



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea: SILVICULTURĂ ŞI EXPLOATĂRI FORESTIERE

Ing. Alin-Lucian MIHALACHE

EVOLUȚIA STĂRII

LUCRĂRILOR HIDROTEHNICE TRANSVERSALE

UTILIZATE ÎN AMENAJAREA ALBIILOR TORENȚIALE

EVOLUTION OF THE STATUS OF THE TRANSVERSAL

HYDROTECHNICAL STRUCTURES USED IN THE TORRENTIAL

HIDROGRAPHICAL NETWORK MANAGEMENT

REZUMAT / ABSTRACT

Conducător științific

Prof.dr.ing. Ioan CLINCIU

Membru titular al Academiei de Științe Agricole și Silvice

BRAȘOV, 2022

D-lui (D-nei)

COMPONENȚA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universității Transilvania din Brașov

Nr. 11937 din 15.07.2022

PREȘEDINTE:

Prof. dr. ing. Iosif VOROVENCII

Prodecan al Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere
Universitatea Transilvania din Brașov

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

Prof.dr. ing. Ioan CLINCIU

Universitatea Transilvania din Brașov

REFERENȚI:

Prof. dr. ing. Marcel DÎRJA

Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară
(USAMV) Cluj-Napoca

Prof. dr. ing. Sevastel MIRCEA

Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară
(USAMV) București

Prof. dr. ing. Mihai Daniel NIȚĂ

Universitatea Transilvania din Brașov

Data, ora și locul susținerii publice a tezei de doctorat: 29.09.2022, ora 11:00,
sala S I 2.

Eventualele aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării vor fi transmise
electronic, în timp util, pe adresa: alin.mihalache@unitbv.ro

Totodată, vă invităm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei de
doctorat.

Vă mulțumim.

CUPRINS

	Pg. teza	Pg. rezumat
CUVÂNT ÎNAINTE	-	9
MULȚUMIRI	-	11
1. CONSIDERAȚII INTRODUCATIVE	6	12
2. STADIUL CUNOȘTIINȚELOR	9	13
2.1. Cercetări desfășurate anterior introducerii "indicelui de stare al lucrărilor"	9	13
2.1.1. Deceniul 1971 – 1980	9	13
2.1.2. Deceniul 1981 – 1990	10	13
2.1.3. Deceniul 1990 - 2000	12	14
2.2. Cercetări desfășurate pentru cunoașterea aprofundată a evenimentelor comportamentale, premisa principală a introducerii "indicelui de stare al lucrărilor"	19	15
2.2.1. Rezultatele cercetărilor privind natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale	19	15
2.2.2. Rezultatele cercetărilor statistice asupra evenimentelor comportamentale	25	17
2.3. Cercetări finalizate prin metodologia de determinare, interpretare și valorificare a "indicelui de stare al lucrărilor"	28	18
2.3.1. Aspecte introductive	28	18
2.3.2. Determinarea, interpretarea și valorificarea indicelui de stare al lucrărilor	29	18
2.3.3. Modelarea statistico - matematică a indicelui de stare mediu	33	19
2.3.4. Cercetări pe aceeași temă, din străinătate	35	20
3. SCOPUL, OBIECTIVELE ȘI LOCALIZAREA CERCETĂRILOR	37	21
3.1. Scopul și obiectivele cercetărilor	37	21
3.2. Localizarea cercetărilor	37	22
4. METODA DE CERCETARE	40	22
5. REZULTATE ȘI DISCUȚII	47	24
5.1. Principalele caracteristici ale lucrărilor hidrotehnice transversale studiate	47	24
5.1.1. Tipuri de lucrări transversale identificate	47	24
5.1.2. Materiale de construcție utilizate	48	25
5.1.3. Înălțimea elevației	50	26
5.1.4. Deschiderea la partea superioară a lucrării	50	26
5.1.5. Deschiderea deversorului	50	26
5.1.6. Înălțimea deversorului	51	26
5.1.7. Lungimea radierului	51	27
5.1.8. Lățimea radierului	52	27
5.1.9. Tipul disipatorului	52	27
5.1.10. Vârsta lucrărilor	52	27
5.2. Evenimentele comportamentale în perioada dintre inventarieri	53	27
5.2.1. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale la prima inventariere	53	27
5.2.2. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale la a doua inventariere	56	28
5.2.3. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale între inventarieri	59	30
5.2.4. Impactul evenimentelor semnalate la prima inventariere asupra asocierii evenimentelor înregistrate în perioada dintre inventarieri	62	30
5.2.5. Intensitatea evenimentelor comportamentale în perioada dintre inventarieri	65	31
5.3. Starea lucrărilor în perioada dintre inventarieri	66	31

5.3.1. Starea lucrărilor la prima inventariere	66	31
5.3.2. Starea lucrărilor la a doua inventariere	70	33
5.3.3. Modificări survenite în starea lucrărilor în perioada dintre inventarieri	76	34
5.4. Evoluția stării lucrărilor în raport cu natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale	80	34
5.4.1. Starea lucrărilor indusă de avarii ale lucrării propriu – zise	80	35
5.4.1.1. Decastrarea lucrării propriu – zise	80	35
5.4.1.2. Afuierea lucrării propriu – zise	84	35
5.4.1.3. Fisurarea lucrării propriu – zise	88	36
5.4.1.4. Desprinderea în zona deversată	92	37
5.4.1.5. Desprinderea în zona nedeversată	96	39
5.4.1.6. Eroziunea lucrării propriu – zise	99	39
5.4.2. Starea lucrărilor indusă de avarii ale radierului	102	40
5.4.2.1. Desprinderea în radier	102	40
5.4.2.2. Afuierea radierului	104	41
5.4.2.3. Eroziunea radierului	107	41
5.4.3. Starea lucrărilor indusă de avarii ale zidurilor de conducere	110	42
5.4.3.1. Fisurarea zidurilor de conducere	110	42
5.4.3.2. Desprinderea în zidurile de conducere	111	42
5.4.3.3. Eroziunea zidurilor de conducere	113	43
5.4.4. Starea lucrărilor indusă de avarii ale pintenului terminal	115	43
5.4.4.1. Decastrarea pintenului terminal	115	43
5.4.4.2. Desprinderea în pintenul terminal	118	44
5.4.4.3. Eroziunea pintenului terminal	120	44
5.4.5. Starea lucrărilor indusă de disfuncționalități	122	45
5.4.5.1. Blocarea deversorului	122	45
5.4.5.2. Colmatarea radierului	124	45
5.4.5.3. Nerealizarea aterisamentului	126	46
5.4.5.4. Instalarea necontrolată a vegetației lemnoase	127	46
5.4.5.5. Reducerea secțiunii aval	128	47
5.5. Evoluția stării lucrărilor în raport cu unele caracteristici ale amplasamentului	128	47
5.5.1. Starea în raport cu poziția geografică a lucrărilor	128	47
5.5.2. Starea în raport cu deschiderea albiei la partea superioară a lucrării	132	48
5.6. Evoluția stării lucrărilor în raport cu unele caracteristici dimensionale ale acestora	134	49
5.6.1. Starea în raport cu înălțimea lucrării	134	49
5.6.2. Starea în raport cu deschiderea deversorului	135	49
5.6.3. Starea în raport cu înălțimea deversorului și înălțimea lucrării	136	49
5.7. Evoluția stării lucrărilor în raport cu alte caracteristici ale acestora	136	50
5.7.1. Starea în raport cu vârsta lucrărilor	136	50
5.7.2. Starea în raport cu natura materialelor de construcție	137	50
5.8. Evoluția stării lucrărilor în funcție de starea inițială a acestora	138	51
5.9. Rezultatele analizei statistice asupra gradientului indicelui de stare	140	52
5.9.1. Nivelul semnificației statistice a factorilor de influență	140	52
5.9.2. Distribuția de frecvență a gradientului indicelui de stare	147	54
5.9.3. Analiza componentelor principale (PCA)	152	56
5.10. Impactul unui eveniment torențial reflectat în gradientul indicelui de stare (Studiu de caz)	153	56

5.11. Gradientul indicelui de stare, instrument de prioritizare a intervențiilor de reabilitare a stării lucrărilor	166	60
6. SINTEZĂ ASUPRA REZULTATELOR OBTINUTE ȘI CONCLUZII, PE OBIECTIVE DE CERCETARE	170	62
6.1. Caracteristicile principale ale lucrărilor	170	62
6.2. Natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale	170	62
6.3. Modificările survenite în starea lucrărilor	171	62
6.4. Evoluția stării lucrărilor în relație cu principalii factori de influență	172	63
6.4.1. Gradientul indus de caracteristicile amplasamentului	172	63
6.4.2. Gradientul indus de principalele caracteristici ale lucrărilor	172	63
6.4.3. Gradientul indus de evenimentele comportamentale	173	63
6.4.3.1. Gradientul indus de avarii ale lucrării propriu-zise	173	63
6.4.3.2. Gradientul indus de avarii ale radierului	174	64
6.4.3.3. Gradientul indus de avarii ale zidurilor de conducere	175	64
6.4.3.4. Gradientul indus de avarii ale pintenului terminal	175	64
6.4.3.5. Gradientul indus de disfuncționalități	175	64
6.5. Simularea evenimentului torențial de pe Valea Tigăi	176	65
6.6. Gradientul indicelui de stare: fundamente și argumente pentru adoptarea sa ca indicator al evoluției stării lucrărilor hidrotehnice transversale și ca instrument de prioritizare a intervențiilor de reabilitare	176	65
7. CONCLUZII FINALE. RECOMANDĂRI PRACTICE ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE	179	66
7.1. Concluzii finale	179	66
7.2. Recomandări practice	180	67
7.3. Contribuții originale	181	68
8. DISEMINAREA REZULTATELOR ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	182	68
8.1. Diseminarea rezultatelor	182	68
8.2. Direcții viitoare de cercetare	183	69
Bibliografie selectivă	184	70
ANEXE	192	-
Anexa 1. Numărul de lucrări afectate de diverse avarii	192	-
Anexa 2. Numărul de lucrări cu noi avarii înregistrate la lucrările avariate din primul inventar	194	-
Anexa 3. Specificații asupra avariilor din perspectiva materialelor de construcții	196	-
Anexa 4. Număr de lucrări care s-au încadrat în alte categorii de stare între inventarieri	204	-
Anexa 5. Probabilități statistice ale gradientului în raport cu diferiți parametri	205	-
Anexa 6. Ajustarea distribuției experimentale după distribuția normală (Gauss)	207	-
Anexa 7. Valori proprii pentru analiza componentelor principale ale gradientului indicelui de stare, în cazul celor 12 componente cu semnificație statistică asupra gradientului	211	-
Anexa 8. Calcul privind mediile ponderate pe mari bazine hidrografice	212	-
Rezumat (RO/ENG)	214	74

CONTENT

	Pg. teza	Pg. rezumat
FOREWORD	-	9
ACKNOWLEDGEMENTS	-	11
1. INTRODUCTORY CONSIDERATIONS	6	12
2. STATE OF ART	9	13
2.1. Research conducted before the introduction of the "status of works"	9	13
2.1.1. The decade 1971 – 1980	9	13
2.1.2. The decade 1981 – 1990	10	13
2.1.3. The decade 1990 - 2000	12	14
2.2. Research for in-depth knowledge of behavioral events, the main premise of the introduction of the "works status index"	19	15
2.2.1. Research results on types, frequency, intensity and association of behavioral events	19	15
2.2.2. Results of statistical research on behavioral events	25	17
2.3. Research completed through the methodology of determining, interpreting and capitalizing on the "status index of works"	28	18
2.3.1. Introduction aspects	28	18
2.3.2. Determination, interpretation and capitalization of the status index of the structure	29	18
2.3.3. Statistical - mathematical modeling of the average state index	33	19
2.3.4. Research on the same topic, from abroad	35	20
3. RESEARCH AIM, OBJECTIVES AND STUDY AREA	37	21
3.1. Aim and objectives	37	21
3.2. Study area location	37	22
4. THE RESEARCH METHODOLOGY	40	22
5. RESULTS AND DISCUSSIONS	47	24
5.1. The main characteristics of the studied transversal hydrotechnical structure	47	24
5.1.1. Types of hydrotechnical structures identified	47	24
5.1.2. Building materials used	48	25
5.1.3. Elevation height	50	26
5.1.4. Opening at the top of the structure	50	26
5.1.5. Spillway opening	50	26
5.1.6. Spillway height	51	26
5.1.7. Apron length	51	27
5.1.8. Apron width	52	27
5.1.9. Energy dissipator type	52	27
5.1.10. Age of structures	52	27
5.2. Behavioral events between inventories	53	27
5.2.1. Type and frequency of behavioral events at the first inventory	53	27
5.2.2. Type and frequency of behavioral events at the second inventory	56	28
5.2.3. Type and frequency of behavioral events between inventories	59	30
5.2.4. The impact of the first inventory events and association among them in the period between inventories	62	30
5.2.5. Intensity of behavioral events between inventories	65	31

5.3. Structures status in the period between inventories	66	31
5.3.1. Structures status at the first inventory	66	31
5.3.2. Structures status at the second inventory	70	33
5.3.3. Changes in the structure condition rate in the period between inventories	76	34
5.4. Condition rate evolution in relation to type, frequency, intensity and association of behavioral events	80	34
5.4.1. The state of the structures induced by the body structure damages	80	35
5.4.1.1. Body structure unembedding	80	35
5.4.1.2. Body structure undermining	84	35
5.4.1.3. Body structure cracks	88	36
5.4.1.4. Detachment in the spilled area	92	37
5.4.1.5. Detachment in the non-spilled area	96	39
5.4.1.6. Body structure abrasion	99	39
5.4.2. The state of the structures induced by the apron damages	102	40
5.4.2.1. Apron ruptures	102	40
5.4.2.2. Apron undermining	104	41
5.4.2.3. Apron abrasion	107	41
5.4.3. The state of the structures induced by the guarding wall damages	110	42
5.4.3.1. Guarding wall cracks	110	42
5.4.3.2. Guarding wall ruptures	111	42
5.4.3.3. Guarding wall abrasion	113	43
5.4.4. The state of the structures induced by the terminal spur damages	115	43
5.4.4.1. Terminal spur unembedding	115	43
5.4.4.2. Terminal spur ruptures	118	44
5.4.4.3. Terminal spur abrasion	120	44
5.4.5. The state of the structures induced by dysfunctionalities	122	45
5.4.5.1. Overflow silting	122	45
5.4.5.2. Apron silting	124	45
5.4.5.3. Incomplete sedimentation	126	46
5.4.5.4. Vegetation installed uncontrolled	127	46
5.4.5.5. Downstream sections reduction	128	47
5.5. The state evolution in relation to some characteristics of the emplacement	128	47
5.5.1. The state in relation to the geographical location	128	47
5.5.2. The state in relation to the riverbed opening at the top of the structure	132	48
5.6. The state evolution in relation to some structure dimensional characteristics	134	49
5.6.1. The state in relation to the structure height	134	49
5.6.2. The state in relation to the spillway opening	135	49
5.6.3. The state in relation to spillway height and structure height	136	49
5.7. The state evolution in relation to other characteristics	136	50
5.7.1. The state in relation to structure age	136	50
5.7.2. The state in relation to construction materials	137	50
5.8. The evolution of the structure state according to their initial state	138	51
5.9. Results of the statistical analysis on the state index gradient	140	52
5.9.1. Level of statistical significance of influencing factors	140	52
5.9.2. Frequency distribution of the state index gradient	147	54
5.9.3. Principal Component Analysis (PCA)	152	56
5.10. Impact of a torrential event reflected in the status index gradient (Case study)	153	56

5.11. Status index gradient, a tool for prioritizing interventions to rehabilitate the state of the structures	166	60
6. SYNTHESIS OF THE OBTAINED RESULTS AND CONCLUSIONS ON RESEARCH OBJECTIVES	170	62
6.1. The main features of the structures	170	62
6.2. Type, frequency, intensity and association between comportamental events	170	62
6.3. Changes in the structures status	171	62
6.4. The evolution of the structure state in relation to main influencing factors	172	63
6.4.1. Status index gradient induced by location characteristics	172	63
6.4.2. Status index gradient induced by structure characteristics	172	63
6.4.3. Status index gradient induced by behavioral events	173	63
6.4.3.1. Status index gradient induced by body structure damages	173	63
6.4.3.2. Status index gradient induced by apron damages	174	64
6.4.3.3. Status index gradient induced by guardin wall damages	175	64
6.4.3.4. Status index gradient induced by terminal spur damages	175	64
6.4.3.5. Status index gradient induced by dysfunctionalities	175	64
6.5. Simulation of the torrential event on the Tigăi Valley	176	65
6.6. Status index gradient: foundation and arguments for its uses as an indicator of the evolution of the state of transversal hydrotechnical structure and as a tool for prioritizing rehabilitation interventions	176	65
7. FINAL CONCLUSIONS, PRACTICAL RECOMMENDATIONS AND ORIGINAL CONTRIBUTIONS	179	66
7.1. Final conclusions	179	66
7.2. Practical recommendations	180	67
7.3. Original contributions	181	68
8. DISSEMINATION RESULTS AND FUTURE EXTENSIONS	182	68
8.1. Dissemination results	182	68
8.2. Future extensions	183	69
REFERENCES	184	70
ANNEXES	192	-
Annex 1. Number of structures affected by various damages	192	-
Annex 2. Number of structures from the first inventory, with new damages	194	-
Annex 3. Damages specification by constructions materials perspective	196	-
Annex 4. Number of structures that were included in other status categories among the inventories	204	-
Annex 5. Statistical probabilities of the status index gradient in relation to different parameters	205	-
Annex 6. Adjustment of the experimental distribution round normal distribution (Gauss)	207	-
Annex 7. Eigenvalues for the analysis of the main components of the status index gradient, in the case of the 12 components with statistical significance on the gradient	211	-
Annex 8. Weighted averages calculation on large river basins	212	-
Sumary (RO/ENG)	214	74

CUVÂNT ÎNAINTE

Într-un anumit fel, teza de față marchează încheierea ciclului doctoral de cercetare referitor la comportarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, ea urmând după alte trei teze cu aceeași tematică pe care subsemnatul le-a coordonat de-a lungul timpului (autori: Florin Stelian Lupașcu -2008, Nicu Constantin Tudose – 2011, Șerban Octavian Davidescu – 2013).

Chiar de la lansare (anul 2018), tezei de față i-a fost fixată o țintă cât se poate de precisă: aceea de a continua și dezvolta cercetarea pe o nișă ce a fost deschisă cu cinci ani înainte de Șerban Davidescu, referitoare la exprimarea cantitativă a stării fizice a lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea albiilor torențiale.

M-a bucurat faptul că autorul și-a asumat atingerea acestei ținte, după ce ca student în ciclul de licență și-a întocmit proiectul de diplomă la disciplina de Corectare a torenților, iar ca student în ciclul de masterat și-a elaborat teza de disertație la disciplina Amenajarea complexă a bazinelor hidrografice cu o temă ce avea să fie, ulterior, preluată și dezvoltată în cadrul doctoratului. Am pornit însă pe acest drum numai după ce tânărul absolvent Alin Lucian Mihalache a fost integrat (instituțional) în componența unei echipe de cercetare de la Institutul Național de Cercetare, Dezvoltare în Silvicultură Marin Drăcea-Stațiunea Brașov, astfel că, în urma îndrumării de care a beneficiat din partea specialiștilor în domeniu și a numeroaselor deplasări pe teren în bazine hidrografice torențiale amenajate din diferite zone ale țării, viitorul autor al tezei s-a convins de necesitatea și oportunitatea aprofundării fenomenologiei comportamentale a lucrărilor utilizate în mod tradițional în amenajarea albiilor torențiale.

Deși pe acest important tărâm al cercetării științifice, s-au implicat de-a lungul timpului specialiști recunoscuți ai domeniului (Radu Gaspar, Stelian Munteanu, Alexandru Apostol, Constantin Traci, Emil Untaru, Nicolae Lazăr, Gheorghe Tomoioga, Vasile Oprea ș.a.), totuși, până în anul 1990, tematica de cercetare fost orientată cu precădere către tipologia constructivă și economicitatea lucrărilor de amenajare a albiilor torențiale și, mai puțin, asupra funcționalității și mentenanței acestora. Este meritul unor proiecte de cercetare lansate și realizate la început de mileniu (Clinciu 2001-2002, Clinciu 2008-2010, Clinciu et al., 2015; Davidescu, 2009-2013) de a fi reorientat registrul preocupărilor, îndreptând atenția către fenomenologia comportării lucrărilor, domeniu în care s-a implicat cu mult succes în ultimul deceniu și cercetarea doctorală. În urma contribuțiilor aduse pe această cale, analiza comportării lucrărilor de amenajare a albiilor torențiale a dobândit o structură tematică construită din perspectivă statistică, la scară bazinală și populațională, cercetările fiind focalizate către o nișă nouă, deja amintită mai înainte, aceea a cristalizării și dezvoltării fundamentelor științifice referitoare la vulnerabilitatea fizică a lucrărilor utilizate în amenajarea hidrotehnică a albiilor torențiale. Așa se face că, de la consemnarea în termeni pur descriptivi a consecințelor viiturilor torențiale și de la simpla vizualizare pe teren a stării fizice a lucrărilor utilizate în amenajarea albiilor torențiale, s-a ajuns astăzi la o exprimare de tip cantitativ, prin intermediul a două mărimi specifice:

(1) - Indicele de stare, care cuantifică starea lucrărilor la un moment dat (momentul unei inventarieri), prin estimarea efectului cumulat al tuturor evenimentelor comportamentale produse în perioada (anterioară) de funcționare a lucrărilor, și

(2) - Gradientul indicelui de stare, introdus și utilizat pentru prima dată în lucrarea de față, care cuantifică modificările survenite în starea lucrărilor într-un anumit interval de timp (intervalul dintre două inventarieri).

Așadar, a cunoaște vulnerabilitatea fizică a lucrărilor la un anumit moment este un act managerial necesar, nu însă și suficient! Pentru alcătuirea unui program de reabilitare a stării lucrărilor, decidentul trebuie să aibă (și) posibilitatea unor previziuni! Tocmai pe această premisă s-a construit și s-a desfășurat abordarea din cuprinsul tezei de față, autorul propunându-și o cercetare complementară celor anterioare, astfel încât să se asigure trecerea de la cuantificarea stării de moment a lucrărilor la cuantificarea evoluției stării lucrărilor într-o anumită perioadă.

Pentru dezvoltarea subiectului cu această temă, autorul a ales o populație de 285 de lucrări hidrotehnice transversale ce au fost anterior inventariate cu prilejul întocmirii bazei publice de date abht.ro, după care, procedând la reinventarierea acestora, a putut redetermina indicele de stare și a putut stabili gradientul indicelui de stare, pentru fiecare lucrare luată în parte.

În capitolul cel mai amplu al tezei, intitulat „Rezultate și discuții” (122 pagini = 66%), autorul evidențiază principalele caracteristici ale lucrărilor luate în studiu, analizează natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale la cele două inventarii și în intervalul dintre acestea, stabilește modificările survenite în starea lucrărilor în perioada dintre inventarii, pentru ca apoi să recurgă la un studiu aprofundat al relației dintre aceste modificări, pe de o parte, și principalii factori de influență, pe de altă parte. Sunt, de asemenea, stabilite dovezi cu acoperire statistică pentru unele din aceste influențe și sunt studiate (pentru prima dată) distribuția de frecvență a gradientului indicelui de stare, precum și aspectele desprinse din analiza componentelor principale (PCA). În partea finală a capitolului autorul prezintă, sub forma unui studiu de caz, rezultatul modelării evenimentului torențial produs pe Valea Tigăile (în anul 2018), impactul acestui eveniment asupra stării lucrărilor fiind reflectat (cantitativ) în valoarea gradientului indicelui de stare. Nu în ultimul rând, autorul aduce argumente și propune soluții alternative de intervenție în baza cărora această mărime specifică fenomenului studiat poate fi utilizată la prioritizarea pe urgențe a măsurilor necesare pentru reabilitarea stării lucrărilor.

În sfârșit, dacă este să ne referim la contribuțiile cu o notă pregnantă de originalitate, în afara celor enumerate de autor în cuprinsul lucrării, mai pot fi adăugate următoarele:

(1) - În primul rând, este meritoriu faptul că teza a reușit să atingă ținta metodologică ce i-a fost fixată: aceea de a continua, dezvolta și finaliza o suită de cercetări derulate anterior, în trei etape succesive, tot în cadrul școlii doctorale; s-a demonstrat astfel că cercetarea doctorală, prin posibilitatea conectării și interconectării tematicii tezelor de doctorat, poate reprezenta o sursă (și o resursă) importantă a progresului științific;

(2) - În al doilea rând, este de remarcat surplusul consistent adăugat de autorul tezei la cunoașterea științifică a fenomenologiei comportamentale, mai ales în privința modului de asociere a evenimentelor ce s-au produs în intervalul dintre inventarierea și reinventarierea lucrărilor.

(3) - În al treilea rând, grație infrastructurii de cercetare ce a fost creată pe Valea Tigăile și a datelor pluviometrice ce i-au fost puse la dispoziție, autorul reușește în premieră modelarea impactului unui eveniment torențial asupra evoluției stării fizice a lucrărilor hidrotehnice transversale, prin studierea influenței debitului și vitezei curentului asupra gradientului indicelui de stare.

(4) - Nu în ultimul rând, o contribuție de seamă rezidă în finalitatea practică a rezultatelor obținute, gradientul indicelui de stare (acest indicator propus, introdus și utilizat pentru prima dată în cadrul tezei) putând servi ca și criteriu de prioritizare pe urgențe a operațiunilor de reabilitare și de repunere în siguranță a lucrărilor care au avut de suferit în urma acțiunii distructive a evenimentelor torențiale sau a unor factori cu acțiune lentă dar îndelungată.

*

În sfârșit, considerăm că demersul științific al autorului tezei este întregit și de bilanțul diseminării rezultatelor: trei articole (din care unul ca prim autor) au fost publicate în reviste indexate ISI, iar altele patru (din care două ca prim autor și unul ca autor corespondent) au apărut în reviste indexate BDI. În plus, în intervalul elaborării tezei, autorul a participat cu comunicări la cinci conferințe științifice internaționale, la două dintre acestea având calitatea de prim autor.

MULȚUMIRI

Pe această cale doresc să mulțumesc anumitor persoane pentru susținerea, suportul moral și încurajările primite pe tot parcursul studiilor universitare de doctorat, persoane care au avut o contribuție însemnată și mi-au fost de un real ajutor în finalizarea demersului științific pe care l-am întreprins.

Pentru devotamentul, măiestria, perseverența, dedicarea și înțelegerea de care a dat dovadă, simt nevoia să aduc sincere mulțumiri domnului Prof.univ.dr.ing. Ioan CLINCIU, fără de care nu aș fi fost atât de interesat în a mă apropia de acest domeniu profesional. Vă mulțumesc că m-ați călăuzit pe tot parcursul debutului meu, începând cu proiectul de diplomă întocmit la finalul studiilor de licență la disciplina Corectarea Torenților și continuând cu teza de disertație din cadrul programului de masterat. Mai presus de toate țin să vă mulțumesc pentru că ați avut bunăvoința și ați acceptat să-mi fiți îndrumător pe perioada studiilor mele doctorale, interval în care m-ați convins că o temă de cercetare nu se poate finaliza decât prin muncă și dedicare, experiența și măiestria dvs. fiind regăsite în conținutul și forma de prezentare a tezei de doctorat.

Pe această cale, doresc să le mulțumesc și membrilor Comisiei de îndrumare: Prof.dr.ing. Mihai Daniel NIȚĂ, Dr.ing. Șerban Octavian DAVIDESCU, Dr.ing. Nicu Constantin TUDOSE, pentru îndrumarea, sprijinul permanent și implicarea continuă de care am beneficiat pe toată perioada stagiului la doctorat.

De asemenea, doresc să adresez respectuoase mulțumiri Domnului Prof.dr.ing. Iosif VOROVENCII, președintele comisiei de doctorat, precum și Domnilor: Prof.dr.ing. Marcel DÎRJA, Prof.dr.ing. Sevastel MIRCEA și Prof.dr.ing. Mihai Daniel NIȚĂ, pentru onoarea acordată prin acceptarea calității de referenți științifici oficiali.

Mulțumesc și colegilor din colectivul de Proiectare de Investiții din cadrul Institutului Național de Cercetare și Dezvoltare în Silvicultură "Marin Drăcea", stațiunea Brașov: Mirabela MARIN, Cezar UNGUREAN, Adriana DAVIDESCU, Dorin DAVID și Nicoleta MĂRȚOIU, atât pentru faptul că mi-au împărtășit cunoștințe din experiențele personale, cât și pentru încurajări, sprijin moral și educațional, toate acestea reflectându-se în dezvoltarea parcursului meu profesional.

Mulțumesc și familiei mele pentru educația primită și pentru tot sprijinul acordat în anii petrecuți la Universitatea Transilvania din Brașov, ca student și ca doctorand. Totodată, îi adresez mulțumiri și soției mele pentru minunatul copil pe care m-i l-a oferit, dar și pentru sprijinul moral și înțelegerea de care a dat dovadă pe perioada stagiului de doctorat. Mai mult decât atât, doresc să-mi exprim regretul față de nenumăratele perioade în care nu i-am putut acorda ajutorul necesar și nu i-am putut fi alături în perioadele dificile.

Respectuoase mulțumiri tuturor !

Brașov, 1 August 2022

Autorul

1 CONSIDERAȚII INTRODUCTIVE

Bazinele hidrografice torențiale, ca unități definite prin caracteristici morfologice, fitoedafice și hidrologice distincte, în urma unor precipitații abundente sau în urma topirii bruște a zăpezilor pot genera viituri torențiale de o mare amplitudine (Clinciu, 2000; Clinciu și Lazăr, 1997), atât din perspectiva debitului de vârf cât și a variației acestuia în timp (Kuhn și Yair, 2004; Kasanin-Grubin și Bryan, 2007; Haidu et al., 2017).

Pentru a reduce impactul generat de viiturile torențiale (Fig. 1.1, Fig. 1.2), în bazinele hidrografice se procedează la protecția solului prin lucrări specifice de împădurire (Clinciu și Gaspar, 2005; Munteanu, 1975; Snelder și Bryan, 1995) dar mai ales prin "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 S.A., 1975).



Fig. 1.1. Transport torențial debușat pe drumul forestier în urma blocării unui podeț de evacuare (Davidescu, 2018)



Fig. 1.2. Locuință distrusă în urma transportului de aluviuni - localitatea Rucăr (Mihalache, 2019)

Până în anul 2007, în fondul forestier din țara noastră, aproape 2200 km de albi torențiale au fost consolidate, fiind puse în operă 2 700 de lucrări hidrotehnice longitudinale (în principal canale de evacuare a apelor de viitură) și 15 930 lucrări hidrotehnice transversale (traverse, praguri, baraje) (Adorjani, Davidescu și Gancz, 2008; Gancz C., 2012), acestea fiind puternic solicitate într-un mod variat de către apele de viitură. Asigurarea stabilității, rezistenței și funcționalității lucrărilor este de o importanță deosebită din perspectiva caracteristicilor viiturilor torențiale, caracterizate prin: înălțimi ale curentului de până la 2 metri, viteze de propagare de $1 - 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, densități ce pot ajunge la $2200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ și forțe de impact cu valori de ordinul zecilor de KN (Marchi et. al, 2019; Georg și Johannes, 2020; Nagl și Hübl, 2020; Nagl et al. 2021; Nagl et al. 2022).

Neexistând posibilitatea de testare în laborator, s-a recurs la urmărirea lucrărilor în mod direct în bazinele hidrografice torențiale în care sunt amplasate, progresul tehnico-științific înregistrat obligând cercetarea științifică din domeniu să se îndrepte de la nișa globală "comportarea lucrărilor" la nișa specială "starea lucrărilor". Din acest punct de vedere, în ultimele două decenii au fost înregistrate mai multe contribuții cu elemente de originalitate, atât din punct de vedere metodologic cât și sub raport tematic (Clinciu et al., 2001-2006; Lupașcu, 2009; Tudose, 2011; Davidescu, 2013; Mihalache, 2020).

2 STADIUL CUNOȘTIȚELOR

Dat fiind că tematica tezei este desprinsă dintr-o arie tematică cu largă acoperire în spațiul timpului, pe lângă cele mai recente contribuții care se regăsesc sintetizate în capitolul de față, sunt amintiți și adăugați mai jos și autori ai altor contribuții care au avut rol în orientarea preocupărilor de la studiul clasic, descriptivist, asupra fenomenologiei comportamentale a lucrărilor de amenajare a albiilor torențiale la abordarea actuală, bazată pe exprimarea cantitativă a stării fizice a acestor lucrări: Băloiu, 1980; Biali și Popovici, 2006; Ciornei, 2014; Ciortuz și Păcurar, 2004; Costin et al., 1975; Costandache și Nistor, 2006; Dîrja, 2000, 2006, 2007; Dîrja et al., 2002; Gaspar, 1975; Giurma, 1989, 1995; Hâncu, 1976; Ioniță, 2000; Mircea, 2002, 2008, 2014; Moțoc et al., 1975, 2005; Nedelcu, 2001; Păcurar, 2015; Pascu, 1974; Popovici, 1991; Pricop, 1999; Prișcu, 1974; Teju, 1971; Traci, 1985; Tuas, 2005; Untaru et al., 2008.

2.1. Cercetări desfășurate anterior introducerii "indicielui de stare al lucrărilor"

Răspunsul lucrărilor hidrotehnice transversale la evenimentele extreme care au loc în bazinele hidrografice torențiale nu poate fi caracterizat decât după unele viituri torențiale excepționale, așa cum au fost viiturile din anul 1970, urmate de cele consemnate în 1975, 1979, 1984, 1988, 1989, 1991 (Davidescu, 2013), precum și de cele înregistrate în secolul XXI, în anul 2005 (Tudose, 2011) sau 2018 (Mihalache, 2018), 2019.

2.1.1. Deceniul 1971 – 1980

În urma viiturilor și inundațiilor de mare amploare din 1970, când în decursul a numai câtorva zile a plouat cât într-o lună, aceste manifestări având loc după perioada de secetă prelungită din anul 1969 (Marcean, 2002), au fost avariate și scoase din funcțiune circa 1% din lucrările de corectare a torenților executate până la acea dată, cele mai afectate fiind perimetrele de ameliorare și corectare a torenților Rușețu – lalomita, Retevoiești – Râul Doamnei, Aref – Argeș, Mălureni – Vâlsan și Secărele – Lotru.

Autorii studiilor din anul 1970 au desprins și unele concluzii referitoare la studiile hidrologice și determinarea debitelor maxime, fiind combătute unele opinii exprimate la vremea respectivă conform cărora debitele maxime de viitură luate în calculul lucrărilor ar fi fost exagerat de mari:

2.1.2. Deceniul 1981 – 1990

După reexaminarea ipotezelor de calcul și introducerea în practică a diferitelor tipuri de lucrări din diverse materiale de construcție, a apărut și necesitatea unei abordări unice asupra comportării lucrărilor. Nefiind concretizat modul de evaluare al deficiențelor care afectau parametrii privind siguranța și funcționalitatea lucrărilor, în anul 1984 a fost elaborat și introdus primul normativ cu privire la urmărirea comportării în timp a lucrărilor hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale, acesta fiind folosit în studiile ulterioare (Gaspar, 1984).

În cadrul acestui normativ a fost vizat în principal gradul de vulnerabilitate la care erau supuse construcțiile, principalii parametri de calitate ce trebuiau urmăriți fiind (Gaspar, 1984):

- siguranța construcțiilor: stabilitate, rezistență;
- deformarea construcțiilor și a terenului din zona acestora;
- durabilitatea construcțiilor;
- funcționalitatea construcțiilor;
- gradul de protecție oferit de lucrări, interacțiunea dintre ele, influența lor asupra mediului ambiant, efectul altor lucrări asupra construcțiilor hidrotehnice.

În funcție de parametrii de calitate luați în calcul, normativul prezenta următoarea schemă de clasificare a deficiențelor (avariilor):

(1) Deficiențe care afectează parametrii siguranței, deformării construcțiilor și a terenului de fundare, dar și durabilitatea lucrărilor;

(2) Deficiențe care afectează funcționalitatea, gradul de protecție, interacțiunea dintre construcții, influența lor asupra mediului și efectul altor lucrări asupra construcțiilor.

2.1.3. Deceniul 1991 – 2000

La începutul acestui deceniu, România a fost lovită din nou de un val de inundații. În 28-29 Iulie 1991, "după o zi senină și fără precipitații", în zona carpatică au fost înregistrate ploi torențiale cu unde de viitură de circa 7 metri înălțime (râul Tazlău, județul Bacău), cu valori ale debitului de până la $95,6 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2}$ (stația hidrometrică Lucănești), respectiv $148,8 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2}$ (stația hidrometrică Livezi) (Bălan, 2018), care au condus la un număr mare de avarii înregistrate asupra lucrărilor hidrotehnice transversale (Oprea et al., 1996), evenimentele comportamentale fiind cauzate în principal de depășirea valorilor normate ale debitelor și nivelurilor, dar și de unele deficiențe de proiectare și execuție (Lazăr et al., 1994).

În acest deceniu, prin tema 12 RA/1994 (Lazăr și Gaspar, 1994) a fost realizată prima introducere în cercetare a intensității unor avarii, moment în care degradările au fost apreciate ca fiind superficiale ($< 10 \text{ cm}$) și profunde ($> 10 \text{ cm}$). Această temă a luat în calcul și obiectul „stabilității și rezistenței lucrărilor hidrotehnice de amenajare a torenților” (Clinciu și Gaspar, 2006), stabilitatea fiind examinată în funcție de tendința diverselor forțe care ar modifica poziția lucrării față de cea inițială, rezistența făcând obiectul capacității lucrărilor transversale de a nu fi rupte, fragmentate, strivite etc., pe întreaga perioadă (normată) de exploatare (Clinciu și Gaspar, 2006) (Fig. 2.2).

Fiind greu de stabilit cauza concretă care duce la distrugerea lucrărilor sau la punerea în pericol a unor elemente constructive ale acestora, în cadrul temei din 1994 a fost introdusă o primă clasificare a avariilor, care îngloba cumulul de factori ce pot influența comportarea lucrărilor (Clinciu și Gaspar, 2006):

- "avarii care au scos lucrările din funcțiune", aici fiind integrate lucrările care, la data parcurgerii terenului, nu mai puteau îndeplini nici una dintre funcțiunile pentru care au fost realizate; și
- "avarii care, deși au provocat deteriorarea lucrărilor, nu le-au scos din funcțiune".

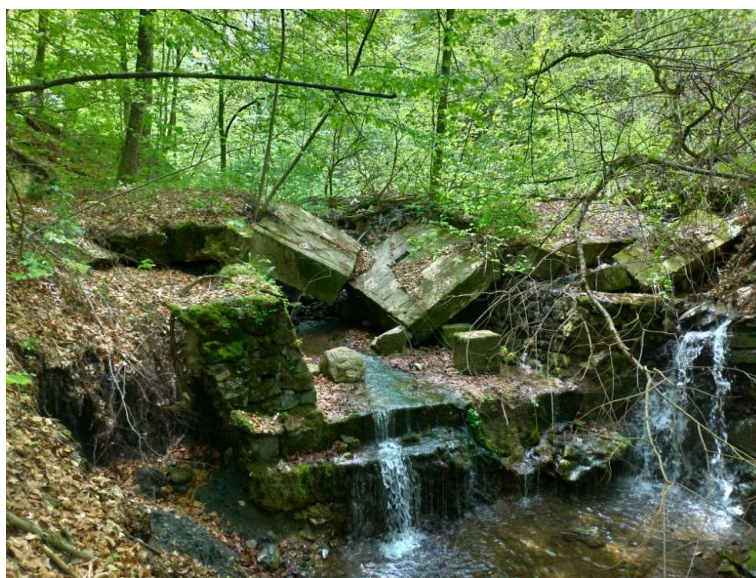


Fig. 2.2. Răsturnarea și ruperea corpului lucrării în urma viiturii din 31 August 1985.

Pârâul Șanturi-B.H. Tărlung
(Mihalache, 2019)

2.2. Cercetări desfășurate pentru cunoașterea aprofundată a evenimentelor comportamentale, premisa principală a introducerii "indicelui de stare al lucrărilor"

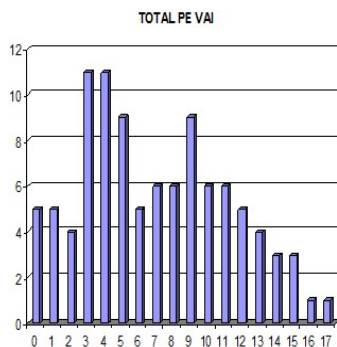
2.2.1. Rezultatele cercetărilor privind natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale

Dacă până în anul 2003 cercetările efectuate asupra lucrărilor hidrotehnice transversale făceau referire la siguranța în exploatare și durabilitatea lucrărilor, avariile și disfuncționalitățile identificate fiind descrise, centralizate și supuse concluzionării, cercetările ulterioare au adus completări și adaptări ale vechilor concepții. Completările aferente deficiențelor/ avariilor care afectează siguranța în exploatare și durabilitatea lucrărilor constau din introducerea decastrărilor și sufoziunilor (Clinciu et al., 2005). În grupa deficiențelor/ avariilor care afectează funcționalitatea lucrărilor autorul a considerat: blocarea deversorului, blocarea dinților disipatori de energie, colmatarea radierului cu aluviuni ± flotanți ± vegetație, instalarea necontrolată a vegetației forestiere în zona amonte/ aval a lucrărilor, nerealizarea aterisamentului, spălarea aterisamentului, depășirea pantei aterisamentului și îngroparea unor părți din lucrare, adâncirea albiei în aval de lucrare, lovirea frontală a malului de către curentul de apă, eroziuni (± surpări ± alunecări) ale malului în zonele de încastrări.

Perspectiva asupra inventarierii lucrărilor a luat amploare odată cu studierea metodologiei aplicate în cercetări anterioare pe această ramură (Gaspar, 1984; Gaspar et al., 1994), pe baza cărora a fost concepută prima fișă tip de inventariere a lucrărilor hidrotehnice transversale, având în componența sa 20 de părți alcătuitoare de lucrare (Clinciu, 2011). Pe baza acestei noi fișe, viitoare studiile și-au pus bazele (Lupașcu, 2009; Tudose, 2011), ajungându-se într-un final la determinarea unui parametru unic de referință, denumit "indicele de stare al lucrărilor" (Davidescu et al., 2012; Tudose et al., 2014).

În cadrul unei ample teme de cercetare (responsabil: I.Clinciu), alcătuită din 2 părți¹, au fost analizate pentru prima dată avariile și disfuncționalitățile sub raportul relațiilor dintre ele din punct de vedere statistic. Principalele elemente de noutate aduse în cadrul acestei teme au constat din (Clinciu, 2010):

- Pentru prima dată în acest domeniu de cercetare, comportarea lucrărilor hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale fost abordată din perspectivă statistică;
- A fost introdus și validat un nou concept, cel privind "evenimentele comportamentale asociate părților de lucrare";
- A fost realizată o sistematizare tipologică a evenimentelor comportamentale, grupate în două categorii (avarii și disfuncționalități);
- A fost realizată, în premieră, o ierarhizare a evenimentelor comportamentale în raport cu frecvența acestora, pentru fiecare clasă în parte;
- S-a dat răspuns la întrebarea: variația numărului de evenimente comportamentale înregistrate la o lucrare, urmează sau nu vreo legitate? (Fig. 2.5)



Normala:

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x-\mu}{2s^2}}$$

Charlier tip A:

$$\varphi(u) = f(u) - \frac{\alpha}{6} \cdot f'''(u) + \frac{\varepsilon}{24} \cdot f^{(iv)}(u)$$

Beta:

$$f(x) = c \cdot (x-a)^\alpha \cdot (b-x)^\gamma$$

Fig. 2.5 Distribuția frecvențelor numărului de evenimente înregistrate de o singură lucrare (Clinciu, 2010)

Rezultatul cel mai relevant al temei, stabilirea legității pe care o urmează frecvența și intensitatea evenimentelor comportamentale (Fig. 2.6), poate constitui un aspect cheie într-un viitor program de monitorizare bazinală a lucrărilor, care trebuie să fie concordant cu planurile naționale de gestionare a riscului la inundații.

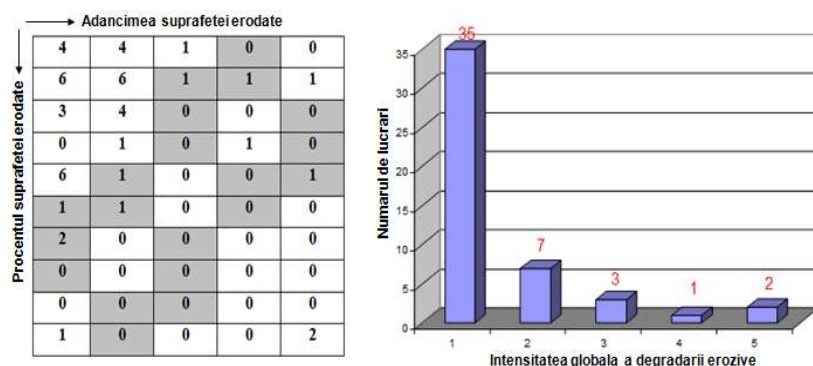


Fig. 2.6. Cercetarea exploratorie a unuia dintre principalele evenimente comportamentale,

Pentru toate tipurile de evenimente identificate, clasificarea s-a făcut pe două grupe:

I - evenimente care afectează siguranța și durabilitatea lucrărilor;

II - evenimente care afectează funcționalitatea lucrărilor.

Asupra clasificării propuse în anul 1994, am constat că schema a primit, acolo unde a fost cazul, unele completări și adaptări, după cum urmează:

- în categoria deficiențelor care afectează siguranța în exploatare și durabilitatea lucrărilor, și care includ (după R. Gaspar): fisuri, rupturi, antrenări, deformări, degradări, dezagregări, subminări și infiltrații, s-au adăugat decastrările și sufoziunile;
- în cadrul deficiențelor care afectează funcționalitatea lucrărilor, interacțiunea lucrărilor și interacțiunea dintre lucrări și mediu, tipologia considerată în cadrul temei a fost următoarea: blocarea deversorului, blocarea dinților disipatori, colmatarea radierului cu aluviuni/ flotanți/ vegetație, instalarea haotică a vegetației forestiere în zona amonte/ aval a lucrărilor sau chiar în zona de executare și de funcționare a lucrărilor, nerealizarea aterisamentului, spălarea aterisamentului, depășirea pantei de proiectare și îngroparea unor anumite părți din lucrare, adâncirea albiei în aval de lucrare, lovirea frontală a malului de către curentul de apă, eroziuni (\pm surpări, \pm alunecări) ale malurilor în zonele de încastrări.

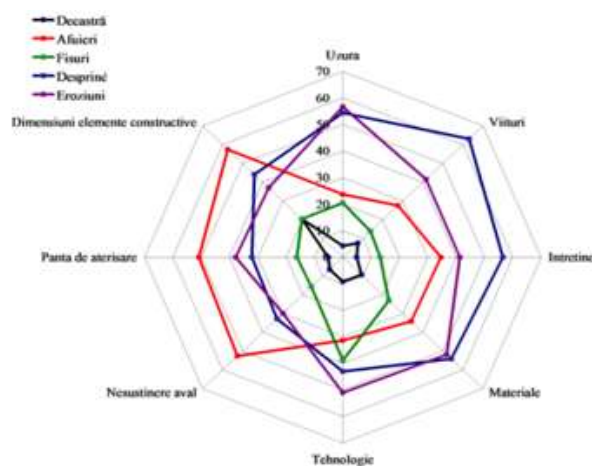


Fig. 2.8. Asocierea avariilor corpului lucrărilor și cauzele de apariție (Davidescu et al., 2012)

Urmând noua metodologie propusă în anul 2003 (Clinciu, 2005), în perioadele 2007-2009 au fost întreprinse studii cu privire la comportarea și efectele lucrărilor hidrotehnice transversale din bazinul superior al Someșului Mic, (Lupașcu, 2009). Tot pe baza acestei metodologii, au fost întreprinse studii (și) în bazinul superior al râului Cârcinov din spațiul hidrografic al râului Argeș (Tudose și Clinciu, 2010; Tudose, 2011).

În cadrul cercetărilor efectuate de către personalul departamentului de Corectare a Torenților din fostul ICAS, desfășurate în perioada 2009 - 2011, au fost identificate un număr de 3584 lucrări hidrotehnice transversale, printre concluziile cele mai importante la care au ajuns autorii se numără și aceea că evenimentele comportamentale se manifestă asociat unele cu altele (Fig. 2.8) (Davidescu, 2013).

2.2.2. Rezultatele cercetărilor statistice asupra evenimentelor comportamentale

Cercetările statistice întreprinse în cuprinsul bazinului superior al râului Târlung (Clinciu, 2011) au fost axate pe două etape distincte, în prima etapă fiind alcătuită și studiată distribuția de frecvență a numărului total de avarii care au fost înregistrate asupra unei singure lucrări (Fig. 2.10). Testele statistice au luat în calcul principalii indicatori statistici, ca mai apoi să fie întreprinsă o încercare de ajustare după trei distribuții teoretice cunoscute (distribuția normală, Charlier-tip A și distribuția Beta).

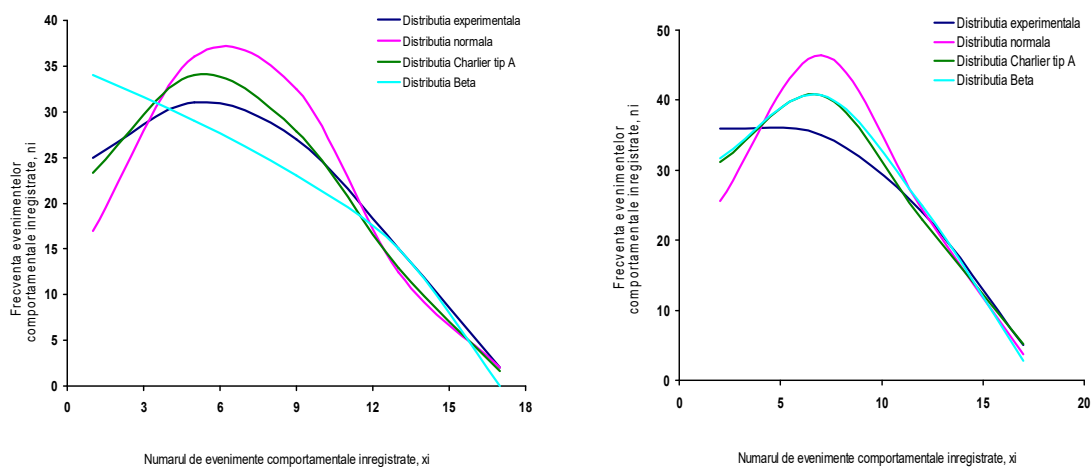


Fig. 2.10. Distribuția experimentală a numărului total de avarii înregistrare la o singură lucrare și ajustarea acesteia după trei distribuții teoretice (Clinciu et al.,2011)

Din perspectiva blocării zonei libere de curgere a viiturilor torențiale a fost analizată și influența instalării necontrolate a vegetației. Datele obținute de către autori (Fig. 2.11) au arătat că evenimentul de blocare a culoarului de scurgere s-a desfășurat pe o suprafață medie relativ redusă (circa 110 m²), dar variabilitatea evenimentului de la o lucrare transversală la alta este deosebit de pronunțată (s% = 84%).

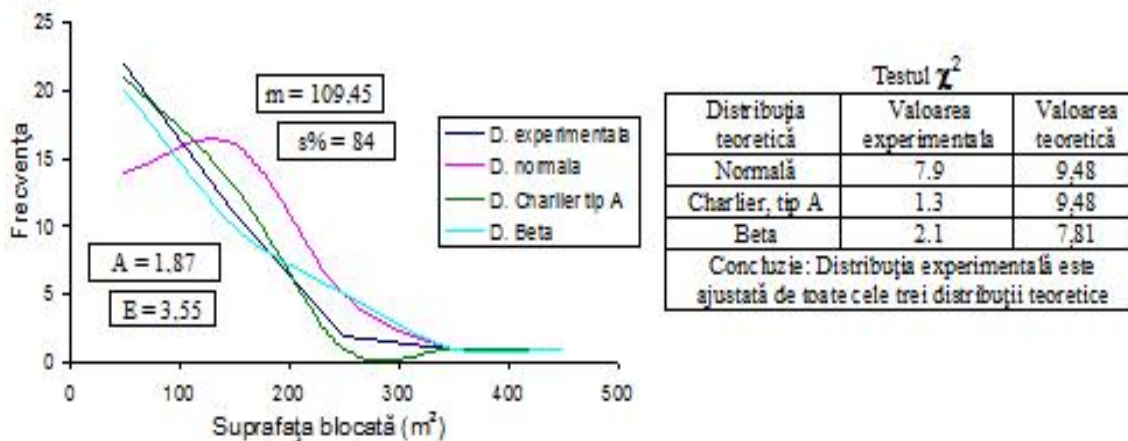


Fig.2.11. Poligonul frecvențelor experimentale, curbele frecvențelor teoretice, valorile principalilor indicatori statistici și valorile testului χ^2 pentru distribuția de frecvență a suprafeței pe care s-a desfășurat instalarea necontrolată a vegetației forestiere (Clinciu, 2011)

2.3. Cercetări finalizate prin metodologia de determinare, interpretare și valorificare a "indicii de stare al lucrărilor"

2.3.1. Aspecte introductive

Deși progresul făcut în privința aspectelor legate de comportare este evident, totuși până în anul 2010 nu s-a pus problema unei cuantificări a modului în care evenimentele comportamentale înregistrate într-o anumită perioadă, luate împreună prin toate consecințele lor, se reflectă în starea fizică a fiecărei lucrări în parte și/ sau a sistemului de lucrări în ansamblu. Abia în anul 2012, pe baza temei de cercetare PN 09460303 (Davidescu et al., 2009), a fost cristalizat un concept nou, bazat pe cuantificarea efectului global al avariilor și disfuncționalităților printr-o ecuație care redă starea fizică a lucrărilor. Ideea unei astfel de abordări (Clinciu, 2011) a fost pusă în practică împreună cu personalul din cadrul departamentului de Corectare a Torenților din actualul Institut de Cercetare și Dezvoltare în Silvicultură "Marin Dracea".

2.3.2. Determinarea, interpretarea și valorificarea indicelui de stare al lucrărilor

În baza unui număr mare de lucrări inventariate a fost posibilă conturarea unei metodologii de determinare a stării fizice a lucrărilor prin care se cuantifică intensitatea tuturor avariilor și disfuncționalităților care s-au produs cu o frecvență semnificativă într-o perioadă dată, indicele propus fiind un instrument care poate fi folosit în urmărirea permanentă și sistematică în exploatarea lucrărilor hidrotehnice transversale, dar și pentru a urmări impactul diferitelor avarii și disfuncționalități asupra stării fizice a lucrărilor.

Efectul cumulativ al evenimentelor comportamentale care afectează lucrările transversale este reprezentat de diferența dintre valoarea maximă a indicelui de stare (100 - stare foarte bună) și raportul (exprimat procentual) dintre indicele de avariere (Y_A) și valoarea maximă ($Max Y_A$) a acestui indice pentru fiecare categorie de lucrări, identificată la cele 3854 lucrări hidrotehnice luate în calcul (Ec. 2.1).

$$Y_s = 100 - \frac{Y_A \cdot 100}{Max(Y_A)}, \quad (\text{Ecuația 2.1})$$

La rândul său, indicele de avariere este definit ca fiind rădăcina patrată a sumei produselor dintre gravitatea avariilor (γ_i), rata lor de intensitate (I_i) convertită folosind factorul de conversie particular (F_c) (Ec. 2.2).

$$Y_A = \sqrt{\sum \gamma_i \cdot I_i \cdot F_c}, \quad (\text{Ecuația 2.2})$$

unde: γ_i reprezintă gravitatea avariei, I_i reprezintă intensitatea avariei, F_c reprezintă factorul unic de conversie asupra intensității avariei, fiind calculat cu următoarea relație:

$$F_c = \frac{100}{I_{max}} \quad (\text{Ecuația 2.3})$$

unde I_{max} este intensitatea maximă, înregistrată de avaria respectivă (Davidescu et al., 2012).

Folosindu-se această metodologie, în perioada 2011-2012 au fost întreprinse studii care au vizat lucrările din bazinul hidrografic Crișuri (Davidescu, 2013), fiind evidențiat impactul evenimentelor comportamentale asupra indicelui de stare (Fig. 2.12).

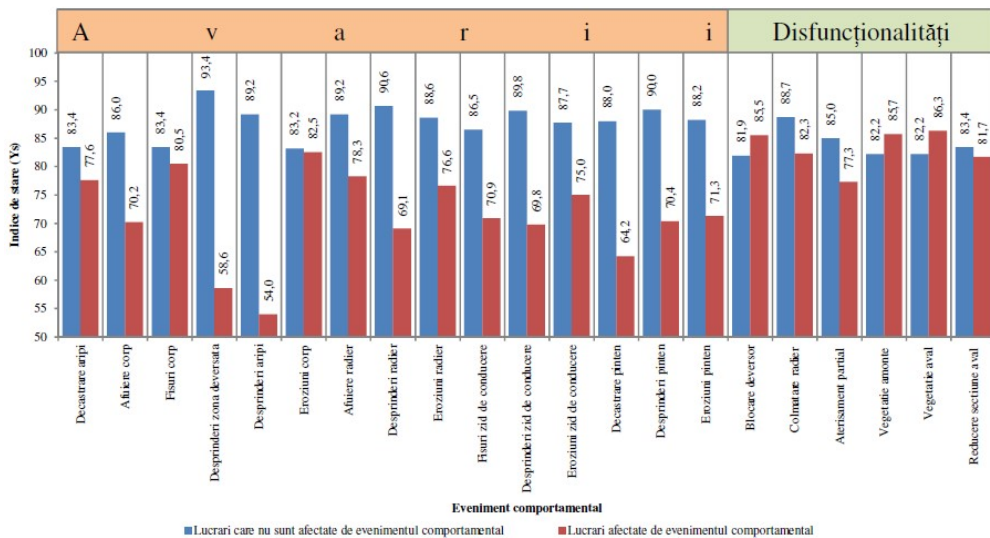


Fig. 2.12. Valorile indicelui de stare (mediu) al lucrărilor afectate de diferite evenimente comportamentale (Davidescu, 2013)

Pentru ca indicele de stare să reflecte cât mai bine starea lucrărilor, parametrul utilizat în factorul de conversie a fost schimbat cu intensitatea limită relevantă (I_{lim}^R), aceasta fiind valoarea avariei care poate scoate din funcțiune o lucrare (sau se află în pericol inevitabil), impactul avarierii cu o valoare mai mare decât cea limită nemaifiind pronunțat (Ec. 2.4).

$$F_c = \frac{100}{I_{lim}^R} \quad (\text{Ecuția 2.4})$$

În urma modificărilor aduse, a fost îmbunătățită formula de calcul a indicelui de stare, în această formulă fiind integrate toate avariile care influențează starea fizică a lucrărilor. Expresia stabilită este de forma (Tudose et al., 2015):

$$Y_s = 100 - \frac{100 \cdot Y_A}{Y_A^{REF}} \quad (\text{Ecuția 2.5})$$

în care: Y_A^{REF} reprezintă valoarea teoretică, de referință a indicelui de avariere, care se determină pentru fiecare categorie de lucrări transversale (cu sau fără radier).

Începând cu introducerea în cercetare a indicelui de stare, indice cumulativ al efectului diferitelor avarii survenite în perioada de exploatare a lucrărilor (Davidescu et al., 2012; Tudose et al., 2014, 2015), cercetările au luat amploare datorită valorificării în diverse moduri de abordare a stării lucrărilor, fie la nivel individual (Davidescu, 2013, Tudose et al., 2014; Mihalache, 2018), fie la nivel de vale torențială sau bazin hidrografic (Davidescu 2013) sau din punct de vedere al evoluției stării lucrărilor hidrotehnice transversale (Mihalache, 2019).

2.3.3. Modelarea statistică - matematică a indicelui de stare mediu

Analizându-se semnificațiile tuturor coeficienților în parte și fiind eliminați pe rând coeficienții cu semnificație scăzută, s-a ajuns la o ecuație care cuprinde doar 5 variabile; acestea sunt: vârsta lucrărilor (în ani); ordinul hidrografic (O); lungimea rețelei hidrografice (Km); potențialul de retenție al folosințelor (mm) și indicele de eroziune mediu pe bazin ($m^3 \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$). Prin ecuația determinată, care răspunde foarte bine

pentru lucrările cu valori ale indicelui de stare mai mari de 50, estimările dau rezultate satisfăcătoare, ecuația dovedindu-se depășită pentru lucrările aflate în stare rea sau foarte rea, situații în care există și alți factori cu influențe importante. Din analizele făcute pe cele 48 bazine hidrografice, unde indicele de stare mediu pe bazin depășea valoarea limitativă a ecuației (Fig. 2.13), a rezultat faptul că elementele

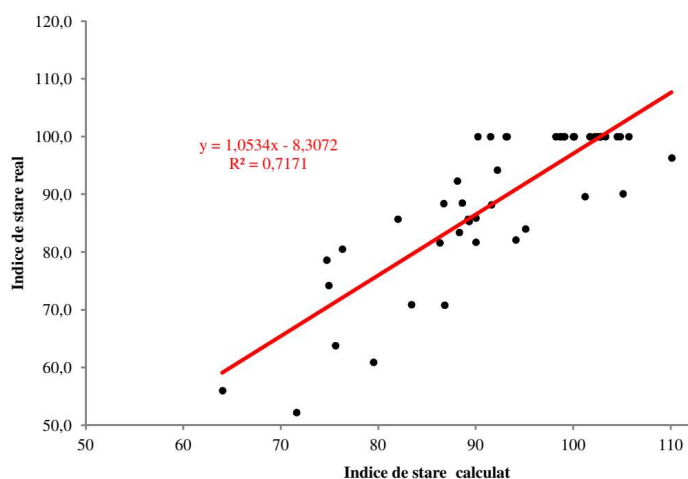


Fig. 2.13. Regresia între indicele de stare mediu pe bazin calculat prin intermediul estimării făcute în baza parametrilor bazinului hidrografic și valoarea reală a indicelui de stare mediu pe bazin (Davidescu, 2013)

morfometrice ale bazinului, care influențează și parametrii hidrologici ai bazinului (debitul de viitură, transportul de aluviuni etc.), au efect semnificativ asupra stării lucrărilor hidrotehnice, viiturile torențiale fiind elementul principal de declanșare a evenimentelor comportamentale, alături de alte elemente care favorizează degradările: materialele de construcție necorespunzătoare, intervențiile antropice, tehnologiile de execuție inadecvate etc.

Fiind evidențiată legătura dintre indicele de stare real și indicele de stare calculat, unde coeficientul de corelație (0,84) este foarte semnificativ, s-a ajuns la o relație

de calcul a indicelui de stare care poate fi folosită în mod expeditiv pentru determinarea indicelui de stare mediu pe bazin (Ec. 2.6), fiind necesare date precum vârsta lucrărilor, suprafața bazinului, panta versanților, densitatea de drenaj, ordinul hidrografic, potențialul de retenție mediu pe bazin și indicele de eroziune mediu pe bazin (Davidescu, 2013):

$$Y_s = 118,9714 - 0,4366 \cdot T - 9,6122 \cdot \ln S - 28,3670 \cdot l_v - 5,6762 \cdot \sqrt{Dr} + 9,5750 \cdot O.H. + 7,6870 \cdot \ln(Z) + 1,7822 \cdot q_v \quad (\text{Ecuația 2.6})$$

în care: T este vârsta lucrării;

S - suprafața bazinului;

l_v - panta medie a versanților;

Dr - densitate de drenaj;

O.H. - ordinul hidrografic;

Z - potențialul de retenție mediu pe bazin;

q_v - indecele de eroziune mediu pe bazin.

2.3.4. Cercetări pe aceeași temă, din străinătate

Studii cu privire la comportarea în timp a lucrărilor utilizate în amenajarea albiilor torențiale au fost întreprinse și în cercetări din străinătate (Alila et al., 2003; Boix-Faios et al., 2007; Castillo et al., 2007; Garcia Martinez și Lopez, 2005; Garcia et al., 2007, 2008; Garcia et al., 2011; Ki-Hwan Lee et al., 2022; Martin-Vide și Andreatta, 2009; Mazzorana et al., 2017; Remaître et. al., 2008; Sidle R.C., 2005; Zeng et

al., 2009). Spre exemplu, un astfel de studiu a fost realizat în Italia, unde în urma inventarierii a 18 bazine hidrografice au fost identificate 362 de lucrări hidrotehnice pentru amenajarea albiilor torențiale, fiind luate în calcul câteva variabile ce au influență asupra vulnerabilității barajelor: panta albiei, vârsta lucrărilor, geometria lucrărilor, tipul constructiv, starea fizică inițială și tipul evenimentului torențial. Luându-se în considerare 6 părți componente ale lucrărilor hidrotehnice transversale (Fig. 2.14) și respectiv 22 de evenimente torențiale produse, a fost analizată funcționalitatea fiecărei lucrări post-eveniment, încadrarea făcându-se în 4 categorii: nealterată, puțin compromisă, puternic compromisă și fără funcționalitate (Dell'Agnese, 2013).

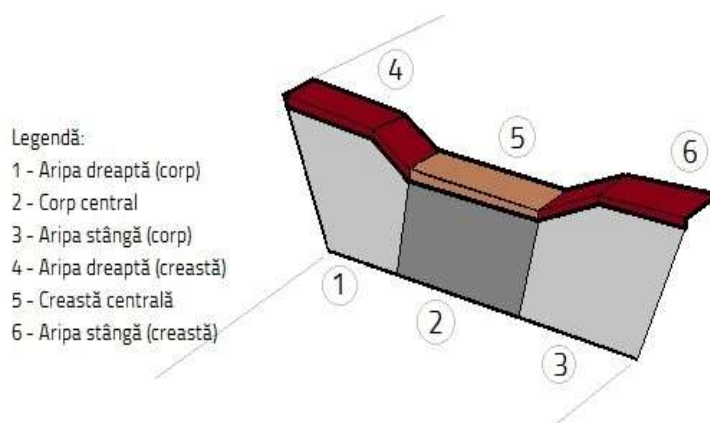


Fig. 2.14. Părțile componente ale lucrării hidrotehnice transversale (după Dell'Agnese, 2013)

S-a dovedit că starea fizică a lucrărilor cunoaște o regresie în decursul timpului, lucrările mai vechi de 20 ani având un indice de avariere mai mare decât al celor puse recent în operă. De asemenea, a fost demonstrat faptul că indicele de avariere crește constant odată cu vârsta (până la 40 ani), după care cunoaște o creștere bruscă până la vârsta de 60 ani (Dell'Agnese, 2013). În plus, lucrările care au suferit deteriorări anterior analizelor s-au dovedit a fi mai vulnerabile la evenimentele torențiale, concluziile deduse după înregistrarea evenimentelor torențiale făcând referire la o diminuare a funcționalității lucrărilor hidrotehnice transversale (Dell'Agnese, 2013).

3 SCOPUL, OBIECTIVELE ȘI LOCALIZAREA CERCETĂRILOR

3.1. Scopul și obiectivele cercetărilor

După cum arată și titlul tezei, scopul cercetării constă în a dezvolta gradul de cunoaștere asupra evoluției stării lucrărilor hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale în vederea fundamentării unei noi paradigme de monitorizare și mentenanță a acestora.

Pentru atingerea scopului amintit au fost stabilite și urmărite șase obiective specifice de cercetare, după cum urmează:

- Caracteristicile principale ale lucrărilor studiate;
- Natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale la cele două inventarieri și în perioada dintre acestea;
- Modificările survenite în starea lucrărilor în perioada dintre inventarieri;
- Studiul aprofundat al acestor modificări în raport cu principalii factori de influență;
- Impactul unui eveniment torențial asupra stării lucrărilor (studiu de caz);
- Fundamente și argumente pentru utilizarea gradientului indicelui de stare în monitorizarea stării lucrărilor.

3.2. Localizarea cercetărilor

Pentru atingerea obiectivelor stabilite au fost alese 14 bazine hidrografice și un perimetru de ameliorare (Fig. 3.1), amplasate în spațiile hidrografice Tisa, Someș, Crișuri, Banat, Jiu, Olt, Ialomița și Dunăre. Pentru combaterea fenomenelor torențiale, în bazinele hidrografice luate în studiu au fost construite 285 de lucrări hidrotehnice transversale pe 49 cursuri de apă.

Bazinele hidrografice torențiale din care au fost culese datele prezintă condiții foarte variate din punct de vedere al altitudinii, regimului de precipitații, temperaturilor și umidității, precum și din punct de vedere pedologic și al vegetației. Confluența cu emisarii este cuprinsă altitudinal între 44 m (Valea Jidoștița, afluent al Dunării la Porțile de Fier) și 875 m (Pârâul Tesla - BH Tărlung).

Relieful este reprezentat de versanți cu pantă variabilă, densitatea de drenaj fiind în general ridicată, toate acestea contribuind la concentrarea rapidă a apelor din precipitații, care la viteze de scurgere mari au implicații asupra cuantumului eroziunii și impact direct asupra sistemelor de lucrări existente.



Fig. 3.1. Localizarea bazinelor luate în studiu

4 METODA DE CERCETARE

Dat fiind faptul că această cercetare și-a propus să continue și să dezvolte cercetările desfășurate anterior (Davidescu et al., 2012; Davidescu, 2013; Tudose et al., 2014), metoda aplicată în vederea atingerii primelor patru obiective a presupus, în esență, parcurgerea următoarelor etape:

- Stabilirea volumului colectivității de studiu (285 de lucrări hidrotehnice transversale);
- Alegerea bazinelor amenajate din care să fie extrase și studiate cele 285 de lucrări hidrotehnice transversale (conform bazei de date abht.ro);
- Utilizarea bazei de date abht.ro (în care sunt stocate informații despre aproximativ 5 200 de lucrări hidrotehnice transversale de pe teritoriul României) pentru extragerea datelor referitoare la bazinele și lucrările luate în studiu, disponibile la momentul începerii cercetării de față;
- Parcurgerea terenului și realizarea unei noi inventarieri a lucrărilor, cu includerea datelor obținute în aceeași bază de date abht.ro;
- Exploatarea acestei baze de date în vederea cunoașterii evoluției evenimentelor comportamentale în intervalul dintre cele două inventarieri ale lucrărilor, a (re)determinării indicelui de stare la cea de-a doua inventariere și a determinării gradientului indicelui de stare în perioada dintre cele două inventarieri ale lucrărilor;

◦ Analiza și interpretarea aspectelor relevate de baza de date prin prisma factorilor care influențează gradientul indicelui de stare (ca indicator care oglindește, în termeni cantitativi, evoluția stării lucrărilor).

Fiind nevoie de resurse importante de timp și de finanțare pentru reinventarierea tuturor celor 5 198 de lucrări hidrotehnice transversale inventariate până în anul 2020 pe întregul teritoriu al țării, dintr-un total de aproximativ 16 000 (Adorjani et al., 2008), s-a recurs la o metodă selectivă, ce poate surprinde evoluția în timp a stării lucrărilor hidrotehnice transversale, cu o probabilitate de acoperire de aproximativ 90%. Metoda prevede culegerea datelor de la un număr limitat de lucrări (n), în funcție de următorii parametri (Giurgiu, 1972):

$$n = \frac{u^2 \cdot s_{\%}^2 \cdot N}{N \cdot \Delta_{\%}^2 + u^2 \cdot s_{\%}^2} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

unde:

N este numărul de unități din populație;

$s_{\%}$ - coeficientul de variație specific fenomenului;

$\Delta_{\%}$ - eroarea limită admisă (adoptată de cercetător);

u – abaterea normată corespunzătoare probabilității de acoperire adoptată (u = 1,96).

Cele 285 de lucrări hidrotehnice reinventariate, care fac obiectul acestei teze, generează o eroare limită de 10,5 % (Tab. 4.1).

Tab. 4.1. Mărimea sondajului în funcție de eroarea limită admisă, sub raportul avariilor

Eroarea limită		1%	3%	5%	7%	9%	10%	10,5 %	11%	12,5 %
Mărimea sondajului	Numărul de lucrări	4506	2182	1074	610	387	318	290	266	208
	%	87	42	21	12	7	6	6	5	4

În funcție de același număr de lucrări, dar sub raportul disfuncționalităților, analizele referitoare la mărimea sondajului au scos în evidență că numărul de lucrări din această teză generează o eroare limită de 7,5 % (Tab. 4.2).

Tab. 4.2. Mărimea sondajului în funcție de eroarea limită admisă, sub raportul disfuncționalităților

Eroarea limită		1 %	3 %	5 %	7 %	7,5 %	8 %	9 %	11 %	12,5 %
Mărimea sondajului	Nr. Lucrări	4001	1408	613	332	292	258	206	140	109
	%	77	27	12	6	6	5	4	3	2

După stabilirea numărului de lucrări de luat în studiu și alegerea bazinelor torențiale aferente, pentru a determina și compara parametrii care relevă siguranța în exploatare precum și funcționalitatea lucrărilor a fost efectuat un al doilea inventar al lucrărilor. Acesta a fost efectuat în perioada 2016 – 2020, de autorul tezei, intervalul dintre inventarierii fiind cuprins între 5 și 11 ani. Datele referitoare la avariile și disfuncționalitățile lucrărilor inventariate au fost stocate în aceeași bază de date amintită.

După crearea propriei baze de date s-a recurs la redeterminarea indicelui de stare pentru fiecare lucrare. Pentru aceasta a fost folosită ecuația indicelui de stare (Ec. 4.2) (Davidescu et al., 2012; Davidescu, 2013;

Tudose et al., 2014), ecuație care ia în calcul efectul cumulat al avariilor, și anume cele înregistrate în perioada dintre cele două inventarieri.

$$Y_S = 100 - \frac{100 \cdot Y_A}{Y_A^{REF}} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

unde:

Y_A este indicele de avariere;

Y_A^{REF} - valoarea maximă teoretică a indicelui de avariere.

Pentru calculul intensității diferitelor avarii au fost folosite formulele de calcul din studiile anterioare (Tudose et al., 2015).

Gradientului indicelui de stare, subiect principal în dezvoltarea acestei teze, este dat de diferența dintre indicele de stare $Y_{S(2)}$ (parametru care redă efectul combinat al evenimentelor comportamentale survenite în exploatare asupra unei lucrări până la momentul celui de-al doilea inventar) și $Y_{S(1)}$ (valoarea indicelui de stare obținut la prima inventariere), diferența fiind raportată la numărul de ani dintre inventarieri (Ec. 4.3).

$$G_S = \frac{Y_{S(2)} - Y_{S(1)}}{N} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

în care:

G_S este gradientul indicelui de stare;

$Y_{S(2)}$ - indicele de stare obținut la al doilea inventar;

$Y_{S(1)}$ - indicele de stare obținut la primul inventar;

N – numărul de ani între prima și ultima inventariere.

Cu alte cuvinte, gradientul este o mărime ce surprinde modificarea medie anuală a indicelui de stare (care ia valori de la 0 la 100); când valorile gradientului sunt negative vorbim de degradarea stării fizice a lucrărilor iar în când valorile sunt pozitive avem de a face cu o îmbunătățire a stării lucrărilor. Cum prima situație este de regulă covârșitoare (ca și în cazul de față), înseamnă că scăderea gradientului în sens matematic arată o depreciere a stării lucrărilor iar creșterea gradientului în sens matematic arată o apreciere a stării lucrărilor.

*

În sfârșit, facem precizarea că metoda de lucru aplicată în cazul ultimelor două obiective de cercetare va rezulta din textul de prezentare a rezultatelor și discuțiilor privitoare la aceste obiective (§ 5.10 § 5.11).

5 REZULTATE ȘI DISCUȚII

5.1. Principalele caracteristici ale lucrărilor hidrotehnice transversale studiate

5.1.1. Tipuri de lucrări transversale identificate

Dintre cele 39 de tipuri constructive concepute în diverse variante (Lazăr și Gaspar, 1994), în bazinele studiate au fost identificate opt tipuri, începând de la barajele trapezoidale cu fruct mărit până la cele mai noi tipuri constructive, barajele "subdimensionate" de pe Valea Tigăi (B.H. Tărlung) (Tab. 5.1).

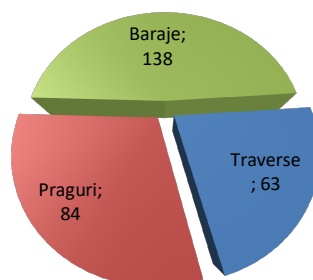


Fig. 5.1. Distribuția lucrărilor în funcție de înălțimea acestora

Tab. 5.1. Numărul de lucrări raportat la tipul de lucrare

Tip lucrare	An concepere tip lucrare	Cod tip lucrare	Număr lucrări
Baraj trapezoidal cu fruct mărit	1949 - 1955	GR	158
Baraj cu fundație evazată	1962	GFE	78
Baraj subdimensionat	1968	GS	27
Baraj din elemente prefabricate pe contraforți	1979	PC	6
Baraj în arc	1959	AR	5
Baraj filtrant	1968	FI	5
Baraj din elemente prefabricate fără contraforți	1979	P	4
Baraj din tuburi	1979	T	2

În ce privește înălțimea elevației (Fig. 5.1), 138 sunt baraje - lucrări cu înălțimea de peste 2 metri, dintre care 120 prezintă radier, 84 sunt praguri a căror înălțime este mai mică de 2 metri, fiind identificate 58 de praguri cu radier, restul de 63 de lucrări sunt traverse, cu cota deversorului la cota talvegului.

5.1.2. Materiale de construcție utilizate

Pentru construcția lucrărilor identificate în bazinele hidrografice torențiale luate în analiză s-au folosit diferite materiale de construcție, începând cu lemnul și piatra, continuând cu betonul și ajungând la elemente prefabricate din diverse materiale (beton, elemente metalice, cauciucuri uzate etc) (Tab. 5.3).

Tab 5.3. Numărul de lucrări în raport cu materialul de construcție și soluția constructivă

Material de construcție / Soluție constructivă	Cod material	Lucrare propriu-zisă		Radier	Contrabaraj	Ziduri de conducere	Pinten terminal
		Corp lucrare	Aripi lucrare				
Beton	B	145	150	37	-	64	35
Zidărie de piatră cu mortar de ciment	M	126	129	148	2	116	124
Blocuri, casete de beton prefabricate	PB	4	4	-	-	-	-
Zidărie de piatră cu mortar de ciment + Beton	B+M		1	-	-	-	-
Contraforți de beton și grinzi de beton (armat)	CBG	2	-	-	-	-	-
Tuburi prefabricate din beton	PT	2	-	-	-	1	-
Contraforți din zidărie și plăci din zidărie	CMPM	1	1	-	-	-	-
Contraforți din beton și grinzi metalice	CBGM	1	-	-	-	-	-
Alte materiale	XX	1	-	-	-	-	-

5.1.3. Înălțimea elevației

În raport cu acest criteriu, lucrările transversale identificate au elevația (înălțimea utilă) cuprinsă între 0 m (traverse) și 10 m, distribuția pe categorii de înălțime din 0,5 în 0,5 m fiind reprezentată în figura 5.2.

Conform clasificării uzuale au fost identificate 63 de traverse, 84 de praguri (cu elevația până la 2,0 m exclusiv) și 138 de baraje (cu înălțimea utilă egală sau mai mare de 2,0 m).

5.1.4. Deschiderea la partea superioară a lucrării

În funcție de deschiderea la partea superioară a lucrărilor a fost făcută o încadrare a acestora pe categorii, mărimea categoriei fiind de 10 metri; a rezultat o distribuție destul de apropiată de distribuția normală. Cele mai multe dintre lucrări au deschiderea la partea superioară cuprinsă între 10 și 30 metri (71 %) (Fig. 5.3).

5.1.5. Deschiderea deversorului

În cazul de față, deschiderea deversorului a fost repartizată pe categorii de 5 metri lungime, numărul de lucrări aferent fiecărei categorii fiind cel arătat în figura 5.4. Cea mai frecventă este deschiderea din categoria 5...10 metri.

5.1.6. Înălțimea deversorului

Înălțimea deversorului este stabilită în funcție de sarcina în deversor, nivelul acestei sarcini corespunzând cotei până la care ajung apele în momentul viiturilor excepționale. Această dimensiune, împreună cu deschiderea deversorului, definește secțiunea deversantă, respectiv secțiunea prin care debitul maxim prognozat poate fi evacuat. Cele mai multe dintre lucrările luate în studiu au înălțimea deversorului între 0,5 și 1,5 m (Fig. 5.5).

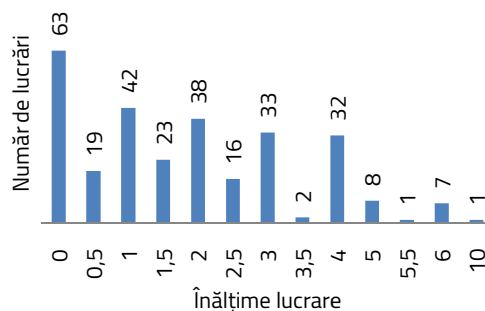


Fig. 5.2. Numărul de lucrări pe categorii de înălțime

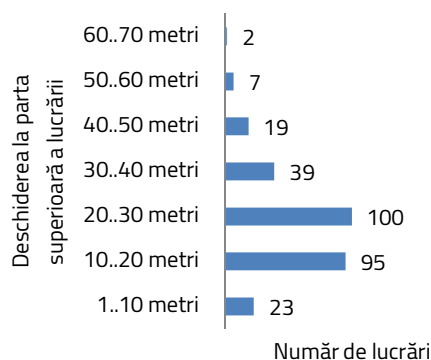


Fig. 5.3. Numărul de lucrări în funcție de deschiderea acestora la partea superioară

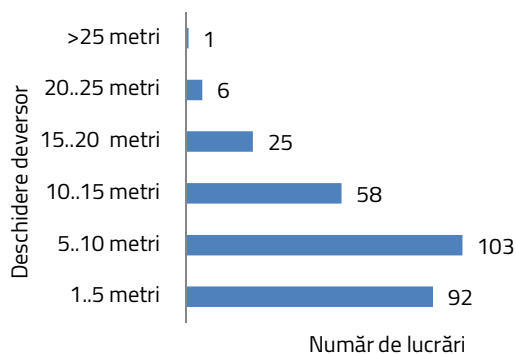


Fig. 5.4. Numărul de lucrări pe categorii de deschidere a deversorului

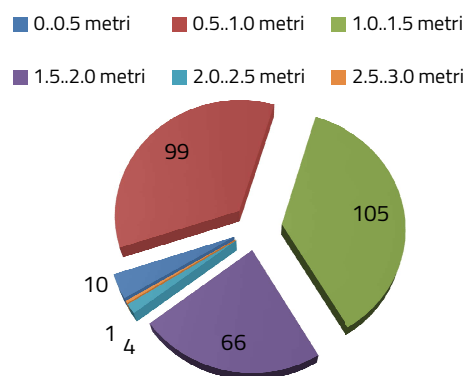


Fig. 5.5. Numărul de lucrări pe categorii ale înălțimii deversorului

5.1.7. Lungimea radierului

Dimensiunile radierului sunt în concordanță cu caracteristicile viiturilor torențiale, în special cu debitul care urmează a fi evacuat prin deversorul lucrării, lungimea radierului fiind adoptată în raport cu lungimea de bătaie a lamei deversante. Pentru cele 185 de radieri identificate la lucrările hidrotehnice transversale luate în studiu, a fost făcută o repartizare pe categorii de lungime, distribuția obținută fiind reprezentată în figura 5.6.

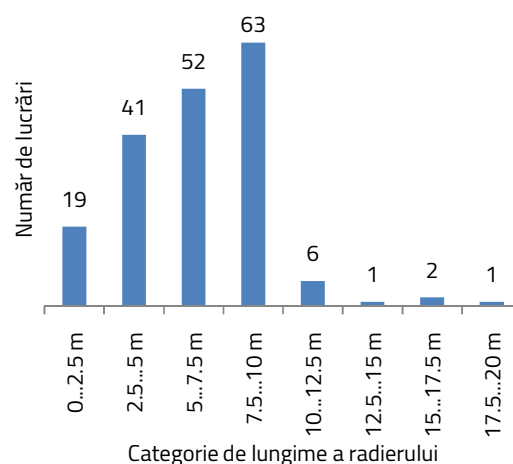


Fig. 5.6. Numărul de lucrări pe categorii ale lungimii radierului

5.1.8. Lățimea radierului

Lățimea radierului este distanța redusă la orizont dintre zidurile de conducere ale radierului, aceasta fiind stabilită în raport cu deschiderea deversorului la partea superioară. La lucrările studiate, lățimea maximă măsurată a fost de 26 de metri

5.1.9. Tipul disipatorului

Pentru lucrările hidrotehnice studiate am consemnat 118 radieri fără sistem de disipare, 65 cu placă disipatoare și două lucrări cu saltea disipatoare.

5.1.10. Vârsta lucrărilor

Cele mai vechi lucrări au fost puse în operă începând cu anul 1963 (Perimetrul Rebra Mare - BH Someș-Crasna) iar cele mai noi lucrări au fost identificate în bazinul hidrografic Repedea, unde punerea în operă s-a realizat în anul 2009.

Numărul lucrărilor hidrotehnice transversale a fost eșalonat pe categorii de vârstă, cu intervalul de 5 ani, repartizarea acestora fiind următoarea (Tab. 5.4):

Tab. 5.4. Numărul de lucrări pe categorii de vârstă

Categorie vârstă (ani)	0...5	5...10	10...15	15...20	20...25	25...30	30...35	35...40	40...45	45...50
Număr lucrări	43	74	0	13	8	79	25	20	18	5

5.2. Evenimentele comportamentale în perioada dintre inventarieri

5.2.1. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale la prima inventariere

Din numărul total de lucrări inventariate, la primul inventar au fost observate avarii la 77,2% dintre acestea, avaria cu frecvența cea mai mare fiind afuierea radierului (42,7% dintre lucrările cu radier).

În cazul decastrării, frecvența cea mai mare a fost identificată în bazinul torențial Valea Beiului, unde 7 lucrări au fost afectate de această avarie (35%).

Afuierea lucrării propriu - zise, avarie care pune în pericol stabilitatea lucrării, prin spălarea patului albiei și dezgolirea fundației, a afectat 23,9% din numărul total de lucrări.

Fisuri la nivelul corpului lucrării au fost observate la 11,9% dintre lucrări, frecvența maximă de apariție fiind semnalată pe Valea Jidoștița.

Desprinderea din zona deversată a fost identificată la 20,7% din lucrări, frecvența de apariție a avariei variind de la 2% (Pârâul Tigăile) la 89%; frecvența maximă a fost identificată la lucrările de pe Valea Vârdaleș.

În zona nedeversată, desprinderea a afectat 6,3% din numărul total de lucrări inventariate (18 lucrări), frecvența maximă de apariție fiind în perimetrul Rebra Mare.

La nivelul radierului, frecvența de apariție a desprinderii a înregistrat de asemenea o valoare însemnată; avaria a afectat 45 de piese (14,3%) din numărul total de 185 (cu radier).

Desprinderea contrabarajului, parte de lucrare identificată în doar două cazuri pe Valea Vârdaleș.

Afuierea radierului a fost identificată la 79 de lucrări hidrotehnice transversale (42,7%), cele mai multe din bazinul torențial Tigăi.

Eroziunea asupra radierului au fost identificată la 57 de lucrări (30,8%), cea mai mare frecvență de apariție fiind la lucrările de pe Valea Vârdaleș, unde 15 (83,3%) dintre cele 18 piese cu radier au fost afectate de acest eveniment.

Și în cazul zidurilor de conducere au fost consemnate diverse avarii. Fisuri au fost identificate la 18 lucrări (9,9%) dintre cele 181 care prezintă ziduri de conducere.

În cazul pintenului terminal, avariile semnalate la prima inventariere au avut frecvențe reduse de apariție; decastrări au fost măsurate asupra a 6 pinteni terminali (3,8%), desprinderi au fost observate la 7 lucrări (4,4%) iar eroziunea a afectat 10 pinteni terminali (6,3%).

Disfuncționalitățile, evenimente comportamentale ce pun în dificultate buna comportare a lucrărilor, au fost semnalate în majoritatea bazinelor luate în studiu, cea mai frecventă dovedindu-se a fi colmatarea radierului; aceasta a afectat 68,1% dintre lucrările cu radier.

5.2.2. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale la a doua inventariere

Analiza datelor din cel de-al doilea inventar a reflectat modificări în timp ale numărului de lucrări afectate de diverse avarii și disfuncționalități (Tab 5.6). Modificările au fost observate și asupra intensității evenimentelor comportamentale, fiind reflectate atât de variația indicelui de stare cât și de valorile gradientului indicelui de stare. Evoluția acestor evenimente a fost favorizată de lipsa operațiunilor de întreținere și reparații, fiind cauzată de viiturile torențiale produse în perioada raportată.

Așa se face că, la a doua inventariere, 276 de lucrări hidrotehnice transversale s-au găsit afectate de diverse evenimente comportamentale (97%), frecvența maximă de apariție fiind observată la eroziunea corpului lucrării propriu - zise, unde avaria s-a înregistrat la 61,8 % dintre piese (176); la polul opus se situează fisurarea pintenului terminal, înregistrată doar la 1,3% dintre lucrări (2 piese). Dintre disfuncționalități, vegetația lemnoasă instalată necontrolat în bieful amonte fost consemnată la 232 de lucrări (81,4 %).

Corpul lucrării propriu-zise, aflat în contact nemijlocit cu apele torențiale, a înregistrat un număr însemnat de avarii: decastrarea a afectat 63 de lucrări, afuierea a fost înregistrată în 95 de cazuri, fisurarea a fost identificată la 97 de piese, desprinderea în zona deversată a afectat 95 de lucrări iar cea din zona nedeversată 45 de lucrări, eroziunea s-a manifestat la 176 de lucrări.

Tab. 5.6. Date privind lucrările afectate de diverse avarii și disfuncționalități la al doilea inventar

Bazin hidrografic / perimetru de ameliorare	Specificații							Avarii																	Difuncționalități									
	Lucrări hidrotehnice transversale		Lucrări afectate de diverse avarii		Lucrări cu radier		Lucrări cu plăci disipatoare de energie	Lucrări cu ziduri de conducere	Lucrări cu pinten terminal	Decastrare lucrare	Afuliere lucrare	Fisurare lucrare	Desprindere în zona deversată	Desprindere în zona nedeversată	Eroziune lucrare	Fisurare radier	Desprindere în radier	Desprindere dinți disipatori	Desprindere contrabaraj	Afuliere radier	Eroziune radier	Fisurare ziduri de conducere	Desprindere în ziduri de conducere	Eroziune ziduri de conducere	Decastrare pinten terminal	Fisurare pinten terminal	Desprindere pinten terminal	Eroziune pinten terminal	Blocare deversor	Colmatare radier	Aterisament incomplet	Vegetație lemnoasă amonte	Vegetație lemnoasă aval	Reducere secțiune aval
	Nr	%	Nr.	Nr.	Nr.	Nr.																												
Pârâul Repedea	29	29	100	24	8	24	19	3	19	8	14	4	15	1	18	8	-	14	13	7	5	11	1	-	1	1	6	12	4	29	29	8		
Perimetrul Rebra Mare	7	7	100	5	0	5	2	1	1	2	3	4	4	-	2	-	-	-	2	2	3	3	-	-	-	1	3	3	3	7	7	-		
Valea Crăiasa	51	46	73	25	7	22	21	1	9	4	14	7	14	2	10	-	-	13	9	1	1	2	-	-	2	-	28	12	5	51	51	23		
Valea Beiului	20	20	100	5	0	5	3	10	14	8	2	3	4	-	-	-	-	4	-	1	-	3	-	-	-	-	2	3	9	20	20	5		
Valea Sohodol Runcu	17	17	94	11	0	10	8	2	6	4	7	-	9	-	5	-	-	2	5	-	4	-	2	-	3	2	4	6	8	17	17	-		
Valea Cetății	11	11	100	9	1	9	4	7	-	5	8	6	9	1	1	1	-	1	3	2	1	3	-	-	-	-	8	8	1	10	3	2		
Pârâul Adâncă de Jos	12	12	92	9	7	9	9	5	5	5	3	2	7	1	2	4	-	1	5	-	2	2	3	-	2	1	7	8	3	12	12	6		
Pârâul Tesla	13	13	100	1	1	1	1	2	12	3	3	1	12	-	-	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	9	1	1	4	3	12		
Pârâul Tigăile	47	43	87	35	20	35	35	12	11	23	3	2	38	2	4	3	-	27	24	1	1	2	1	2	-	20	26	33	9	19	17	45		
Pârâul Zimbru	17	17	100	12	6	12	12	4	5	5	4	1	14	-	2	3	-	8	9	1	-	5	1	-	2	7	12	11	-	10	8	17		
Pârâul Vidaș	5	5	100	5	5	5	5	-	-	4	-	1	2	-	-	-	-	2	2	1	1	1	1	-	1	-	1	5	2	-	3	1		
Valea Dracului	20	20	100	15	10	15	15	11	4	12	13	5	19	2	5	6	-	6	10	-	2	5	1	-	3	5	13	10	3	17	11	14		
Valea Vârdaș	19	19	100	18	2	18	16	2	6	5	18	8	18	-	16	-	2	10	15	8	11	12	1	-	3	2	7	10	5	19	19	13		
Valea Jidoștița	17	17	100	11	0	11	9	3	3	9	3	1	11	2	6	-	-	2	5	5	4	-	1	-	2	-	8	8	1	17	16	8		
Total / Medie (%)	285	276	97	185	67	181	159	63	95	97	95	45	176	11	71	26	2	91	103	30	36	49	12	2	19	39	134	130	54	232	216	154		

Dintre evenimentele comportamentale înregistrate la nivelul radierului, la cele 185 de lucrări cu radier, fisuri au fost găsite la 11 lucrări, la 71 au fost identificate desprinderi, 26 prezentau dislocarea dinților disipatori de energie iar afuierea a afectat 91 de lucrări. Cele două lucrări cu contrabaj au fost afectate de desprinderea acestei părți componente, iar eroziunile au afectat 103 lucrări.



Fig. 5.9. Devierea cursului de apă din cauza colmatarii radierului

Ziduri de conducere fisurate s-au găsit la 30 de lucrări, zidurile a 36 de lucrări au înregistrat desprinderi iar eroziunea a afectat zidurile a 49 de lucrări.

Pintenul terminal, identificat la 159 de lucrări hidrotehnice transversale, a fost afectat de decastrare în 12 cazuri, fisurarea s-a identificat în 2 cazuri iar desprinderea s-a înregistrat în 19 cazuri.

Disfuncționalități la lucrările hidrotehnice transversale din al doilea inventar au fost înregistrate la un număr însemnat de lucrări, instalarea necontrolată a vegetației în amonte fiind evenimentul comportamental ce a pus în dificultate un număr de 232 de lucrări.

5.2.3. Natura și frecvența evenimentelor comportamentale între inventarieri

Dacă dintre cele 285 de lucrări transversale luate în studiu, la data efectuării primului inventar s-a constatat că 65 nu prezentau nicio avarie, după al doilea inventar numărul lucrărilor rămase neafectate a fost de doar 23; dintre acestea: 15 lucrări sunt pe Valea Crăiasa, 6 se află pe Pârâul Tigăi și câte una pe Valea Sohodol-Runcu și Pârâul Adâncă de Jos – Tărlung.

În perioada dintre inventarieri au fost observate și "disparații" ale unora din avariile consemnate la prima inventariere, cum ar fi: decastrarea lucrării propriu-zise (la 2 lucrări), afuierea lucrării propriu-zise (la 8 lucrări) și afuierea radierului (în 12 cazuri); acest lucru a fost posibil datorită aluviunilor transportate de viituri, care au acoperit suprafețele afectate inițial. S-au identificat și lucrări unde eroziunea a "dispărut" (nu a mai fost semnalată): două cazuri la lucrarea propriu-zisă, 9 cazuri la radier și câte un caz la zidurile de conducere și pintenul terminal; "disparația" este datorată desprinderii ce a avut loc în perioada dintre inventarieri (Tab. 5.7).

Este de remarcat faptul că evenimentele comportamentale în perioada dintre cele două inventarieri au fost depistate în principal la lucrări ce suportaseră deja anumite afectări.

Cea mai frecventă avarie produsă în perioada dintre inventarieri este eroziunea asupra lucrărilor, identificată în număr mare atât în cazul lucrării propriu-zise, unde au fost afectate alte 108 piese (38%), cât și la nivelul radierului, unde alte 55 de radier au fost afectate (30%).

5.2.4. Impactul evenimentelor semnalate la prima inventariere asupra asocierii evenimentelor înregistrate în perioada dintre inventarieri

Lucrările hidrotehnice transversale care prezentau afuieri ale lucrării propriu-zise (68 de lucrări), între cele două inventarieri au înregistrat noi avarii, dintre care: la 19 lucrări au fost observate eroziuni, la 8 lucrări au apărut desprinderi în zona deversată, 7 lucrări au fost afectate prin fisurare, la 5 lucrări s-a identificat decastrarea lucrării propriu-zise, la alte 3 lucrări au apărut desprinderi în zona nedeverată, afuierea

radierului a fost identificată la alte 3 lucrări, în două cazuri au apărut eroziuni la nivelul zidurilor de conducere și la o lucrare s-au produs desprinderi ale zidurilor de conducere (Anexa 2).

De asemenea, la cele 79 de lucrări hidrotehnice transversale cu afuieri ale radierului la prima inventariere, în urma celui de-al doilea inventar au fost observate: 34 de lucrări cu noi eroziuni ale radierului iar la 15 radierे au fost înregistrate desprinderi (Fig. 5.11).

Evenimentul comportamental cu cel mai însemnat număr de lucrări afectate în al doilea inventar este eroziunea lucrării propriu-zise, înregistrată la alte 108 piese.

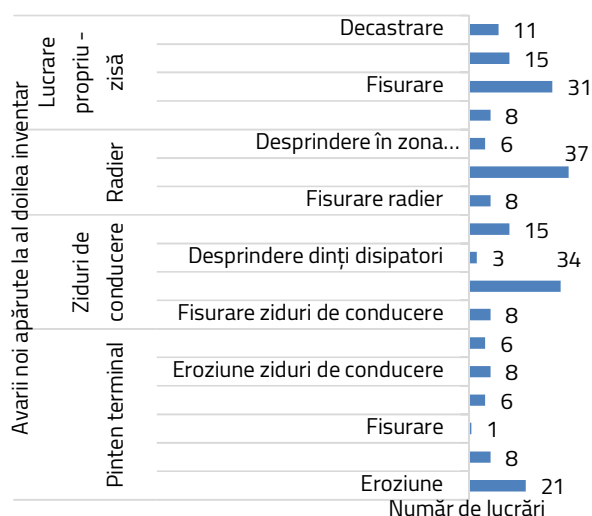


Fig. 5.11. Avariile consemnate la primul inventar pentru lucrările cu noi afuieri ale radierului

5.2.5. Intensitatea evenimentelor comportamentale în perioada dintre inventarieri

Privind intensitatea medie a avariilor au fost observate modificări între cele două inventarieri, cea mai mare diferență fiind înregistrată la eroziunea radierului, unde în urma unor desprinderi înregistrate la radier, cu intensități maxime de la 0,8 la 1,0 (desprindere de 100% în cazul a 7 radierे), intensitatea medie a eroziunii a scăzut de la 4,6 la 3,0. Din aceleași considerente și intensitatea fisurilor s-a redus de la 2,0 la 0,7, dar cu o diferență medie a majorării intensității fisurilor de 0,53.

5.3. Starea lucrărilor în perioada dintre inventarieri

5.3.1. Starea lucrărilor la prima inventariere

Din perspectiva indicelui de stare, raportat la vârsta lucrărilor (Fig. 5.13), cele mai reprezentative, sub raport numeric față de media populației, s-au dovedit a fi cele 79 de lucrări din categoria 25 – 30 ani, al căror indice de stare mediu este de 84,44, cu valori cuprinse între 100 și 35,39 (180 M 1 – Valea Crăiasa) și cu o abatere standard față de media categoriei de 13,53.

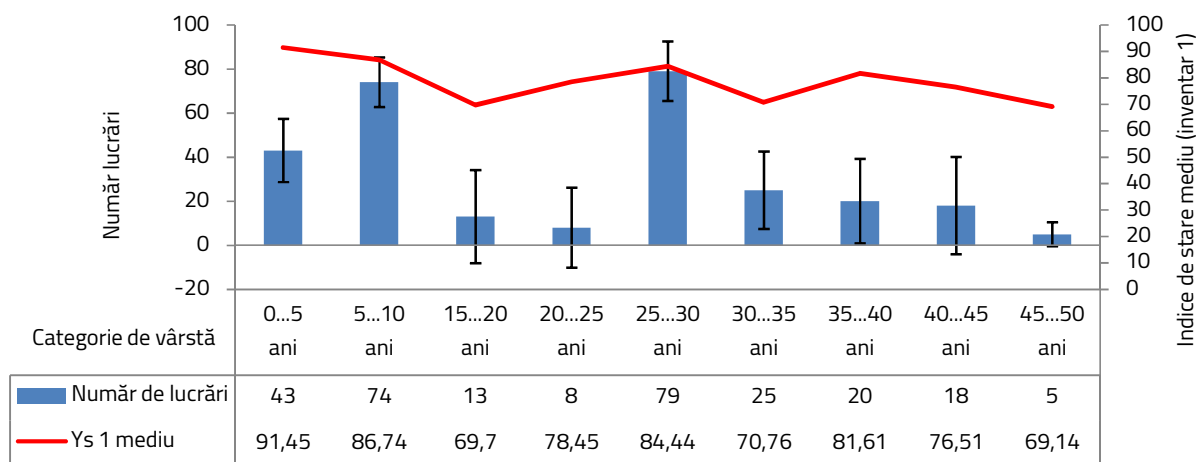


Fig. 5.13. Numărul de lucrări și indicele de stare mediu pe categorii de vârstă, la primul inventar

A fost urmărită și posibilă influență a materialelor de construcție asupra indicelui de stare mediu, datele arătând că lucrările din zidărie de piatră cu mortar de ciment s-au comportat mai bine. Indicele de stare mediu obținut pentru cele 128 lucrări este de 83,13, abaterea față de media populației fiind de 18,27 (Fig. 5.15); în această categorie sunt încadrate și lucrările filtrante din zidărie de piatră, precum și lucrările care prezintă asocieri de zidărie și alte materiale.

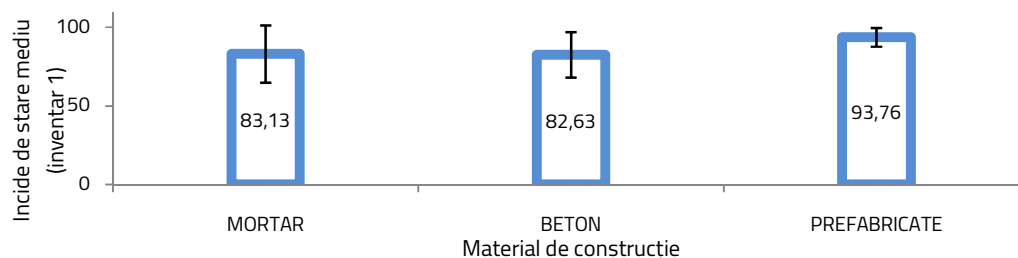


Fig. 5.15. Indicele de stare mediu pe categorii de materiale de construcție

Pentru caracterizarea calitativă a stării lucrărilor hidrotehnice transversale amplasate în diferite bazine hidrografice am utilizat o încadrare propusă anterior pe 5 categorii de stare a lucrărilor (Davidescu, 2013), după cum urmează (Tab. 5.10) (Y_s este indicele de stare):

- Categoria I - stare foarte rea ($Y_s \leq 20$);
- Categoria a II-a - stare rea ($20 < Y_s \leq 40$);
- Categoria a III-a - stare medie ($40 < Y_s \leq 60$);
- Categoria a IV-a - stare bună ($60 < Y_s \leq 80$);
- Categoria a V-a - stare foarte bună ($Y_s > 80$).

Tab. 5.10. Starea lucrărilor hidrotehnice transversale pe categorii de stare și bazine hidrografice amenajate la prima inventariere

Bazin hidrografic torențial / Perimetru de ameliorare	Număr lucrări	Indice de stare			Categorie de stare				
		Minim	Maxim	Mediu	1	2	3	4	5
Pârâul Repedea	29	42,71	100,00	75,36	-	3	7	16	3
Perimetrul Rebra Mare	7	34,24	100,00	68,57	-	1	3	2	1
Valea Crăiasa	51	35,49	100,00	93,1	-	1	3	7	40
Valea Beiului	20	27,72	100,00	75,46	1	-	5	10	4
Valea Sohodol Runcu	17	31,86	100,00	78,56	-	3	-	9	5
Valea Cetății	11	58,78	100,00	87,78	-	-	2	2	7
Pârâul Adâncă de Jos	12	53,24	100,00	84,72	-	-	1	8	3
Pârâul Tesla	13	47,24	100,00	77,74	-	1	1	8	3
Pârâul Tigăile	47	43,78	100,00	89,4	-	1	2	21	23
Pârâul Zimbru	17	76,23	100,00	89,26	-	-	-	8	9
Pârâul Vidaș	5	84,30	94,29	90,27	-	-	-	2	3
Valea Dracului	20	68,03	100,00	88,48	-	-	1	12	7
Valea Vârdaleș	19	42,47	95,40	64,19	-	2	13	3	1
Valea Jidoștița	17	23,46	97,61	74,67	1	1	5	8	2
Total / Medie ponderată	285	44,30	99,45	83,09	2	13	43	116	111

5.3.2. Starea lucrărilor la a doua inventariere

La cea de a doua inventariere, din punctul de vedere al vârstei lucrărilor, cele mai afectate lucrări s-au dovedit a fi piesele cu vârsta de 25 – 30 ani, cu un indice de stare mediu de 71,5, urmate de lucrările cu vârsta de 20 – 25 ani, pentru care indicele de stare mediu a rezultat egal cu 73,86. Cea mai mare valoare a indicelui de stare (91,6) a fost obținută pentru lucrările încadrate în prima categorie de vârstă 5 – 10 ani (Fig. 5.16).

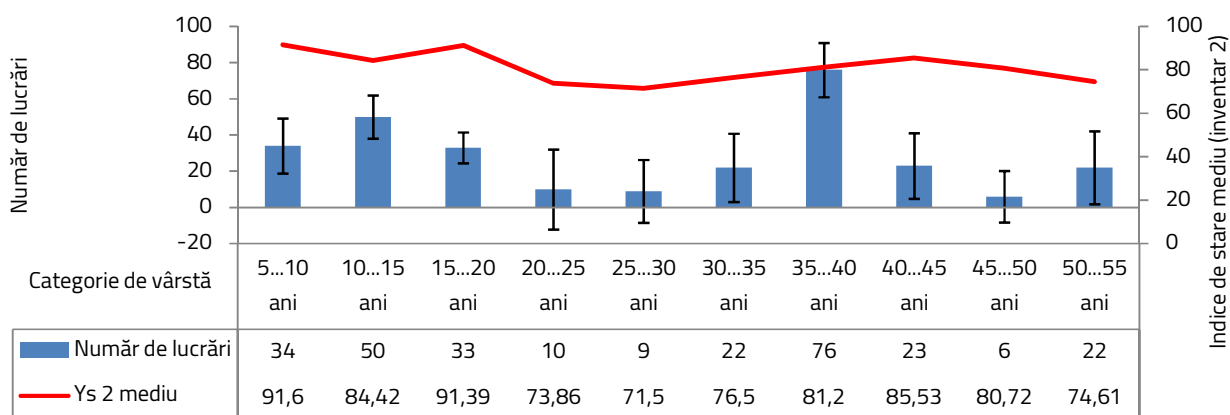


Fig. 5.16. Numărul de lucrări și indicele de stare mediu pe categorii de vârstă, la al doilea inventar

Dintre cele trei mari categorii de materialele de construcție, cele care au obținut cea mai mică valoare a indicelui de stare mediu au fost lucrările din beton ($Ys_2 = 72,69$), urmate de lucrările din zidărie de piatră cu mortar de ciment (76,37) și piesele din elemente prefabricate (80,58) (Fig. 5.18)

Dintre cele trei mari categorii de materialele de construcție, cele care au obținut cea mai mică valoare a indicelui de stare mediu au fost lucrările din beton ($Ys_2 = 72,69$), urmate de lucrările din zidărie de piatră cu mortar de ciment (76,37) și piesele din elemente prefabricate (80,58) (Fig. 5.18)

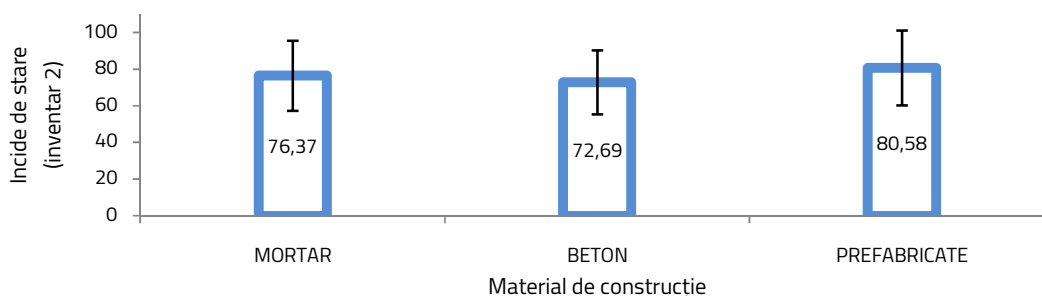


Fig. 5.18. Numărul de lucrări și indicele de stare mediu pe categorii de materiale de construcție, la al doilea inventar

În urma prelucrării datelor și a defalcării rezultatelor pe bazine torențiale au fost obținute noile valori ale indicelui de stare mediu pe bazin. Din perspectiva avariilor și a variației (procentuale) a indicelui de stare, cel mai afectat bazin hidrografic s-a dovedit a fi Pârâul Repedea, unde în urma viiturilor torențiale din anul 2012, multe dintre lucrări au fost grav avariate, ceea ce s-a reflectat și asupra categoriei de stare.

În raport cu numărul de piese afectate de fiecare avarie s-a observat că numărul acestora a crescut, ceea ce a condus la variații ale indicelui de stare mediu pe evenimente comportamentale, diferența maximă dintre indici fiind observată la lucrările afectate de desprinderi ale dinților disipatori, unde, în pofida

numărului mic de lucrări afectate a fost observată cea mai mare descreștere a indicelui de stare (-13,96), de la 82,77 la 68,81. Această descreștere este datorată impactului asocierii evenimentelor comportamentale (de maxim 12 la număr), dar în special desprinderii din corpul radierului, avarie care a afectat toate cele 6 lucrări cu desprinderi ale dinților disipatori.

5.3.3. Modificări survenite în starea lucrărilor în perioada dintre inventarieri

Deși majoritatea lucrărilor au fost afectate de mai multe avarii, variații pronunțate ale indicelui de stare au putut fi constatate și la lucrările ce au suferit un număr mic de evenimente comportamentale (chiar și unul singular), dar cu intensități mari de manifestare.

Datele arată că lucrările de pe Valea Adâncă de Jos au înregistrat cea mai mare descreștere, de 17,64 (20,8%), scăderea având loc de la $Y_{s1} = 84,72$ la $Y_{s2} = 67,08$ și a fost datorată evenimentelor comportamentale ce au condus la scăderi ale indicelui de stare de până la -63,28 (lucrarea 60 B 0). Pe această vale au fost observate și valori pozitive ale diferenței dintre variației indicii de stare, cea mai mare valoare fiind 18,99 unități (piesa 90 B 0) (Tab.5.13).

Tab. 5.13. Diferențe între indicele de stare mediu în bazinele analizate, în urma celor două inventarieri

Bazin hidrografic torențial / Perimetru de ameliorare	Număr de lucrări	Ys 1	Ys 2	Diferența		Amplitudine variație	
						Ys	Ys
						Minim	Maxim
Pârâul Repedea	29	75,36	58,89	-16,47	-21,9%	-52,23	1,04
Perimetrul Rebra Mare	7	68,57	57,30	-11,27	-16,4%	-26,01	0,36
Valea Crăiasa	51	93,10	82,91	-10,19	-10,9%	-59,27	0
Valea Beiului	20	75,46	72,05	-3,41	-4,5%	-19,38	0,33
Valea Sohodol Runcu	17	78,56	76,05	-2,51	-3,2%	-14,42	0
Valea Cetății	11	87,78	80,75	-7,03	-8,0%	-22,99	5
Pârâul Adâncă de Jos	12	84,72	67,08	-17,64	-20,8%	-63,28	18,99
Pârâul Tesla	13	77,74	65,82	-11,92	-15,3%	-71,64	8,22
Pârâul Tigăile	47	89,40	82,20	-7,20	-8,1%	-38,06	10,96
Pârâul Zimbru	17	89,26	80,83	-8,43	-9,4%	-39,64	5,38
Pârâul Vidaș	5	90,27	87,92	-2,35	-2,6%	-9,57	5,35
Valea Dracului	20	88,48	76,10	-12,38	-14,0%	-30,96	14,83
Valea Vârdaleș	19	64,19	59,75	-4,44	-6,9%	-21,52	6,45
Valea Jidoștița	17	74,67	75,35	0,68	0,9%	-8,59	11,37
Total / Medie	285	83,09	74,51	-8,86	-10,1%	-	-

5.4. Evoluția stării lucrărilor în raport cu natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale

Pentru a se răspunde celui de-al 4 - lea obiectiv al cercetărilor, începând cu subcapitolul de față și continuând cu următoarele patru (§5.5... §5.8), în prezentarea și discutarea rezultatelor va fi implicat, pe lângă indicele de stare și gradientul indicelui de stare. Prin această paradigmă metodologică se face trecerea de la caracterizarea stării de moment a lucrărilor (la momentul celor două inventarieri) la cunoașterea evoluției stării lucrărilor în perioada dintre inventarieri (ritmul mediu anual de modificare a stării fizice a lucrărilor). Este de remarcat că valorile cu semn negativ ale gradientului arată o "deprecieri" a

stării lucrărilor, cu atât mai importantă cu cât modulul valorilor obținute este mai mare. Dimpotrivă, valorile cu semn pozitiv ale gradientului arată o "apreciere" a stării lucrărilor.

5.4.1. Starea lucrărilor indusă de avarii ale lucrării propriu – zise

5.4.1.1. Decastrarea lucrării propriu – zise

Decastrarea reprezintă evenimentul comportamental prin care se pierde legătura dintre aripa lucrării transversale și malul în care aceasta își are punctul de sprijin. Evenimentul este cauzat, în general, de fenomene de mal (subspălări, surpări de maluri, alunecări de teren etc.) prin care are loc spălarea sau dislocarea malului în care lucrarea este încastrată.



Fig. 5.22. Lucrarea 90 BCF 2.0 - Pârâul Vinderel

(Foto: Mihalache, 2017)

La prima inventariere, au fost identificate 24 de lucrări afectate de decastrare (8,4%), distribuția pe bazine hidrografice fiind următoarea: câte o lucrare în Perimetrul Rebra Mare și în bazinele Crăiasa, Adâncă de Jos și Zimbru, câte două lucrări cu decastrări au fost identificate în bazinele Sohodol Runcu, Tesla, Valea Dracului, Vârdaleș și Jidoștița, 3 lucrări cu decastrări au fost observate în bazinul Tigăi și 7 lucrări în Valea Beiului.

La a doua inventariere, frecvența de apariție a avariei a avut valori maxime în bazinul Tigăile, unde 12 noi lucrări au fost identificate cu decastrări; alte 11 lucrări decastrate au fost observate pe Valea Dracului, 10 pe Valea Beiului și 7 lucrări în Valea Cetății.

Pentru cele 24 de lucrări care prezentau această avarie la primul inventar, intensitatea medie a decastrărilor nu a înregistrat mari variații în perioada dintre inventarierii. La 15 dintre acestea intensitatea avariei nu s-a modificat, la două lucrări majorarea de intensitate a fost de 0,42 pentru lucrarea 170 B 1,0 - Valea Beiului și de 0,85 la lucrarea 150 B 4,0 - Pârâul Adâncă de Jos, iar la alte 5 lucrări au fost observate reduceri ale intensității, cu valori cuprinse între -0,79 și -0,05.

5.4.1.2. Afuierea lucrării propriu – zise

Afuierea reprezintă avaria provocată de acțiunea erozivă a lamei deversante în imediata apropiere aval a lucrării. Se produce în special la lucrările care nu prezintă construcții anexe în bieful aval și poate lua diverse forme și dimensiuni, stadiul incipient fiind dat de spălarea superficială a patului albiei în zona de bătaie a lamei deversante. Afuierea poate avansa până la dezgolirea întregii tălpi a fundației, caz în care se

poate ajunge la „plutirea” lucrării (Fig. 5.25), urmată de ruperea și scoaterea din uz a acesteia (Fig. 5.30), precum și de punerea în pericol a obiectivelor periclitare (Davidescu 2013).

Intensitatea medie a afuierii, la prima inventariere, a fost de 0,17, cu o adâncime medie de 88 centimetri și o proporție medie de avariere de 77%. Intensitatea maximă (1,8) a fost observată la lucrarea 10 B 0 – Pârâul Tesla, care prezenta o afuieră de 1,8 metri adâncime pe 100% din deschiderea deversorului.

Pentru cele 68 de lucrări depistate cu afuieră încă de la primul inventar, s-a constatat o creștere a intensității medii a acestui eveniment, de la 0,70 la 0,81, în calculul acestor medii fiind incluse și cele 8 lucrări unde afuieră a „dispărut” în perioada dintre inventarierii. Gradientul mediu al indicelui de stare este de -0,74 unități/ an.

Dacă s-ar face abstracție de cele 8 lucrări, intensitatea medie a afuierii ar fi de 0,72 la prima inventariere și de 0,92 la a doua inventariere, cu un gradient mediu de -0,94 unități/ an.

La cea de-a doua inventariere, intensitatea medie pentru cele 95 de lucrări afuiate a fost de 0,82, cu o adâncime medie a afuierii de 0,96 metri și o proporție medie de avariere de 81,4%; intensitatea maximă (de 2,5) s-a înregistrat la două lucrări: 42 M 4,0 – Ravena 1 UP V – Valea Sohodol Runcu, respectiv 23 B 0 – Pârâul Nanului. Indicele de stare pentru aceste lucrări a înregistrat o descreștere, de la $Ys_1 = 75,5$ la $Ys_2 = 63,2$, gradientul indicelui de stare rezultând de -1,74 unități/ an (Tab. 5.15).



Fig. 5.25. Lucrarea 23 B 0 – Pârâul Nanului
(Mihalache, 2019)

Tab. 5.15. Date asupra lucrărilor cu afuieră

Specificații	Număr de lucrări afectate	Lucrări afectate (%)	Intensitate avarie		Indice de stare		Gradient stare Gs
			Inventar		Inventar		
			1	2	1	2	
Inventar 1	68	24	0,697	0,814	69,0	64,4	-0,74
Inventar 2 (total)	95	33	0,456	0,823	75,7	63,2	-1,74
Lucrări cu avarii doar la inventar 2	35	12	-	0,653	87,8	64,0	-3,11
Lucrări la care avaria a „dispărut”	8	3	0,509	-	71,1	76,5	0,76

5.4.1.3. Fisurarea lucrării propriu – zise

Fisurile se prezintă sub forma unor crăpături în diverse părți ale lucrării, apariția acestora fiind cauzată de diverși factori cum ar fi: depășirea efortului de întindere admis, tasările inegale ale terenului, șocuri puternice cu suprafețe mici de impact asupra unor părți din lucrare (bușteni transportați de viiturile torențiale), rosturi de turnare etc. (Davidescu, 2013).

La prima inventariere au fost identificate 34 de lucrări cu fisuri (12%), cele mai multe (8 piese) în bazinul Jidoștița.

La finalul celui de-al doilea inventar, evenimentul de fisurare afecta 97 de lucrări hidrotehnice transversale.

Piese din beton s-au dovedit mai vulnerabile la fisurare, atât din perspectiva frecvenței de apariție (66 de piese în total) cât și ca intensitate de manifestare, aceasta din urmă dublându-și valoarea, de la 0,120 (primul inventar) la 0,242 (al doilea inventar) (Tab. 5.17). Această constatare este întărită și de gradientul mediu, care pentru lucrările din beton este de -1,20 unități/ an în timp ce pentru piesele din zidărie s-a obținut -0,95 unități/ an.



Fig. 5.28. Fisură verticală care a generat ruperea zonei deversate a lucrării 9 B 0 - Pârâul Tigăi (Mihalache, 2019)

5.4.1.4. Desprinderea în zona deversată

Desprinderea (sau dislocarea unor fragmente) este avaria prin care diferite părți ale corpului lucrării sau ale altor componente își pierd legătura între ele. Evenimentul poate fi însoțit sau nu de deplasarea sau răsturnarea părților desprinse, aspect care poate conduce fie la o degradare bruscă (Fig. 5.29) fie la o degradare progresivă a stării fizice. Evenimentul este cauzat, în general, de evoluția fisurilor, factorul primordial fiind acțiunea apelor și solicitările dinamice specifice viiturilor torențiale, frecvent încărcate cu aluviuni, flotați etc. (Davidescu, 2013).

La prima inventariere a lucrărilor au fost identificate 59 de piese cu desprindere în zona deversată, cele mai multe fiind situate pe Valea Vârdales - 17 lucrări.

Intensitatea medie a avariei pentru cele 59 de lucrări amintite a fost de 0,20, aceasta majorându-se până la de 0,26 la finalul celui de-al doilea inventar (Tab. 5.19).

Tab. 5.19. Date privind lucrările cu desprindere în zona deversată

Specificații	Material	Număr lucrări afectate	Intensitate desprindere		Indice de stare Y_s		Gradientul de stare G_s
			Inventar 1	Inventar 2	Inventar 1	Inventar 2	
Lucrări cu desprindere la inventar 1	Beton	19	0,03	0,33	82,96	72,88	-1,554
	Zidărie	40	0,06	0,23	83,23	76,43	-0,844
	Total	59	0,20	0,26	70,09	61,72	-1,073
Lucrări cu desprindere doar la inventar 2	Beton	19	0,00	0,20	81,21	63,68	-2,375
	Zidărie	16	0,00	0,08	89,06	74,69	-1,816
	Total	35	0,00	0,14	84,80	68,72	-2,119
Lucrări cu desprindere la final inventar 2	Beton	38	0,11	0,26	76,40	61,36	-1,964
	Zidărie	56	0,14	0,18	75,00	66,34	-1,122
	Total	94	0,13	0,22	75,57	64,33	-1,462



$Y_5 = 78,62$ - anul 2010

Radier: Desprindere radier – 30%;

Desprindere dinți disipatori – 21/21;

Înălțime aterisament – 2m.



$Y_5 = 41,98$ - anul 2017

Corp lucrare: Desprindere zonă deversată – 70%;

Eroziune lucrare propriu-zisă – 10 cm/ 30%

Radier: Afuiere – 1,2 m/ 100%;

Desprindere radier – 80%;

Desprindere zid de conducere dreapta – 100%;

Pinten terminal: Desprindere zona centrală – 30%;

Înălțime aterisament – 0 m.

Fig. 5.29. Lucrarea 17 B 2.0 - Valea Repedea, B.H. Tisa (Mihalache, 2017)

Cu ocazia celei de-a doua inventarieri s-a constatat că alte 35 de lucrări sunt afectate de această avarie, cele mai multe fiind identificate pe Valea Repedeș – 9 cazuri. Pentru aceste 35 de lucrări intensitatea medie a avariei este de 0,14, care, alături de alte evenimente comportamentale asociate, au condus la o descreștere a indicelui de stare de la $Y_{S1} = 84,8$ la $Y_{S2} = 68,7$.

La finalul celui de-al doilea inventar, 94 de lucrări erau afectate de desprindere în zona deversată (Anexa 3), intensitatea medie a avariei fiind de 0,22. Indicele de stare mediu este de 64,33 iar gradientul stării (G_s) este de -1,46 unități/an. Gradientul mediu pentru lucrările cu desprindere în zona deversată încă de la primul inventar este de -1,07 unități/ an iar pentru lucrările la care avaria a apărut în perioada dintre cele două inventarieri gradientul mediu este de -2,12 unități/ an.

5.4.1.5. Desprinderea în zona nedeversată

Desprinderea în zona nedeversată constă din detașarea unor porțiuni din corpul aripilor sau din desprinderea totală a întregii porțiuni laterale, putând avea cauze diverse. Gravitatea maximă apare la detașarea totală a uneia dintre cele două elemente laterale ale lucrării, în urma căreia apele de viitură se concentrează înspre zona nedeversată, unde în urma coborârii talvegului cursului de apă, poate avea loc spălarea aterisamentului din cuveta barajului și subspălarea terenului de fundare, în final lucrarea fiind scoasă din uz (Davidescu, 2013). A fost observat un astfel de caz la lucrarea 90 BCF 2,0 - Valea Vinderel, care însă nu face parte din prezentul studiu (Fig. 5.22).

La prima inventariere a lucrărilor, desprinderea în zona nedeversată a fost identificată la un număr de 17 lucrări hidrotehnice transversale, cele mai multe piese cu această avarie fiind observate pe Valea Vârdales, între cele două inventarieri, încă 28 de lucrări au fost afectate de desprindere în zona nedeversată.

Dintre cele 28 de lucrări la care desprinderea s-a depistat doar la a doua inventariere, cele mai multe au fost pe Valea Crăiasa.

5.4.1.6. Eroziunea lucrării propriu – zise

Este provocată de acțiunea continuă (sau intermitentă) a apelor încărcate cu aluviuni, care duc la spălarea și roaderea materialelor din care sunt construite lucrările. Este întâlnită preponderent în zona deversată, aflată în contact nemijlocit cu apele torențiale, frecvent fiind erodat mortarul din rosturile zidăriei de piatră cu mortar de ciment și stratul de beton de la suprafața construcției.

La prima inventariere, numărul de lucrări afectate de eroziune a fost de 70, cele mai multe fiind pe Valea Vârdales.

După cel de-al doilea inventar au fost identificate alte 108 lucrări (38%) la care s-a produs eroziunea (Anexa 3), cele mai multe fiind situate în bazinul Tigăi (38 de lucrări). Intensitatea medie de manifestare a avariei a fost de 3,1, ceea ce a dus la o scădere a indicelui de stare de la 87,34 la 75,75 (inventar 2).



Fig. 5.33. Lucrarea 10 BF 5,0 – Valea Tigăi afectată de eroziune la nivelul lucrării propriu - zise
(Foto: Mihalache, 2019)

Gradientul stării pentru aceste lucrări, de -1,38 unități/ an, reflectă avariile prezente încă de la prima inventariere dar și noile avarii apărute între timp.

Între cele două inventarieri s-au depistat și două cazuri de "dispariție" a avariei, la lucrarea 1 B 0 - Valea Repedea, respectiv lucrarea 20 B 4,0 - Valea Beiului (Tab. 5.21).

Tab. 5.21. Date referitoare la lucrările afectate de eroziune în corpul lucrării

Specificații	Număr de lucrări hidrotehnice afectate		Intensitate avarie		Indice de stare Ys		Gradientul stării Gs
	Număr	%	Inventar		Inventar		
			1	2	1	2	
Inventar 1	70	25	4,307	6,398	73,98	67,26	-0,98
Inventar 2 (total)	176	62	1,594	4,448	82,15	72,56	-1,21
Lucrări avariate între inventare	108	38	0,000	3,101	87,34	75,75	-1,38
Lucrări la care avaria a "dispărut"	2	1	10,500	0,000	76,7	59,3	-2,61

5.4.2. Starea lucrărilor indusă de avarii ale radierului

5.4.2.1. Desprinderea în radier

Detașarea unor fragmente din corpul radierului se produce prin manifestarea altor avarii, cea mai frecventă fiind fisurarea, care poate evolua în eroziune și, ulterior, în desprindere. Aceasta din urmă poate afecta proporții diferite ale radierului, cu variații atât în suprafață (Fig. 5.34) cât și în adâncime.

La prima inventariere au fost identificate 45 de radiere cu desprindere extinsă între 2% și 100%, cele mai multe lucrări afectate (15) au fost găsite în Valea Vârdales.

Numărul de lucrări la care avaria a apărut în perioada dintre inventarieri totalizează 26 de piese, cele mai multe de pe Valea Crăiasa (Anexa 1); intensitatea medie a avariei a fost de 0,213 (cu desprinderi de la 1% la 90%), indicele mediu de stare a înregistrat o scădere, de la 88,50 (la primul inventar – radiere fără desprinderi) la 72,38 (al doilea inventar, radiere desprinse în diferite proporții), gradientul mediu al lucrărilor cu desprindere la radier fiind de -2,02 unități/an (Tab. 5.22).



Fig. 5.34. Desprinderea totală a radierului

Lucrarea 3 B 4,0 - Pârâul Repedea

(Foto: Mihalache, 2017)

Tab. 5.22. Date referitoare la lucrările afectate de desprindere în radier

Specificații	Număr de lucrări hidrotehnice afectate	Intensitate avarie		Indice de stare (Ys)		Gradientul stării Gs
		Inventar		Inventar		
		1	2	1	2	
Inventar 1	45	0,422	0,545	62,89	55,56	-1,06
Inventar 2 (total)	71	0,268	0,423	72,26	61,72	-1,41
Lucrări avariate între inventare	26	0,000	0,213	88,50	72,38	-2,02

La finalul celui de-al doilea inventar, 71 de radier au fost identificate cu desprindere, intensitatea avariei fiind între 0,01 și 1,0, cu o valoare medie de 0,423 (Tab. 5.22). Indicele de stare al acestor lucrări a variat de la 72,26 la 61,72, gradientul mediu fiind de -1,41 unități/ an.

5.4.2.2. Afuierea radierului

Afuierea radierului constă din reducerea cotei albiei în imediata vecinătate aval a pintelului terminal (Fig. 5.35), ducând într-un final la dezgolirea fundației pintelului; în acest fel sunt puse în pericol pintelul, radierul și zidurile de sprijin (Davidescu, 2013).

La prima inventariere au fost identificate 79 de radier afuiate (Tab.5.23), la finalul celui de-al doilea inventar, pentru 12 dintre cele 79 de lucrări, afuierea a fost estompată datorită aluviunilor depuse, adâncimea care a fost acoperită variind între 0,3 și 2,0 metri; iar la finalul celui de-al doilea inventar, 91 de lucrări se prezentau cu radierul afuiat (Anexa 3).



Fig. 5.35. Afuiere a radierului

Lucrarea 11 B 2,5 - Pârâul Nanului

(Foto: Mihalache, 2019)

Tab. 5.23. Date referitoare la lucrările afectate de afuiere la radier

Specificații	Număr de lucrări afectate	Intensitate avarie		Indice de stare (Ys)		Gradientul stării (Gs)
		Inventar		Inventar		
		1	2	1	2	
Inventar 1	79	0,813	0,808	83,29	73,27	-1,13
Inventar 2 (total)	91	0,597	0,811	84,60	74,48	-1,15
Lucrări avariate între inventare	24	0,000	0,415	87,67	74,93	-1,59
Lucrări cu afuiere persistentă încă de la prima inventariere	67	0,811	0,953	83,50	74,32	-0,99
Lucrari la care avaria a "dispărut"	12	0,829	0,000	82,1	67,4	-1,90

5.4.2.3. Eroziunea radierului

Eroziunea este procesul prin care straturile succesive ale materialelor de construcție sunt spălate, adesea cele aflate în zona de concentrare și de bătaie a lamei deversante, zona din apropierea lucrării fiind cea mai expusă la acest tip de avarie.



Fig. 5.37. Eroziunea radierului la lucrarea 11 B 2,0 Pârâul Tigăi (Foto: Mihalache, 2020)

Din numărul total de 185 de radier, la prima inventariere au fost semnalate eroziuni la 57 dintre piese (31%).

Pentru cele 57 de lucrări identificate cu eroziune la radier la prima inventariere, intensitatea medie a avariei a fost de 4,586 cu o intensitatea maximă de 32 (adâncime de 40 cm pe 80% din suprafață).

La finalul celui de-al doilea inventar, alte 55 de lucrări au fost găsite cu eroziune a radierului, cele mai multe în bazinul Tigăi, unde 24 dintre cele 35 de lucrări (cu radier) au fost afectate de noi eroziuni (Anexa 1).

5.4.3. Starea lucrărilor indusă de avarii ale zidurilor de conducere

5.4.3.1. Fisurarea zidurilor de conducere

Acest tip de avarie constă în prezența unor crăpături apărute la suprafața corpului zidurilor de conducere din cauze diverse. Fisurile pot fi de suprafață, urmare a unor deficiențe de turnare și fisuri profunde, datorate unor șocuri sau tensiuni interne, acestea fiind cele care pun în pericol lucrarea hidrotehnică.

La prima inventariere au fost identificate 18 (10%) lucrări ale căror ziduri de conducere prezentau fisuri, intensitatea medie fiind de 0,36, cu variații între 0,019 și 1,203, indicele de stare mediu pentru aceste lucrări fiind de 75,40, cu valori cuprinse între 42,47 și 97,61.

La finalul celei de-a doua inventariere, numărul lucrărilor afectate a crescut la 30, intensitatea medie a fisurilor fiind de 0,35, cu o minimă de 0,017 și o maximă de 1,203, indicele de stare fiind de 71,22.

5.4.3.2. Desprinderea în zidurile de conducere

Desprinderea în zidurile de conducere este reprezentată de diferitele porțiuni detașate din corpul zidului, cea mai severă situație la care poate conduce evenimentul fiind dislocarea totală a zidului. În acest caz, întreaga lucrare este pusă în pericol iminent în urma pierderii umpluturii din spatele zidului, aripile lucrării propriu-zise fiind lăsate fără sprijin în aval.

La prima inventariere au fost identificate 21 de lucrări afectate de acest eveniment, cele mai multe pe Valea Vârdaleș (7 lucrări).

Între cele două inventariere, desprinderea în zidurile de conducere a fost depistată la 16 lucrări hidrotehnice transversale, cele mai multe cazuri fiind observate în bazinul Repedeș (5 cazuri) și pe Valea Vârdaleș (11 cazuri).

Pentru cele 36 de lucrări identificate cu desprindere în zidurile de conducere la finalul inventarului al doilea, intensitatea avariei s-a majorat de la 0,11 la 0,23, indicele de stare mediu a scăzut de la 70,42 la 59,48, iar gradientul mediu al indicelui de stare a obținut valoarea de -1,52 (Tab. 5.25).

Tab. 5.25. Date privind lucrările cu zidurile de conducere afectate de desprindere

Specificații	Material de construcție	Număr de lucrări afectate	Intensitate avarie		Indice de stare Y_s		Gradientul stării G_s
			Inventar		Inventar		
			1	2	1	2	
Lucrări identificate la inventar 1	Zidărie (M)	18	0,032	0,274	83,25	75,69	-0,769
	Beton (B)	3	0,003	0,058	84,52	73,98	-1,547
	Total	21	0,190	0,243	61,26	55,47	-0,880
Lucrări identificate la inventar 2	Zidărie (M)	28	0,134	0,240	66,30	57,84	-1,189
	Beton (B)	8	0,016	0,182	84,82	65,23	-2,694
	Total	36	0,108	0,227	70,415	59,48	-1,524
Lucrări cu avarie doar la inventar 2	Zidărie (M)	10	0,000	0,178	80,44	65,84	-1,945
	Beton (B)	6	0,000	0,213	88,49	65,77	-3,103
	Total	16	0,000	0,191	83,45	65,81	-2,379
Lucrări la care a "dispărut" avaria	Beton (B)	1	0,100	0,000	86,85	76,60	-1,710

5.4.3.3. Eroziunea zidurilor de conducere

Din numărul total de lucrări dotate cu ziduri de conducere (181 piese), la prima inventariere au fost identificate 29 (16%) cu eroziune asupra zidurilor de conducere, cele mai multe fiind pe Valea Vârdales (Anexa 1).

Între cele două inventarieri, încă 21 de noi cazuri au fost consemnate cu acest eveniment (Anexa 3), intensitatea medie fiind de 1,45 (la inventarul 2). Indicele de stare mediu a scăzut de la 85,78 la 70,98, gradientul mediu fiind de -1,75.

la sfârșitul celui de-al doilea inventar, numărul lucrărilor cu ziduri de conducere afectate de eroziune era de 49 (27%). Pentru acestea, intensitatea medie a fost de 1,91 iar indicele de stare a înregistrat o diferență de aproximativ 10 unități, de la 77,67 la 67,00, cu un gradient mediu de -1,37 (Tab. 5.26).

Tab. 5.26. Date privind eroziunea la zidurile de conducere

Specificații	Lucrări afectate		Intensitate avarie		Indicele de stare Ys		Gradientul stării Gs
	Număr lucrări	%	Inventar		Inventar		
			1	2	1	2	
Inventar 1	29	16	2,20	2,18	70,58	63,14	-1,08
Inventar 2	49	27	1,24	1,91	77,67	67,00	-1,37
Lucrări cu avarie doar la inventar 2	21	12	0	1,45	85,78	70,98	-1,75
Lucrări la care a „dispărut” avaria	1	1	3	3,00	42,47	38,40	-0,68

5.4.4. Starea lucrărilor indusă de avarii ale pintenului terminal

5.4.4.1. Decastrarea pintenului terminal

Acest tip de avarie duce la pierderea legăturii dintre pintenul terminal al lucrării și malul în care își are sprijinul. Pierderea acestei legături poate antrena avarii severe datorită instabilității construcției hidrotehnice, decastrarea pintenului terminal punând în pericol radierul și zidurile de conducere, elementul lor principal de sprijinire în aval.

La prima inventariere au fost găsite 6 lucrări cu decastrare la pintenul terminal, din care 2 cazuri pe Valea Sohodol Runcu.

Pentru aceleași 6 lucrări, la al doilea inventar, intensitatea medie a decastrării s-a redus până la 0,395.

Tab. 5.28. Date privind lucrările cu decastrare la pintenul terminal

Specificații	Lucrări afectate		Intensitate avarie		Indice de stare Ys		Gradientul stării Gs
	Număr de lucrări	%	Inventar		Inventar		
			1	2	1	2	
Inventar 1	6	3	0,442	0,395	67,7	62,9	-0,85
Inventar 2 (total)	12	7	0,191	0,324	77,0	64,3	-1,64
Lucrări cu avarie doar la inventar 2	7	4	0,000	0,217	86,4	68,6	-2,10
Lucrări la care avaria a „dispărut”	1	1	0,360	0,000	87,0	86,1	-0,09

Pentru cele 12 lucrări la care decastrarea pintenului terminal a fost observată doar la inventarul al doilea (Anexa 3), intensitatea medie a avariei a crescut de la 0,191 la 0,324, în timp ce valoarea medie a indicelui de stare a scăzut de la 77 (inventar 1) la 64,3 (inventar 2); gradientul rezultat este de -1,64 (Tab. 5.28).

5.4.4.2. Desprinderea în pintenul terminal

Desprinderea din corpul pintenului terminal este consecința uzurii în timp a lucrărilor, a tasării inegale ale terenului, fie în mod natural, fie în urma acțiunii afuerilor ori în urma evoluției fisurilor și eroziunilor, ajungându-se într-un final la detașarea unor fragmente de diferite forme și dimensiuni.

În urma primei inventarieri au fost găsite 7 lucrări (4%) cu pintenul terminal afectat de desprindere (Tab. 5.30). Valoarea maximă a indicelui de stare la aceste lucrări a fost de 84,3 (lucrarea 30 PB 6,0 – Pârâul Vidaș), iar valoarea minimă de 23,46 (lucrarea 30 M 1,0 – Valea Jidoștița).

Cele mai multe lucrări la care avaria a apărut între inventarieri au fost găsite pe Valea Dracului, unde 3 din cele 15 lucrări cu pinten terminal au înregistrat această avarie.



Fig. 5.38. Desprindere înregistrată la pintenul terminal
Lucrarea 2 B 3,0 – Pârâul Nanului
(Foto: Mihalache, 2019)

Tab. 5.30. Date privind lucrările afectate de desprindere în pintenul terminal

Specificații	Număr de lucrări afectate	Intensitate medie a avariei		Intensitate avarie		Indicele de stare Y_s		Gradientul stării G_s
		Inventar		Minimă	Maximă	Inventar		
		1	2			1	2	
Inventar 1	7	0,379	0,381	0,08	1	57,4	54,1	-0,57
Inventar 2 (total)	19	0,139	0,235	0,08	1	73,3	60,7	-1,61
Lucrări avariate între inventare	12	0	0,15	0,01	0,43	82,5	64,6	-2,21

5.4.4.3. Eroziunea pintenului terminal

Evenimentul constă din spălarea succesivă a straturilor constitutive din corpul pintenului, fie pe traiectoria de curgere a apelor fie pe suprafețe mai întinse, sub acțiunea transportului de material aluvionar în suspensie, la care se adaugă variațiile de temperatură ce duc la fenomene de îngheț-dezghet repetat (Fig. 5.39), cu consecințe în ceea ce privește eroziunea prematură a unor sectoare ale pintenului terminal.

La prima inventariere 10 pinteni terminali (6%) erau afectați de eroziune, cele mai multe piese fiind pe Pârâul Zimbru (3 lucrări). Pentru cazurile în care avaria a apărut între inventarieri (30 de lucrări), intensitatea medie este de 3,15, iar mediile indicelui de stare sunt 89,4 (la prima inventariere) și 78,9 (la a doua inventariere). Gradientul indicelui de stare pentru aceste lucrări este de -1,06 (Tab. 5.32).

Tab. 5.32. Date privind lucrările afectate de eroziune la pintenul terminal

Specificații	Număr de lucrări afectate	Intensitate medie		Intensitate		Indice de stare Ys		Gradientul stării Gs
		Inventar		Minimă	Maximă	Inventar		
		1	2			1	2	
Inventar 1	10	3,230	3,200	0,30	8	79,51	75,73	-0,52
Inventar 2 (total)	40	0,801	3,169	0,30	8	86,89	77,13	-0,92
Lucrări avariate între inventare	30	0	3,148	0,15	36	89,30	78,93	-1,06

La finalul celui de-al doilea inventar, eroziunea pintenului terminal a fost identificată la un număr de 40 de lucrări (25%), intensitatea medie cunoscând o creștere de la 0,81 (primul inventar) la 3,17 (al doilea inventar); pentru aceste lucrări s-a obținut un gradient mediu de -0,92 unități/an.

5.4.5. Starea lucrărilor indusă de disfuncționalități

5.4.5.1. Blocarea deversorului

Din totalul de 285 de lucrări luate în studiu, o mare parte au avut, într-o proporție mai mare sau mai mică, deversorul blocat cu diverse materiale. La prima inventariere au fost găsite 136 de deversoare (48%) cu diferite intensități de blocare, intensitatea medie a disfuncționalității fiind de 19%; ea a scăzut însă în timpul dintre cele două inventarieri la 8%.

În perioada dintre inventarieri, alte 48 de lucrări (17%) s-au "confruntat" cu evenimentul de blocare.

Numărul de lucrări afectate la sfârșitul celui de-al doilea inventar este de 134 (47%), intensitatea medie a blocării deversorului pentru acestea fiind de 12% (primul inventar) și 11% (al doilea inventar); gradientul indicelui de stare mediu este de -1,08 (Tab. 5.34).

Tab. 5.34. Date privind lucrările cu blocare a deversorului

Specificații	Număr de lucrări afectate	Intensitate disfuncționalitate (%)		Indice de stare Ys		Gradientul stării Gs
		Inventar 1	Inventar 2	Inventar 1	Inventar 2	
Inventar 1	136	19	9	83,76	75,59	-1,10
Inventar 2 (total)	134	12	11	85,42	76,00	-1,08
Lucrări avariate între inventare	48	0	5	86,70	76,79	-1,28



Fig. 5.40. Colmatarea radierului
Lucrarea 11 B 2,0 – Pârâul Tesla
(Foto: Mihalache, 2019)

5.4.5.2. Colmatarea radierului

Radierul, ca principală anexă a lucrării hidrotehnice transversale, amplasată în aval de corpul acesteia, cu rolul de a o proteja de subminare și de a reduce energia cinetică a viiturilor torențiale, este solicitat de diferite forțe în timpul viiturilor în urma cărora materialele aluvionare și flotanții rămân deseori blocați sau se sedimentează pe radier în momentul în care viitura își pierde din intensitate (Fig. 5.40).

La prima inventariere au fost găsite 126 de piese (68%) unde radierele suferiseră colmatări (Tab 5.36).

Tab. 5.36. Date privind colmatarea radiatorului

Specificații	Lucrări afectate		Intensitate avarie		Indice de stare Ys		Gradientul stării Gs
	Număr	%	Inventar		Inventar		
			1	2	1	2	
Lucrări cu radier colmatat la Inventarul 1	126	68	0,228	0,220	84,3	75,4	-1,07
Lucrări cu radier colmatat la Inventarul 2 (total)	130	70	0,203	0,226	86,3	78,0	-0,99
Lucrări cu radier colmatat doar la Inventar 2	27	15	0,000	0,061	87,1	78,4	-1,08
Lucrari la care a disfuncționalitatea a "dispărut"	23	12	0,103	0,000	75,9	64,1	-1,54

Intensitatea medie a colmatării radiatorului pentru cele 23 de lucrări la care disfuncționalitatea a "dispărut" (aluviunile de pe suprafața radiatorului au fost spălate sau îndepărtate) a fost de 0,103, indicele de stare mediu s-a redus de la 75,9 (primul inventar) la 64,1 (al doilea inventar), gradientul mediu fiind de -1,54 unități/an.

5.4.5.3. Nerealizarea aterisamentului

Înălțimea aterisamentului deja format reprezintă înălțimea măsurată de la talpa elevației și până la cota la care au fost depuse aluviunile. Nerealizarea în timpul preconizat a aterisamentului este cotate ca o disfuncționalitate deoarece existența aterisamentului este absolut necesară pentru susținerea lucrării din amonte.

La data primei inventariere, din cele 222 lucrări capabile să formeze aterisament, 216 aterisamente erau complet formate; intensitatea medie a evenimentului a scăzut de la 0,924 la 0,904 (a doua inventariere), gradientul indicelui de stare fiind de -1,04.

În perioada dintre inventariere, 9 lucrări (3%) care la prima inventariere prezentau o aterisare cu o intensitate de 0,948 și-au pierdut total aterisamentul în urma desprinderii înregistrate asupra lucrării propriu-zise, intensitate medie a desprinderii fiind de 20,1%.

La sfârșitul celui de-al doilea inventar s-au găsit 207 lucrări cu aterisament format sau în curs de formare, intensitatea de aterisare crescând ușor de la 0,923 (inventarul 1) la 0,943 (inventarul 2), ceea ce denotă că o parte din lucrări au reținut noi aluviuni în perioada dintre inventariere.

5.4.5.4. Instalarea necontrolată a vegetației lemnoase

Această disfuncționalitate nu participă direct la incidența apariției avariilor, dar, într-o formă indirectă, poate duce la perturbări ale integrității și funcționării lucrărilor. Ea poate antrena modificări ale cursului de apă, în aval sau în amonte de lucrare, care se traduc prin devierea traseului viiturii torențiale (Ungurean et al., 2021).

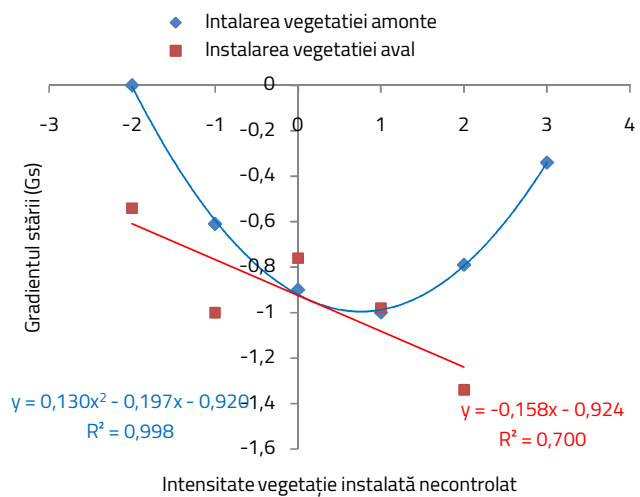


Fig. 5.41. Variația gradientului indicelui de stare în raport cu vegetația instalată amonte / aval de lucrările hidrotehnice transversale

Cu vegetație instalată necontrolat în bieful amonte, la prima inventariere, au fost depistate 80 de cazuri (28%). În lipsa întreținerilor, intensitatea medie a evenimentului de 2,15 (inventar 1) a crescut ușor la 2,51 (inventar 2).

La finalul celui de-al doilea inventar, pentru 232 de cazuri identificate cu vegetație instalată necontrolat în amonte de lucrare, intensitatea medie a fost de 1,81 (inventar 2).

5.4.5.5. Reducerea secțiunii aval

În bieful aval al lucrărilor, vegetația instalată necontrolat a fost identificată, la prima inventariere, la un număr de 64 de lucrări (22%), intensitatea medie fiind de 2,25. În cazul celei de-a doua inventarieri, frecvența a crescut la 216 cazuri (76%), cu intensitatea medie de 1,53.

Blocarea din aval este cauzată în principal de depunerile de aluviuni, pe de o parte prin reducerea vitezei de scurgere, iar, pe de altă parte, prin întâmpinarea diferitelor obstacole ce duc la bararea aluviunilor transportate și la depunerea acestora în zonele cu coeficient de rugozitate mai mare.

La prima inventariere au fost identificate 84 de cazuri (29%) de reducere a secțiunii aval, cu o intensitate medie de 29%; aceasta din urmă a cunoscut o reducere de 2% între cele două inventarieri

La ce-a de-a doua inventariere, pentru alte 87 de lucrări (31%) au fost înregistrate reduceri ale secțiunii aval, intensitatea medie fiind de 37% iar cea maximă de 95%. Pentru cele 87 de cazuri gradientul mediu a fost de -0,78 unități/ an.

La finalul celui de-al doilea inventar, lucrările care prezentau reduceri ale secțiunii aval erau în număr de 154, intensitatea medie fiind de 35% iar gradientul mediu având valoarea de

-1,04 unități/ an.

5.5. Evoluția stării lucrărilor în raport cu unele caracteristici ale amplasamentului

5.5.1. Starea în raport cu poziția geografică a lucrărilor

Starea fizică a lucrărilor hidrotehnice transversale din bazinele și perimetrele analizate reflectă condițiile variate ce sunt datorate (și) poziționării geografice a acestora în diferite zone ale țării precum: mărirea bazinului de recepție, condițiile geologice, regimul precipitațiilor, lățimea albiei etc., toate împreună ducând la variații ale gradientului indicelui de stare. Pentru a evidenția impactul factorilor de influență am recurs la determinarea indicelui de stare și a gradientului indicelui de stare pentru fiecare bazin hidrografic torențial (Tab. 5.38).

Deși nu pot fi făcute generalizări la nivel de mare bazin hidrografic, totuși se poate observa că cele mai severe deprecieri ale stării au fost observate la lucrările din bazinul Tisa, unde diferența medie a indicilor de stare este de -16,5 unități, cu un gradient mediu de -2,35 unități/ an.

Cele mai mari valori ale coeficientului de variație au fost obținute la lucrările din bazinul hidrografic Someș, unde datorită numărului mic de lucrări dar și a amplitudinilor pronunțate ale indicilor de stare au fost obținute valori de 40,7% pentru indicele de stare aferent primului inventar și 48,8% pentru al doilea inventar.

În cazul gradientului indicelui de stare, cea mai mare valoare a coeficientului de variație (54,8%) a fost obținută la lucrările din bazinul hidrografic Olt, aceasta fiind datorată numărului mare de lucrări, precum și amplitudinii mari a gradientului indicelui de stare, care evoluează între -14,32 unități/ an (lucrarea 1 B 0 – Pârâul Tesla) și 2,37 unități/ an (90 B 0 – Adâncă de Jos) (Tab. 5.38).

Tab. 5.38. Variabilitatea indicelui de stare și a gradientului indicelui de stare, pe mari bazine hidrografice

Bazin hidrografic	Număr de lucrări	Indice de stare (Ys)			Gradient stare Gs	Amplitudine gradient		Coeficient variație (%)		
		Inventar		Diferența		Minim	Maxim	Ys		Gs
								Inventar		
		1	2					1	2	
Tisa	29	75,36	58,89	-16,46	-2,35	-7,46	0,15	21,5	27,6	43,1
Someș	7	68,57	57,30	-11,27	-1,41	-3,25	0,05	40,7	48,8	39,5
Crișuri	51	93,10	82,91	-10,19	-1,27	-7,41	0,00	19,3	21,6	45,4
Banat	20	75,46	72,05	-3,41	-0,57	-3,22	0,05	25,6	26,8	27,4
Jiu	28	82,18	77,90	-4,28	-0,58	-2,89	0,50	21,5	22,7	29,8
Olt	114	87,43	77,71	-9,72	-1,14	-14,32	2,37	17,2	19,4	54,8
Ialomița	19	64,19	59,75	-4,44	-0,74	-3,58	1,07	17,8	19,1	30,6
Dunăre	17	74,67	75,35	0,68	0,11	-1,43	1,89	24,2	23,9	35,1
Total / Medie	285	83,1	74,5	-8,6	-1,1	-	-	23,5	26,2	38,2

5.5.2. Starea în raport cu deschiderea albiei la partea superioară a lucrării

Deschiderea văii torențiale, alături și de alți factori, dictează lungimea la partea superioară a lucrărilor hidrotehnice transversale.

În cazul lucrărilor amplasate în sectorul inferior al văii torențiale amenajate, traversele înregistrează o valoare medie a gradientului de -1,76 unități/ an, urmate fiind de praguri (-1,21) și de baraje (-0,71 unități/ an). În sectorul mijlociu, vulnerabilitate au dovedit pragurile (-1,50 unități/ an), ulterior traversele (-1,44 unități/ an) și barajele (-0,94 unități/ an). În cazul lucrărilor amplasate în treimea superioară a văii torențiale amenajate, s-au înregistrat aproximativ aceleași valori medii ale gradientului: traversele (-1,01 unități/ an), -1,00 la praguri și -0,97 pentru baraje (Tab. 5.41).

Tab. 5.40. Gradientul indicelui de stare în raport cu tipul de lucrare și deschiderea acesteia la partea superioară

Interval deschidere partea superioară (m)	Traversă în sectorul:			Prag în sectorul:			Baraj în sectorul:		
	Inferior	Mijlociu	Superior	Inferior	Mijlociu	Superior	Inferior	Mijlociu	Superior
0 - 10	-0,73	-1,61	-1,35	-1,59	-3,22	-2,48	-	-2,88	-
10 - 20	-2,34	-1,36	-0,34	-1,27	-0,84	-1,08	-	-0,80	-0,53
20 - 30	-1,15	-0,68	-2,82	-1,25	-1,32	-1,38	-0,33	-0,43	-0,96
30 - 40	-	-3,81	-	-	-0,75	-0,77	-0,72	-1,18	-0,68
40 - 50	-	-	-	-0,05	-2,39	0,95	-1,10	-1,99	-0,90
50 - 60; >60	-	-	-	-	-	-0,13	-2,14	-1,27	-0,38
Medie	-1,76	-1,44	-1,01	-1,21	-1,50	-1,00	-0,71	-0,94	-0,97
	-1,34			-1,23			-0,79		

Notă: Delimitarea pe cele trei sectoare s-a făcut după criteriul numeric, adică împărțind numărul total de lucrări din suită la trei. Prin urmare, numărul de lucrări de la un sector la altul este egal în cadrul aceleiași văi.

5.6. Evoluția stării lucrărilor în raport cu unele caracteristici dimensionale ale acestora

5.6.1. Starea în raport cu înălțimea lucrării

Gradientul indicelui de stare s-a dovedit a fi în corelație și cu înălțimea lucrărilor, aceasta imprimând variații concludente chiar dacă nu s-a putut stabili o anume legitate, coeficientul de determinație fiind 0,760 (Fig. 5.42). Gradientul mediu a fost de -1,34 pentru lucrările cu înălțimi cuprinse între 0 – 1,0 metri și -1,31 pentru lucrările cu înălțimi cuprinse între 1,0 – 2,0 metri. Cele mai afectate au fost pragurile de 0,1 – 0,5 metri, pentru care gradientul a înregistrat valoarea de -2,1 unități/ an.

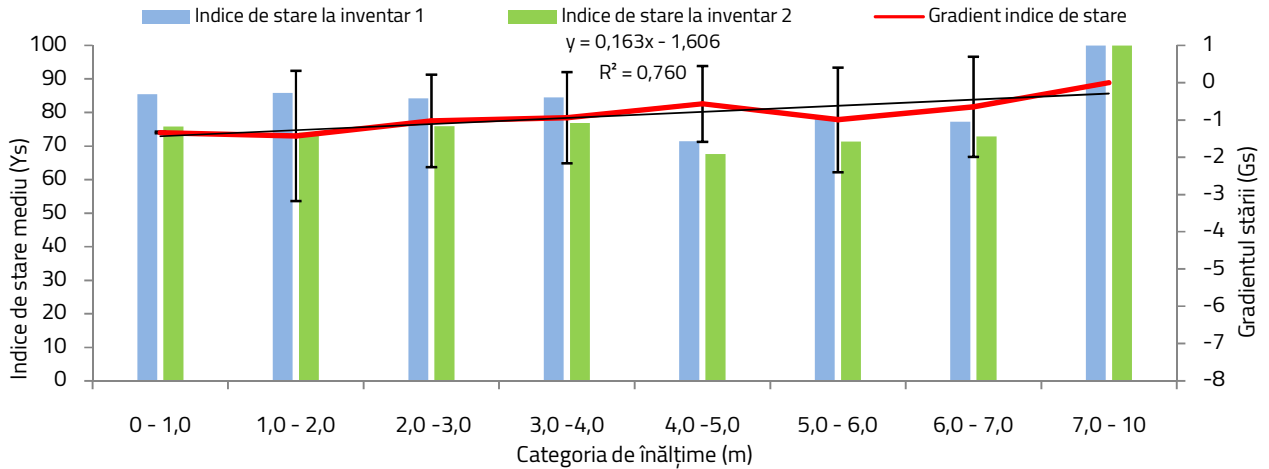


Fig. 5.42. Gradientul stării în raport cu categoria de înălțime a lucrărilor

5.6.2. Starea în raport cu deschiderea deversorului

S-a studiat în continuare și influența deschiderii deversorului asupra gradientului indicelui de stare, fiind observată o legătură puternică la o anumită categorie.

Cea mai reprezentativă categorie s-a dovedit a fi pentru lucrările a căror deversoare au deschiderea între 5 și 10 metri, coeficientul de determinație pentru acestea fiind de 0,959 (Fig. 5.43).

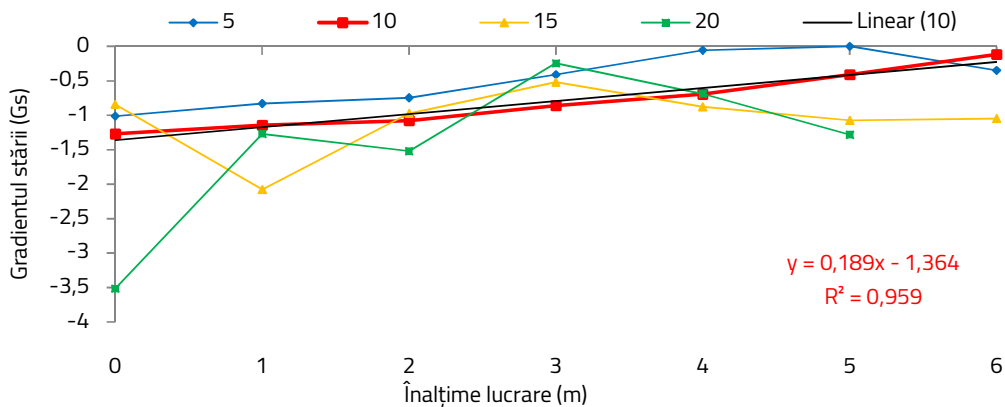


Fig. 5.43. Gradientul stării în raport cu deschiderea deversorului

5.6.3. Starea în raport cu înălțimea deversorului și înălțimea lucrării

Pe baza datelor centralizate în tabelul care urmează, s-a putut constata că lucrările cu înălțimea până la maxim 2 metri prezintă cele mai mari variații ale gradientului indicelui de stare, mai afectate fiind pragurile de până la 1,0 metri înălțime (- 1,43 unități/ an), urmate de traverse (- 1,33 unități/ an) și de barajele de 5,0 metri înălțime (-1,06 unități/ an) și 2,0 metri înălțime (-1,03 unități/ an).

Tab. 5.41. Gradientul stării în raport cu înălțimea deversorului și înălțimea lucrării

Înălțimea deversorului (m)	Număr de lucrări	Categorie de înălțime a lucrării (m)								Total / Medie
		0	1	2	3	4	5	6	10	
0,01...0,5	10	-	-1,47	-1,88	0	-	-1,42	-	-	-1,40
0,51...1,0	99	-1,45	-1,51	-0,65	-0,66	-1,12	0	-0,41	-	-1,06
1,01...1,5	105	-1,41	-0,93	-0,64	-1,11	-0,33	-0,40	-1,14	-	-1,02
1,51...2,0	11	-0,59	-2,06	-1,68	-1,29	-0,28	-2,90	-0,27	-	-1,27
>2	60	-	-1,33	-1,38	0	-	-0,60	-	0,00	-0,66
Medie / Total	285	-1,33	-1,43	-1,03	-0,95	-0,57	-1,05	-0,65	0,00	-1,10

5.7. Evoluția stării lucrărilor în raport cu alte caracteristici ale acestora

5.7.1. Starea în raport cu vârsta lucrărilor

În funcție de vârsta lucrărilor a fost constatată o variabilitate pronunțată a gradientului în concordanță cu numărul de lucrări analizate. Astfel, la lucrările cele mai noi (categoria de vârstă 5 – 10 ani) s-au găsit variații mai pronunțate ale gradientului, în ciuda faptului că sunt puse în operă cel mai recent (Tab. 5.42). Dar, cele mai însemnate descreșteri ale gradientului indicelui de stare au fost găsite în cazul lucrărilor din categoria de vârstă 10 - 15 ani, unde cele 50 de lucrări examinate au prezentat un gradient mediu de - 2,13. Piesa cu cele mai severe avarii este traversa 10 B 0 de pe Valea Tesla.

Tab. 5.42. Gradientul indicelui de stare în raport cu vârsta lucrărilor

Categorie vârstă	Număr de lucrări	Indicele stării		Gradientul stării G _s	Amplitudine gradient		Abaterea standard a gradientului
		Y _s 1	Y _s 2		Minim	Maxim	
5 - 10	34	91,60	85,14	-0,84	-7,13	1,89	1,515
10 - 15	50	84,42	69,73	-2,13	-14,32	1,64	2,522
15 - 20	33	91,39	83,78	-0,76	-3,81	1,10	0,826
20 - 25	10	73,86	67,82	-1,01	-3,58	0,00	1,259
25 - 30	9	71,50	62,14	-1,22	-2,93	0,15	1,022
30 - 35	22	76,50	72,45	-0,62	-3,22	0,05	0,828
35 - 40	76	81,20	72,53	-0,98	-7,91	2,37	1,539
40 - 45	23	85,53	80,07	-0,67	-2,52	0,39	0,849
45 - 50	6	80,72	77,28	-0,44	-1,43	0,50	0,662
50 - 55	22	74,61	68,19	-0,84	-7,46	1,58	1,935

5.7.2. Starea în raport cu natura materialelor de construcție

S-a putut observa că, alături de vârstă, și natura materialelor de construcție poate influența variația gradientului indicelui de stare, fiecare material de construcție având un anumit comportament în decursul timpului (Ki-Hwan Lee et al., 2022).

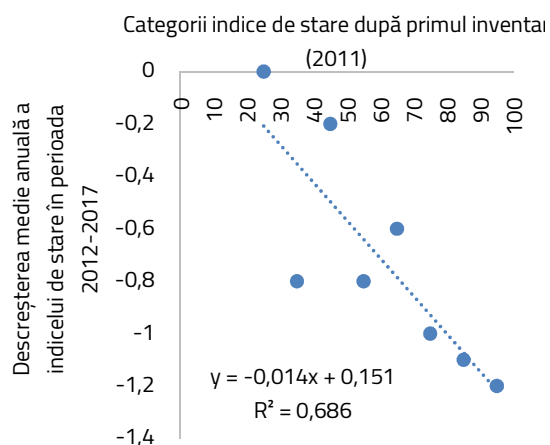
Datele din tabelul 5.43 arată că lucrările din zidărie de piatră cu mortar de ciment s-au comportat mai bine în perioada de exploatare, având un gradient de -0,87 unități/ an, mai redus decât cel al lucrărilor din beton (-1,28 unități/ an). Altfel spus, materialele locale (piatra de construcție) sunt mai rezistente la intemperii decât alte materiale, această constatare rezultând și din alte studii precedente (Davidescu, 2013; Mihalache, 2020).

Tab. 5.43. Gradientul indicelui de stare în raport cu materialul de construcție

Material lucrare		Număr lucrari	Indice de stare		Gradientul stării Gs	Amplitudinea gradientului		Abatere standard gradient
Cod	Denumire		Inventar			Minim	Maxim	
			1	2				
B	Beton	144	83,62	73,57	-1,28	-14,32	1,93	2,37
M	Zidărie de piatră cu mortar de ciment	124	83,58	76,77	-0,87	-7,46	1,37	1,58
PB	Blocuri, casete de beton prefabricate	4	90,64	87,70	-0,27	-0,87	0,56	0,48
BCF	Contraforți de beton și grinzi de beton (armat)(baraj filtrant)	3	61,49	60,07	-0,20	-0,76	0,49	0,15
BF	Beton monolit (baraj filtrant)	3	68,96	53,07	-2,27	-3,67	1,99	0,01
MB	Zidărie de piatră cu mortar de ciment și beton	3	65,02	60,83	-0,70	-1,41	0,71	0
BT	Tuburi PREMO umplute cu materiale locale	2	100	96,00	-0,50	-1,00	0,71	0
MF	Zidărie de piatră cu mortar de ciment (baraj filtrant)	1	81,58	73,00	-1,43	-1,43		-
XX	Alte materiale (pneuri uzate)	1	43,78	43,70	-0,01	-0,01		-

5.8. Evoluția stării lucrărilor în funcție de starea inițială a acestora

Evoluția, într-o perioadă dată, a stării fizice a lucrărilor hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale depinde în mare măsură și de starea inițială a lucrărilor. Într-adevăr intensitatea avariilor și disfuncționalităților cunoaște variații în timp, lucrările cu o stare "bună" la prima inventariere cunoscând descreșteri mai mari ale indicelui de stare, comparativ cu lucrările care, după numeroase avarii înregistrate în decursul timpului, ajung la o oarecare stare "de echilibru" (Tab 5.44), aspect care a fost observat și într-un studiu precedent (Mihalache, 2018) (Fig. 5.44).



Potrivit datelor s-a observat că lucrările din categoria 90 – 100 (altfel și cele mai numeroase) au înregistrat cele mai mici valori ale gradientului, valoarea de -1,30 unități/ an atestând faptul că lucrările cu o stare fizică foarte bună la prima inventariere au fost identificate cu cele mai multe avarii și disfuncționalități (la doua inventariere), gradientului variind între -14,32 și 0,48 unități/ an. Starea inițială a lucrărilor s-a dovedit, așadar, a avea impact asupra gradientului.

5.9. Rezultatele analizei statistice asupra gradientului indicelui de stare

5.9.1. Nivelul semnificației statistice a factorilor de influență

Privită din perspectiva gradientului, starea lucrărilor hidrotehnice transversale este dependentă de factorii care acționează la nivel individual. Pentru a evidenția influența statistică a acestor factori, cu ajutorul programului Statistica 7, s-a aplicat testul ANOVA pentru variabilele ale căror date au prezentat omogenitate (testul Levene) și testul Kruskal-Wallis pentru seturile de date care nu îndeplineau condiția de omogenitate. Testele statistice aplicate asupra influenței acestor factori au dovedit această dependență, dar numai parțial.

Astfel, la nivelul întregii populații de lucrări reinventariate, dintre factorii influenți ce se referă la lucrare și la amplasamentul lucrării, au fost identificate influențe semnificative asupra gradientului indicelui de stare pentru: vârsta lucrării ($p^2 = 0,003$; Fig. 5.47), deschiderea deversorului ($p = 0,042$), marele bazin hidrografic de apartenență ($p = 0,0001$; Fig. 5.49) și precipitațiile medii anuale ($p = 0,0002$; Fig. 5.50).

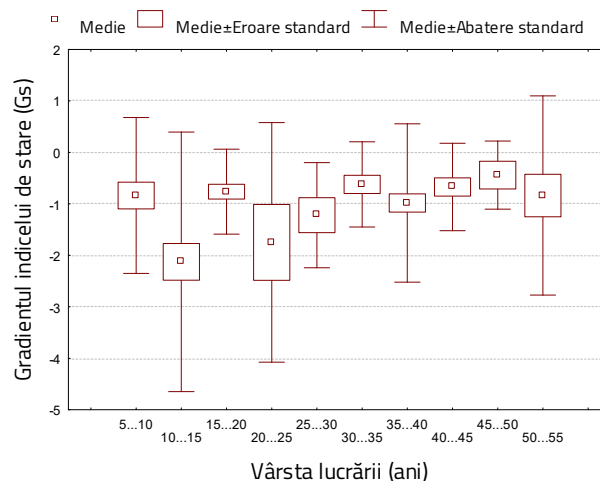


Fig. 5.47 Variația gradientului în raport cu vârsta lucrării

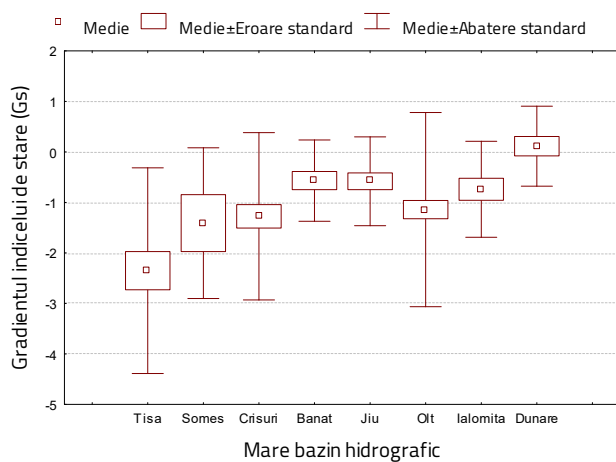


Fig. 5.49. Variația gradientului în raport de marele bazin hidrografic de apartenență

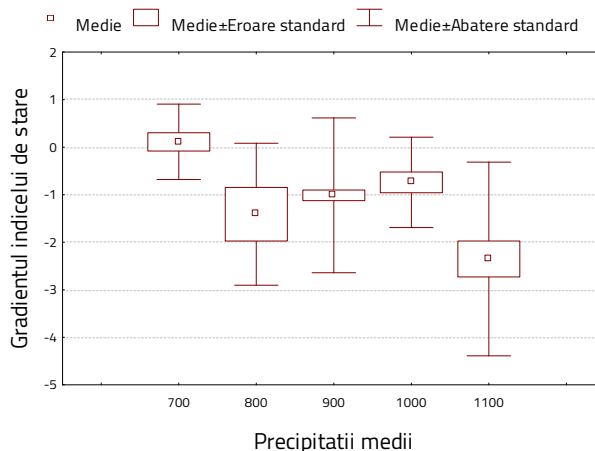


Fig. 5.50. Variația gradientului în raport cu precipitațiile medii anuale

² p – probabilitate de respingere a ipotezei nule

În ceea ce privește influența materialelor de construcție, dintre cele 9 tipuri de materiale au fost găsite diferențe semnificative doar între primele două categorii: betonul și zidăria de piatră cu mortar de ciment.

Vârsta lucrărilor s-a dovedit a avea influență semnificativă asupra variației gradientului indicelui de stare ($p = 0,003$), aceste variații fiind observate în raport cu toate categoriile de vârstă (Fig. 5.47) (Anexa 5a).

Și sub raportul fiecărui mare bazin hidrografic în cuprinsul căruia se află lucrările hidrotehnice transversale a rezultat o diferențiere clară pentru gradientul indicelui de stare, cu variații pronunțate (Fig. 5.49) (Anexa 5b). Acestea pot fi imprimate, printre altele, atât de caracteristicile bazinelor de recepție cât și de relieful accidentat al fiecărui mare bazin hidrografic, pantele repezi din bazinul hidrografic Tisa sau Olt inducând gradientului amplitudini de la -7,46 la 0,15 unități/ an, respectiv de la -14,32 la 2,37 unități/ an.

Cuantumul precipitațiilor s-a dovedit că are un impact semnificativ asupra variației gradientului indicelui de stare ($p < 0,001$), chiar dacă variațiile sunt pronunțate în raport cu fiecare categorie. Astfel, după cum se poate observa din figura 5.50, lucrările cu cele mai însemnate valori ale gradientului indicelui de stare sunt localizate în zone unde precipitațiile medii sunt mai însemnate cantitativ, de 1100 mm/ an (în bazinul Tisa) (Anexa 5c).

Dintre evenimentele comportamentale a căror influență asupra gradientului indicelui de stare este dovedită statistic menționăm: decastrarea lucrării propriu – zise ($p < 0,01$), afuierea lucrării propriu – zise ($p < 0,01$, Fig. 5.52), desprinderea în zona deversată ($p < 0,01$, Fig. 5.53 a), desprinderea în zona nedeversată ($p = 0,02$), desprinderea în radier ($p = 0,001$), eroziunea radiatorului ($p = 0,03$), desprinderea în zidurile de conducere ($p = 0,001$) și afuierea pintenului terminal ($p = 0,001$).

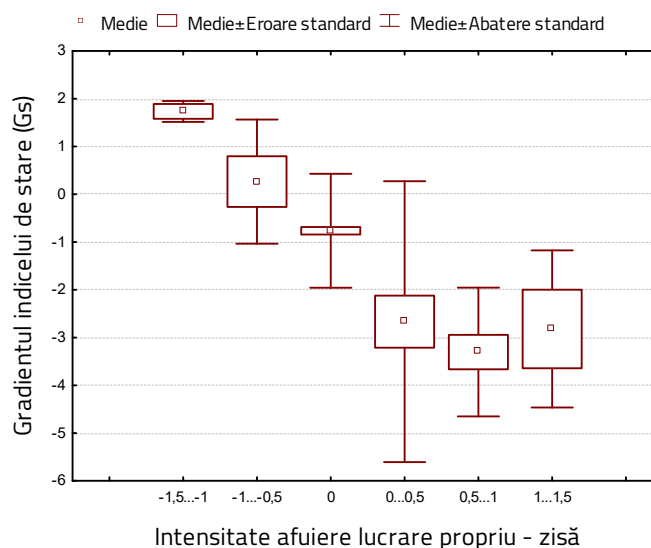


Fig. 5.52. Variația gradientului în funcție de intensitatea afuierii lucrării propriu - zise

Din perspectiva afuierii lucrării propriu - zise, odată cu reducerea intensității avariei, sunt înregistrate valori pozitive pentru gradientul indicelui de stare și, implicit, sunt înregistrate valori negative odată cu creșterea intensității avariei (Fig. 5.52), fiind observate diferențe semnificative între diferite categorii de afuiere (Tab. 5.46).

Tab. 5.46. Semnificația diferențelor între categoriile intensității de afuiere la lucrarea propriu-zisă

Categorii intensitate afuiere	-1,5...-1,0	-1,0...-0,5	0...0,5	0,5...1,0	1,0...1,5
-1,5...-1,0	-	0,448	0,014 *	0,007 **	0,03 *
-1,0...-0,5	-	-	0,008 **	0,003 **	0,048 *
0...0,5	-	-	-	0,411	0,904
0,5...1,0	-	-	-	-	0,719
1,0...1,5	-	-	-	-	-

Notă: * – Semnificativ; ** – Distinct semnificativ

Și pentru desprinderea în zona deversată a fost găsit un rezultat așteptat de altfel, în care intensitatea avariei are un impact major asupra stării fizice a lucrărilor. După cum reiese din figura 5.52 a, dacă în zona deversată se produc desprinderi mai mari de 60%, avaria imprimă mari variații asupra gradientului indicelui de stare. Cu alte cuvinte, cu cât intensitatea desprinderii este mai mare cu atât lucrarea hidrotehnică transversală își pierde din rolul său funcțional și implicit va fi expusă la mai puține avarii asociate (Fig. 5.53b).

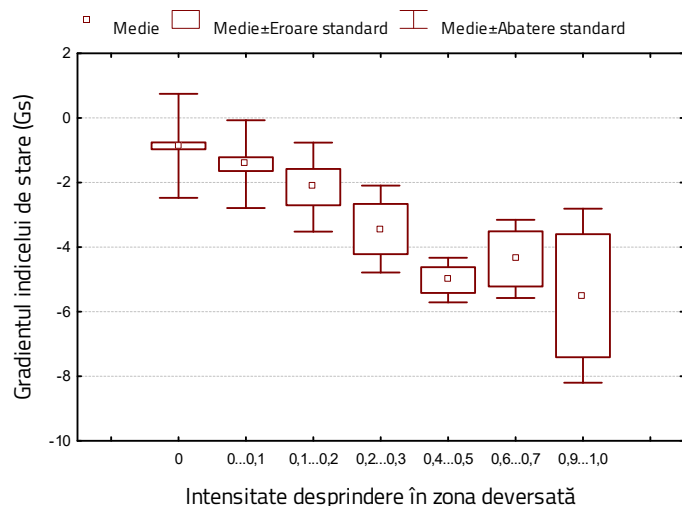


Fig. 5.53 a- Variația gradientului în funcție de intensitatea desprinderii în zona deversată

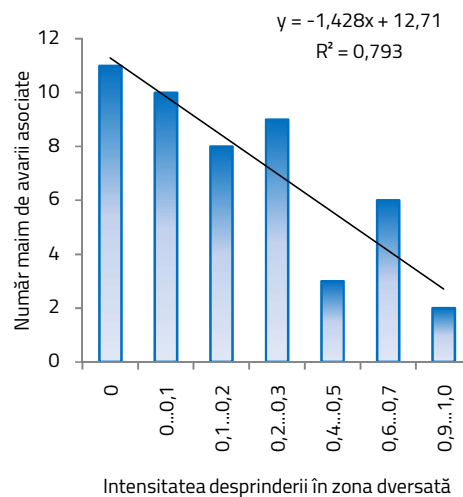


Fig. 5.53 b- Numărul maxim de avarii asociate în raport cu intensitatea desprinderii în zona deversată

5.9.2. Distribuția de frecvență a gradientului indicelui de stare

Pentru a înțelege mai bine variabilitatea gradientului indicelui de stare și pentru a reprezenta distribuția de frecvență a acestui indice, printre altele și pentru că anumiți indicatori statistici și anumite metode statistice de prelucrare a datelor presupun dovedirea prealabilă a normalității distribuțiilor de frecvență, s-a recurs la statisticarea valorilor în funcție de diverse criterii.

După verificarea distribuției experimentale în raport cu două distribuții teoretice (distribuția normală și Meyer), s-a dovedit că frecvența gradientului se distribuie diferit atât în funcție de mărimea claselor cât și de criteriul ales în stratificarea datelor.

Gradientul fiind rezultat din variația indicelui de stare în perioada dintre inventarieri, s-a pus în prealabil întrebarea referitoare la distribuția de frecvență a diferenței dintre indicii de stare. În acest sens distribuția de frecvență a fost reprezentată și a fost comparată cu cea teoretică (Gauss), rezultatul fiind o distribuție apropiată de cea normală (Fig. 5.57).

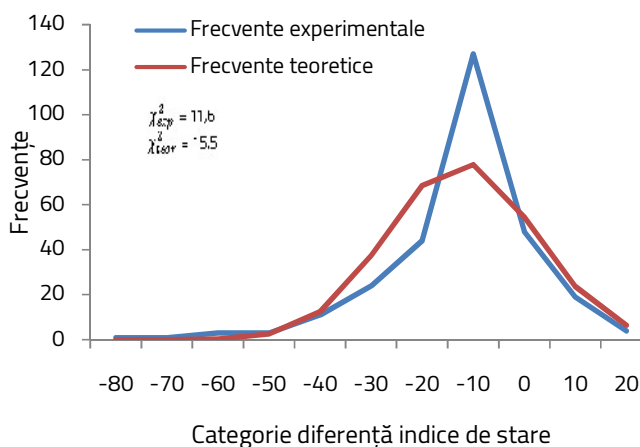


Fig. 5.57. Distribuția de frecvență a diferenței indicilor de stare

În cazul numărului total de lucrări luate în studiu (285), pentru categorii de 1,0 ale gradientului, distribuția de frecvență s-a dovedit a se apropia de distribuția normală, dacă în calcul sunt luate și valorile pozitive ale gradientului (Fig. 5.58 a), testul χ^2 confirmând acest aspect (Anexa 6b). De altfel, pe categorii de 0,5 ale gradientului, distribuția de frecvență s-a dovedit a urma legitatea Meyer, distribuția experimentală apropiindu-se de cea teoretică (Fig. 5.58 b), testul t confirmând că frecvențele datelor experimentale sunt semnificative pentru populația analizată.

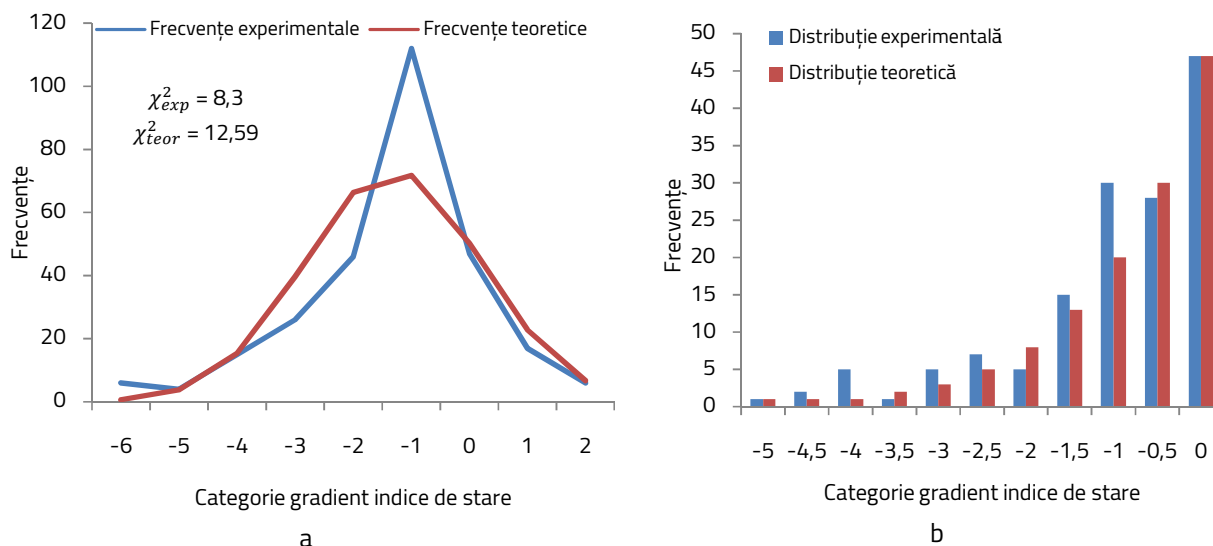


Fig. 5.58. Distribuția de frecvență a Gs la nivelul numărului total de lucrări

În funcție de tipologia uzuală de încadrare a lucrărilor, pentru toate cele trei categorii de lucrări (traverse, praguri și baraje) s-a putut observa apropierea dintre distribuția experimentală a gradientului (pe categorii de clasă de 1,0) și distribuția normală, doar în situația în care se iau în considerare atât valorile negative ale gradientului cât și cele pozitive (Fig. 5.59) (Anexa 6c).

În cazul prezenței sau absenței radierului, distribuția de frecvență a gradientului s-a apropiat de una normală, atât pentru lucrările cu radier cât și pentru lucrările fără radier, ambele cazuri fiind confirmate de testul χ^2 (Anexa 6d).

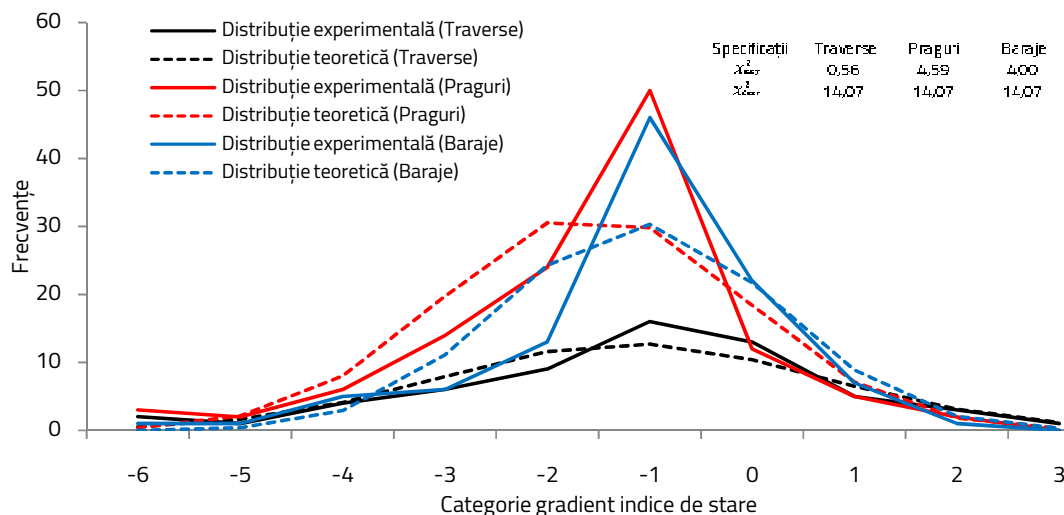


Fig. 5.59. Distribuția de frecvență a gradientului față de distribuțiile teoretice pentru tipologia uzuală a lucrărilor

5.9.3. Analiza componentelor principale (PCA)

Prin înlocuirea numărului mare de variabile inițiale cu doar două variabile (latente, nonmanifeste), această metodă de analiză multidimensională extrage în mod succesiv variabilitatea care este comună tuturor parametrilor, indicând procentul din varianța totală care revine fiecărei componente (Petrițan, 2008).

În cercetarea de față, analiza componentelor principale s-a restâns numai la factorii care s-au dovedit a avea influență semnificativă asupra gradientului indicelui de stare (Fig. 5.64). În acest caz, în urma introducerii celor 12 variabile s-a ajuns la o acoperire de 35% din varianța totală pe primele două axe (Anexa 7). Pe prima axă sunt puse în evidență corelații între: afuierea radierului, afuierea lucrării propriu – zise și deschiderea deversorului, la care se adaugă și corelația dintre desprinderea în radier și cantumul mediu anual de precipitații.

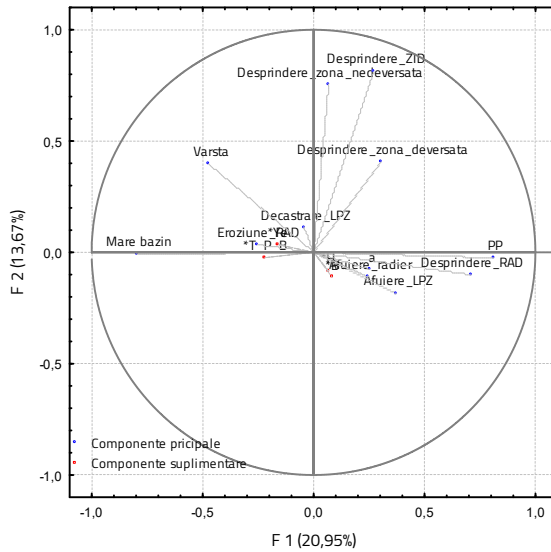


Fig. 5.64. Reprezentarea grafică a analizei componentei principale asupra Gs, pentru componentele semnificative statistic

5.10. Impactul unui eveniment torențial reflectat în gradientul indicelui de stare

(Studiu de caz)

Pentru atingerea acestui obiectiv al cercetărilor a fost luată în considerare perioada 26.06.2018–30.06.2018, în care stația pluviometrică și pluviometrele instalate în bazinul Tigăi (Fig. 5.65) (aparatură finanțată prin proiectul CLISWELN³), au înregistrat un quantum de precipitații de 205 mm, cu o intensitate maximă de 1,1 mm/ min (29.06.2020 orele 00:10 - 00:20).

Cum acest quantum de precipitații însumează circa un sfert din precipitațiile care cad anual în zona Acumulării Săcele – 820 mm (CarpatClim-eu.org), am ales să studiem influența debitelor generate de aceste ploi asupra stării lucrărilor hidrotehnice transversale, folosind în acest scop modelul hidrologic MikeHYDRO (www.mikepoweredbydhi.com).

Calibrarea modelului pentru întregul bazin Tărlung s-a efectuat la nivel zilnic, pe un interval de 10 ani (2000 – 2010) (Fig. 5.69), cu o eroare limită a debitelor scurse de aproximativ 2% obținându-se un coeficient de determinație $R^2 = 0,580$. În urma procedurii aplicate a fost constatată o subestimare (de până la 50%) a debitului lichid maxim comparativ cu valorile măsurate. Cum însă studiul de față interesează debitul maxim generat în timpul viiturilor torențiale, în continuare s-a procedat la calibrare prin rularea la nivel zilnic a anului 2005, acesta fiind ales pentru succesiunea de evenimente torențiale care au avut loc în sezonul estival. În urma calibrării pe anul 2005 (cu debitele furnizate de INHGA), coeficientul de

³ Climate Services for the Water – Energy – Land – Food Nexus

determinație rezultat a fost de doar $R^2 = 0,21$, valorile rezultate fiind amprentate în special de parametrii cei mai sensibili (topirea zăpezii, alimentarea din subteran). Dar, deși modelul prezintă acest dezavantaj al parametrilor sensibili (Johandideh et al, 2020), totuși debitele extreme din sezonul estival rezultate în urma calibrării au fost atinse în majoritatea cazurilor, vârful extrem al hidrografului fiind supraestimat cu doar 2% (Fig. 5.70). După procedura de calibrare a fost efectuată și validarea modelului, debitele maxime simulate pentru anul 2009 fiind supraestimate cu aproximativ 37% (Fig. 5.71), anul 2009 fiind ales deoarece prezintă condiții similare, din punct de vedere al precipitațiilor, cu anul de interes – 2018.

În urma simulării evenimentelor torențiale ce au avut loc în perioada 26.06.2018 – 30.06.2018, la ieșirea din deversoarele lucrărilor au fost generate următoarele debite și viteze maxime (Tab. 5.48):

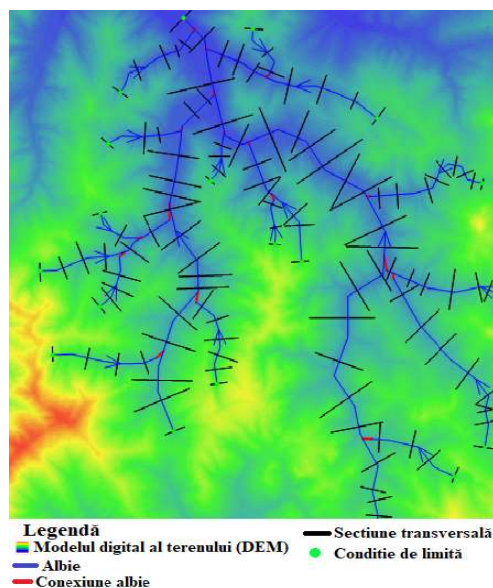


Fig. 5.67. Crearea modelului Mike Hydro pentru bazinul superior al râului Tărlung – Amonte de Acumularea Săcele

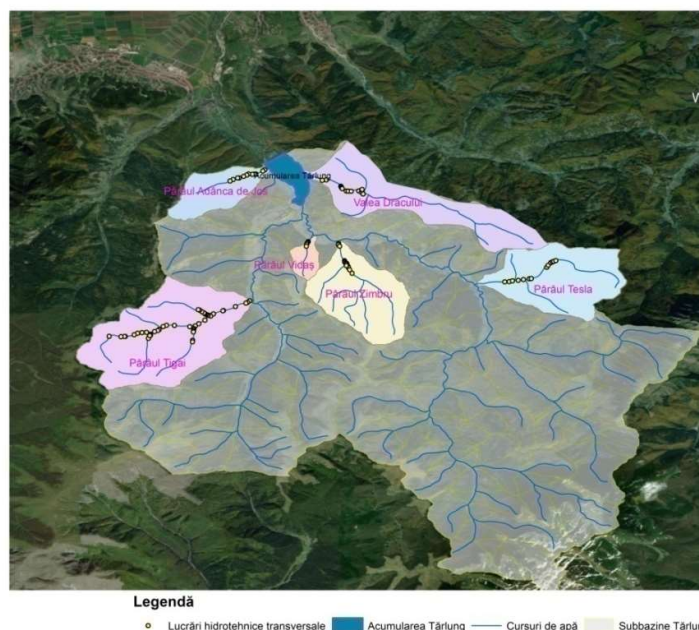


Fig. 5.72. Bazinele și lucrările hidrotehnice transversale luate în studiu din BH.Tărlung – Amonte de Acumularea Săcele

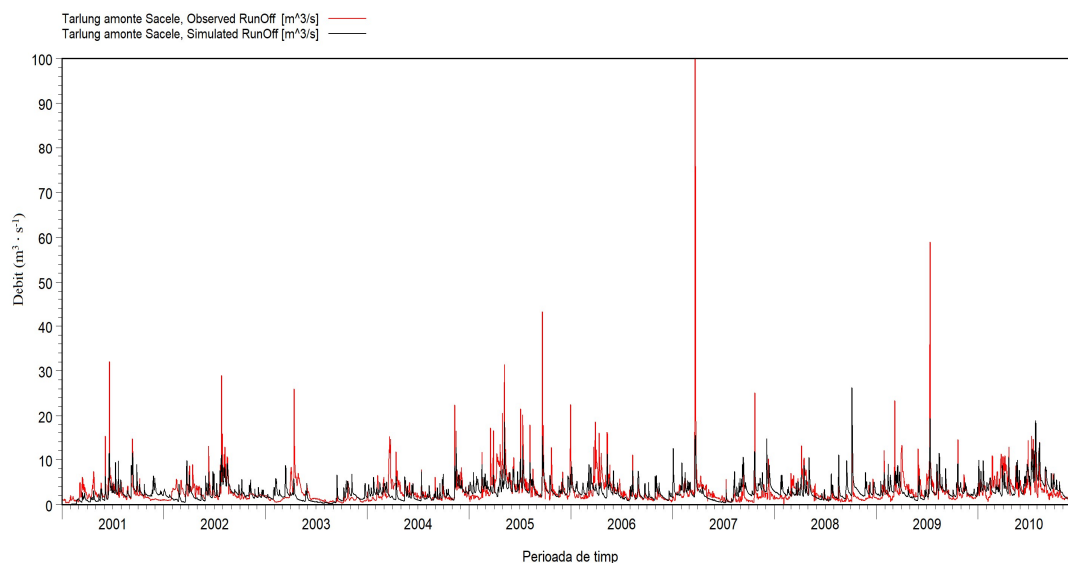


Fig. 5.69. Debitele simulate în urma calibrării modelului Mike hydro pe o perioadă de 10 ani

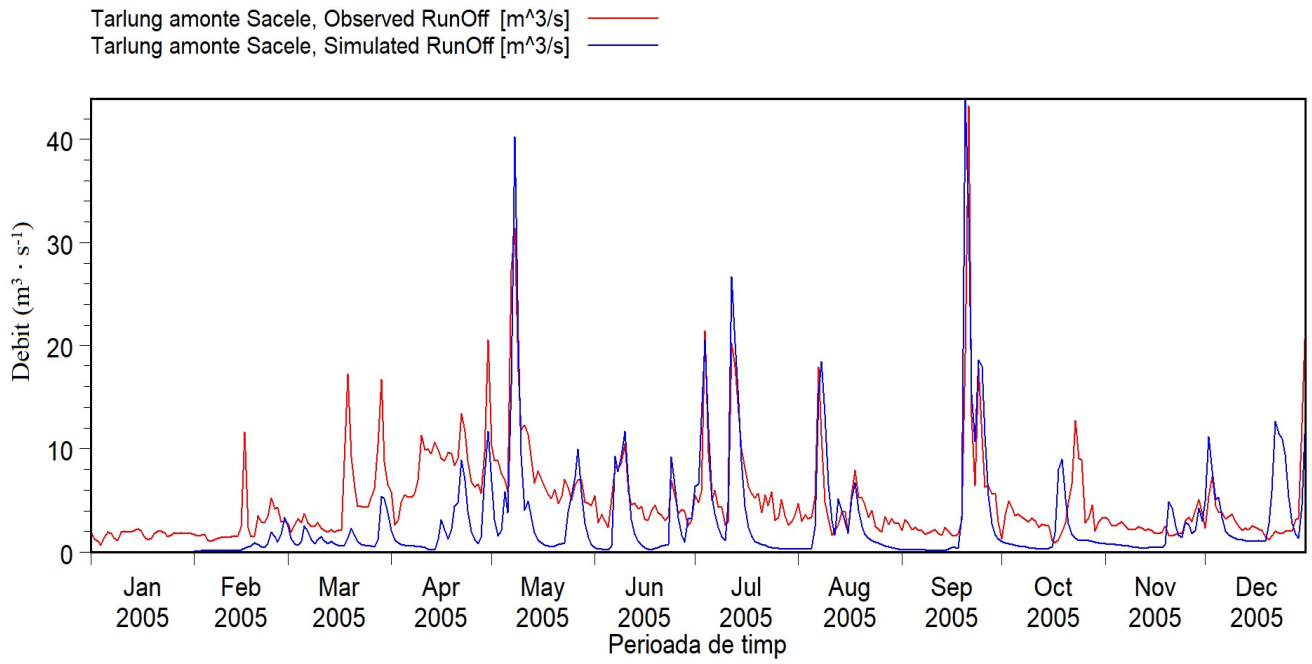


Fig. 5.70. Debitele simulate în urma calibrării modelului Mike Hydro pentru anul 2005

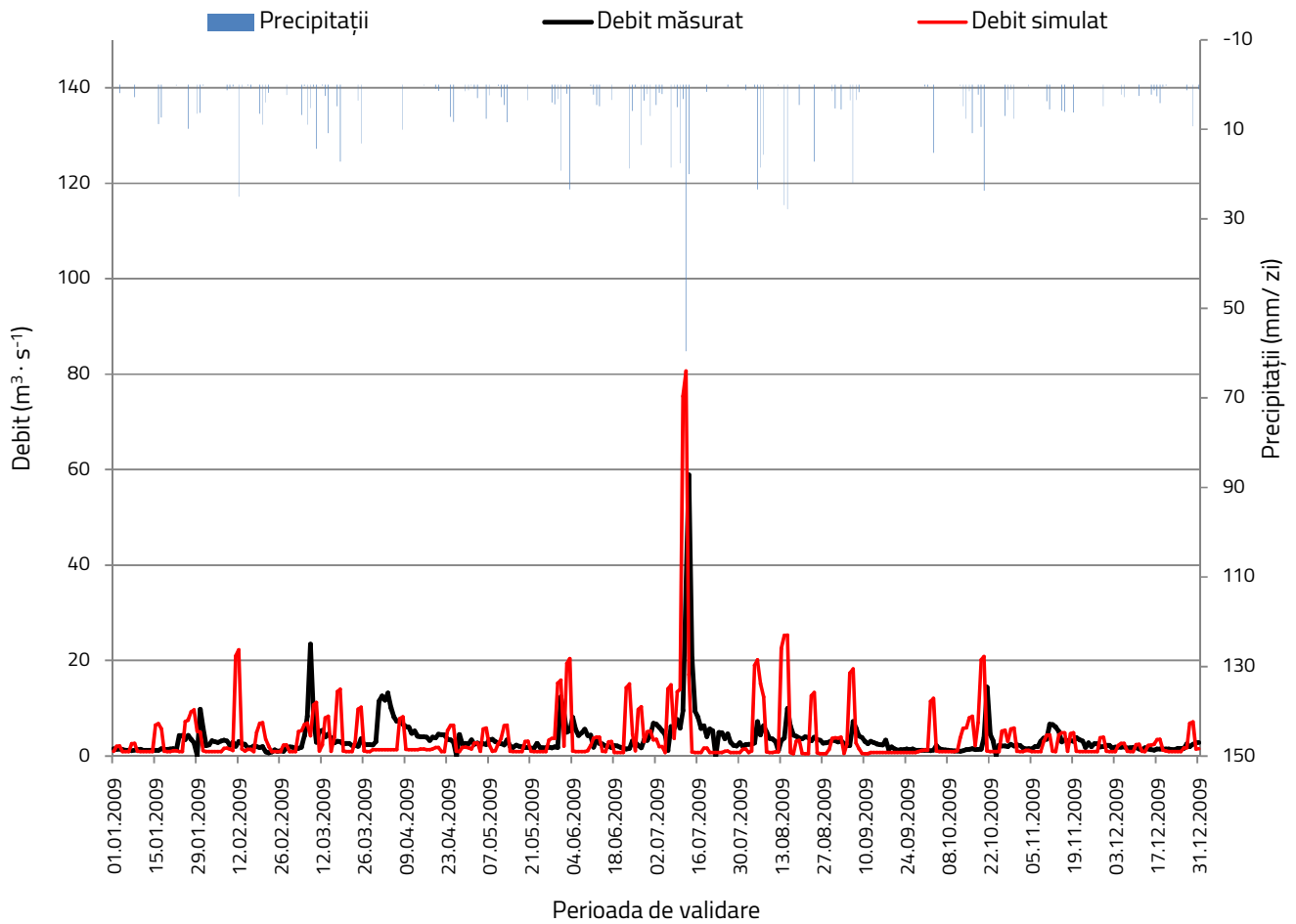


Fig. 5.71. Debitele simulate în urma validării modelului Mike Hydro

Tab. 5.48. Specificații referitoare la debitele și vitezele generate în timpul viiturii

Bazin torențial	Curs de apă	Debit maxim		Viteza ($m \cdot s^{-1}$)	Momentul înregistrării (Data / ora)
		Lucrare hidrotehnică transversală	Debit ($m^3 \cdot s^{-1}$)		
Valea Adâncă de Jos	Fir principal	10 M 1	4,35	2,82	30.06.2018 / 00:08
Valea Tigăi	Fir principal	1 B 0	46,32	3,74	30.06.2018 / 00:07
	Cracul Stâng	1B 0	4,09	2,26	30.06.2018 / 00:04
	Nanului	11 B 0.5	1,63	1,28	30.06.2018 / 00:05
	Ferencz	1 B 0	1,44	1,84	30.06.2018 / 00:08
Pârâul Vidaș	Fir principal	20 B 2	2,12	1,64	30.06.2018 / 00:06
Pârâul Zimbru	Fir principal	10 B 0	14,61	2,62	30.06.2018 / 00:14
	Pârâul Farfuriei	10 B 0	1,87	1,01	30.06.2018 / 00:04
Pârâul Tesla	Fir principal	1 B 0	10,7	3,38	30.06.2018 / 00:25
Valea Dracului	Fir principal	10 M 3	16,15	2,94	30.06.2018 / 00:17
	Pârâul de Amiază	20 B 2,5	2,17	1,75	30.06.2018 / 00:06

Dovezile statistice susțin că avariile nou apărute, care au obținut corelații puternice și care s-au dovedit semnificative în legătură cu gradientul indicelui de stare, au fost: decastrarea lucrării propriu – zise ($p < 0,001$), afuierea lucrării propriu – zise ($p < 0,001$), desprinderea în zona deversată ($p = 0,01$), desprinderea în zona nedeversată ($p < 0,001$) și eroziunea lucrării propriu – zise ($p = 0,02$). În plus, concluzia desprinsă cu privire la vulnerabilitatea traverselor, afirmată mai înainte, s-a demonstrat și în cazul de față.

Pentru evenimentul de decastrare a lucrării propriu – zise, viteza s-a dovedit un factor cu influență, impactul asupra producerii și dezvoltării decastrării urmând o condiție de liniaritate în raport cu creșterea vitezei, influența cea mai clară fiind la viteze ale curentului de peste $3 m \cdot s^{-1}$.

Și din punctul de vedere al intensității afuierii lucrării propriu – zise a fost observată o concordanță în raport cu debitul, dar și cu viteza de scurgere a curentului.

Eroziunea lucrării propriu – zise, avarie influențată semnificativ atât de debitele generate de viitura torențială, cât și de viteza curentului, se dovedește a fi mai frecventă la debite de până în $15 m^3 \cdot s^{-1}$ și la debite de $35 - 40 m^3 \cdot s^{-1}$. Vitezele la care s-au observat cele mai mari amplitudini ale intensității eroziunii au fost de $2,5 - 3 m \cdot s^{-1}$.

Și din perspectiva desprinderii în radier, constatările sunt similare, cele mai mari variații ale intensității avariei fiind observate la debite de până în $15 m^3 \cdot s^{-1}$, categoriile de viteză aferente acestor debite fiind de 1 la $4 m \cdot s^{-1}$.

Eroziunea radierului urmează o condiție de liniaritate în raport cu amplitudinea intensității avariei și debitul sau viteza curentului. Astfel, după cum se poate observa din figura 5.78 a, din punct de vedere al debitelor, variații mari ale intensității eroziunii au fost obținute la un debit $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Eroziunea radierului crește în intensitate pe măsura creșterii valorilor vitezei curentului prin deversor și implicit pe radier.

Și din punctul de vedere al afuierii radierului au fost observate amplitudini mari în raport cu toate categoriile de viteză ale curentului, cele mai însemnate fiind la viteze de $1,5 - 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ și $3 - 3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

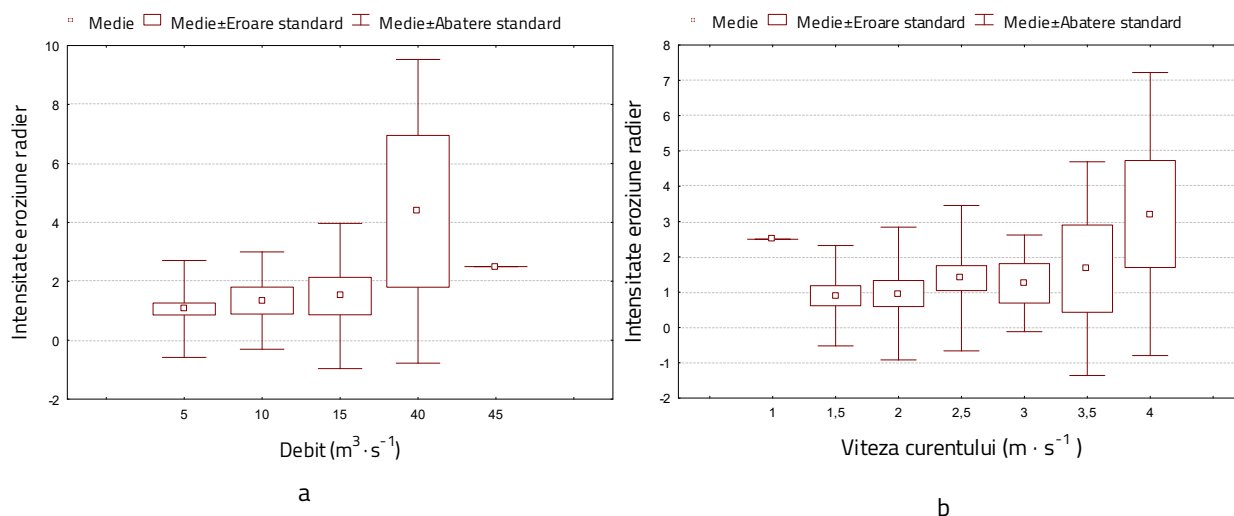


Fig. 5.78. Influența debitului și a vitezei curentului asupra eroziunilor radierului

Un alt aspect important a fost observat la blocarea deversorului. Așa cum era de așteptat, la debite și viteze mari (extreme în cazul de față), materialele care inițial obturează deversorul pot fi ulterior spălate. Acest episod s-a observat la lucrarea 1 B 0 Tigăi, unde viitura care a generat un debit de $46,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ și o viteză de trecere a curentului prin deversor de $3,74 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a spălat aluviunile grosiere care blocau deversorul în proporție de 90%!

Și în cazul colmatării radierului a rezultat un aspect foarte relevant. Deși debitele generate de viitura torențială au înregistrat valori de până la $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, la debite mici au fost observate intensități ale colmatării radierului de la $-0,2$ la $+0,2$, la debite mari viteza fiind factorul de influență.

Deși nici debitul și nici viteza curentului nu și-au dovedit semnificația asupra variației gradientului, totuși s-a putut constata că acești doi parametri joacă, indirect, un rol important în evoluția stării lucrărilor. Astfel, pentru debite de până în $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ gradientul înregistrează amplitudini mari, acestea fiind datorate în mare parte numărului de avarii care afectează lucrarea, de la 1 la 13 avarii asociate. În privința vitezei curentului, cele mai mari variații s-au produs la viteze de $2 - 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, amplitudinea gradientului fiind dictată de cele până la 11 avarii asociate, respectiv 13 avarii asociate.

5.11. Gradientul indicelui de stare, instrument de prioritizare a intervențiilor de reabilitare a stării lucrărilor

Pornind de la faptul că gradientul indicelui de stare reflectă variația anuală a stării fizice a lucrărilor (în unități/ an) s-a considerat că este necesară și utilă o ierarhizare a avariilor studiate după măsura reflectării lor în gradientul indicelui de stare, în analiză fiind luate numai șase din cele mai reprezentative avarii produse asupra lucrării propriu – zise și nu toate evenimentele descrise în cuprinsul tezei.

După gruparea lucrărilor în funcție de prezența/ absența radiatorului, pentru lucrările care prezintă această parte anexă s-a stabilit că, la prima inventariere, desprinderea în zona deversată și eroziunea au imprimat cele mai mici valori medii ale gradientului, de -1,103 unități/ an, respectiv -0,897 unități/ an. Pentru lucrările fără radiator, cel mai mare impact asupra gradientului s-a dovedit a-l avea eroziunea (-1,226 unități/ an) și desprinderea în zona deversată (-1,015 unități/ an).

Din perspectiva lucrărilor afectate la finalul celui de-al doilea inventar și al lucrărilor nou afectate de diverse evenimente comportamentale (Fig. 5.84), cel mai sever impact asupra lucrărilor cu radiator s-a dovedit a fi dat de afuiere. Desprinderea în zona deversată a indus de asemenea un impact însemnat, valorile gradientului fiind de -1,462 unități/ an pentru lucrările care au prezentat avaria la finalul celui de-al doilea inventar.

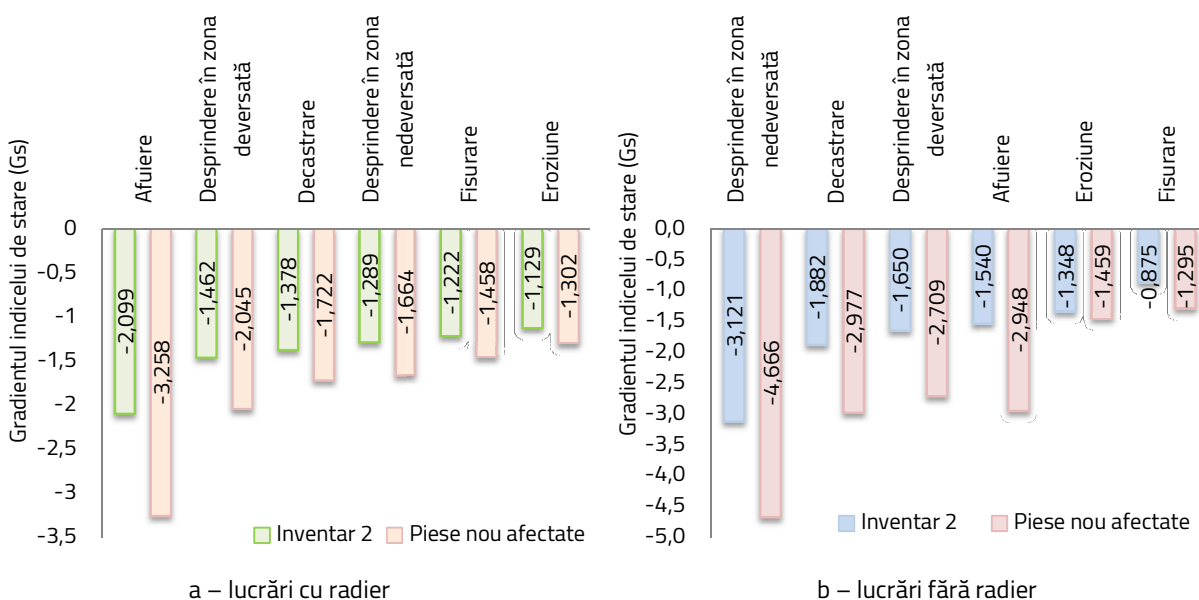


Fig 5.84. Ierarhizarea avariilor studiate la a doua inventariere și la piesele nou afectate după gradientul indicelui de stare pe baza datelor obținute

Pentru a face mai facilă eventuala întrebuintare a gradientului indicelui de stare în adoptarea deciziei de prioritizare a investițiilor, s-a recurs în continuare la o reprezentare grafică bazată pe reunirea datelor din ambele inventarieri, prin care a fost pusă în evidență ierarhizarea avariilor în funcție de impactul fiecăreia asupra mediei ponderate a gradientului (Fig. 5.85).

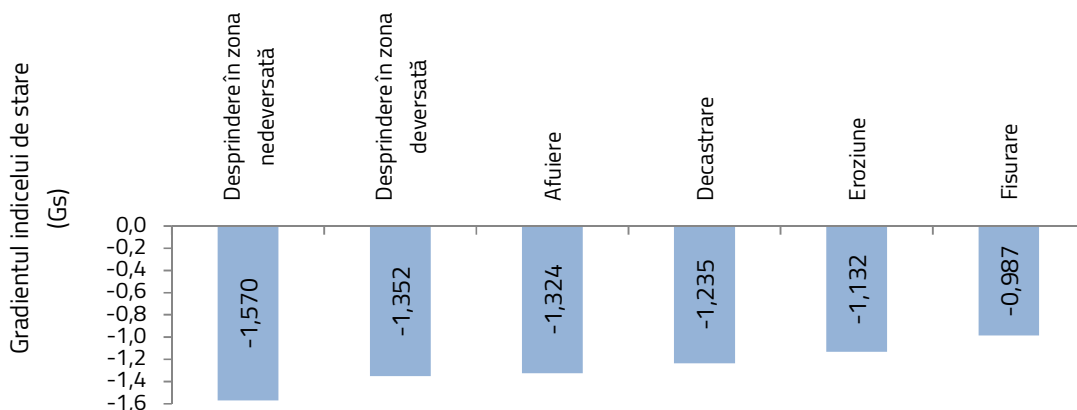


Fig. 5.85. Ierarhizarea avariilor studiate după valoarea medie ponderată a gradientului indicelui de stare

O alternativă mai convenabilă ar putea fi aceea de a se organiza și derula reabilitarea pe mari bazine hidrografice, într-o ordine ce va fi dictată tot de o valoare medie a gradientului indicelui de stare. Conform calculelor redată în Anexa 8, ordinea de intervenție pe mari bazine hidrografice, în cazul celor 285 de lucrări luate în studiu, ar trebui să fie următoarea: Tisa, Someș, Crișuri, Ialomița, Banat, Olt, Jiu și Dunăre.

În sfârșit, opinăm că o alternativă și mai potrivită ar putea fi aceea de a se acționa la nivelul celor 45 de bazine torențiale luate în studiu, dar făcând un clasament al acestora pe mari bazine hidrografice în funcție de cea mai mare valoare a produsului dintre numărul de lucrări ce trebuie reabilite și gradientul mediu corespunzător acestor lucrări. De aici, putem conchide că, pentru cazul studiat, în prima urgență de intervenție s-ar clasifica un număr de 3 bazine și anume: Valea Crăiasa (-61,18), Valea Repedei (-49,14) și Valea Tesla (-30,94); pentru urgența a doua s-ar clasifica: Valea Vârdales (-8,67), Valea Beiului (-8,19), Valea Mărului (-6,1), Ravena 1 Up V (-5,10), eventual și Valea Jidoștița (-1,04).

6 SINTEZĂ ASUPRA REZULTATELOR OBTINUTE ȘI CONCLUZII, PE OBIECTIVE DE CERCETARE

6.1. Caracteristicile principale ale lucrărilor

În cele 49 de bazine hidrografice torențiale localizate în diferite zone din România, în 8 mari bazine ori spații hidrografice, la diferite altitudini și diferite condiții de amplasament, au fost identificate 285 lucrări hidrotehnice trasversale, încadrate în opt tipuri. Din numărul total de lucrări 63 sunt traverse, 84 sunt praguri și 138 sunt baraje. Dintre acestea, 185 (65%) prezintă radier în bieful aval, 181 de lucrări prezintă ziduri de conducere (63%) și 159 prezintă pinten terminal. Principalele materiale de construcție folosite la punerea în operă a lucrărilor au fost betonul (51%) și zidăria de piatră cu mortar de ciment (44%), iar vârsta lucrărilor este cuprinsă între 8 și 54 de ani.

6.2. Natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale

După prima inventariere a lucrărilor, circa 77,2% dintre lucrări erau afectate de cel puțin o avarie, partea de lucrare cu cele mai multe avarii înregistrate fiind radierul, urmat în ordine de corpul lucrării, zidurile de conducere și pintenul terminal.

Lipsa mentenanței lucrărilor în intervalul dintre inventarieri a condus la majorarea numărului de lucrări afectate, în anumite cazuri și la variații ale intensității de manifestare a avariilor și disfuncționalităților, astfel că la finalul celui de-al doilea inventar s-au găsit afectate aproape 97% dintre lucrări. Față de prima inventariere a fost constatată și o transpoziție, în sensul că asocierea avariilor a indus lucrării propriu-zise cele mai severe deprecieri ale stării, aceasta devenind partea de lucrare cea mai afectată urmată în ordine de radier, ziduri de conducere și pintenul terminal.

Dintre noile avarii apărute în perioada dintre inventarieri, mai des întâlnită a fost eroziunea, frecvența sa de apariție dictând și ordinea celor mai afectate părți de lucrare: corpul lucrării, radierul, pintenul terminal și zidurile de conducere.

6.3. Modificările survenite în starea lucrărilor

Cele mai multe lucrări care au retrogradat în categoriile de stare (47%) au fost cele care la prima inventariere prezentau o stare foarte bună ($80 < Y_s < 100$) și care la a doua inventariere s-au încadrat în categoria a IV – a de stare ($60 < Y_s < 80$). Deprecierea stării fizice a acestor lucrări a fost de până la 38% față de starea inițială iar valorile gradientului, din punct de vedere matematic, au avut valori de până la 5 ori mai mici față de valoarea medie a gradientului pentru toate lucrările analizate.

6.4. Evoluția stării lucrărilor în relație cu principalii factori de influență

6.4.1. Gradientul indus de principalele caracteristici ale lucrărilor

Zona geografică. Potrivit datelor rezultate, din punct de vedere matematic, lucrările hidrotehnice transversale de pe Valea Repedea (B.H. Tisa) au un gradient mediu cu 148% mai mic decât media generală iar lucrările de pe Valea Tesla (B.H. Olt) prezintă valori ale gradientului cu 116% mai mici.

Deschiderea lucrării la partea superioară. În cazul pragurilor și barajelor, cea mai accentuată depreciere a stării s-a observat pentru deschideri la partea superioară de până la 10 metri.

Dacă se ține seama și de **poziția lucrării în sistem**, vulnerabilitate ridicată au dovedit traversele din treimea inferioară a sectorului amenajat, urmate de pragurile din sectorul mijlociu, în timp ce barajele cu risc ridicat la avariere gravă s-au regăsit în treimea superioară a albiei amenajate.

6.4.2. Gradientul indus de principalele caracteristici ale lucrărilor

Înălțimea lucrării. Lucrările de peste 0,5 metri (dar care nu depășesc 2,0 metri) prezintă gradienti mai mici decât media gradientilor celor mai afectate lucrări, iar gradientii lucrărilor cu înălțimi între 2,0 și 3,0 metri au valori mai mici atât față de cea mai afectată categorie de înălțime cât și față de media globală.

Dimensiunile deversorului. Cele mai însemnate deprecieri ale stării au suferit lucrările al căror deversor are înălțimea de până în 0,5 metri, urmate de lucrările unde deversoarele au înălțimea cuprinsă între 1,5 - 2,0 metri.

Vârsta lucrărilor. Impactul cel mai pronunțat asupra deprecierei stării fizice a lucrărilor este înregistrat la lucrările cu vârsta între 10 și 15 ani care sunt surprinse de viiturile torențiale într-un timp relativ scurt de la punerea în operă, acestea nefiind aterisate.

Materialele de construcții. Deși lucrările din zidărie de piatră cu mortar de ciment înregistrează aproximativ același număr de avarii ca și lucrările din beton, totuși modulul gradientului indicelui de stare pentru lucrările din beton este cu aproximativ 31% mai mare decât al lucrărilor din zidărie. Ritmul de depreciere este, așadar, mai mare la beton.

6.4.3. Gradientul indus de evenimentele comportamentale

6.4.3.1. Gradientul indus de avarii ale lucrării propriu-zise

Cel mai frecvent eveniment comportamental observat la nivelul corpului lucrării propriu-zise este eroziunea, care împreună cu alte avarii a imprimat gradientului valoarea minimă, de 12 ori mai mică decât media întregii populații.

Impactul maxim al decastrării se află în corelație cu alte 11 avarii asociate, valoarea gradientului fiind mai mică de aproape 13 ori față de media generală.

Impactul afuierii, ca avarie singulară, duce la valori ale gradientului mai mici de 2,5 ori față de medie, iar asocierea cu alte avarii conduce la valori de până la 13 ori mai mici.

Fisurarea a apărut cu precădere la lucrări unde primează afuierea radierului, afuierea lucrării propriu-zise, decastrarea, desprinderea în zona deversată (4%) și eroziunea asupra lucrării propriu-zise (4%), avarii care în diferite asocieri au condus la valori ale gradientului de peste 5 ori mai mici decât media generală.

Desprinderea în zona deversată nu a fost identificată ca singulară, ci s-a manifestat cu alte 1 – 10 avarii, inducând valori de până la 7 ori mai mici decât valoarea medie a gradientului.

Desprinderea din zona nedeverstată a fost înregistrată mai frecvent la lucrările din zidărie, dar intensitatea medie a avariei a fost mai mare la lucrările din beton, unde și gradientul mediu a fost mai mic.

Eroziunea corpului lucrării s-a manifestat cu precădere la baraje; totuși, sub raportul gradientului, traversele s-au dovedit mai vulnerabile.

6.4.3.2. Gradientul indus de avarii ale radierului

Radierul, parte anexă principală a lucrării hidrotehnice transversale, indentificată la 185 de piese (din care: 3% traverse, 32% de praguri și 65% de baraje), a înregistrat diverse avarii, ordinea primelor două fiind: desprinderea dinților disipatori și eroziunea.

Pentru desprinderea în radier, cele mai multe cazuri s-au înregistrat în cazul barajelor, mai frecventă fiind desprinderea la radierele din zidărie, dar intensitatea maximă și gradientul mai mic s-au găsit în cazul radielerelor din beton. Ca avarie singulară, desprinderea în radier a imprimat gradientului valori de 1,4 ori mai mici față de medie; în asociere cu alte 1 – 12 avarii desprinderea a condus la valori ale gradientului de peste 5 ori mai mici.

Afuierea radierului, deși a fost identificată cu frecvențe mai mari la baraje, totuși gradientul indicelui de stare s-a dovedit mai mic în cazul pragurilor. În asociere cu alte până la 11 avarii, gradientul a înregistrat valori de peste 5 ori mai mici.

Eroziunea radierului, favorizată și de afuierea acestuia, a fost mai pronunțată la baraje și mai frecventă în cazul zidăriei de piatră cu mortar de ciment, dar intensitatea avariei a fost cu puțin mai mare pentru radierele din beton, al căror gradient a rezultat cu 10% mai mic.

6.4.3.3. Gradientul indus de avarii ale zidurilor de conducere

Avarierea zidurilor de conducere s-a produs adesea datorită evenimentelor comportamentale apărute la celelalte părți componente ale lucrărilor.

Fisurarea a fost favorizată de o serie de avarii vechi și a apărut cu precădere la zidurile de conducere din piatră și mortar.

Desprinderea în zidurile de conducere a fost identificată mai ales la baraje, și, în majoritatea cazurilor, a apărut la ziduri de conducere din piatră cu mortar, unde intensitatea a fost mai mare.

Eroziunea deși s-a produs cu frecvențe mai mari în cazul zidurilor de conducere din piatră cu mortar, totuși, intensitatea a fost mai mare la zidurile din beton, aceste lucrări având și gradienti mai mici.

6.4.3.4. Gradientul indus de avarii ale pintenului terminal

Decastrarea pintenului a fost observată în principal la baraje, gradientul indicelui de stare pentru acestea fiind mai mic decât în cazul pragurilor.

De desprindere au fost mai frecvent afectați pinteii barajelor. Gradientul barajelor a înregistrat valori mai mici decât gradientul pragurilor.

Eroziunea pintenului terminal, apărută deseori în urma afuierii radierului, s-a manifestat cu precădere la baraje, gradientul acestora fiind mai mic decât gradientul pragurilor.

6.4.3.5. Gradientul indus de disfuncționalități

Aceste evenimente comportamentale s-au manifestat în general în asociere unele cu altele, dar și cu alte 2 - 5 avarii asociate. Blocarea deversorului a apărut în asociere cu alte 1 - 12 avarii, fiind identificată cu

precădere la baraje (72%). Colmatarea radierului s-a produs în asociere cu alte 3-5 avarii, cu frecvență mai mare la baraje. Aterisarea incompletă s-a constatat la aproximativ un sfert dintre lucrările capabile de a forma aterisament, din care peste jumătate sunt baraje. Instalarea haotică a vegetației (atât în amonte cât și în aval) s-a desfășurat adesea la lucrările cu radier, majoritatea dintre acestea fiind baraje. Reducerea secțiunii aval a prevalat la lucrările cu radier, frecvență mai ridicată fiind constatată la baraje, dar cele mai mici valori ale gradientului au fost înregistrate la praguri.

6.5. Simularea evenimentului torențial de pe Valea Tigăi

Din perspectiva avariilor generate de debitele și vitezele înregistrate în urma simulării evenimentului torențial surprins pe Valea Tigăi din bazinul Tărlung, cele care influențează în mod direct gradientul indicelui de stare s-au dovedit a fi: decastrarea lucrării propriu – zise, afuierea lucrării propriu – zise, desprinderea în zona deversată și în zona nedeversată, precum și eroziunea lucrării propriu – zise.

Decastrarea s-a dovedit mai frecventă în sectoarele unde morfometria albiei a indus creșterea vitezei, în timp ce afuierea lucrării propriu – zise a cunoscut o amplitudine mare a intensității în paralel cu reducerea debitului și vitezei. Eroziunea lucrării propriu – zise a înregistrat amplitudini mari la debite mici iar desprinderea din corpul radierului a fost mai frecventă la debite mai mici. Eroziunea radierului a urmat o condiție de liniaritate în raport cu debitul dar mai ales cu viteza curentului.

Dintre disfuncționalități, reducerea blocării deversorului a fost influențată pozitiv la debite și viteze foarte mari iar colmatarea radierului s-a dovedit a fi profund influențată de caracteristicile viiturii, în special de viteza curentului.

6.6. Gradientul indicelui de stare: fundamente și argumente pentru adoptarea sa ca indicator al evoluției stării lucrărilor hidrotehnice transversale și ca instrument de prioritizare a intervențiilor de reabilitare

Dovezile reieșite în urma analizei statistice asupra gradientului indicelui de stare (§ 5.9), alături și de rezultatul ierarhizării evenimentelor comportamentale în raport cu valorile medii ponderate ale gradientului indicelui de stare (§ 5.11), constituie fundamente și deopotrivă argumente pentru ca acest indicator să fie utilizat în cercetarea științifică viitoare, redând în rezumat următoarele:

1. Dovezi statistice. Deși lucrările hidrotehnice transversale sunt avariate în decursul timpului în urma viiturilor torențiale, la care contribuie și factorii locali, totuși numai anumite avarii au o influență semnificativă în sens statistic în privința deprecierei stării fizice a lucrărilor, implicit prin modificarea gradientului indicelui de stare.

2. Ierarhizarea principalelor avarii. În urma calculului unui gradient mediu global ponderat a rezultat următorul clasament: desprindere în zona nedeversată: $G_s = -1,570$; desprinderea în zona deversată: $G_s = -1,352$; afuierea: $G_s = -1,324$; decastrarea: $G_s = -1,235$; eroziunea: $G_s = -1,132$; fisurarea: $G_s = -0,987$. În condițiile în care fondurile alocate pentru mentenanța lucrărilor sunt limitate, se justifică (teoretic vorbind) ca intervențiile asupra lucrărilor să fie realizate eșalonat în ordinea mediilor G_s de mai sus și anume: mai întâi la lucrările afectate de desprindere, apoi la cele afectate de afuiere ș.a.m.d. Din punct de vedere practic însă, ar putea fi mai convenabil un clasament pe mari bazine hidrografice al vailor torențiale amenajate, cu cea mai mare valoare a produsului dintre numărul de lucrări ce trebuie reabilitate și gradientul mediu corespunzător acestora. Într-o astfel de alternativă, s-ar califica pentru prima urgență de intervenție: Valea Crăiasa din BH Crișuri, Valea Repedea din BH Tisa și Valea Tesla din BH Olt.

7 CONCLUZII FINALE. RECOMANDĂRI PRACTICE ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE

7.1. Concluzii finale

(1) Bazinele hidrografice torențiale în care sunt localizate cele 285 de lucrări hidrotehnice transversale acoperă întreaga gamă de situații întâlnită în amenajarea albiilor torențiale din România. Lucrările respective sunt, ele însele, reprezentative atât din punct de vedere al caracteristicilor tehnice, constructive și tipologice, cât și sub raportul expunerii la o diversitate de evenimente comportamentale în perioada de exploatare.

(2) Monitorizarea stării fizice a acestor lucrări, ca o cerință de bază a activității de mentenanță presupune inventarierea și reinventarierea pe teren a lucrărilor și determinarea, în final, a doi indicatori:

- indicele de stare, cu ajutorul căruia se poate cuantifica starea fizică a lucrărilor la un anumit moment (momentul fiecărei inventarieri), și
- gradientul indicelui de stare, cu care se poate cuantifica evoluția stării lucrărilor într-un interval de timp (în perioada dintre două inventarieri).

În timp ce trendul evoluției (deprecierea sau aprecierea stării) este indicat de semnul algebric al gradientului (semnul minus semnificând deprecierea iar semnul plus semnificând aprecierea), ritmul mediu anual al modificărilor de stare este exprimat de valoarea în modul a gradientului.

(3) Pentru majoritatea covârșitoare a lucrărilor, gradientul indicelui de stare a înregistrat semnul negativ, ceea ce înseamnă că, în perioada dintre inventarieri, starea lucrărilor s-a depreciat.

Ritmul mediu anual de depreciere, exprimat în unități/ an, se înscrie într-un interval de la 0 la - 14,33, variabilitatea fiind determinată nu numai de natura, frecvența, intensitatea și asocierea evenimentelor comportamentale ci și de caracteristicile lucrărilor și de caracteristicile de amplasare ale acestora.

Cel mai ridicat ritm al deprecierei s-a identificat la un număr de 75 de lucrări, care au retrogradat din categoriile de stare în care au fost încadrate inițial. Cele mai multe dintre acestea sunt lucrări care, la prima inventariere, se aflau într-o stare foarte bună.

(4) În urma studiului aprofundat al relației dintre starea lucrărilor și principalii factori de influență, a rezultat că lucrările de pe Valea Repedea (BH Tisa) și cele de pe Valea Tesla (BH Olt) prezintă gradienti de până la 1,5 ori mai mici decât media generală a tuturor lucrărilor. De asemenea, s-a constatat că ritmul anual de depreciere este mai avansat în cazul lucrărilor de mică înălțime (1,0...2,0 metri), cu deversoare de 10 - 15, care au fost surprinse de viituri într-un timp relativ scurt de la punerea în operă, adesea neaterisate.

În plus, din punctul de vedere al poziției pe care lucrarea transversală o ocupă în cadrul suitei de lucrări de pe aceeași vale, datele obținute au scos în evidență un aspect interesant, care însă nu poate fi generalizat. Este de dat răspuns la întrebarea: de ce ritmul mediu anual cel mai avansat este întâlnit în cazul traverselor pe sectorul inferior, în cazul pragurilor pe sectorul mijlociu, iar în cazul barajelor pe sectorul superior?

(5) Analiza varianței aplicată asupra gradientului indicelui de stare a pus în evidență influența semnificativă a următorilor factori:

- quantumul mediu anual al precipitațiilor, din categoria caracteristicilor amplasamentului;
- materialul de construcție și vârsta din categoria caracteristicilor lucrărilor;

-decastrarea și afuierea lucrării propriu - zise, desprinderea din zona deversată, din radier și din zidurile de conducere, precum și afuierea radiatorului, din categoria evenimentelor comportamentale (avarii) produse în perioada de funcționare a lucrărilor.

(6) Evoluția stării fizice a lucrărilor hidrotehnice transversale, ilustrată de frecvența gradientului de stare, s-a dovedit că urmărește îndeaproape unele legități teoretice. Astfel, în urma încercărilor de ajustare a distribuțiilor experimentale după două distribuții teoretice (normală și Meyer) a rezultat că frecvența gradientului se distribuie diferit în funcție de mărimea intervalului de clasă, dar și de criteriul ales pentru stratificarea datelor. Pentru cazurile studiate, s-a constatat că, prin mărirea intervalului de clasă, distribuțiile experimentale ale frecvenței gradientului se apropie de o distribuție normală. Acest rezultat, așteptat de altfel (datorită numărului mare de factori de influență), se află în concordanță și cu rezultatul obținut în urma aplicării analizei componentei principale, unde, în cazul celor 12 variabile a căror semnificație statistică a putut fi dovedită, procentul de acoperire din varianța totală este de 35%.

(7) În urma modelării hidrologice și hidraulice a evenimentului torențial de pe Valea Tigăi din anul 2018, urmată de analiza modului în care debitul și viteza curentului s-au răsfrânt asupra variației gradientului indicelui de stare, a rezultat o influență semnificativă în cazul următoarelor evenimente comportamentale:

- din categoria avariilor lucrării propriu-zise: decastrarea, afuierea, desprinderea (din zona deversată și nedeversată) și eroziunea;

-din categoria disfuncționalităților: blocarea deversorului și colmatarea radiatorului.

(8) În urma determinării unui gradient mediu ponderat indus de șase dintre avariile identificate, a rezultat că rata medie anuală de depreciere a stării fizice a lucrărilor, pusă pe seama acestor evenimente, descrește în următoarea ordine: desprinderea în zona nedeversată ($G_s = -1,570$); desprinderea în zona deversată ($G_s = -1,324$); afuierea ($G_s = -1,324$); decastrarea ($G_s = -1,235$); eroziunea ($G_s = -1,132$); fisurarea ($-0,987$).

(9) Semnificațiile de ordin practic pe care le prezintă gradientul indicelui de stare, inclusiv pentru prognoza evoluției probabile a stării lucrărilor, constituie un argument important pentru ca această nișă să focalizeze în continuare atenția și preocupările în activitatea de cercetare.

7.2. Recomandări practice

(1) Gradientul indicelui de stare să fie integrat, alături de indicele de stare, în noua metodologie propusă în anul 2015 pentru monitorizarea lucrărilor de amenajare a rețelei hidrografice torențiale.

(2) Pentru a se obține date cât mai reprezentative asupra variabilității gradientului indicelui de stare se recomandă continuarea acțiunii de reinventariere a lucrărilor deja cuprinse în baza de date abht.ro, precum și inventarierea celorlalte lucrări existente în prezent în bazinele torențiale amenajate în patrimoniul silvic al țării.

(3) Dat fiind că fenomenologia asociată stării lucrărilor utilizate în amenajarea albiilor torențiale este puternic amprentată de factorul genetic al viiturilor torențiale, se impune creșterea numărului de bazine torențiale (deja) amenajate hidrotehnic care să fie echipate cu aparatură modernă, pluviometrică și hidrometrică, având ca model infrastructura existentă astăzi pe Valea Băii și pe Valea Tigăile, din zona montană a Brașovului.

7.3. Contribuții originale

- Introducerea în cercetare a unui nou parametru de estimare a modificării anuale a stării fizice a lucrărilor hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale, denumit gradientul indicelui de stare;
- Cercetarea aprofundată a variabilității stării fizice a acestor lucrări în relație cu evoluția evenimentelor comportamentale, cu caracteristicile amplasamentului și cu caracteristicile lucrărilor;
- Cercetarea evoluției stării lucrărilor în funcție de poziția acestora în sectorul de albie amenajat, delimitat după criteriul numărului egal de lucrări;
- Ierarhizarea, pentru prima dată, a evenimentelor comportamentale în raport cu impactul lor asupra evoluției stării fizice a lucrărilor;
- Utilizarea, în premieră, a modelului Mike Hydro pentru simularea impactului generat de un eveniment torențial asupra evoluției stării fizice a lucrărilor.

8 DISEMINAREA REZULTATELOR ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

8.1. Diseminarea rezultatelor

Lucrări publicate în reviste indexate ISI

- **Mihalache A.L.**; Marin M., Davidescu Ș.O.; Ungurean C., Adorjani A., Tudose N.C., Davidescu A.A., Clinciu I., 2020: *Physical status of torrent control structures in Romania*, Environmental Engineering and Management Journal, 19 (5), pp. 861 – 872.
- Marin, M., Clinciu I., Tudose N.C., Ungurean C., Adorjani A., **Mihalache A.L.**, Davidescu A.A., Davidescu Ș.O., Dincă L., Cacovean H., 2020: Assessing the vulnerability of water resources in the context of climate changes in a small forested watershed using SWAT: A review. Environmental Research, vol. 184, 109330, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109330>.
- Tudose, N.C.; Marin, M.; Cheval, S.; Ungurean, C.; Davidescu, S.O.; Tudose, O.N.; **Mihalache, A.L.**; Davidescu, A.A., 2021: SWAT Model Adaptability to a Small Mountainous Forested Watershed in Central Romania. *Forests*, 12, 860. <https://doi.org/10.3390/f12070860>.

Lucrări publicate în reviste indexate BDI

- **Mihalache A.L.**, Clinciu I., Davidescu Ș.O., Tudose N.C., Marin M., Ungurean C., Davidescu A.A., Tudose O., 2021: Gradientul indicelui de stare al lucrărilor hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale, *Revista Pădurilor*, 4, pp. 15 – 30.
- **Mihalache A.L.**, Clinciu I., Davidescu Ș.O., Tudose N.C., Ungurean C., Marin M., Davidescu A.A., Tudose O., 2021: Gradientul indicelui de stare al lucrărilor hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale, indus de unele avarii ale lucrării propriu – zise, *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 49, pp. 5 – 18.
- Ungurean C., **Mihalache A.L.**, Davidescu Ș., Tudose N.C., Davidescu A., Tudose O., Marin M., 2021: Evaluarea prin modelare hidraulică a impactului vegetației lemnoase ripariene asupra dinamicii inundațiilor, *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 48, pp. 58 – 65.
- Marin M., Clinciu I., Tudose N.C., Cheval S., Ungurean C., Davidescu Ș.O., Adorjani A., **Mihalache A.L.**, Davidescu A.A., Tudose O.N., 2020: Simularea impactului schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra proceselor hidrologice din bazinul hidrografic Târlungul Superior, *Revista Pădurilor*, 135 (3), pp. 1-26.

Carte în editură acreditată

- Davidescu Ș.O., Clinciu I., Tudose C.N., Niță M.D., Adorjani A., Gancz C., Ungurean C., Oprea V., Păcurar V., Petrișan I.C., Davidescu A.A., **Mihalache A.L.**, Crivăț M., Marin M., 2020: Estimarea torențialității bazinelor hidrografice mici și monitorizarea lucrărilor de amenajare a albiilor torențiale, pe baza indicilor de risc și de stare. Seria II: Lucrări de cercetare. Editura Silvică, 210p.

Contribuție la crearea unui centralizator meteorologic, de nivel internațional

- Tudose N.C., Ungurean C., Marin M., **Mihalache A.L.**, Davidescu Ș., 2019: Meteorological research datasets collected from the Tarlung river basin using research infrastructure installed within the CLISWELN project. În 4TU.Centre for Research Data – Science Engineering Design, <http://doi.org/10.4121/uuid.8cdfd0c6-1976-417c-bc20-7397f6382e7f>.

Comunicări la simpozioane și conferințe internaționale

- **Mihalache A.L.**, 2018: Physical status of torrent control structures in Romania, International Conference "Forest Science for a Suitable Forestry and Human Wellbeing", 18-21 septembrie, București.
- Crivăț M., Ungurean C., Davidescu Ș.O., Adorjani A., Tudose N.C., Davidescu A.A., Babăță (Marin) M., **Mihalache A.L.**, 2018: Assessment of logging trails erosion coupled with timber harvesting. International Conference "Forest Science for a Suitable Forestry and Human Wellbeing", 18-21 septembrie, București.
- **Mihalache A.L.**, Marin M., Davidescu Ș., Ungurean C., Tudose N.C., Davidescu A.A., Tudose O., Clinciu I., 2020: Assessment of the physical status of the torrent control structures in Romania. 9th International Symposium Forest and Sustainable Development. 16 – 17 Octombrie, Brașov.
- Marin M., Clinciu I., Tudose N.C., Ungurean C., Davidescu Ș.O., **Mihalache A.L.**, Tudose O.N., 2020: The impact of forest and climate change on seasonal dynamics of hydrological processes in Upper Tarlung watershed. 9th International Symposium Forest and Sustainable Development. 16 – 17 Octombrie, Brașov.
- Tudose N.C., Ungurean C., Marin M., Davidescu Ș.O., **Mihalache A.L.**, 2020: Assessing the hydrological impact of land and forest management change under climate projections in the Tarlung river basin (upstream Sacele Recevoir). 9th International Symposium Forest and Sustainable Development. 16 – 17 Octombrie, Brașov.

8.2. Direcții viitoare de cercetare

(1) Posibilități și modalități de integrare a gradientului indicelui de stare în metodologia propusă anterior (anul 2015) cu referire la monitoringul stării lucrărilor utilizate în amenajarea albiilor torențiale, astfel încât pe lângă starea la un anumit moment a lucrărilor (exprimată de indicele de stare) să se țină seama și de ritmul mediu anual al evoluției probabile a stării lucrărilor (exprimat prin gradientul indicelui de stare).

(2) Elucidarea relației dintre evoluția stării lucrărilor și poziția pe care acestea o ocupă în cadrul ansamblului creat pe una și aceeași vale (sectorul inferior/ mijlociu/ superior).

(3) Determinarea prin simulări hidrologice și hidraulice a influenței formării aterisamentului și a influenței pantei de aterisare asupra evoluției stării fizice a lucrărilor hidrotehnice transversale.

(4) Studiul legăturilor corelaționale dintre indicatorul evoluției stării lucrărilor de pe rețeaua hidrografică torențială (gradientul de stare) și unii indicatori ai stării terenurilor de pe versanții bazinului, incluzând aici atât unii parametri hidrologici (potențialul de retenție, indicele de eroziune), cât și unii parametri caracterizanți ai structurii pădurii (gradul de împădurire, vârsta, consistența, clasa de producție etc.).

Bibliografie selectivă

Adorjani A., Davidescu S.O., Gancz C., 2008: Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torentiale în patrimoniul silvic al României. În *Silvologie* vol. VI „Amenajarea bazinelor hidrografice torentiale. Noi concluzii și fundamente științifice”. Editura Academiei Române, București pp. 169-192.

Alila Y., Beckers J., Schnorbus M., Thyer M., 2003: Testing Current Watershed Assessment Procedures and Developing a Decision Support System for Forest Watershed Management in British Columbia – Final report. University of British Columbia, Department of Forest Resources Management. 30 p.

Biali G., Popovici N., 2006: Amenajări pentru protecția și conservarea solului. Editura Performantica, Iași.

Boix-Fayos C., Barbera G.G., Lopez Bermudez F., Castillo V.M., 2007: Effects of Check Dams, Reforestation and Land Use Changes on River Channel Morphology: Case Study of the Rogativa Catchment (Murcia – Spain). *Science Direct – Geomorphology* nr. 91, pp. 103-123.

Ciornei I., 2014: Cercetări cu privire la efectele lucrărilor de corectarea torenților în bazinul hidrografic Suha Bucovineană. Teză de doctorat. Universitatea "Ștefan cel Mare" din Suceava.

Clinciu, 2005: Unele rezultate ale cercetărilor privind natura și frecvența avariilor la lucrările de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Tărlungului. În volumul sesiunii științifice naționale cu participare internațională Pădurea și dezvoltarea durabilă, Brașov, 5 noiembrie, pp. 503-507.

Clinciu I. (coord.), 2011a: Cercetări privind lucrările de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Tărlungului (amonte de acumulare Săcele). Editura Universității Transilvania din Brașov, 400 p.

Clinciu, I., (coord), 2014: Behaviour and effects of the torrential hydrographical management structures in a mountain watershed. A new methodological and statistical approach. Transilvania University Press, Brașov, 113 p.

Clinciu I., Gaspar R, 2005: Comportarea lucrărilor hidrotehnice de amenajare a torenților, o problemă de actualitate a cercetării științifice, *Revista Padurilor*, nr 5/2005 pp. 36-43.

Clinciu I, Gaspar R., 2006: Cercetări privind stabilitatea și rezistența lucrărilor hidrotehnice de amenajare a torenților, *Revista Padurilor*, nr 3/2006, pp. 3-9.

Clinciu I., Gaspar R., 2007: Agravarea efectelor catastrofale ale viiturilor torentiale și ale inundațiilor de către flotanți și măsuri de prevenire și combatere, *Revista Padurilor*, nr. 2/2007, pp. 3-9.

Clinciu I., Petrițan I.C., 2008: Cercetări statistice privind frecvența evenimentelor comportamentale asociate părților componente ale unei lucrări hidrotehnice transversale. În volumul sesiunii științifice naționale cu participare internațională Pădurea și dezvoltarea durabilă, Brașov, 17-18 octombrie, pp. 533-540.

Clinciu I., Niță M.D., 2019 - Corectarea torenților, Editura Universității Transilvania din Brașov, 268p.

Clinciu I., Petrițan I.C., Niță M.D., 2010b: Monitoring of the Hydrotechnical Torrent Control Structures. A Statistical Approach. *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 9, nr. 12. Pp. 1693-1701.

Clinciu I., Petrițan I.C., Niță M.D., 2012: Magnitude of damage events on hydrotechnical torrent control structures. *Environmental Engineering and Management Journal* 14(1), pp. 57-71.

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.

Constandache C., Nistor S., 2006: Eficiența lucrărilor de împădurire a terenurilor degradate în provenirea și combaterea inundațiilor. *Revista Padurilor*, nr. 3, pp. 41-48.

Costin A., Apostol Al., Gaspar R., Munteanu S.A., 1975: Studiul privind lucrările de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale în perioada 1976 - 2010. MEFMC-IGSS, București.

Davidescu Ș.O. et al., 2009, Comportarea în exploatare a diverselor tipuri de lucrări hidrotehnice utilizate în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Proiect de cercetare PN 09460303/2009, Fazele 1 + 2 + 3, ICAS, 70 p.

Davidescu Ș.O. et al., 2011a, Comportarea în exploatare a diverselor tipuri de lucrări hidrotehnice utilizate în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Proiect de cercetare PN 09460303/2009, Fazele 4 + 5 + 6, ICAS.

Davidescu Ș.O. et al. 2011b: Identificarea și sistematizarea degradărilor survenite în exploatarea lucrărilor hidrotehnice din B.H. Tisa, B.H. Mureș, S.H. Banat, B.H. Jiu, B.H. Argeș, B.H. Ialomița, B.H. Siret aval Bistrița și versanți direcți Dunăre. Referat științific parțial în cadrul proiectului PN09460303/2009. ICAS. 63 p.

Davidescu S.O., Clinciu I., Tudose N.C., Ungurean C., 2012: An evaluating methodology for torrent – control structures condition. Annals of Forest Research, vol. 55 (1). pp .125-143.

Davidescu, S.O, Niță, M.D, Clinciu, I, Adorjani, A, Tudose, N.C, Ungurean C, 2012, Monitorizarea stării lucrărilor hidrotehnice utilizate în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale și stabilirea urgențelor de intervenție cu reparații. Revista Pădurilor, nr.3. pp. 17 – 23.

Davidescu S.O., 2013: Cercetari privind comportarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, predominant forestiere, din spațiul hidrografic Crișuri, teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov.

Dell'Agnesse, A.; Mazzorana, B.; Comiti, F.; Von Maravic, P. & D'agostino, V., (2013), Assessing the physical vulnerability of check dams through an empirical damage index, Journal of Agricultural Engineering, 44, pp. e2.

Dirja M., 2006: Îmbunătățiri funciare. Complexul de măsuri și lucrări pentru combaterea eroziunii solului. Editura Medianura.

Dirja M., 2007: Corectarea torenților. Ghid pentru întorcirea proiectului. Editura Todesco.

Gancz C., 2012: Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale cu folosință predominant forestieră, prin prisma activității Institutului de Cercetări și Amenajări silvice. Revista Pădurilor nr.3, pp. 11 - 17.

Garcia 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., 1984. Norme tehnice pentru urmarirea comportarii în timp a lucrarilor de constructii folosite în amenajarea torentilor. ICAS – Ministerul Silviculturii. Bucuresti, 15 p.

Gaspar R., Apostol Al., Costin A., 1972: Comportarea lucrarilor hidrotehnice de corectare a torentilor în timpul viiturilor din anul 1970. Revista padurilor nr. 1, pp. 23-27.

Giurma I., 1989: Apărarea obiectivelor importante de efectele negative ale viiturilor și protecția mediului înconjurător, prin soluții eficiente de amenajare a formațiunilor torențiale în condițiile economiei de piață. Revista Hidrotehnica.

Giurma I., 1995: Noi soluții de amenajare a rețelelor de scurgere torențiale ca măsuri preventive de combatere a efectelor negative ale viiturilor și protecția mediului înconjurător. ECOLAND-TEMPUS JEP-08246-34, FIFIM, București.

Giurgiu V., 1972. Metode ale statisticii matematice aplicate în silvicultură. Editura Ceres, București, 565p.

Ioniță I., 2000: Formarea și evoluția ravenelor din Podișul Bârladului. Editura Corson, Iași.

Ki-Hwan Lee, Ewane Basil Ewane, Taro Uchida, Choong-Shik Woo, 2022: Damage types and deterioration characteristics of check dams build on mountain stream in Southeast Korea, *Frontiers in Earth Science*, <https://doi.org/10.3389/feart.2021.788029>.

Lazăr N.V., Gaspar R. et al., 1994: Cercetări privind stabilitatea, rezistența și funcționalitatea lucrărilor de amenajare a torenților. Tema 12RA/94. Referat științific final. ICAS. București.

Lupașcu F., 2009: Cercetări privind comportarea și efectele lucrărilor de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Someșului Mic. Teză de doctorat. Universitatea „Transilvania” din Brașov, 64 p. Rezumatul tezei de doctorat.

Lupașcu F., Clinciu I., 2008: Unele rezultate ale cercetărilor privind comportarea lucrărilor de amenajare a rețelei hidrografice torențiale din bazinul superior al Someșului Mic. Volumul: Pădurea și dezvoltarea durabilă. Editura Universității „Transilvania” din Brașov.

Marin M., 2021: Impactul hidrologic al schimbărilor climatice și reducerea suprafeței împădurite în bazine hidrografice mici, predominant forestiere. Studiu de caz: Bazinul superior al râului Tărlung, Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov.

Mazzorana B., Trenkwalder-Platzer H., Heiser M., Hübl J., 2017: Quantifying the damage susceptibility to extreme events of mountain stream check dams using Rough Set Analysis, *Journal of Flood Risk Management*, DOI: 10.1111/jfr3.12333.

Mihalache A.L., Marin M., Davidescu Ș.O.; Ungurean C., Adorjani A., Tudose N.C., Davidescu A.A., Clinciu I., 2020: Physical status of torrent control structures in Romania, *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol19, Nr. 5., pp. 861 – 872.

Mircea S., 2008: Eroziunea în adâncime în bazinele hidrografice torențiale mici, cu folosințe predominant agricole și impactul acesteia asupra mediului. În: *Silvologie vol. VI - Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Noi concepții și fundamente științifice*. Editura Academiei Române, București, pp. 199-214.

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.

Moțoc M., Mircea S., 2005: Unele probleme privind formarea viiturilor și eroziunea în bazinele hidrografice mici. Editura Cartea Univesitară, București.

Munteanu S.A., 1975: Premise fundamentale în problema amenajării bazinelor hidrografice torențiale. *Revista pădurilor nr. 4*. București, pp. 196 – 201.

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, 328 p.

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, 311 p.

Nagl G. și Hübl J., 2020: Debris-flow impact and interaction with protection structures – Monitoring barrier at the Gadria torrent, Southern Tyrol. *Geomechanics and Tunnelling*, 3(1), pp. 52-56.

Nedelcu L. și Tuas M., 2008: *Silvologie, vol. VI - Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Noi concepții și fundamente științifice*, chap. Argumentarea prin indicatori a necesității amenajării unui bazin torențiale, pp. 199 - 210. Editura Academiei Române.

Niță M.D., 2011. Posibilități de îmbunătățire a metodologiei de prognoză a debitului maxim al viiturilor torențiale în bazine hidrografice mici, predominant forestiere. Rezumat teza de doctorat. Universitatea „Transilvania” din Brașov, 71p.

Niță M.D., Clinciu I., 2012: Construcții hidrotehnice în amenajarea bazinelor hidrografice. Îndrumar de aplicații practice. Editura Universității Transilvania din Brașov, 48p.

Oprea V., ș.a., 1996: Studiu de sinteză privind amenajarea bazinelor hidrografice torențiale din România. Manuscris ICAS, București.

Păcurar V.D., 2015: Măsuri și lucrări pe versanții bazinului. În "Fundamente și soluții privind proiectarea și monitorizarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, predominant forestiere". Raport științific final (Coord.: Clinciu I.) Temă finanțată de Regia Națională a Pădurilor.

Petrișan I.C., 2008. Contribuții la studiul statistic al parametrilor morfometrici și morfohidrologici ai bazinelor hidrografice predominant forestiere. Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov.

Plesiński K, Suder K (2019). Influence of check dams on bed sediment in the Tenczyński stream. Acta Sci. Pol. Formatio Circumictus 18 (1), pp. 145–159.

Prîșcu R., 1974: Construcții hidrotehnice (I și II), Editura didactică și pedagogică, București.

Remaître 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.

Tomoioagă Gh., 1999: Cercetări privind deficiențele lucrărilor hidrotehnice de amenajare a torenților în perioada de exploatare, în vederea îmbunătățirii activității de întreținere a acestora. Referat științific final. ICAS București, 42 p.

Traci C., 1985: Împădurirea terenurilor degradate. Editura Ceres, București.

Tuas M., 2005: Cercetări privind comportarea lucrărilor hidrotehnice executate pe formațiuni torențiale din județul Vâlcea, Teză de doctorat, UTC, București.

Tudose N.C., Clinciu I., 2010: Research Concerning the Effect of the Torrential Hydrographic Network Management Works in the Upper Watershed Cărcinov River. Bulletin of the Transylvania University of Brasov, Series II: Forestry – Wood Industry Agricultural Food Engineering, pp. 107-114.

Tudose N.C., 2011: Cercetări privind fundamentarea amenajării torenților din bazinul superior al râului Cărcinov (B.H. Arges). Teza de doctorat. Universitatea „Transilvania” Brasov, 271 p.

Ungurean C. et al., 2007: Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Crișuri. ICAS București, 73 p.

Ungurean C., Mihalache A.L. et al. 2021: Evaluarea prin modelare hidraulică a impactului vegetației lemnoase ripariene asupra dinamicii inundațiilor, Revista de Silvicultură și Cinegetică, 48, pp. 58 – 65.

Untaru E., Constandache C., Roșu C., 2008: Efectul culturilor forestiere instalate pe terenuri erodate în raport cu evoluția acestora în timp. Silvologie vol. VI - Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Noi concepții și fundamente științifice. Editura Academiei Române, București, pp. 232 - 242.

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.

Rezumat

Studiul se bazează pe două inventare succesive pentru 285 de lucrări hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale, localizate pe 49 de cursuri torențiale din România. Pornind de la cea mai recentă metodologie, bazată pe indicii de stare, pentru atingerea celor 6 obiective propuse a fost definit un nou parametru, denumit gradient de indice de stare, care reflectă variațiile stării fizice pe parcursul unui an de funcționare a lucrării. Trendul evoluției este indicat de semnul algebric al gradientului iar ritmul mediu anual al modificărilor este exprimat de valoarea în modul a acestuia. Prin prezenta cercetare s-a urmărit variația stării fizice între inventarele succesive, în funcție de caracteristicile lucrărilor, localizarea acestora și evenimentele comportamentale. De asemenea, a fost realizat un studiu privind efectul unui eveniment torențial înregistrat în iunie 2018 (în bazinul râului Tărlung - în amonte de Acumularea Săcele), asupra lucrărilor hidrotehnice transversale. Deși aceste structuri sunt deteriorate în timp din cauza debitelor torențiale, influența semnificativă statistic asupra stării fizice este dată doar de anumite avarii. Din perspectiva materialelor de construcție, diferențe semnificative s-au găsit doar între beton și zidărie, primul caz dovedind o degradare mai accentuată. Vârsta se dovedește a fi un factor semnificativ în raport cu variația stării fizice, cele mai recente lucrări având variații pronunțate ale gradientului. Starea fizică a lucrărilor poate fi influențată și de unele particularități ale caracteristicilor bazinului sau ale caracteristicilor dimensionale ale lucrărilor. Dintre avariile înregistrate la lucrările hidrotehnice transversale se evidențiază unele avarii cu influență semnificativă asupra gradientului indicelui de stare, aici se numără: decastrarea, desprinderea din zona deversată, afuierea radierului, desprinderile în radier, desprinderile în zidurile de conducere. În sfârșit, gradientul indicelui de stare poate fi folosit ca instrument de prioritizare a intervențiilor de reabilitare a lucrărilor hidrotehnice transversale utilizate în amenajarea albiilor torențiale.

Abstract

The study is based on two successive inventories for 285 torrent control structures used in torrential beds management, from 49 torrential streams from Romania. Using the latest methodology, based on the status index, to achieve the 6 proposed objectives a new parameter was defined, named status index gradient, which reflect the variations of the status index during a year of structure operation. The evolution trend is indicated by the algebraic sign of the gradient while the annual average rate of changes is expressed by its module value. The research followed the variation of the physical status between successive inventories, according to the structure characteristics, location of the structure and behavioral events. Also, a study was conducted regarding the effect of a torrential event recorded in June 2018 (in Tărlung river basin - Upstream of the Săcele Recevoire), on the torrent control structures. Although the transversal hydrotechnical works are damaged over time due to torrential flows, the statistically significant influence on the physical condition is given by only certain damages. From the perspective of construction materials, significant differences were found only between concrete and masonry, the first case showing a more pronounced degradation. The age proves to be a significant factor in relation to the variation of their physical condition, the most recent structures having pronounced variations of the gradient. The structure's physical condition can also be influenced by some particularities of the basin characteristics or structure dimensional characteristics. Among the damages recorded on the transversal hydrotechnical structures, some of damages are highlighted with significant influence on the status index gradient, here we can include: the unembedding, detachment from the spilled area, apron undermining, apron ruptures, guarding walls ruptures. Finally, the gradient of the condition index can be used as a tool for prioritizing interventions to rehabilitate the transversal hydrotechnical works used in the torrential hydrographical network management.