	100,0	41,0	0,2	1,89	100	56,3	50,00	1	75,0	100,0	0,0	0,0	5,0	40,0	3,8	6,6		

Formațiune torentială	Parametrii morfometrici ai bazinului										Parametrii referitori la pădurile din cuprinsul bazinului						Parametrii hidrologici sintetici ai fosiștelor din cuprinsul bazinului	
	Indicele de sare (mediu)	Vârsta medie a lucrărilor	Suprafața	Coeficientul de forma (Gravellus)	Lungimea rețelei	Panta medie a versanților	Densitatea rețelei hidrografice	Ordinul hidrografic	P	C	A	E	C _p	R	Z	q _v		
																	Y _s	T
Ravena 7 (Săliște)	4	100,0	0,6	1,46	130	44,6	21,67	1	67,0	100,0	0,0	0,0	5,0	40,0	3,7	7,0		
Ravena 8 (Săliște)	3	100,0	0,9	1,49	197	46,6	21,89	1	70,7	100,0	0,0	0,0	5,0	40,0	3,7	6,8		
Ravena 9 (Săliște)	4	100,0	0,7	1,69	153	26,6	21,86	1	28,0	100,0	0,0	0,0	5,0	40,0	3,3	8,7		
V. Crăiasa	52	92,3	11,1	1,44	32630	52,0	2,89	4	67,6	18,5	19,8	47,5	3,5	32,8	3,7	5,3		
Ravena ua 25	1	100,0	4,0	1,23	245	50,0	3,22	1	82,5	0,0	0,0	100,0	3,0	18,7	4,3	2,9		
V. Sibîșoara	3	100,0	3,0	1,36	10165	54,1	2,57	4	93,6	20,4	23,5	42,2	3,5	50,5	3,7	3,7		
Pr. Pietrele Roșii	2	100,0	3,0	1,31	3774	45,4	2,51	2	68,7	0,0	13,7	24,9	3,4	12,5	4,0	5,3		
V. Aleșdului	8	94,2	35,3	1,51	2362	39,3	3,18	3	100,0	32,0	29,1	71,2	3,4	16,6	5,0	1,9		
V. Bociu	62	82,1	31,0	1,10	14916	32,6	3,74	4	20,6	92,8	20,9	71,9	3,0	34,9	3,4	8,2		
Afl. Bociu	3	100,0	31,0	1,50	929	29,0	3,59	2	0,0	-	-	-	-	-	3,0	10,0		
Pr. Toderichii	40	85,9	31,0	1,58	1840	54,5	6,39	2	12,5	0,0	0,0	100,0	3,0	100,0	3,2	8,9		
Pr. Mihăilă	15	90,1	31,0	1,57	2161	21,1	4,87	3	13,1	0,0	0,0	100,0	3,0	100,0	3,2	8,9		
V. Iadului ob.	4	88,4	24,0	1,30	3229	22,0	1,77	2	97,5	19,0	39,0	58,7	2,8	68,3	4,8	2,3		
Pr. Galbenu	7	70,9	24,0	1,45	3872	32,0	1,97	2	96,1	31,4	47,3	57,6	3,1	84,0	4,5	2,8		

Formațiune torentială	Parametrii morfometrici ai bazinului										Parametrii referitori la pădurile din cuprinsul bazinului						Parametrii hidrologici sintetici ai fosiștelor din cuprinsul bazinului	
	Indicele de sare (mediu)	Vârsta medie a lucrărilor	Suprafața	Coeficientul de forma (Gravellus)	Lungimea rețelei hidrografice	Panta medie a versanților	Densitatea rețelei hidrografice	Ordinul hidrografic	Procentul împădurire în conservare	Proportia arborelor articlate	Proportia arborelor echiene	Clasa de producție	Proportia de rășinoase	Potențialul de retenție mediu pe bazin	Indicele de eroziune mediu pe bazin			
																Y _s	T	S
Numărul de lucrări	ani	ha	-	m	%	km ²	-	%	%	%	%	%	%	mm	m ³ an ⁻¹ ha ⁻¹			
Pr. Păstrăvănci	5	24,0	119,4	1,29	2322	28,8	1,94	2	97,6	27,5	13,9	25,2	2,9	42,3	4,9	2,0		
V. Bisericii	17	36,1	1366,4	1,25	44670	52,5	3,27	4	77,0	12,4	7,5	68,9	3,0	37,7	4,5	3,9		
Pr. Pimului	12	36,0	467,1	1,20	14832	54,4	3,18	3	73,3	18,9	16,1	71,2	3,0	62,4	4,2	4,6		
Pr. Lungșor	18	35,4	513,4	1,23	13275	45,0	2,59	3	91,5	2,1	2,8	42,1	2,9	29,1	5,1	1,9		
Ravena I	3	35,0	4,1	1,53	392	39,2	9,56	1	98,3	0,0	0,0	100,0	3,0	0,0	5,5	0,8		
Ravena II	3	35,0	16,8	1,38	630	41,8	3,75	1	75,9	0,0	0,0	100,0	3,0	0,0	4,9	2,9		
Ravena III	3	35,0	18,4	1,18	374	34,9	2,03	1	73,5	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	4,8	3,1		
V. Răchiți	55	25,3	1761,8	1,70	61283	36,8	3,48	4	60,5	2,4	15,6	48,0	3,2	11,2	4,3	4,9		
Pr. Pleșa	7	30,0	47,6	1,31	1198	30,8	2,52	2	49,3	11,0	11,0	100,0	3,0	5,5	4,2	5,4		
Pr. Mesa	12	30,0	166,1	1,36	6301	34,7	3,79	3	41,1	3,0	6,2	62,8	3,0	4,4	4,0	6,2		
Pr. Blițdaru	11	31,0	75,9	1,30	1627	37,6	2,14	2	53,7	2,4	13,4	33,2	3,0	4,6	4,2	5,1		
V. Marghița	18	21,2	980,8	1,26	33795	36,5	3,45	4	96,3	22,4	9,3	97,7	2,9	7,3	5,3	1,5		
V. Bârloage	1	22,0	92,4	1,29	2720	43,7	2,94	2	95,1	2,0	4,9	100,0	3,1	3,4	5,0	1,9		
Pr. Peștișel	2	21,0	227,3	1,48	8860	37,6	3,90	3	95,8	0,4	0,0	100,0	2,6	0,0	5,6	1,0		

„Lucrarea abordează numeroase aspecte originale și novatoare în domeniu, printre care aș enumera:

- utilizarea metodelor geo-informaticice de determinare a unui «indice de risc la viituri torențiale», care poate fi utilizat în eșalonarea intervențiilor cu lucrări de amenajare a albiilor în funcție de gradul de torențialitate al bazinului hidrografic;
- monitorizarea lucrărilor hidrotehnice de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, pe baza «indicelui de stare», stabilit pentru fiecare lucrare hidrotehnică din sistemul analizat;

Cartea înglobează, practic, cele mai relevante rezultate validate ale cercetărilor științifice recente în domeniu ale autorilor, întreprinse prin intermediul a numeroase proiecte de cercetare din ultimul deceniu.”

Prof. univ. dr. Sevastel MIRCEA
Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară Din București

„[...] lucrarea prezintă idei originale și propuneri, rezultate din bogata și fructuoasă activitate de inovare în domeniu a autorilor, precum și realizări de ultimă oră privind identificarea, dezvoltarea și implementarea în practică, prin regândirea unor normative tehnice viabile.[...]”

Prin conținutul problemelor abordate, lucrarea de față se poate constitui într-un util ghid de lucru pentru actualizarea, într-o concepție unitară, întregului set de acte normative care urmează să reglementeze activitatea de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale forestiere.”

Prof. univ. dr. ing. Marcel DÎRJA
Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj Napoca