



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE ASACHI”
DIN IAȘI**



CONTRIBUȚII LA CREȘTEREA SIGURANȚEI ÎN EXPLOATARE A EVACUATORILOR DE APĂ DE LA BARAJELE DE PĂMÂNT ÎN CONTEXTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Ing Violeta Dominte (Croitoru)

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. ing. LUCA MIHAIL

IAȘI, 2026

CONTRIBUȚII LA CREȘTEREA SIGURANȚEI ÎN EXPLOATARE A EVACUATORILOR DE APĂ DE LA BARAJELE DE PĂMÂNT ÎN CONTEXTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

Ing. Violeta Dominte (Croitoru)
Domeniul: Inginerie Civilă și Instalații

Președinte comisie doctorat:

Conducător de doctorat:

Prof.univ.dr.ing. Mihail Luca

Referenți oficiali:

Comisia de îndrumare/Comisia de îndrumare

și integritate academică:

Conf.dr.ing. Marcoie Nicolae

Conf.dr.ing. Chiorescu Esmeralda

Șef lucr.dr.ing. Daniel Toma

Șef lucr.dr.ing. Valentin Boboc

MULȚUMIRI

Teza de doctorat a fost realizată în cadrul Școlii Doctorale a Facultății de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului din Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, pe domeniul „Inginerie civilă și Instalații”. Teza conține o serie de studii și cercetări desfășurate în Colectivul de Cercetare coordonat de profesorul Mihail Luca din cadrul universității.

Cu deosebită considerație, adresez cele mai sincere mulțumiri conducătorului științific, domnului profesor dr. ing. Mihail Luca, pentru coordonarea remarcabilă, pentru exigența științifică, înalta competență și devotamentul cu care m-a ghidat pe tot parcursul cercetărilor incluse în această lucrare.

Adresez deosebite mulțumiri domnilor profesori, membri ai comisiei de doctorat, pentru amabilitatea de a accepta să facă parte din comisie, pentru timpul alocat evaluării acestei lucrări, pentru sugestiile și recomandările oferite și nu în ultimul rând pentru aprecierea științifică și tehnică a tezei de doctorat.

Mulțumesc domnilor profesori din comisia de îndrumare pentru amabilitatea, sprijinul acordat, timpul alocat evaluării prezentei lucrări și pentru coordonarea pe unele teme de studiu și cercetare, precum și pentru aprecierea activității mele și a tezei de doctorat.

Mulțumiri conducerii Facultății de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, precum și Universității Tehnice, pentru crearea cadrului academic favorabil de desfășurare a activității doctorale. Doresc să aduc mulțumiri colectivului de cadre didactice de la Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, care prin munca lor au contribuit la formarea mea ca inginer și ulterior m-au sprijinit în realizarea acestei lucrări științifice.

Totodată, sunt recunoscătoare Administrației Bazinale de Apă Prut – Bârlad, care mi-a asigurat accesul la baza de date de specialitate din domeniul gospodăririi apelor din spațiul hidrografic Prut- Bârlad și m-a sprijinit la realizarea tezei.

Mulțumesc familiei, prietenilor și colegilor pentru răbdarea, încurajarea și susținerea necondiționată, care au fost fundamentale în depășirea provocărilor acestui parcurs academic.

Mulțumesc celor care vor dori să lectureze această teză de doctorat și am speranța că rezultatele ei vor contribui la îmbogățirea cu un material științific și tehnic domeniul ingineriei civile și în special pe cel al verificării la acțiunile complexe actuale ale factorilor climatici și antropici asupra descărcătorilor de apă de la barajele mici de pământ.

Autoarea

CUPRINS

Cap. 1. Probleme actuale de siguranță în exploatare a barajelor mici de pământ.....	13
1.1.Elemente sintetice ale riscului în analiza comportării barajelor de pământ.....	13
1.2. Impactul schimbărilor climatice asupra proiectării și exploatării barajelor mici de pământ.....	14
1.3. Analiza sintetică a caracteristicilor barajelor de pământ din categoria C și D.....	15
1.3.1. Introducere	15
1.3.2. Clasificarea barajelor de pământ.....	17
1.3.3. Componente constructive la amenajările hidrotehnice cu baraje de pământ	18
1.3.4. Factori naturali cu influență în exploatare a barajelor de pământ.....	19
1.3.5. Elemente de analiză sintetică privind acțiunea factorilor antropici	20
1.4. Analiza comportării barajelor de pământ la acțiunea factorilor naturali și antropici din zona de est a României	21
1.4.1. Considerații generale.....	21
1.4.2. Analiza comportării evacuatorilor la baraje de pământ din județul Botoșani.....	24
1.4.3. Analiza comportării evacuatorilor la baraje de pământ din județul Iași.....	27
1.4.3.1. Principalele baraje din pământ din județul Iași	27
1.4.3.2. Baraje de pământ din zona municipiului Iași.....	27
1.4.3.3. Baraje de pământ cu înălțime mică din județul Iași.....	31
1.4.3.4. Comportarea evacuatorilor la Barajul Podu Iloaiei din județul Iași.....	31
1.4.4. Analiza comportării evacuatorilor la baraje de pământ din județul Galați.....	32
1.4.5. Analiza comportării evacuatorilor la baraje de pământ din județul Suceava.....	34
1.5. Elemente de studiu privind comportarea evacuatorilor la barajul de pământ Vârșolt.....	38
1.6. Analiza privind comportarea evacuatorilor la baraje de pământ pe plan internațional	40
1.6.1. Introducere	40
1.6.2. Analiza cedărilor, incidentelor și accidentelor la baraje pe plan internațional.....	41
1.7. Monitorizarea evacuatorilor la baraje de pământ	47
1.8. Concluzii privind comportarea evacuatorilor la baraje de pământ la acțiuni naturale și antropice.....	48
Cap. 2. Procese de degradare a evacuatorilor de la baraje de pământ	51
2.1. Introducere	51
2.1.1. Elemente descriptive ale evacuatorilor de apă	51
2.2. Analiza factorilor de risc ce influențează starea structurală și funcțională a evacuatorilor pentru debite medii.....	52
2.2.1. Procese de degradare structurală a tururilor de manevră	52
2.2.2. Procese de degradare structurală a golirilor de fund.....	54
2.2.3. Procese de degradare a instalațiilor hidromecanice.....	58
2.3. Analiza factorilor de risc ce influențează starea structurală și funcțională a evacuatorilor pentru debite mari.....	60
2.3.1. Procese de degradare a descărcătorilor de ape mari laterali tip canal.....	60
2.3.2. Procese de degradare a descărcătorilor de ape mari frontali.....	69
2.3.3. Procese de degradare a descărcătorilor de ape mari tip pâlnie.....	72
2.4. Concluzii	73
Cap. 3. Elemente de analiză și calcul la evacuatorii de apă de la baraje de pământ.....	77
3.1. Elemente de calcul hidraulic pentru mișcarea apei în sistemele sub presiune la baraje de pământ	77
3.1.1. Sisteme hidraulice sub presiune la baraje de pământ	77
3.1.2. Ecuațiile de bază ale mișcării apei în conducte sub presiune.....	78
3.1.3. Elemente specifice de calcul la conductele de golire	80

3.1.4. Elemente de calcul hidraulic la tumul de manevră/priză	82
3.2. Elemente de calcul hidraulic pentru mișcarea apei cu nivel liber la barajele de pământ ..	83
3.2.1. Sisteme hidraulice cu nivel liber la barajele de pământ	83
3.2.2. Ecuațiile de bază ale mișcării apei cu nivel liber în canale	84
3.2.3. Elemente de calcul ale mișcării uniforme	85
3.3. Elemente de calcul hidraulic la mișcarea permanentă neuniformă graduală variată	88
3.3.1. Probleme de calcul și parametri specifici	88
3.3.2. Criteriile de recunoaștere a stărilor de mișcare	89
3.3.3. Forma curbelor suprafeței libere	90
3.3.4. Secțiune de control și adâncime de comandă	91
3.3.5. Calculul parametrilor curbelor suprafeței libere în alpii prismatice	91
3.4. Elemente de calcul hidraulic la mișcarea permanentă neuniformă rapidă variată	92
3.4.1. Probleme și parametri de calcul	92
3.4.2. Calculul parametrilor saltului hidraulic	93
3.5. Elemente specifice de calculul hidraulic la evacuatorul de ape mari	94
3.5.1. Elemente de calcul hidraulic la evacuatorul de ape mari cu poziție laterală/frontală ..	94
3.5.2. Elemente de calcul hidraulic pentru deversoarele de la evacuatorii de ape mari	96
3.5.3. Probleme speciale de calcul hidraulic la canalele rapide	97
3.5.4. Elemente de calcul hidraulic pentru disipatorul de energie și rizbermă	100
3.6. Elemente specifice de analiză a materialelor de execuție pentru evacuatorii de apă de la barajele de pământ	102
3.6.1. Caracteristici și parametri ai materialelor de construcție ai evacuatoarelor de ape mari ..	102
3.6.2. Caracteristici și parametri ai materialelor de construcție la tumul de manevră și goliri de fund	105
Cap. 4. Baza de cercetare a evacuatoarelor de ape la barajele de pământ – Studiu de caz – Barajul Chirița	107
4.1. Criterii de alegere a bazei de cercetare	107
4.1.1. Obiectivele cercetării	107
4.1.2. Criterii de alegere a bazei de cercetare	108
4.2. Caracteristici geo-fizice ale amplasamentului	109
4.2.1. Amplasamentul obiectivului de cercetare	109
4.2.2. Caracteristicile reliefului, geologice și geotehnice	110
4.2.3. Caracteristici climatice	111
4.2.4. Caracteristicile vântului din zona lacului	112
4.2.5. Caracteristici hidrografice, hidrologice și hidrogeologice	112
4.2.6. Caracteristici seismice	114
4.2.7. Influențe ale schimbărilor climatice în zona de cercetare	114
4.3. Descrierea bazei de studiu pentru cercetarea evacuatoarelor de apă	116
4.3.1. Structura constructivă a complexului hidrotehnic Chirița	116
4.3.2. Elemente caracteristice ale acumulării	119
4.3.2.1. Niveluri caracteristice	119
4.3.2.2. Debite caracteristice	119
4.3.2.3. Volume caracteristice și suprafețe ocupate	120
4.3.3. Elemente constructive și funcționale ale barajului	120
4.3.4. Elemente constructive și funcționale ale evacuatorului de ape mari	121
4.3.5. Elemente constructive și funcționale ale golirii de fund	126
4.4. Metodica de cercetare a parametrilor structurali și funcționali ai evacuatoarelor de apă de la baraje	128
4.4.1. Metode de cercetare și restricții în activitatea experimentală	128
4.4.2. Caracteristici și parametri considerați în cercetare	129

4.4.3. Caracteristici topografice ale obiectelor de cercetare	130
4.4.4. Caracteristici hidrologice și hidraulice ale obiectelor de cercetare	131
4.4.5. Caracteristici structurale ale obiectelor de cercetare	132
4.5. Metodica de analiza, prelucrare și interpretare a rezultatelor	133
4.5.1. Metodica de prelucrare a rezultatelor	133
4.5.2. Metodica de analiză și interpretare a rezultatelor	134
Cap. 5. Rezultate privind comportarea evacuatorilor pentru debite mari la barajul Chirița în varianta proiectată	136
5.1. Caracteristicile evacuatorilor de apă	136
5.1.1. Evacuatorii de apă de la barajul Chirița	136
5.1.2. Caracteristicile și parametri inițiali ai descărcătorului de ape mari	136
5.1.3. Variante de analiză a parametrilor hidraulici ai descărcătorului de ape mari	139
5.2. Procesarea datelor de bază pentru analiza parametrilor mișcării pe descărcătorul de ape mari	141
5.2.1. Parametri caracteristici Pârâului Chirița	141
5.2.2. Caracteristicile hidraulice ale evacuatorilor	142
5.2.3. Date de analiză a parametrilor constructivi în Varianta 1 de cercetare	144
5.3. Procesarea datelor primare pentru simularea mișcării apei pe canalul deversor la starea inițială proiectată	146
5.3.1. Parametri primari de analiză ai canalului deversor din stadiul de proiectare	146
5.3.2. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe Canalul Deversor	147
5.3.2.1. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe CD1	147
5.3.2.2. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe CD2	149
5.3.3. Analiza stării de mișcare pe tronsoanele Canalului Deversor	150
5.3.3.1. Starea de mișcare pe tronsonul CD1	150
5.3.3.2. Starea de mișcare pe tronsonul CD2	151
5.3.4. Analiza parametrilor hidraulici din secțiunea deversorului	153
5.3.4.1. Parametri hidraulici la debitul de dimensionare	153
5.3.4.2. Parametri hidraulici la debitul de verificare	154
5.4. Secțiuni de control și cote de comandă pe canalul deversor	155
5.5. Rezultate privind simularea mișcării neuniforme graduală variată pe canalul deversor la debitul de dimensionare	156
5.5.1. Rezultate obținute și analiza acestora privind parametrii mișcării neuniforme graduală variată pe sectorul CD1	156
5.5.2. Rezultate obținute și analiza acestora privind parametrii mișcării neuniforme graduală variată pe sectorul CD2	159
5.5.3. Analiza rezultatelor obținute pe Canalul Deversor la debitul de dimensionare	160
5.6. Rezultate privind simularea mișcării la debitul de verificare proiectat pe canalul deversor	162
5.6.1. Rezultate privind parametri mișcării neuniforme pe CD1	163
5.6.2. Rezultate privind parametri mișcării MNGV pe CD2	163
5.6.3. Analiza rezultatelor obținute pe Canalul Deversor la debitul de verificare	164
5.7. Parametri și caracteristicile mișcării pe canalul rapid la debitul proiectat	166
5.7.1. Parametri primari de analiză ai Canalului Rapid proiectat	166
5.7.2. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe Canalul Rapid	166
5.7.2.1. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe Canalul Rapid la debitul de dimensionare	166
5.7.2.2. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe Canalul Rapid la debitul de verificare	167
5.7.3. Analiza stării de mișcare pe Canalul Rapid, secțiuni de control și cote de comandă la cele două debite	168

5.7.4. Rezultate privind simularea MNGV pe Canalul Rapid la debitul de dimensionare	168
5.7.5. Rezultate privind simularea MNGV pe Canalul Rapid la debitul de verificare	170
5.7.6. Reducerea vitezelor de eroziune pe Canalul Rapid	170
5.7.7. Analiza și interpretarea rezultatelor pe Canalul Rapid	172
5.8. Analiza comportării disipatorului de energie	174
5.9. Concluzii privind comportarea descărcătorului de la baraj Chirița în forma proiectată	177
Cap. 6. Rezultate privind simularea comportării canalului deversor din descărcătorul de ape mari a barajului Chirița sub acțiunea factorilor climatici actuali	179
6.1. Starea actuală a descărcătorului de ape mari	179
6.1.1. Caracteristicile și parametri topografici actuali ai descărcătorului de ape mari	179
6.1.2. Necesitatea cercetărilor privind starea actuală funcțională a descărcătorului de ape mari	180
6.2. Programul de simulare hidraulică a canalului deversor în structura constructivă modificată	183
6.2.1. Caracteristicile programului de simulare a mișcării apei în canale neprismatice	183
6.2.2. Metodica de aplicare a programului de simulare a mișcării apei pe tronsoanele Canalului Deversor	185
6.3. Procesarea datelor primare pentru simularea stării funcționale actuale a canalului deversor	187
6.3.1. Parametri primari de analiză ai descărcătorului din stadiul actual	187
6.3.2. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe Canalul Deversor	190
6.3.2.1. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe CD1	191
6.3.2.2. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe CD2	191
6.3.3. Analiza stării de mișcare pe tronsoanele Canalului Deversor	193
6.3.3.1. Starea de mișcare pe tronsonul CD1	193
6.3.3.2. Starea de mișcare pe tronsonul CD2	195
6.3.4. Parametri hidraulici din secțiunea deversorului	197
6.3.4.1. Parametri hidraulici la debitul de dimensionare reevaluat	197
6.3.4.2. Parametri hidraulici la debitul de verificare reevaluat	199
6.4. Secțiuni de control și cote de comandă pe Canalul Deversor	200
6.5. Rezultate privind simularea mișcării la debitul de dimensionare actualizat pe CD	201
6.5.1. Rezultate privind parametrii mișcării neuniforme pe CD1	201
6.5.2. Rezultate privind parametrii mișcării neuniforme pe CD2	202
6.5.3. Analiza rezultatelor obținute pe Canalul Deversor la debitul de dimensionare	204
6.6. Rezultate privind simularea mișcării la debitul de verificare actualizat pe canalul deversor	207
6.6.1. Rezultate privind parametrii mișcării neuniforme pe CD1	207
6.6.2. Rezultate privind parametrii mișcării neuniforme pe CD2	208
6.6.3. Analiza rezultatelor obținute pe CD la debitul de verificare reevaluat	211
6.7. Analiza rezistenței la eroziunea hidrodinamică a pereului canalului deversor în condițiile actuale	212
6.8. Concluzii privind comportarea canalului deversor în forma modificată la tranzitarea debitelor de proiectare și verificare	213
Cap. 7. Rezultate privind simularea comportării canalului rapid din descărcătorul de ape mari de la barajul Chirița sub acțiunea factorilor climatici actuali	217
7.1. Parametrii și caracteristicile canalului rapid la debitul actualizat	217
7.1.1. Parametri primari de analiză ai Canalului Rapid din stadiul inițial	217
7.1.2. Parametri și caracteristicile canalului rapid existent actual în teren	219
7.2. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe canalul rapid existent	222
7.2.1. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe Canalul Rapid la debitul de dimensionare reevaluat	222
7.2.2. Procesarea parametrilor mișcării uniforme pe CR la debitul de verificare reevaluat	223

7.2.3. Analiza stării de mișcare pe CR, secțiuni de control și cote de comandă	224
7.2.3.1. Analiza stării de mișcare pe CR la debitul de dimensionare.....	224
7.2.3.2. Analiza stării de mișcare pe CR la debitul de verificare.....	225
7.3. Rezultate privind simularea MNGV pe CR la debitul de dimensionare reevaluat.....	226
7.3.1. Programul de calcul a simulării MNGV pe tronsonul CR la debitul de dimensionare reevaluat.....	226
7.3.2. Rezultate obținute pe tronsonul CR la debitul de dimensionare reevaluat.....	227
7.3.2.1. Rezultate obținute pe tronsonul CR1 la debitul de dimensionare reevaluat	227
7.3.2.2. Rezultate obținute pe tronsonul CR2 la debitul de dimensionare reevaluat	228
7.3.3. Concluzii privind tranzitarea debitului de dimensionare reevaluat în MNGV pe CR.....	230
7.4. Rezultate privind simularea MNGV la debitul de verificare reevaluat.	232
7.4.1. Procesarea datelor MNGV la debitul de verificare reevaluat. Rezultate CR1	232
7.4.2. Procesarea datelor MNGV la debitul de verificare reevaluat. Rezultate CR2.....	234
7.4.3. Concluzii privind tranzitarea debitului de verificare reevaluat în MNGV pe CR.....	235
7.5. Analiza comportării macrorugozității de pe Canalul Rapid	238
7.6. Analiza comportării disipatorului de energie la debitele reevaluate	240
7.7. Analiza și interpretarea rezultatelor obținute pe CR în stadiul existent.Concluzii	241
Cap. 8. Cercetări privind starea constructivă în timp a descărcătorului de ape mari cu influențe asupra capacității de transport a debitelor maxime.....	245
8.1. Elemente de cercetare a stării structurale la descărcătorul de ape mari	245
8.1.1. Descărcătorul de ape mari în structura barajului de pământ.....	245
8.1.2. Elemente de cercetare structurală la descărcătorul de ape mari.....	246
8.2. Analiza stării structurale a canalului de acces a descărcătorului de ape mari de la Barajul Chirița.....	249
8.3. Analiza stării structurale a deversorului	251
8.4. Analiza stării structurale a canalului deversor din descărcătorul de ape mari de la Barajul Chirița.....	253
8.4.1. Elemente structurale ale Canalului Deversor CD.....	253
8.4.2. Analiza stării structurale a tronsonului CD1	254
8.4.3. Analiza stării structurale a zonei de racord CD1 – CD2. Pod	257
8.4.4. Analiza stării structurale a tronsonului CD2	260
8.5. Analiza stării structurale a canalului rapid.....	263
8.5.1. Elemente structurale ale Canalului Rapid	263
8.5.2. Analiza stării structurale a Canalului Rapid CR1	263
8.5.3. Analiza stării structurale a Canalului Rapid CR2.....	265
8.5.4. Concluzii privind analiza stării structurale a Canalului Rapid.....	269
8.6. Analiza stării structurale a bazinului disipator	270
8.7. Analiza stării de colmatare a lacului asupra debitelor maxime	274
8.8. Siguranța în exploatare indusă de starea structurală a descărcătorului de ape mari.....	278
8.9. Concluzii	289
Cap. 9. Concluzii și contribuții.....	293
9.1. Concluzii generale.....	293
9.2. Contribuții personale	300
Bibliografie	303
Anexe	311
Activitate științifică	314

INTRODUCERE

O componentă constructivă importantă în siguranța în exploatare a barajelor de pământ o constituie descărcătorul de ape mari. Comportarea defectuoasă a descărcătorului la tranzitarea debitelor maxime poate genera fenomene de cedare a unor componente din construcția sa. Degradarea descărcătorului poate determina o serie de efecte negative, care la rândul lor pot genera acțiuni ce vor conduce la cedarea barajului de pământ. Acest fenomen multiplu de cedare a descărcătorului și în continuare a barajului a fost semnalat în special la barajele mici de pământ. În acest context, teza este oportună pentru domeniul de cercetare abordat.

Schimbările climatice din ultima perioadă au condus la modificarea valorilor temperaturilor și precipitațiilor, devenind incerte ca evoluție și mărime, situație ce a determinat formarea viiturilor rapide. Aceste viituri cu debite maxime prezintă la preluarea lor de către evacuatorii de apă de la baraje, și în principal de descărcătorul de ape mari, un risc ridicat asupra siguranței în exploatarea barajelor mici de pământ. Acest aspect coroborat cu durata mare de exploatare, managementul defectuos în procesul de exploatarea a evacuatorilor de ape mari, calitatea tehnică și științifică a procesului de proiectare a parametrilor constructivi și hidraulici, pot determina avarierea și cedarea barajelor, producând pagube importante de natură umană și materială.

Teza de doctorat cu tema „**Contribuții la creșterea siguranței în exploatare a evacuatorilor de apă de la barajele de pământ în contextul schimbărilor climatice**” prezintă o analiză complexă cu identificarea factorilor care determină apariția riscurilor naturale și antropice asupra barajelor mici de pământ și influența acestora asupra modului de comportare a descărcătorului de ape mari. Teza prezintă rezultatele cercetării prin simularea hidraulică a mișcării apei la debitele reevaluate pe descărcătorul de ape mari de la Acumularea Chirița, în condițiile actuale de exploatare în contextul modificărilor climatice, pe o construcție care prin execuție prezintă o serie de modificări structurale, precum și în urma unei durate mari de exploatare. Simularea hidraulică, efectuată cu o serie de programe realizate în EXCEL și MATLAB, are o bază de date obținută prin analiza comparativă a documentațiilor de proiectare și expertizare, prin colectare de date din teren, cercetare hidraulică pe componente constructive și analiza caracteristicilor structurale ale evacuatorului de ape mari.

Activitatea de studiu și cercetare a ținut cont de următoarele obiective:

- realizarea unui program de cercetare privind comportarea evacuatorilor de ape mari la o serie de baraje de pământ care au fost afectate de fenomene climatice extreme, dar și acțiuni antropice negative pentru evidențierea modului de comportare și a cauzelor de degradare și distrugere;
- realizarea de cercetări privind cauzele și modul de degradare a evacuatorilor de ape mari la tranzitarea debitelor maxime admise de normative și standardele de proiectare și exploatare;

- simularea unor scenarii de funcționare a evacuatorilor de ape mari prin folosirea unor programe de analiză și calcul specializate pentru comportarea hidraulică în condițiile date de schimbările climatice;

- cercetări privind îmbunătățirea conceptelor de proiectare pentru descărcătorii de ape mari prin luarea în considerare a influenței schimbărilor climatice asupra modului de formare și evoluție a debitelor maxime în timp.

Teza este structurată pe nouă capitole, bibliografie și anexe.

În capitolul 1 este prezentat un studiu documentar privind problemele actuale prezente la barajele de pământ și a descărcătorilor de apă mari în contextul schimbărilor climatice, atât pe plan național cât și pe plan internațional. Capitolul prezintă modul de cedare a componentelor constructive a descărcătorului de ape mari la oserie de baraje de pământ cu o analiză sintetică a fiecărui caz.

Capitolul 2 prezintă tipurile principale de degradări produse la evacuatorii de ape medii și mari de la barajele de pământ în urma tranzitării viiturilor, cauzate de durata mare de exploatare, absența lucrărilor de întreținere și reabilitare și managementului inadecvat.

Capitolul 3 prezintă în sinteză o serie de elemente teoretice de analiză și calcul, sub forma unei baze de date, necesare cercetării evacuatorilor de apă de la barajele de pământ.

Capitolul 4 prezintă în sinteză caracteristicile geo-fizice și tehnice ale bazei de cercetare, respectiv descărcătorul de ape mari de la Barajul Chirița din județul Iași, cu descrierea lucrărilor, metodica de cercetare și modul de prelucrare a datelor, interpretare și prezentare sub formă de text și grafică.

Capitolul 5 prezintă rezultatele simulării hidraulice a componentelor constructive a descărcătorului de ape mari, având în vedere absența în detaliu a datelor de proiectare hidraulică sub formă de text și planșe. Simularea s-a efectuat pentru Deversor, Canalul Deversor și Canalul Rapid pentru condițiile inițiale de proiectare

Capitolul 6 prezintă rezultatele simulării hidraulice a Canalul Deversor în baza datelor noi de proiectare determinate prin modul de execuție (modificări de pantă și secțiune, fragmentarea tronsoanelor de canal), de acțiunea schimbărilor climatice (debite reevaluate de dimensionare și verificare) și a perioadei mari de exploatare (uzura accentuată a protecției secțiunii de curgere). Rezultatele obținute au fost analizate comparativ cu cele din Cap. 5, pentru definirea riscurilor ce pot apărea la tranzitarea viiturilor.

Capitolul 7 prezintă rezultatele simulării hidraulice a Canalul Rapid în baza datelor noi de proiectare determinate prin modul de execuție (modificări de pantă și secțiune, formarea de două tronsoane), de acțiunea schimbărilor climatice (debite reevaluate la dimensionare și verificare) și a perioadei mari de exploatare (uzura accentuată a protecției secțiunii de curgere). Rezultatele obținute au fost analizate comparativ cu cele obținute în Cap. 5, pentru definirea riscurilor ce pot apărea la tranzitarea viiturilor.

În capitolul 8 se prezintă în detaliu rezultatele unei analize structurale a componentelor de construcție a descărcătorului de ape mari (Canal de Acces, Canal Deversor, Canal Rapid) pentru o perioadă de exploatare de circa 60 ani. Analiza

structurală este corelată cu analiza datelor hidraulice obținute prin simularea pentru debitele reevaluate de dimensionare și verificare. Rezultatele analizei au permis evidențierea factorilor de risc și elementelor de risc determinați pe descărcătorul de ape mari. Pentru o mai bună înțelegere a rezultatelor a fost realizată o hartă cu elementele de risc pe fiecare componentă constructivă a Descărcătorului de Ape Mari de la Barajul Chirița.

Capitolul 9 prezintă concluziile generale ale tezei de doctorat obținute în urma programului de cercetare și care evidențiază modul de funcționare actual a descărcătorului de ape mari de la barajele de pământ sub acțiunea factorilor de risc naturali și antropici. De asemenea sunt prezentate contribuțiile autoarei la această temă de cercetare.

Bibliografia utilizată conține 219 titluri de articole, monografii, manuale selectate de pe plan național și internațional și 14 referințe on-line.

Anexele în număr de 2 (două) aparțin cap. 5, 6, și 7 și conțin denumirea programelor elaborate pentru simularea hidraulică.

Activitatea științifică a autoarei în cadrul școlii de doctorat este prezentată pe perioadele de cercetare doctorală la care se adaugă și lucrările științifice publicate și comunicate.

Cap. 1. PROBLEME ACTUALE DE SIGURANȚĂ ÎN EXPLOATARE A BARAJELOR MICI DE PĂMÂNT

Primul capitol prezintă studiul documentar pe plan național și internațional cu privire la modul de comportare a barajelor mici de pământ din categoria C și D în contextul schimbărilor climatice.

Modificarea valorilor temperaturilor și precipitațiilor determină riscuri în siguranța și exploatarea barajelor de pământ, deoarece nu sunt supravegheate și întreținute corespunzător, iar majoritatea barajelor au fost proiectate și executate cu materiale și tehnologii care nu mai corespund condițiilor actuale.

Cercetarea efectuată a evidențiat că barajele mici de pământ sunt cele mai expuse la avariile generate de schimbările climatice, având drept cauze: capacitatea redusă a evacuatorilor de ape mari de a tranzita viiturile (30%), fenomenul de sufozie (23%), tasările și alunecările de taluze (10%), alte cauze (37%). Astfel, analiza tranzitării în siguranță a apelor mari prin intermediul evacuatorilor de apă reprezintă o problemă de actualitate în contextul schimbărilor climatice la nivel național și mondial.

1.4. Analiza comportării barajelor de pământ la acțiunea factorilor naturali și antropici din zona de est a României

Conform raportului întocmit de Administrația Națională Apele Române în anul 2018, la nivel național sunt 181 de baraje de importanță A și B și

2.223 de baraje de importanță C și D. Din analiza efectuată s-a constatat că rata cedărilor este mult mai mare la barajele de pământ decât la cele din beton, fiind înregistrate circa 167 de accidente până în 2018 (Fig. 1.7).

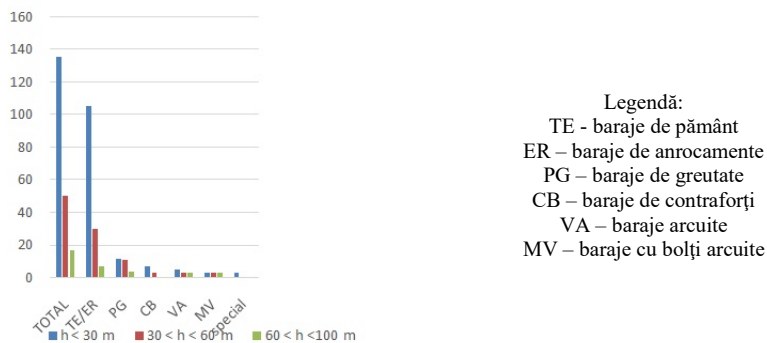


Fig. 1.7. Numărul de cedări pe tipuri și înălțimi ale barajelor [Ghid AMC –Faza 1].

Un procent important de cedări de baraje (cca. 53%) a fost înregistrat în Bazinul Hidrografic Prut - Bârlad. Principala cauză întâlnită în cedarea barajelor a fost reprezentată de depășirea debitelor de proiectare și verificare a evacuatorilor de ape mari, situație dată de schimbările climatice din ultima perioadă de timp. Au fost avariate o serie de baraje: barajul Belci, ac. Mileanca, ac. Popeni, barajul Podu Iloaiei, barajul Băleni, barajul Ghidigeni, barajul Prisaca, Barajele Horodnic 1, 2 și 3, barajul Crujana, barajul Iezer etc.

1.7. Monitorizarea evacuatorilor la barajele de pământ

Procesul de monitorizare a barajelor de pământ este o componentă importantă în reducerea riscului de cedare, fiind urmărite deplasările la nivelul corpului barajului, la deversoare și turnurile de manevră, nivelul apei de infiltrație etc. Lipsa monitorizării parametrilor structurali ai barajelor de pământ la intervale de timp impuse determină o mare parte din avariile produse la construcțiile hidrotehnice.

CAP. 2. PROCESE DE DEGRADARE A EVACUATORILOR DE LA BARAJELE DE PĂMÂNT

În acest capitol sunt prezentate procesele de degradare a evacuatorilor de la barajele de pământ, cauzate atât de factorii naturali cât și de cei antropici. Acțiunea factorilor naturali precum cei seismici, geotehnici, hidrologici, hidrogeologici au influențat în timp degradarea stării structurale

a evacuatorilor de la barajele de pământ, prin apariția tasărilor neuniforme, eroziunea stratului de protecție, spălarea rosturilor și apariția vegetației etc.



Fig.2.3.Fenomene de degradare a turnului de manevră: a – Baraj Mânjești, râu Crasna jud. Vaslui; b – Baraj Aroneanu de pe râul Ciric, jud. Iași [ABA Prut Bârlad, 2022].

De asemenea, acțiunea factorilor antropici prin modul defectuos de exploatare a construcțiilor hidrotehnice a contribuit la degradarea stării structurale în timp. Lipsa lucrărilor de întreținere și reparații a evacuatorilor de apă determină o serie de riscuri asupra întregii construcții hidrotehnice.

2.3.1. Procese de degradare a descărcătorilor de ape mari laterali tip canal

Fenomenele de gelivitate, carbonatarea betonului, infiltrarea apei, sufozie, proiectare necorespunzătoare și exploatare defectuoasă au determinat degradarea stării structurale a evacuatorilor de ape mari prin apariția tasărilor, fisurilor, desprinderilor de tencuială, îndepărtarea materialului din rosturile dalelor etc.

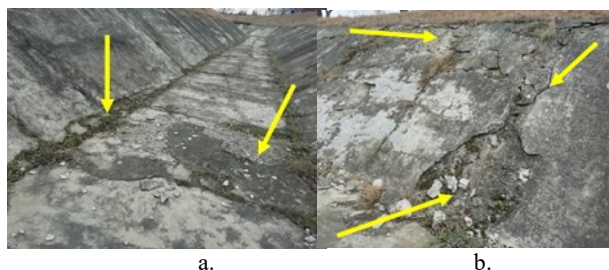


Fig. 2.19. Degradări structurale la DAM baraj Ciurbești, jud. Iași: a – degradarea dalelor de pe canalul de legătură; b – degradarea taluzului prin crăpături și desprinderi de tencuială [ABA Prut Bârlad, 2022]

Toate aceste aspecte determină o serie de riscuri majore asupra evacuatorilor și implicit a barajelor în contextul modificărilor climatice. Pentru prevenirea evenimentelor negative se recomandă evaluarea periodică și constantă a evacuatorilor de apă de la barajele mici de pământ.

CAP. 3. ELEMENTE DE ANALIZĂ ȘI CALCUL LA EVACUATORII DE APĂ DE LA BARAJELE DE PĂMÂNT

Capitolul prezintă elementele de analiză și calcul la evacuatorii de apă de la baraje de pământ, necesare în procesul de cercetare. Sunt prezentate elementele de bază pentru mișcarea apei în conductele sub presiune și în canale, ecuații pentru mișcarea permanent uniformă, mișcarea permanentă neuniformă graduală variată și rapid variată, precum și criterii de recunoaștere a stărilor de mișcare, a secțiunilor de control și trasarea curbelor suprafeței libere a apei.

3.5.1. Elemente de calcul hidraulic la evacuatorul de ape mari cu poziție laterală/frontală

Evacuatorul de ape mari cu poziție laterală este format, în general, de un canal cu trei biefuri, un deversor la intrare pe primul bief și un disipator de energie între bieful 2 și 3. Problemele de calcul hidraulic sunt următoarele [Luca M., 1994]:

1. Calculul parametrilor hidraulici ai deversorului (H – sarcina, H_0 – sarcina totală) la debitul de dimensionare ($Q_d, p\%$) și debitul de verificare ($Q_v, p\%$), chei limnometrice ($Q = f(H)$) și modul de racordare a curgerii în aval de acesta.

2. Calculul parametrilor hidraulici pe fiecare bief în mișcarea uniformă și neuniformă, stabilirea secțiunilor de control și a adâncimilor / cotelor de comandă și definirea modului de racordare a celor trei biefuri.

3. Calculul parametrilor racordării a celor trei biefuri cu trasarea în profilul longitudinal a curbelor suprafeței libere a apei.

CAP. 4. BAZA DE CERCETARE A EVACUATORILOR DE APE LA BARAJELE DE PĂMÂNT –STUDIUL DE CAZ – BARAJUL CHIRIȚA

4.3.3. Elemente constructive și funcționale ale barajului Chirița

Acumularea Chirița este situată la limita de sud – est a municipiului Iași, la confluența Pârâului Chirița cu Pârâul Șapte Oameni. Acumularea a fost pusă în funcțiune în anul 1964 cu rol de predecantor al apei provenite din Râul Prut.

Barajul Chirița este executat din materiale locale, în principal argilă loessoidă compactă. Barajul prezintă secțiune transversală de tip trapezoidal, având lățimea la coronament de 6,0 m, lungimea de 219 m și

înălțimea maximă de 4,60 m, panta 1:3,5 la taluz amonte protejat cu dale mici de beton, panta 1:2,5 la taluz aval [Hobjilă V. ș.a., 1998].

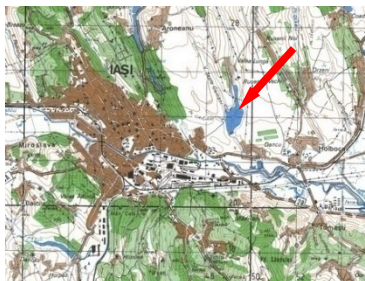


Fig. 4.1. Amplasarea Complexului hidrotehnic Chirița în zona municipiul Iași [Luca M., 2009]

4.3.4. Elemente constructive și funcționale ale evacuatorului de ape mari

Barajul Chirița este prevăzut cu descărcător de ape mari amplasat pe versantul drept al acumulării și are o lungime totală de 325,0 m, din care 61,0 m reprezintă canalul de racord la Pârâul Chirița.

Principalele componente structurale ale evacuatorului de ape mari sunt (Fig. 4.6.) [IPACH București, 1962]: canalul de acces (1) tip confuzor cu secțiune trapezoidală, deversorul frontal (2) tip Keutner, canalul deversor (3) format din două tronsoane, cu panta de 0,50% și lungimea de 116,0 m, canalul rapid (4) cu lungimea de 90,50 m și panta 10%, disipatorul și risberma (5), canalul de evacuare și racord la pârâul Chirița (6).

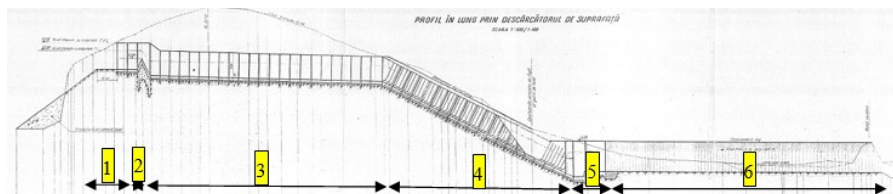


Fig.4.14. Profilul longitudinal al Descărcătorul de Ape Mari de la Barajul Chirița, jud. Iași: 1 – canal de Acces; 2 – Deversor; 3 – Canal Deversor; 4 – canal Rapid; 5 – Disipator de energie; 6 – Canal de Evacuare și racord la Pârâul Chirița [IPACH București, 1962].

4.4. METODICA DE CERCETARE A PARAMETRILOR STRUCTURALI ȘI FUNCȚIONALI AI EVACUATORILOR DE APĂ DE LA BARAJE

Obiectivul cercetării este de a studia, analiza și verifica funcțional și structural capacitatea evacuatorilor de la barajele de pământ de a tranzita în siguranță debitele maxime reevaluate de dimensionare și verificare conform

cerințelor actuale impuse de noile norme naționale de calcul dar și de impactul schimbărilor climatice apărute în ultima perioadă de timp. În analiza se vor lua în considerare caracteristicile topografice, hidrologice și hidraulice, precum și starea structurală a obiectelor de cercetare.

CAP. 5. REZULTATE PRIVIND COMPORTAREA EVACUATORILOR PENTRU DEBITE MARI LA BARAJUL CHIRIȚA ÎN VARIANTA PROIECTATĂ

Verificarea hidraulică s-a realizat pentru Canalul Devorsor și Canalul Rapid (Fig. 5.5.) cu scopul de a analiza modul de tranzitare a debitelor maxime de calcul și a obține o serie de parametri hidraulici necesari în analiza funcționării Descărcătorului de Ape Mari în condițiile actuale de funcționare ale acestuia.

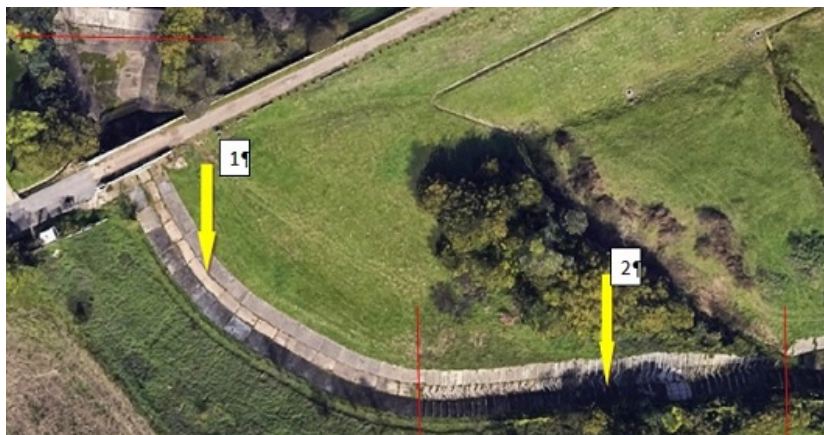


Fig. 5.5. Tronsoanele evacuatorului de ape mari de la Acumularea Chirița pentru analiza parametrilor hidraulici: 1 - canal devorsor; 2 – canal rapid [imagine Google Earth, 2021, prelucrată]

5.3. PROCESAREA DATELOR PRIMARE PENTRU SIMULAREA MIȘCĂRII APEI PE CANALUL DEVORSOR LA STAREA ÎNȚĂLĂ PROIECTATĂ

5.3.3. Analiza stării de mișcare pe tronsoanele Canalului Devorsor

Canalul devorsor cu lungimea de 116,0 m este alcătuit din două biefuri: CD1 – secțiune trapezoidală sub formă de confuzor, cu lățimea la bază variabilă de la 20,20 m la 3,0 m, pe o lungime de 28,95 m până în axul podului și CD2 - secțiune trapezoidală constantă cu lățimea la bază de 3,0

m, pe o lungime de 87,05 m (Fig.5.10). Datele hidraulice de verificare au fost: debitul de dimensionare $Q_{1\%} = 53\text{m}^3/\text{s}$, debitul de verificare $Q_{0,1\%} = 105\text{m}^3/\text{s}$ și coeficientul de rugozitate $n = 0,014$.

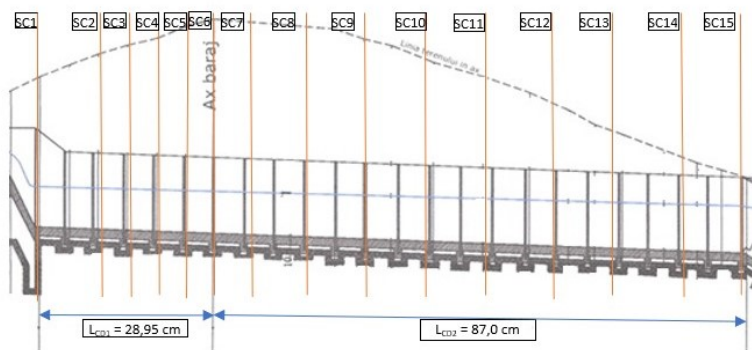


Fig. 5.10. Profil longitudinal prin Canalul Deversor în varianta proiectată [IPACH, 1962, Hobjilă V. ș.a. 1999].

5.3.3.1. Starea de mișcare pe tronsonul CD1

Modificarea geometriei secțiunii de curgere pe tronsonul CD1 de tip confuzor evidențiază creșterea progresivă a adâncimilor normale și critice, dar și a vitezelor medii. Viteza medie a apei crește pe măsură ce secțiunea devine mai îngustă (în secțiunea SC6 s-au obținut cele mai mari viteze $v_{Q1\%} = 5,281\text{ m/s}$ și $v_{Q0,1\%} = 6,306\text{ m/s}$), indicând tendința spre eroziune hidrodinamică cu efect în degradarea dalelor de pe fundul și taluzurile canalului.

5.3.3.2. Starea de mișcare pe tronsonul CD2

Din analiza comparativă a rezultatelor obținute cu criteriile considerate (Tabel. 5.4) rezultă că tronsonul CD2 este în regim supercritic pentru ambele debite analizate. Acest aspect poate determina un risc ridicat asupra structurii constructive a canalului prin apariția eroziunii hidrodinamice și a solicitărilor mecanice asupra pereului din dale de beton. Valorile ridicate ale vitezelor obținute pentru cele două debite pot determina intensificarea fenomenului de eroziune pe CD2.

5.3.4. Analiza parametrilor hidraulici din secțiunea deversorului

În secțiunea deversorului au fost analizați o serie de parametri, pentru a se studia modul de racordare cu canalul din aval, având în vedere că deversorul generează o secțiune de control. Din analiza comparativă a datelor (Tabel 5.8) rezultă că racordarea după deversor se realizează într-o stare de mișcare supercritică, pe un tronson de canal aflat în aceeași stare de

mișcare. În această situație, racordarea se face fără salt hidraulic, respectiv printr-o curbă a suprafeței de tip „c₂”.

Tabel 5.8. Parametrii hidraulici ai canalului deversor

Nr.	$Q_{p\%}$, (m ³ /s)	h_{cD} , (m)	h_{0CD} , (m)	h_{crCD} , (m)	i (%)	i_{cr} (%)
1	$Q_{1\%} = 53,0$	0,378	0,673	0,875	0,5	0,2072
2	$Q_{0,1\%} = 105,0$	0,644	1,011	1,363		0,1831

h_{cD} – adâncimea contractantă; h_{0CD} – adâncimea normală; h_{crCD} – adâncimea critică;

5.5. REZULTATE PRIVIND SIMULAREA MIȘCĂRII NEUNIFORME GRADUALĂ VARIATE PE CANALUL DEVERSOR LA DEBITUL DE DIMENSIONARE

5.5.3. Analiza rezultatelor obținute pe Canalul Deversor la debitul de dimensionare

Calculul Mișcării Neuniforme Graduală Variată s-a efectuat cu programe de concepție proprie realizate în EXCEL pentru cele două tronsoane: **CD1P.PROG.MNGV** și **CD2P.PROG.MNGV**.

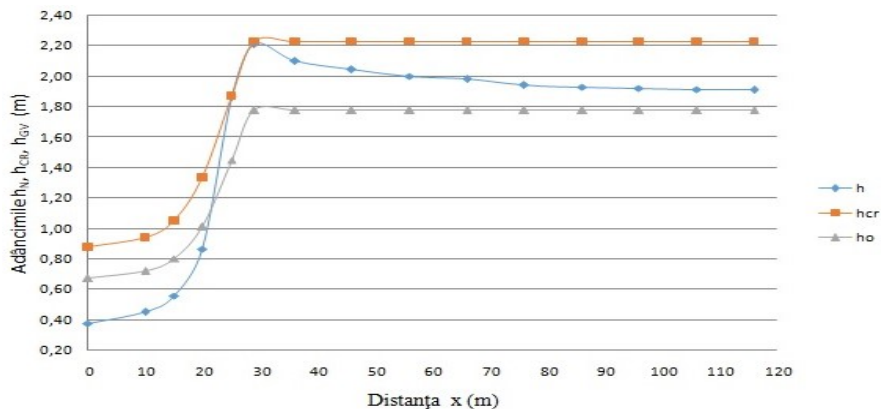


Fig. 5.21. Reprezentarea grafică a rezultatelor simulării MNGV pe canalul deversor CD cu date inițiale, pentru $h_{CR}(x)$, $h_N(x)$, $h_{GV}(x)$ pentru $Q_{1\%} = 53,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Vitezele foarte mari de până la 7 m/s obținute pe CD1 și 4,73 m/s pe CD2 determină riscuri hidraulice asupra canalului deversor, prin apariția eroziunii și a cavității.

Din analiza rezultatelor se constată că la debitul de dimensionare canalul deversor funcționează în regim supercritic, tronsonul CD1 având rol de tranziție hidraulică, iar tronsonul CD2 rol de stabilizarea a curgerii.

5.6. REZULTATE PRIVIND SIMULAREA MIȘCĂRII LA DEBITUL DE VERIFICARE PROIECTAT PE CANALUL DEVERSOR

În urma calculelor realizate pentru debitul de verificare $Q_{0,1\%} = 105,00 \text{ m}^3/\text{s}$ a rezultat în toate secțiunile de calcul stare de mișcare supercritică. În primele secțiuni de pe CD1 s-au înregistrat viteze ce depășesc viteza maximă admisibilă. Pe tronsonul CD2 mișcarea apei are loc sub forma unei curbe de tip b_2 , cu înălțimi ce depășesc cota superioară a pereului de dale cu până la 50 cm (Fig. 5.24). Această situație, corelată și cu vitezele medii mari ($v = 4,630 - 5,419 \text{ m/s}$) induce un risc foarte ridicat în exploatare și premisele degradării totale a tronsonului CD.

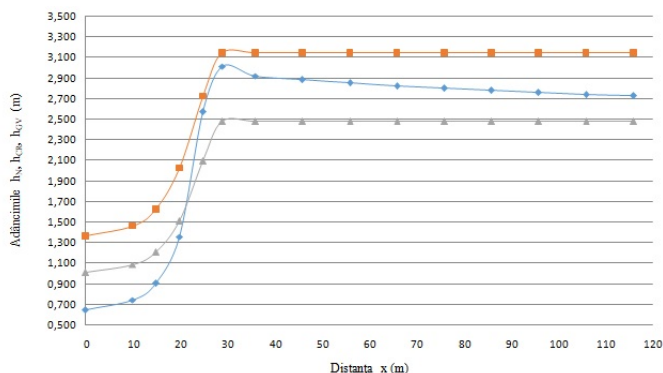


Fig. 5.24. Reprezentarea grafică a rezultatelor simulării MNGV pe canalul deversor CD cu date inițiale, pentru $h_{CR}(x)$, $h_N(x)$, $h_{GV}(x)$ pentru $Q_{0,1\%} = 105,0 \text{ m}^3/\text{s}$

5.7. PARAMETRI ȘI CARACTERISTICILE MIȘCĂRII PE CANALUL RAPID LA DEBITUL PROIECTAT

Canalul rapid prezintă următorii parametri caracteristici: secțiune trapezoidală, $b = 3,00 \text{ m}$, $m_1 = 1:1,50$ (pereu din beton), $m_2 = 1:2,50$ (taluz înierbat), $L_{CR} = 90,50 \text{ m}$, $i_{CR} = 10\%$, $Q_{1\%} = 53,0 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{0,1\%} = 105,0 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0,014$.

Din analiza comparativă a rezultatelor obținute pentru cele două debite maxime rezultă valori ridicate ale vitezelor pe canalul rapid. Scăderea valorii adâncimii apei spre aval evidențiază creșterea vitezelor de la $v_{Sc1} = 4,728 \text{ m/s}$ la $v_{Sc7} = 12,45 \text{ m/s}$ la debitul de dimensionare, iar la debitul de verificare viteza se majorează de la $v_{Sc1} = 5,418 \text{ m/s}$ la $v_{Sc7} = 13,71 \text{ m/s}$. Pentru diminuarea vitezelor, canalul rapid a fost prevăzut în faza de proiectare cu macrorugozități tip bare din beton dispuse pe linia de cea mai mare pantă pe taluz și în zig-zag pe fundul canalului.

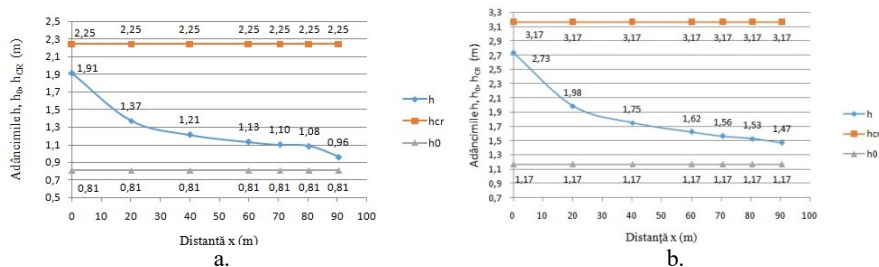


Fig. 5.31. Reprezentarea grafică a rezultatelor simulării MNGV pecanalul rapid CR cu date inițiale, pentru $h_{CR}(x)$, $h_0(x)$, $h_{GVI}(x)$: a- la debitul de dimensionare $Q_{1\%} = 53,0 \text{ m}^3/\text{s}$, b - la debitul de verificare $Q_{1\%} = 105,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Analiza și verificarea capacității bazinului de disipare a energiei și a risbermei nu a putut fi efectuată din cauza lipsei totale a datelor de calcul privind structura constructivă a acestora.

CAP. 6. REZULTATE PRIVIND SIMULAREA COMPORTĂRII CANALULUI DEVERSOR DIN DESCĂRCĂTORUL DE APE MARI A BARAJULUI CHIRIȚA SUB ACȚIUNEA FACTORILOR CLIMATICI ACTUALI

6.1.1. Caracteristicile și parametri topografici actuali ai descărcătorului de ape mari

Din analiza expertizelor realizate de-a lungul timpului la acumularea Chirița s-a constatat modificări în structura descărcătorului de ape mari, astfel:

- Canalul Deversor prezintă în documentația de proiectare o pantă continuă cu valoarea de 0,50% pe o lungime de 116,0 m;

- Canalul Deversor în ridicarea topografică prezintă o pantă discontinuă pe cele două tronsoane (CD1 și CD2, (Fig. 6.2)). CD1 are o pantă cu valoarea de 0,721% pe o lungime de 31,90 m; CD2 are o pantă diferențiată pe o lungime de 84,10 m, cu o valoare medie 0,916%;

- Canalul Rapid prezintă două tronsoane cu pante diferite (Fig. 6.3); CR1 cu panta 9,292 % pe lungimea de 53,50 m, iar CR2 cu 7,206 % pe lungimea de 34,0 m; o pantă medie pe CR este 7,87 %.

De asemenea, debitele maxime de calcul au fost reevaluate în contextul schimbărilor climatice, conform normelor actuale, noile debite având următoarele valori: debit de dimensionare reevaluat $Q_{1\%} = 63,60 \text{ m}^3/\text{s}$; debit de verificare reevaluat $Q_{0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.3. PROCESAREA DATELOR PRIMARE PENTRU SIMULAREA STĂRII FUNCȚIONALE ACTUALE A CANALULUI DEVERSOR

Procesarea parametrilor mișcării permanente uniforme s-a realizat considerând condițiile actuale structurale și hidraulice: $Q_{1\%} = 63,6 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0,015$. Calculul s-a efectuat cu programe proprii realizate în Excel: **CD1A.PROG.MPU** și **CD2A.PROG.MPU**.

Analizând starea de mișcare de pe cele două tronsoane rezultă că la trecerea de pe CD1 la CD2, adâncimea normală a apei variază prin adâncimea critică formând un salt hidraulic incipient, din cauza trecerii de la stare de mișcare rapidă (CD1- SMR) la stare de mișcare lentă (CD2 secțiunea E1 și E2 –SML). În secțiunile următoare de pe CD2 starea de mișcare este rapidă, adâncimea normală revenind sub adâncimea critică, printr-o cădere bruscă (Fig.6.17).

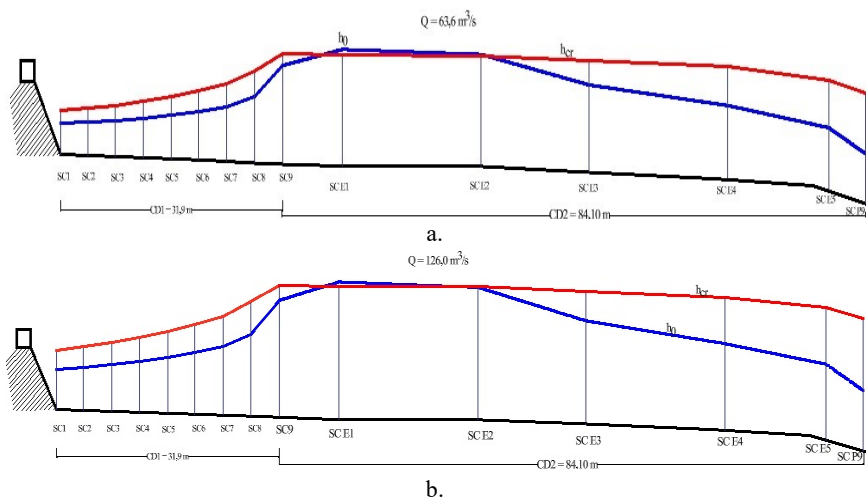


Fig. 6.17. Linii caracteristice pentru adâncimile h_0 și h_{cr} pe CD: a - la debitul de dimensionare $Q_{1\%} = 63,6 \text{ m}^3/\text{s}$; b - la debitul de verificare $Q_{0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.5. REZULTATE PRIVIND SIMULAREA MIȘCĂRII LA DEBITUL DE DIMENSIONARE ACTUALIZAT PE CANALUL DEVERSOR

Pentru simularea mișcării la debitele de calcul s-a utilizat programul **MGVAT1.BAS**, realizat în Matlab. Din analiza datelor obținute rezultă că adâncimile pe CD1 au valori de 0,390 – 1,823 m. Adâncimile critice au valori în intervalul 0,994 – 2,430 m, iar panta critică este în ecartul $i_{cr} =$

0,2180 - 0,2293 %. Din analiza comparativă a rezultatelor rezultă că în toate secțiunile se înregistrează o stare de mișcare supercritică.

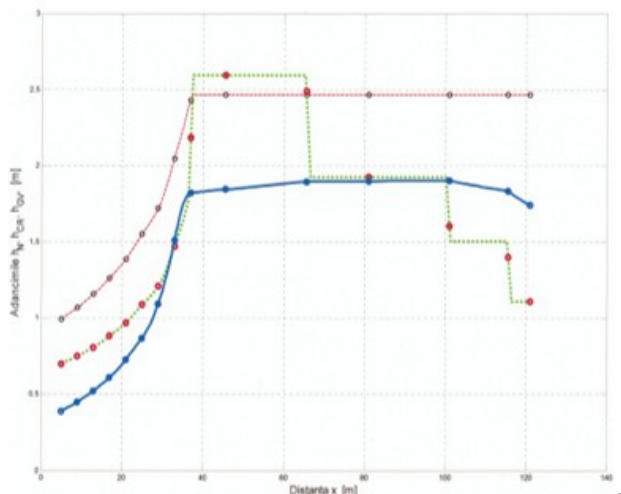


Fig. 6.22.
Reprezentarea
grafică a
rezultatelor
simulării MNGV pe
canalul devorsor CD
pentru $h_{CR}(x)$,
 $h_N(x)$, $h_{GVi}(x)$ pentru
 $Q_{1\%} = 63,60 \text{ m}^3/\text{s}$

Din analiza datelor obținute rezultă că adâncimea apei crește spre aval de la 1,845 m în secțiunea Sc E1 la 1,904 m în secțiunea Sc E4, apoi scade până la 1,740 m în secțiunea Sc P9. În toate secțiunile de calcul adâncimea apei este mai mică decât adâncimea critică, determinând o stare de mișcare supercritică (SpCr), conform criteriului adâncimilor $h_i < h_{cr,i}$ și criteriului pantei $i_{CD2} > i_{cr,i}$, cu excepția primului sector de canal delimitat de secțiunile Sc E1 și Sc E2, unde panta geodezică este mai mică decât panta critică ($i_{CD2} = 0,1748\% < i_{cr,i} = 0,2218\%$).

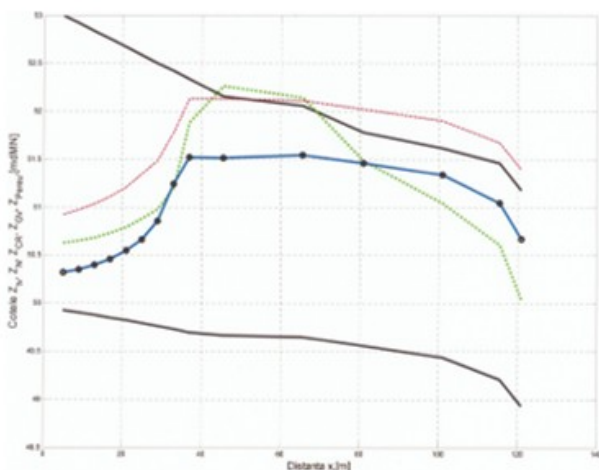


Fig. 6.23.
Reprezentarea
grafică a variației
cotelor rezultate din
simularea mișcării
MNGV pe canalul
devorsor CD pentru
 $Q_{1\%} = 63,60 \text{ m}^3/\text{s}$

Valorile vitezelor obținute pe cele două tronsoane ($v_{CD1,i} = 6,08 - 7,85$ m/s, $v_{CD2,i} = 5,72 - 6,52$ m/s) depășesc valorile maxime admisibile $v_{max} = 4,4$ m/s [Prișcu R., 1974, Kiselev P.G., 1988, Stăncescu L. ș.a., 1984], fapt ce determină un risc ridicat în siguranța descărcătorului de ape mari.

6.6. REZULTATE PRIVIND SIMULAREA MIȘCĂRII LA DEBITUL DE VERIFICARE ACTUALIZAT PE CANALUL DEVERSOR

Din analiza rezultatelor obținute pentru debitul de verificare reevaluat ($Q_{0,1\%} = 126,0$ m³/s) se evidențiază o modificare semnificativă a parametrilor curgerii pe canalul deversor CD2 prin modificarea pantelor la profilul longitudinal al canalului deversor, dar și prin procesul de degradare a pereului de dale de beton.

În noua situație de tranzitare a debitelor prognozate, simularea efectuată evidențiază depășirea cotelor pereului de dale pe canalul descărcător CD2, precum și a vitezelor maxime de eroziune. Cota superioară a pereului de dale este depășită cu circa 0,102 – 0,333 m la debitul $Q_{0,1\%} = 126,0$ m³/s pe canalul CD2 cu începere de pe primul sector de canal ScE1 – ScE2 (Fig. 6.25). Această situație funcțională este extrem de periculoasă pentru stabilitatea dalelor pe taluzul canalului CD2 și implicit a secțiunii de curgere.

Simularea mișcării neuniforme pe sectoarele de canal CD1 a evidențiat valorile vitezei apei de $v_{CD1,i} = 7,14 - 8,87$ m/s, iar pe CD2 de $v_{CD1,i} = 6,83 - 7,52$ m/s. Aceste valori depășesc viteza maximă admisibilă a unui pereu din dale de beton cu rosturi umplute cu mortar de ciment și determină un fenomen de eroziune accentuat. Pereul din dale de beton prezintă deja un grad ridicat de uzură după o perioadă îndelungată de exploatare.

Tabel 6.20. Cotele caracteristice în MPGV pe canalul deversor, tronson CD2, $Q_{0,1\%} = 126,0$ m³/s

Nr.	Sc	Sc E1	Sc E2	Sc E3	Sc E4	Sc E5	Sc P9
1	L_i (m)	8,6	20,0	15,5	20,0	14,5	5,5
2	i_{CD2} (%)	0,1748		0,5915		1,586	5,091
3	Z_{iv} (m)	49,67	49,65	49,56	49,44	49,21	48,93
4	Z_{per} (m)	52,16	52,06	51,78	51,62	51,46	51,18
5	Z_{GV} (m)	52,262	52,289	52,202	52,087	51,793	51,419
6	Z_N (m)	53,246	53,089	52,250	51,697	51,190	50,513
7	Z_{cr} (m)	53,129	53,109	53,019	52,899	52,669	52,389
8	h_d (m)	0,102	0,229	0,142	0,442	0,333	0,239

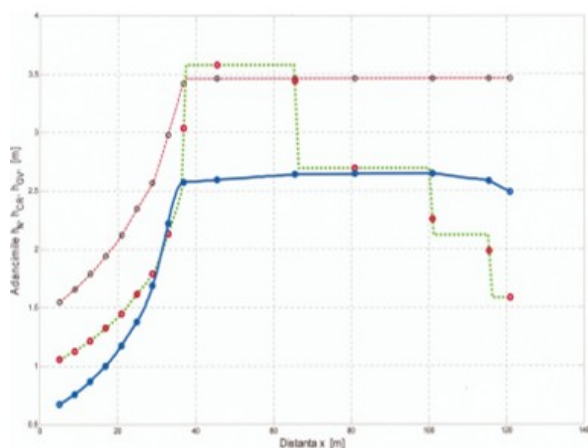


Fig. 6.24. Reprezentarea grafică a rezultatelor simulării mișcării neuniforme graduale variate pe canalul devorsor r CD pentru $h_{CR}(x)$, $h_N(x)$, $h_{GL}(x)$ pentru $Q_{0,1\%} = 126,00 \text{ m}^3/\text{s}$

Din analiza rezultatelor obținute la debitul de verificare reevaluat rezultă o acțiune imediată de reabilitare a Canalului Devorsor CD2 prin supraînălțarea cotei superioare a pereului din beton și a suprafeței dalelor și rosturilor pentru a rezista la fenomenul de eroziune.

CAP. 7. REZULTATE PRIVIND SIMULAREA COMPORTĂRII CANALULUI RAPID DIN DESCĂRCĂTORUL DE APE MARI DE LA BARAJUL CHIRIȚA SUB ACȚIUNEA FACTORILOR CLIMATICI ACTUALI

7.3.2. Rezultate obținute pe tronsonul CR la debitul de dimensionare reevaluat

Pentru determinarea simulării mișcării pe canalul rapid în condițiile actuale s-a realizat în excel programul **CR.A.PROG.MN** care a fost rulat în zece secțiuni de calcul. Programul are la bază metoda realizată de B.A. Bachmetev.

Analiza comparativă a datelor a urmărit posibilitatea apariției unor situații de risc prin depășirea parametrilor geometrici și hidraulici inițiali impuși prin proiectare. Din analiza comparativă a rezultatelor obținute se poate menționa: adâncimile apei sunt mai mici decât cota superioară a pereului din dale de beton ($h_{pd} = 2,50 \text{ m}$), cu excepția zonei de intrare pe CR1 unde nu este respectată adâncimea de siguranță pentru secțiunea de curgere (0,50 m) apa fiind la nivelul cotei superioare a pereului; viteza medie a apei, depășește viteza maximă admisibilă pentru pereu de beton

marca B110, respectiv $v_{max} = 4,4$ m/s, fiind necesară dotarea canalului rapid cu o macrorugozitate pentru reducerea vitezei.

Tabel 7.5. Parametri MPGV pe canalul rapid, sector CR1,

$$Q_{1\%} = 63,6 \text{ m}^3/\text{s} \text{ și } i = i_{CR1} = 9,292 \%$$

Nr.	Sc	Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5	Sc6
1	L_i (m)		10,0	10,0	10,0	10,0	13,5
2	h (m)	1,740	1,511	1,402	1,336	1,284	1,204
3	A (m ²)	9,761	7,958	7,154	6,685	6,325	5,786
4	P (m)	9,274	8,448	8,055	7,817	7,630	7,341
5	B (m)	8,220	7,533	7,206	7,008	6,852	6,612
6	C (m ^{0,5} /s)	67,24	66,01	65,36	64,95	64,62	64,07
7	v (m/s)	6,515	7,992	8,890	9,513	10,55	10,99
8	Fr	3,826	6,472	8,519	10,15	11,72	14,78
9	SM	SpCr	SpCr	SpCr	SpCr	SpCr	SpCr

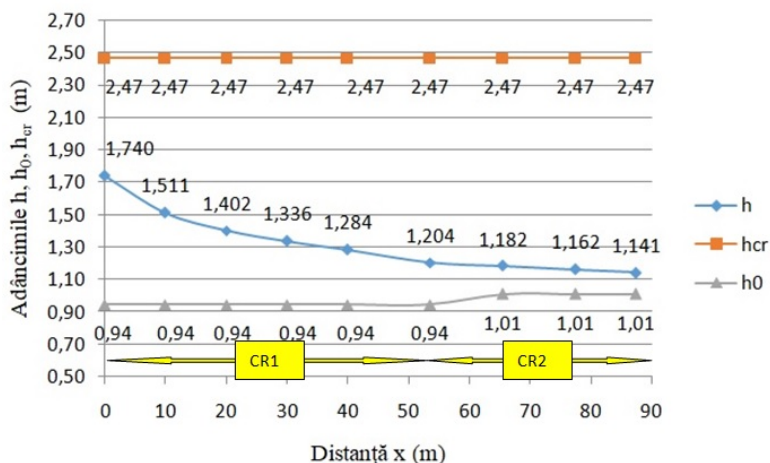


Fig. 7.10. Reprezentarea grafică a rezultatelor simulării mișcării neuniforme graduale variate pe canalul rapid CR pentru $h_{cr}(x)$, $h_0(x)$, $h_f(x)$ pentru $Q_{1\%} = 63,60 \text{ m}^3/\text{s}$

7.4. REZULTATE PRIVIND SIMULAREA MIȘCĂRII NEUNIFORME GRADUALĂ VARIATĂ PE CANALUL RAPID LA DEBITUL DE VERIFICARE REEVALUAT

Pentru simularea Mișcării Neuniforme Graduală Variată la debitul de verificare pe tronsonul CR1 s-a rulat programul **CR.A.PROG.MN**.

Din procesarea datelor caracteristice tronsonului CR1 pentru $Q_{0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s}$ și $i_{CR1} = 9,292 \%$ au rezultat valorile adâncimilor variate în cele șase secțiuni de calcul.

Din analiza rezultatelor s-a constatat că tronsonul de canal CR1 transportă într-o siguranță relativă debitul de verificare $Q_{0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s}$, dar apar situații de risc generate de starea de degradare a pereului de dale, de reducerea înălțimii de siguranță la intrarea pe acesta și de valorile vitezelor obținute, mai mari decât viteza admisibilă. La acestea se adaugă starea avansată de degradare a suprafeței pereului de dale realizat din dale mari de beton turnate pe loc (dale fisurate și cu crăpături) și în principal a rosturilor dintre dale.

Tabel 7.8. Parametri MNGV pe canalul rapid, sector CR2,

$$Q_{0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s} \text{ și } i = i_{CR2} = 7,206\%$$

Nr.	Sc	Sc1	Sc2	Sc3	Sc4
1	L_i (m)	12,0	12,0	10,0	
2	h (m)	1,792	1,787	1,780	1,703
3	A (m ²)	10,19	10,15	10,09	9,459
4	P (m)	9,461	9,443	9,418	9,140
5	B (m)	8,376	8,361	8,340	8,109
6	C (m ^{0,5} /s)	67,50	67,48	67,44	67,05
7	v (m/s)	12,36	12,41	12,48	13,32
8	Fr	13,44	13,58	13,76	16,28
9	SM	SpCr	SpCr	SpCr	SpCr

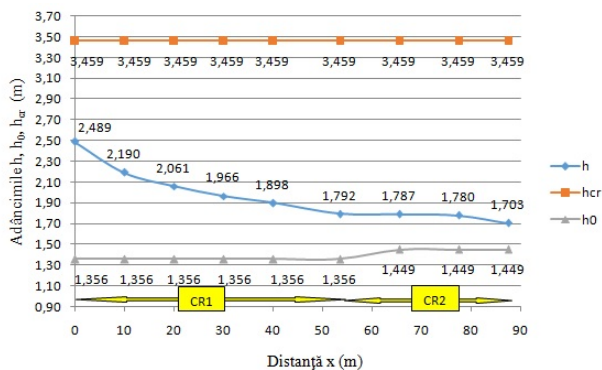


Fig. 7.12. Reprezentarea grafică a rezultatelor simulării mișcării neuniforme graduale variate pe canalul rapid CR pentru $h_{cr}(x)$, $h_0(x)$, $h_i(x)$ pentru $Q_{0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Simularea Mișcării Permanente Neuniforme Graduale Variate (MNGV) la debitul de verificare pe tronsonul CR2 s-a făcut în patru secțiuni de calcul (Tabel 7.8) pe lungimea de 34,0 m. Simularea a pus în evidență prezența unei curbe a suprafeței libere tip b_2 , la care variația adâncimii apei se află în ecartul $h_{i,CR2} = 1,792 - 1,703 \text{ m}$ (Fig. 7.12), valori care sunt sub cota superioară a pereului din dale de beton ($h_{pd} = 2,50 \text{ m}$). De menționat ecartul redus de variație a adâncimii apei între prima secțiune

de calcul și ultima de doar 8,9 cm, situație dată de micșorarea pantei geodezice de la 10 % la 7,2 %. Vitezele medii în cele patru secțiuni de calcul au valori în ecartul $v_{CR2} = 12,36 - 13,22$ m/s, care sunt mai mari decât viteza maximă admisibilă pentru pereu din dale de beton marca B110 ($v_{max} = 4,40$ m/s).

CAP. 8. CERCETĂRI PRIVIND STAREA CONSTRUCTIVĂ ÎN TIMP A DESCĂRCĂTORULUI DE APE MARI CU INFLUENȚE ASUPRA CAPACITĂȚII DE TRANSPORT A DEBITELOR MAXIME

8.1.2. Elemente de cercetare structurală la decărcătorul de ape mari

Accentuarea degradării descărcătorului de ape mari este influențată în timp de acțiunile factorilor antropici (îmbătrânirea fizică a materialelor din care este executat, depășirea concepției și normelor în care a fost proiectat) și factorilor naturali (schimbările climatice).

Pentru descărcătorul de ape mari de la barajul Chirița s-a realizat analiza stării structurale pe fiecare tronson, astfel: canal de acces, deversor, canal deversor CD1 și CD2, zona de racord CD1 – CD2, canal rapid, bazin disipator și s-a evidențiat o serie de riscuri asupra obiectelor cercetate.

8.2. ANALIZA STĂRII STRUCTURALE A CANALULUI DE ACCES A DECĂRCĂTORULUI DE APE MARI DE LA BARAJUL CHIRIȚA

Canalul de Acces prezintă o stare constructivă satisfăcătoare, acceptabilă în funcționare, dar pereul de dale este afectat de durată mare de exploatare și acțiunile climatice suportate și lipsa lucrărilor de întreținere curente și a celor de reabilitare după o perioadă de timp.



Fig. 8.4. Vedere generală a Canalului de Acces dinspre lac, cu evidențierea procesului de colmatare în zona de intrare și dezvoltarea vegetației în rosturile pereului din dale de beton în anul 2009 [Luca M. ș.a., 2009].

În anul 1998 starea structurală a acestuia era nesatisfăcătoare, prin modul de prezentare a pereului din dale de beton degradat la suprafață și cu mortarul din rosturi expulzat. Starea de degradare a canalului de acces este reîntălnită și la expertiza tehnică realizată în anul 2004 [Luca M. ș.a., 1998], unde se menționează și fenomenul de colmatare a pereului de beton din partea dreaptă. Starea structurală a canalului de acces prezintă în continuare în anul 2009 o intensificare a fenomenului de degradare a suprafeței pereului din dale de beton, iar în rosturile golite de mortarul de ciment s-a dezvoltat o vegetație în care au apărut și arbuști (Fig. 8.4) [Luca M. ș.a., 2009].

O inspecție efectuată în anul 2020 [ABA Prut Bârlad, 2020] a evidențiat continuarea degradării elementelor de beton din structura Canalului de Acces prin fenomene de eroziune produsă de factorii climatici și apa provenită din lacul de acumulare (Fig.8.6).



Fig. 8.6. Gradul de degradare a structurii canalului de acces în anul 2020: 1 – degradarea structurii de beton a dalelor de pe radier, 2 – fisuri și crăpături în dalele de pe taluz la contactul cu paramentul barajului [ABA Prut Bârlad, 2020].

8.4. ANALIZA STĂRII STRUCTURALE A CANALULUI DEVERSOR DIN DESCĂRCĂTORUL DE APE MARI DE LA BARAJUL CHIRIȚA

Canalul Deversor prezintă o situație diferențiată față de cea proiectată. Soluția proiectată prevedea un canal cu două tronsoane cu o pantă continuă de 0,50% pe o lungime de 116,0 m. Soluția executată, conform ridicării topografice din 2005, prezintă primul tronson, CD1 cu panta 0,721% pe o lungime de 31,90 m. Tronsonul al doilea, CD 2, cu lungime de 84,10 m este format prin fragmentarea pantei în patru sectoare de lungimi și pante diferite ($i = 0,175 - 5,091$), cu o valoare medie 0,916% pe tronson. Starea constructivă a tronsoanelor de canal rezultată din analiză este următoarea:

a. Tronson CD1. Starea structurală a tronsonului CD1 este nesatisfăcătoare, având în vedere tranzitarea apei la viteze mai mari decât ce maxim admisibilă (suprafața pereului de beton este complet degradată, fisuri și crăpături la nivelul dalelor, formarea vegetației în rosturile dezgolite).



Fig. 8.11. Starea avansată de degradare a pereului din dale mari de beton pe CD1 în aval de deversor în 2009 [Luca M. ș.a., 2009].

b. Zona de racord dintre CD1 și CD2 este total nesatisfăcătoare la tranzitarea debitelor maxime, unde înălțimea apei este la limita pereului de beton, iar vitezele medii sunt mai mari decât cea maxim admisibilă.

Caracteristicile structurale care confirmă această situație sunt: degradarea accentuată a protecției cu beton a celor două culei; protecția este crăpată la nivelul canalului, iar cea a părții superioare a unui con de la culeea stângă s-a dislocat și are tendința de a aluneca în secțiunea de curgere; structura podului aflată în contact cu apa nu poate rezista la eroziunea determinată de tranzitarea debitelor maxime de viitură [Luca M. ș.a., 2004, Luca M. ș.a., 2009].



Fig. 8.15. Vedere culee stângă cu deplasarea conului superior [Hobjilă V. ș.a., 1998]

Analiza situației din teren, unde acțiunile antropice sunt evidente prin absența măsurilor de reparare și reabilitare constructivă a podului, a arătat posibilitatea unui impact negativ asupra secțiunii de curgere a CD1. În această perioadă s-a accentuat degradarea conurilor de protecție a podului, situație în care se poate produce prăbușirea în secțiunea de curgere a canalului de fragmente de beton

Inspecția efectuată în 2020 în amplasamentul Canalului Deversor [ABA Prut-Bârlad, 2020] a confirmat continuarea procesului de degradare a structurii de beton a podului (Fig. 8.19), dar tufișurile au fost îndepărtate. Pe dala taluzului de la culeea stângă se evidențiază o crăpătură determinată de deplasarea pe verticală a bucăților de beton din conul de protecție.

Fig. 8.19. Starea secțiunii de curgere a CD1 în zona podului peste Canalul Deversor, an 2020, cu evidențierea crăpăturilor în pereul de beton [ABA Prut-Bârlad, 2020].



c. Pentru trononul CD2 a rezultat din studiul și analiza documentațiilor tehnice un proces de degradare avansat a secțiunii de curgere sub acțiunea factorilor climatici și a celor antropici specifici zonei de amplasament. În anul 1998, secțiunea de curgere a tronsonul CD2 era acoperită cu pământ provenit de pe taluzul vegetal și s-a dezvoltat o vegetație abundentă [Hobjilă V. ș.a., 1998]. Documentațiile tehnice referitoare la starea tronsonului CD2 în următorii ani [Luca M. ș.a., 2004 și Luca M. ș.a., 2009] prezintă o situație asemănătoare, cu o vegetație dezvoltată în rosturi, în special în rostul dintre dalele de pe fundul canalului și cele de pe taluz (Fig. 8.21, Fig. 8.22).



Fig. 8.21. Vedere generală a stării de degradare a pereului de dale pe prima parte a canalului CD2 în 2009 [Luca M. ș.a., 2009].

Evaluarea în teren a stării funcționale a tronsonului CD2 în cadrul inspecției efectuată în 2020 și la Canalul Deversor [ABA Prut-Bârlad, 2020] a prezentat o situație de reparare parțială a unor rosturi de pe taluz prin umplerea acestora cu mortar de ciment (Fig. 8.23).



Fig. 8.23. Detaliu privind gradul de eroziune a dalelor și completarea rosturilor de pe taluz cu mortar pe tronsonul CD2 [ABA Prut-Bârlad, 2020].

Starea structurală a tronsonului CD2 este diferențiată pe lungime și este în general satisfăcătoare la debitul de dimensionare, dar nesatisfăcătoare la debitul de verificare (cota superioară a pereului de dale este depășită de apă, situație în care apare un risc în funcționarea canalului; secțiunea Sc E4 are o pantă mai mică decât a celorlalte, 0,59 %, astfel că apare un risc de spălare la coronament a pământului și posibilitatea de antrenare a dalelor de beton). La cele două debite reevaluate s-au obținut pe tronsonul CD2 valori ridicate ale vitezelor medii, ce depășesc viteza maximă admisibilă.

Starea structurală actuală a tronsonului CD2 prezintă un risc mediu de cedare la transportul debitului de dimensionare reevaluat, în timp ce la debitul de verificare reevaluat apare risc ridicat de degradare majoră a secțiunii de curgere.

8.5. ANALIZA STĂRII STRUCTURALE A CANALULUI RAPID

8.5.1. Elemente structurale ale Canalului Rapid

Canalul Rapid prezintă și el situație diferențiată față de cea proiectată. În stadiul actual, Canalul Rapid prezintă două tronsoane: CR1 cu lungimea de 53,50 m și panta 9,292 % și CR2 cu lungimea 34,0 m și panta 7,206 %.

8.5.2. Analiza stării structurale a Canalului Rapid CR1

Starea structurală a tronsonului CR1 a evoluat în timp de la total nesatisfăcătoare la o stare parțial satisfăcătoare în ultimii ani, după aplicarea unor lucrări de întreținere a rosturilor și macrorugozității [Hobjilă V. ș.a., 1998, Luca M. ș.a., 2004, Luca M. ș.a., 2009].



Fig. 8.25. Starea de degradare a secțiunii de curgere în zona centrală pe tronsonul CR1, an 2009: a – vedere generală a tronsonului din secțiunea de racord cu CD2, 1 – eroziunea avansată a betonului pe taluz, fragmentarea pereului la coronament; b – blocarea secțiunii de curgere cu arbuști, 2 – arbuști pe lungimea și lățimea canalului [Luca M. ș.a., 2009].

Principalele caracteristici structurale sunt următoarele:

- secțiunea de curgere a prezentat o perioadă de timp o stare structurală total nesatisfăcătoare prin gradul ridicat de degradare a dalelor de beton și prezența excesivă a vegetației, inclusiv de arbuști, crescută în rosturile golite de mortar [Hobjilă V. ș.a., 1998, Luca M. ș.a., 2004, Luca M. ș.a., 2009];

- după aplicarea unor lucrări de întreținere în ultimii ani, secțiunea de curgere poate tranzita debitele maxime; dalele de beton de pe taluz au o stare de degradare avansată a suprafeței cu prezența de fisuri și crăparea cu fragmentarea bermei din beton existentă la partea superioară a pereului.

8.5.3. Analiza stării structurale a Canalului Rapid CR2

Starea structurală a tronsonului CR2 prezintă un risc ridicat la tranzitarea debitului cu probabilitatea de 0,1%, din cauza modificării parametrilor canalului (micșorarea pantei) și secțiunii de curgere (reducerea cotei pereului de dale pe latura stângă a canalului). Ca și tronsonul CR1 și aici aplicarea de lucrări de întreținere a rosturilor și macrorugozității permite stabilirea unei stări structurale parțial satisfăcătoare.



Fig. 8.29. Fenomene de degradare a secțiunii de curgere pe tronsonul CR2 în anul 2009: a – vedere generală a CR2 în zona de subtraversare a conductelor, 1 – suprafață de taluz reconstituită fără macrorugozitate; b – detaliu privind modul de refacere a secțiunii de curgere a canalului, 2 – macrorugozitate pe taluz nerefăcută [Luca M. ș.a., 2009].

Caracteristicile structurale principalele ale tronsonului CR2 sunt următoarele:

- secțiunea de curgere a prezentat o perioadă de timp aceeași stare structurală total nesatisfăcătoare ca și la tronsonul CR1; o particularizare este dată de degradarea avansată a dalelor de beton având în vedere expunerea mai mare la acțiunile climatice prin reducerea protecției dată de versantul drept [Hobjilă V. ș.a., 1998, Luca M. ș.a., 2004, Luca M. ș.a., 2009];

- o alterare a stării structurale a secțiunii de curgere a fost produsă de subtraversarea conductelor de transport a apei din lac la Stația de Tratare

Chirița, unde prin îndepărtarea pereului original și a macrorugozității s-a perturbat geometria și structura canalului;

- refacerea secțiunii nu a respectat proiectul tehnic; dalele de beton de pe fundul canalului și de pe taluz prezintă o stare de degradare avansată a suprafeței reprezentată de eroziunea stratului de protecție și apariția de fisuri generate de împingerea versantului din partea stângă și prezența apei subterane în spatele dalelor, care drenează în canal.

Sectorul final al CR2 prezintă un risc ridicat în funcționare prin starea sa structurală modificată la execuție (modificare de pantă, micșorare de secțiune pe verticală, degradarea macrorugozităților și prezența vegetației).

8.5.4. Concluzii privind analiza stării structurale a Canalului Rapid

Simularea mișcării apei pe tronsoanele canalului Rapid (CR1, CR2, Cap. 7) a utilizat debite de calcul cu valori reevaluate, care a condus la obținerea parametrilor hidraulici ai secțiunii de curgere adaptată la condițiile actuale din amplasament. Astfel, pe tronsoanele CR1 și CR2 la debitele de dimensionare și verificare reevaluate s-au obținut viteze medii ce depășesc cu mult viteza maximă admisibilă $v_{max,ad} = 4,4$ m/s : la debitul de dimensionare reevaluat $v_{CR1} = 6,51 - 10,99$ m/s, $v_{CR2} = 10,99 - 11,83$ m/s; la debitul de verificare reevaluat $v_{CR1} = 7,518 - 12,36$ m/s, $v_{CR2} = 12,36 - 13,32$ m/s. Canalul rapid a fost dotat cu o macrorugozitate care a micșorat vitezele medii ale mișcării graduale variate. Din analiza comparativă rezultă că viteza medie la debitul de verificare reevaluat (5,507 m/s) și pentru tipul de macrorugozitate existentă în secțiunea de curgere, depășește valoarea maximă admisă pentru un pereu de beton marca B110, respectiv $v_{max,ad} = 4,4$ m/s Acest aspect determină un risc ridicat de eroziune pentru Canalul Rapid.

8.7. ANALIZA INFLUENȚEI STĂRII DE COLMATARE A LACULUI ASUPRA DEBITELOR MAXIME

Reducerea capacității utile a lacului impune o analiză a afluxului de aluviuni și o analiză a procesului de colmatare în timp.

În anul 1997 au fost realizate măsurători și simulări cu un program de calcul numeric pe calculator. Analiza procesului de colmatare a evidențiat reducerea volumului Lacului Chirița într-o perioadă de 30 de ani cu circa 13,33 % considerând nivelul coronamentului și 25,24 % la nivelul maxim de exploatare.

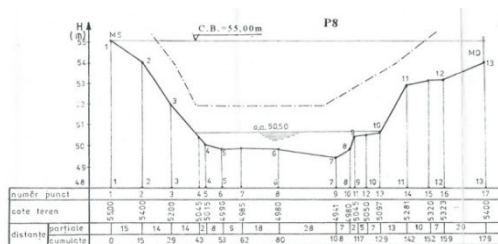


Fig. 8.44. Fenomenul de eroziune în Profil 8 pe Pârâul Chirița la vărsare în lac [Hobjilă V. ș.a., 1988].



Fig. 8.45 Fenomenul de eroziune în zona de debușare a conductelor de aducțiune [Luca M. ș.a., 2009].

Colmatarea excesivă a lacului duce la o modificare structurală a cuvei, care determină creșterea debitului maxim pe descărcător și introducerea unui risc important în exploatare (un fenomen de cedare asemănător cu cel petrecut la Lacul Belci de pe Râul Tazlău).

8.8. SIGURANȚA ÎN EXPLOATARE INDUSĂ DE STAREA STRUCTURALĂ A DESCĂRCĂTORULUI DE APE MARI

Având la dispoziție sinteza rezultatelor privind simularea stării de siguranță în funcționare a unui descărcător de ape mari, a pagubelor ce pot fi generate de o funcționare incorectă, precum și datelor ce caracterizează elementele la risc, se poate realiza o hartă la factorii de risc natural și antropic. O asemenea hartă în baza caracteristicilor constitutive (CC), hidraulice (CH), stare structurală (CS) și de exploatare (CE) a fost elaborată la nivel de Descărcător de Ape Mari. Acest concept de hartă la risc a fost particularizată pentru Descărcătorul de Ape Mari aflat în dotarea Barajului Chirița. Pentru o apreciere, deocamdată cantitativă și calitativă, s-a considerat un sistem de notare cu cifre de la 1 la n, pentru o parcurgere de la o situație pozitivă la una negativă.

Pe baza unui bilanț al datelor de analiză se propune o notare a riscului prezentat în exploatare de componentele descărcătorului de ape mari sub forma: RFD – risc foarte redus; RD – risc redus; RM – risc mediu; RR – risc ridicat; RFR – risc foarte ridicat.

Pentru întocmirea hărții de risc s-au delimitat zonele constitutive cu riscuri semnificative pe specific natural și antropic. Analiza s-a efectuat pentru cazul tranzitării debitelor inițiale de proiectare ($Q_{1\%} = 53,0 \text{ m}^3/\text{s}$ și $Q_{0,1\%} = 105,0 \text{ m}^3/\text{s}$) și debitele reevaluate ($Q_{r, 1\%} = 63,60 \text{ m}^3/\text{s}$ și $Q_{r, 0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s}$). Zonele constitutive considerate și analizate au fost: canalul de Acces la deversor, Deversorul și zona de amplasare a acestuia, tronsonul Canalului Deversor CD1, tronsonul Canalului Deversor CD2, Zona de

amplasare a Podului peste CD, tronsonul Canalului Deversor CD2, tronsonul Canalului Rapid CR1, tronsonul Canalului Rapid CR2, Zona de Racord ZR1, Bazin Disipator BD, Zona de Racord ZR2, Rizberma Rz, Canalul de Evacuare CE la Pârâul Chirița (Fig. 8.46).

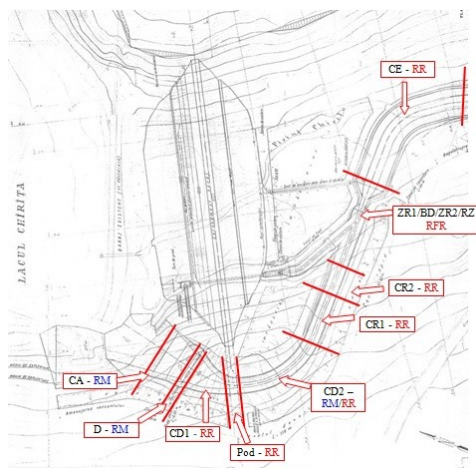


Fig. 8.46. Harta cu elemente de risc la Descărcătorul de Ape Mari de la Barajul Chirița.

Harta de risc poate fi întocmită și studiată ca un document tehnic ce contribuie la definirea capacității structurale și funcționale a unui descărcător de a putea tranzita în siguranță o serie de viituri fără a induce stări de cedare în construcția proprie, dar și în cea a barajului de pământ. Harta de risc poate fi actualizată și îmbunătățită cu material suplimentar în timp. Materialul suplimentar poate fi introdus în baza de date de monitorizare a descărcătorului.

CAP. 9. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII

9.1. CONCLUZII GENERALE

Teza de doctorat prezintă rezultatele studiilor și cercetărilor privind problemele actuale de exploatare a evacuatoarelor de ape mari de la barajele de pământ, probleme generate de condițiile noi de funcționare influențate de modificările climatice actuale. La factorii naturali intensificați de schimbările climatice se adaugă influența tot mai mare a factorilor antropici, cu anumite caracteristici pe teritoriul României.

Studiile și cercetările efectuate în cadrul tezei au scos în evidență faptul că barajele de pământ din categoria C și D sunt cele mai expuse la avariile

cauzate de modificările climatice, iar una din principalele cauze de cedare a barajelor este reprezentată de funcționarea defectuoasă a evacuatorilor de ape mari. Având în vedere contextul schimbărilor climatice la nivel național și mondial, durata mare de exploatare a barajelor (60 – 70 ani) și degradarea avansată a evacuatorilor de apă se impune reanalizarea modului de comportare și funcționare a acestor construcții.

În cadrul tezei s-a analizat în detaliu comportarea evacuatorului de ape mari de la barajul Chirița (caracteristicile constructive ale acestuia sunt prezente la majoritatea barajelor mici de pământ) la acțiunea factorilor antropici (proiectare, execuție, exploatare) și a factorilor naturali (hidrologici, hidraulici, climatici, geotehnici etc.). Cercetarea a fost realizată cu scopul de a verifica tranzitarea în siguranță a viiturilor generate de modificările climatice din ultima perioadă de timp și modificărilor aduse debitelor cu probabilități de depășire utilizate la dimensionare și verificare. Analiza efectuată a conceput un model de coroborare între parametrii de proiectare și starea structurală a componentelor constitutive a descărcătorului de ape mari evolute în timp. Analiza modului de comportare a descărcătorului s-a realizat pentru stadiul de concepere al acestuia și starea lui actuală după trecerea unei perioade mari de exploatare.

Concluziile principale rezultate din studiile și cercetările efectuate pot fi sintetizate astfel:

1. Concluzii privind problemele actuale de siguranță în exploatare a barajelor mici de pământ

➤ Barajele mici de pământ sunt cele mai expuse la avariile generate de modificările climatice din ultima perioadă de timp, deoarece nu sunt supravegheate și întreținute corespunzător, au fost proiectate și executate ținând cont de reglementările și normele de la acea dată, care nu mai corespund situației actuale. Majoritatea avariilor au fost înregistrate la barajele de categorie C și D din Bazinul Hidrografic Prut – Bârlad.

➤ Din studiul documentar realizat la nivel național și internațional s-a constatat că cele mai multe baraje degradate au avut drept cauză funcționarea defectuoasă a evacuatorilor de ape mari. Acest aspect se datorează în principal faptului că evacuatorii de ape mari nu au fost dimensionați astfel încât să poată tranzita viiturile actuale; la proiectare nu au fost luate în calcul eventualele majorări de debite, micșorarea volumului de acumulare cauzată de colmatare lacului, blocarea stavilelor etc.

➤ Cele mai multe baraje de pământ au fost executate cu 50 - 60 ani în urmă, cu tehnologiile și materialele de la acea vreme. Majoritatea evacuatorilor de la aceste baraje au fost executați din beton simplu și prezintă o uzură accentuată. Acest aspect reprezintă un factor de risc pentru baraje,

deoarece materialele utilizate și tehnologiile executate nu mai corespund condițiilor actuale.

➤ Un alt aspect cu impact major asupra cedării barajelor este reprezentat de modul defectuos de exploatare al acestora.

2. Concluzii privind procesele de degradare a evacuatorilor de la barajele de pământ

➤ Cercetările efectuate au scos în evidență starea structurală și funcțională a evacuatorilor de la barajele de pământ, influențată atât de factorii naturali cât și de cei antropici.

➤ Din studiul efectuat s-a constatat degradarea stării structurale a turnurilor de manevră, a golirilor de fund și a descărcătorilor de ape mari la o serie de baraje de pământ. Astfel, asupra acestor componente ale amenajării hidrotehnice au avut loc fenomene de gelivitate, carbonatare, infiltrarea apei, sufozie, proiectare necorespunzătoare, exploatarea deficitară etc., ce au determinat apariția tasărilor, fisurilor, crăpăturilor, erodarea betonului de suprafață, spălarea gurilor dintre dale și apariția vegetației, uzura pieselor metalice de la echipamentele hidromecanice, desprinderi de tencuială și deteriorarea betonului până la armătură etc. Toate aceste aspecte determină o serie de riscuri majore asupra evacuatorilor și implicit a barajelor în contextul modificărilor climatice. Pentru prevenirea evenimentelor negative se recomandă evaluarea periodică și constantă a evacuatorilor de apă de la barajele mici de pământ.

3. Concluzii privind baza de cercetare a evacuatorilor de apă mari de la Barajul Chirița

➤ Baza de cercetare pentru analiza modului de funcționare a descărcătorului de ape mari de la Barajul Chirița cuprinde o parte din documentația tehnică de proiectare, expertizele tehnice efectuate de-a lungul anilor, date din lucrări științifice și date din teren.

Metodica de lucru a presupus procesarea parametrilor și introducerea în programe de tip Excel și Matlab, analiza comparativă a profilelor longitudinale, a stării constructive, a stării de mișcare, etc. Rezultatele au fost interpretate în vederea identificării situațiilor de risc ce pot să apară în funcționarea descărcătorului de ape mari la tranzitarea debitelor maxime impuse.

4. Concluzii privind analiza comportării Descărcătorului de Ape Mari de la Barajul Chirița în varianta proiectată:

➤ În urma simulării tranzitării celor două debite s-a evidențiat o stare de mișcare supercritică pe ambele biefuri.

➤ Simularea mișcării la debitul de verificare are aceeași evoluție ca la debitul de dimensionare, determinând curbe ale suprafeței libere tip c_2 și b_2 . Din analiza valorilor obținute pe tronsonul CD1 s-a constatat depășirea

cotei superioare a taluzului din dale pe ultimele două secțiuni cu circa 5 – 50 cm, situație ce determină eroziunea taluzului de pământ. Un alt aspect important pe canalul CD1 îl reprezintă depășirea vitezelor admisibile ($v_{i,CD1} = 7,703 - 4,601$ m/s). La debitul de verificare pe tronsonul CD2 s-a obținut curba suprafeței libere de tip b_2 . Pe toată lungimea tronsonului CD2 adâncimile apei depășesc cota superioară a pereului de dale cu circa 23 – 51 cm, iar vitezele înregistrate ($v_{i,CD2} = 4,630 - 5,419$ m/s) prezintă risc de eroziune a canalului. Aceste aspecte determină degradarea secțiunii de curgere în cazul tranzitării debitului maxim de verificare.

➤ Din simularea tranzitării debitului maxim de dimensionare ($Q_{1\%} = 53,0$ m³/s) și debitului maxim de verificare ($Q_{0,1\%} = 105,0$ m³/s) pe Canalul Rapid cu lungimea de 90,50 m și panta 10,0 % s-a constatat depășirea vitezei maxime admisibile, înregistrându-se viteze de până la 13,71 m/s. De asemenea, la debitul de verificare, în prima secțiune a CR s-a constatat depășirea cotei superioare a pereului cu circa 2,3 cm.

➤ Analiza tranzitării debitelor maxime pe Canalul Rapid prevăzut cu macrorugozitate tip bare dispuse în zig – zag pe fundul canalului și transversale pe taluz a evidențiat reducerea vitezelor la valori de 3,709 m/s la debitul de dimensionare și 5,215 m/s la debitul de verificare.

➤ Din cauza lipsei totale a datelor de calcul pentru disipatorul de energie și risbermei (partea scrisă și partea desenată) nu s-a putut realiza o analiză și verificare a acestor componente ale descărcătorului.

5. Concluzii privind rezultatele simulării comportării Canalului Devorsor de la Barajul Chirița sub acțiunea factorilor climatici actuali

➤ Din studiile efectuate asupra descărcătorului de ape mari de la Barajul Chirița s-au constatat modificări deosebit de importante în structura acestuia față de situația proiectată. Modificările geometrice ale descărcătorului, în special ale pantei geodezice pe canalele componente și a structurii secțiunii transversale, coroborate cu impactul schimbărilor climatice cu influență asupra parametrilor hidrologici și hidraulici, precum și influenței acțiunilor antropice, au impus o cercetare a modului de tranzitare a debitelor maxime prin descărcătorul de ape mari, în contextul actual, la circa 60 de ani de exploatare.

➤ Ca urmare a schimbărilor climatice, debitele de calcul au fost majorate cu 20%, obținându-se următoarele valori: debit de dimensionare reevaluat $Q_{1\%} = 63,60$ m³/s; debit de verificare reevaluat $Q_{0,1\%} = 126,0$ m³/s.

➤ Schimbarea pantei geodezice a determinat modificarea parametrilor mișcării apei pe Canalul Devorsor. Astfel, pe primul sector mișcarea apei este subcritică, iar pe celelalte sectoare supercritică, vitezele înregistrate depășind viteza maximă admisibilă. Acest aspect coroborat cu

starea deteriorată a suprafeței de beton aflată în contact cu apa determină un risc ridicat la tranzitarea debitului de dimensionare.

➤ La debitul de verificare $Q_{0,1\%} = 126,0 \text{ m}^3/\text{s}$ simularea realizată a scos în evidență depășirea vitezelor maxime admisibile pe cele două tronsoane CD1 și CD2. Pe tronsonul CD2 adâncimea apei fluctuează fiind influențată de variația pantelor și se constată depășirea cotei superioare a pereului de dale din beton cu până la 33 cm. Acest aspect determină apariția eroziunii taluzului de pământ înierbat ce se află în continuarea pereului din dale de beton.

6. Concluzii privind rezultatele simulării comportării Canalului Rapid din cadrul Descărcătorului de Ape Mari de la Barajul Chirița sub acțiunea factorilor climatici actuali:

➤ Din analiza efectuată asupra Canalului Rapid existent în teren, s-a constatat modificarea parametrilor structurali ai acestuia, prin schimbarea pantei proiectate și a secțiunii de curgere. Execuția canalului din două tronsoane cu pante mai mici față de cea proiectată are un impact semnificativ asupra modului de funcționare a canalului rapid.

➤ Simularea MNGV pe tronsoanele canalului rapid la debitul de dimensionare și cel de verificare a evidențiat depășiri ale vitezei maxime admisibile pentru pereu din dale de beton marca B110 ($v_{max,ad} = 4,4 \text{ m/s}$), vitezele medii înregistrate având valori în ecartul $v_{CR,i} = 6,51 - 13,22 \text{ m/s}$.

➤ Canalul Rapid a fost proiectat cu macrorugozități tip bare dispuse pe taluz și fundul canalului, cu scopul de a reduce vitezele curentului de apă. În acest sens s-a realizat verificarea capacității macrorugozităților pentru cele două debite considerate și s-a constatat că prin majorarea coeficientului de rugozitate, vitezele sunt diminuate până la 3,876 m/s, respectiv 5,507 m/s; obținerea vitezei la debitul de verificare superioară vitezei maxime admisibile ($v_{max,ad} = 4,4 \text{ m/s}$) determină apariția fenomenului de eroziune.

7. Concluzii privind starea structurală în timp a descărcătorului de ape mari cu influențe asupra capacității de transport a debitelor maxime

➤ Necesitatea realizării simulării hidraulice a debitelor maxime pe descărcătorii de ape mari a apărut ca urmare a influenței factorilor de risc hidroclimatic asupra structurii constructive în timp prin degradarea parțială și totală a acesteia.

➤ Din analiza stării structurale a descărcătorului de ape mari s-a evidențiat o stare satisfăcătoare pentru canalul de acces și deversor, fiind prezente mici fisuri și crăpături cauzate de acțiunea factorilor climatici în timp.

➤ Canalul deversor prezintă o stare structurală nesatisfăcătoare pe tronsonul CD1 și pe zona de racord dintre CD1 și CD2, ce poate determina

situații de risc la tranzitarea debitelor maxime, având în vedere că vitezele obținute în urma simulării depășesc viteza maximă admisibilă.

➤ Modificări importante ale caracteristicilor constructive ale Canalului Deversor și Canalul Rapid față de situația proiectată și starea structurală actuală a acestor componente induc un risc major asupra descărcătorului de ape mari în cazul tranzitării debitelor maxime. Pentru creșterea siguranței în exploatare este necesară reevaluarea descărcătorului de ape mari, realizarea de reparații și lucrări pentru a corespunde normelor și contextului actual.

➤ Din cercetările efectuate se evidențiază un risc major asupra funcționării în siguranță a descărcătorului de ape mari determinat atât de factori naturali, prin majorarea debitelor în contextul schimbărilor climatice, cât și antropici prin schimbarea pantelor și degradarea în timp.

9.2. CONTRIBUȚII PERSONALE

Teza de doctorat „*Contribuții la creșterea siguranței în exploatare a evacuatorilor de apă de la barajele de pământ în contextul schimbărilor climatice*” prezintă o cercetare complexă asupra modului de comportare a Descărcătorului de Ape Mari de la Barajul Chirița în condițiile actuale influențate de starea sa structurală evolutivă negativ în timp și modificările climatice produse în ultima perioadă de timp.

Funcționarea în siguranță a evacuatorilor de ape mari în condițiile actuale reprezintă o problemă majoră la nivel național și mondial, fiind dezbătută și în congresele ICOLD din 2013 și 2015, unde s-a indicat o cercetare complexă a descărcătorilor de ape mari, având în vedere cedarea lor la debitele maxime generate de viiturile rapide și care au contribuit în multe situații la cedarea parțială sau totală a barajelor de pământ. Rezultatele obținute pot fi aplicate la analiza și interpretarea factorilor de risc asupra altor evacuatori de ape mari. Obiectivele de cercetare abordate în teza de doctorat prezintă un interes deosebit de important pe plan național, având în vedere că barajele mici din materiale locale sunt cele mai răspândite în România și totodată, prezintă o serie de probleme de exploatare, care prin nepunerea în evidență în timp util, pot declanșa degradarea lor progresiv în timp și chiar distrugerea totală a lor.

Activitatea de cercetare s-a realizat la o construcție hidrotehnică reprezentativă pentru barajele de pământ din categoria C și D, cu un istoric parțial cunoscut al evacuatorilor de apă și cu prezența unor factori de risc natural și antropic pregnanți în perioada de exploatare. Din analiza rezultatelor obținute prin cercetarea realizată se evidențiază o serie de contribuții proprii aduse în acest domeniu important în evoluția socială și

economică a societății. Printre aceste contribuții se pot enumera următoarele:

- Realizarea unui studiu documentar privind modul de comportare a barajelor mici de pământ din România, și în special din zona de est a României, dar și pe plan internațional, în contextul intensificării viiturilor cu debite mari determinate de modificările climatice din ultima perioadă de timp. Studiul documentar poate constitui o bază de date pentru cercetări în domeniul comportării descărcătorilor de ape mari la barajele de pământ

- Realizarea unui studiu documentar privind cauzele și modul de degradare structurală a evacuatorilor de apă de la barajele de pământ afectați de fenomene climatice extreme și de acțiuni antropice negative în exploatare.

- Contribuții privind conceptul unui model de simularea a comportării descărcătorului de ape mari în diverse variante de proiectare, dar și de aplicare în teren, precum și sub acțiunea complexă și modificată în timp a factorilor de risc în coroborare cu cei antropici. Modelul de studiu propus folosește o serie de scenarii de analiză cu variante de studiu pe situații existente în practica exploatării actuale a descărcătorilor de ape mari. Scenariile necesită crearea unei baze de date, care este utilizată în cadrul unor programe de analiză și calcul specializate pe comportarea hidraulică a descărcătorului în corelare cu starea structurală a lui.

- Contribuții privind realizarea unui set de programe de calcul rapid, care au fost utilizate la obținerea parametrilor hidraulici necesari în simularea scenariilor de funcționare a descărcătorului de ape mari în condițiile date de schimbările climatice și îmbătrânirea materialelor și schimbarea soluției de proiectare. Programele de calcul sunt proprii și au permis un timp mai mic de folosire și cu precizie superioară a rezultatelor.

- Contribuții la evidențierea stării structurale evolutive pe perioada de exploatare a descărcătorului de ape mari sub acțiunea factorilor de risc naturali și antropici, prin analiza comparativă a acestora, în condițiile inițiale și actuale perturbate de schimbările climatice.

- Contribuții la îmbunătățirea conceptului de studiu a evoluției structurale în timp a descărcătorului de ape mari de la un baraj de pământ de la punerea în funcțiune și până în stadiul actual de exploatare prin prelucrarea datelor din documentațiile tehnice de specialitate și utilizarea rezultatelor la îmbunătățirea datelor de proiectare și exploatare.

- Contribuții la evidențierea tipurilor de risc antropic intensificate în ultimii 50 de ani și evidențiate prin degradarea avansată a descărcătorilor de apă mari, ca urmare a unei execuții inadecvate, a rezistențelor mecanice relativ reduse ale materialelor utilizate și a unui management inadecvat prin

operațiunile aplicate și calitatea profesională a personalului de exploatare.

- Contribuții la evidențierea necesității privind îmbunătățirea conceptelor de proiectare pentru descărcătorii de ape mari prin luarea în considerare a influenței schimbărilor climatice asupra modului de formare și evoluție a debitelor maxime în timp.

- Contribuții la conceperea și studiul aplicabilității unei hărți cu elemente de risc pentru descărcătorul de ape mari prin care se poate analiza la intervale de timp capacitatea structurală și funcțională de a tranzita în siguranță viituri într-un ecart de probabilități de calcul specifice acumulării. Cu ajutorul hărților de risc se poate analiza și prognoza starea structurală și funcțională a descărcătorului de ape mari, cu evidențierea inițierii și evoluției unor stări de cedare în componentele constructive ale descărcătorului, dar și în structura barajului de pământ.

Metodele de studiu și calcul elaborate sprijină analiza factorilor de risc ce influențează comportarea descărcătorului de ape mari de la Barajul Chirița. Modul de concepere și realizare a programelor de simulare, împreună cu rezultatele obținute în urma rulării acestora, furnizează informații valoroase atât pentru cercetători, cât și pentru personalul implicat în exploatarea descărcătorilor de apă. Conceptul de studiu și analiză a comportării descărcătorului de ape mari poate fi generalizat și aplicat și la alți evacuatori, iar datele pot fi introduse în baze de date în cadrul sistemelor de monitorizare a barajelor.

Rezultatele obținute prin studiile, cercetările teoretice, experimentale și numerice efectuate au fost publicate sub formă de articole științifice în reviste de specialitate și volumele unor manifestări științifice atât pe plan național, cât și internațional.

BIBLIOGRAFIE

(Listă selectivă din 220 titluri)

- Abdulamit A., [2009]. *Safety of Dams in Romania*. Proceedings of the 23rd ICOLD Congress, Question 91, R12, Brasilia.
- Administrația Națională Apele Române (ANAR), 2010. *Raport de activitate C.T. Moldova*.
- Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad, 2020. *Proces verbal de constatare –verificare a modului de exploatare și a stării tehnice actuale a barajului și acumulării Chirița, jud. Iași*.
- Agapie I., Luca M., Gherasim P.M., **Dominte (Croitoru) V.**, [2021]. *Design of GNSS networks for monitoring earth dams deformations*. Journal of Applied Life Sciences and Environment Vol. LIV, Issue 4 (188), University of Life Sciences Iasi, pp. 354-369. <https://doi.org/10.46909/journalalse-2021-031>.
- Agapie (Mereuță) I., Luca M., Gherasim P.M., (2022). *Monitoring the stability of earth dams using local geodetic network*. RevCAD, Journal of Geodesy and Cadastre, no. 33, „1 December” University of Alba Iulia, Aeternitas Publishing House Alba Iulia, p. 7-16, ISSN 2068-5203.
- Agapie (Mereuță) I., [2025]. *Contribuții la monitorizarea stabilității masivelor de pământ prin tehnologii moderne. Teză de doctorat*. Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași.
- Bartha I., Luca M., Luca Al. L., [2014]. *Analysis of the phenomenon of infiltration in the dams of earth degraded*. Bulletin Polytechnic Institute Iasi, Tome LX (LXIV), Fasc. 1-2, Sect. Hidrotehnica, Edit. Politehnicum, p. 61-70. ISSN 1224-3892.
- Bica, I., [2000]. *Elemente de impact asupra mediului*. Edit. Matrixrom, București.
- Boboc V., [2014]. *Cercetări asupra inundațiilor produse în urma cedării barajelor de pământ. Teză de doctorat*. Univ. Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași.
- Boboc V., Toma D., [2015]. *Evaluating of the earth geotechnical properties regarding the earth dams exploitation*. Bulet. Instit. Polit. Iași, secția Hidrotehnică, tom LXI (LXV), fasc. 3-4, pg. 23-32.
- Bolton Seed H., Duncan J.M., [1987]. *The failure of Teton Dam*. Engineering Geology, vol. 24, Issues 1-4, December 1987, pp. 173 – 205.
- Busuioc A., Caian M., Bojariu R., Boroneanț C., Cheval S., Baciuc M., Dumitrescu A., [2014]. *Scenarii de schimbare a regimului climatic în România, pe perioada 2001-2030*.
- Cercel V., Cercel P., [2005]. *Aspects regarding the behavior during exploitation of Mileanca Storage (Botoșani County) in flood conditions*. 1st International Conference „Disaster and pollution monitoring” IC.DPM.3, Iasi, Romania, p. 21-24. ISBN 978-973-730-406-3.
- Chanson H., [2001]. *The hydraulics of stepped chautes and spillways*. Balkema, Olanda.
- Charles J.A., Tedd P., Warren A., [2011]. *Lessons from historical dam incidents*. Published by: Environment Agency, Horizon House, Deanery Road, Bristol, BS1 5AH ISBN: 978-1-84911-232-1 www.environment-agency.gov.uk
- Chen B., Huang Z-S., Bao T-F., Zhu Z., (2021). *Deformation early-warning index for heightened gravity dam during impoundment period*. Water Science and Engineering, 14 (1), p. 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2021.03.001>
- Dahms S.H., [2004]. *Dam age caused nature of risks and hazards*. In „American Hazards capes: the Regionalization of Hazards and Disasters”. Ed. Cutter S.L., National Academy Press, Washington, D.C.
- Dominte (Croitoru) V.**, Luca M., Agapie (Mereuță) I, [2021]. *Degradation of earth's dams under the effect of climate change*. Scientific Papers, vol. 63(1), Agronomy series, University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Iași, pp. 157-162. ISSN 1454-7414, el. ISSN 2069-6727.
- Dominte (Croitoru) V.**, Luca M., [2023]. *Considerations on floods in the Prut Barlad basin*. Buletinul Institutului Politehnic Iasi, Department of Chemistry and Chemical Engineering, Tom 69 (73), no. 3, p. 55 – 66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10072428>

- Enea A., Iosub M., Stoleriu C.C., [2023]. *A low-cost, UAV-based, methodological approach morphometric analysis of Belci Lake Dam breach, Romania*. Water 2023, 15 (9), 1655, <https://doi.org/10.3390/w15091655>.
- Gabor O., [2013]. *Descărcătorii de ape mari ai barajelor. Prezentarea și considerații pe baza rapoartelor la Q94 de la Congresul 24 ICOLD, Kyoto*. Rev Hidrotehnică, nr. 1-2, p. 55-65.
- Gua Z., Wang T., Meng W., Yub C., An R., [2023]. *Numerical investigation of silted-up dam-break flow with different silted-up sediment heights*. Water Science & Technology Water Supply 23 (1), p. 1-15. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.007>
- Hobjilă V., Luca M., Giurma I., [1998]. *Expertizarea stării de siguranță în exploatare a barajului și lacului predecantor Chirița, județ Iași. Sistemul de alimentare cu apă Iași*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași.
- Hobjilă V., Luca M., Giurma I., Cotiușcă-Zaucă D., [1998]. *Expertiză tehnică privind siguranța în exploatare a barajului Vișoia*. S.C. Poliascas S.A., Iași.
- Hobjilă V., Luca M., [2000]. *Complemente privind proiectarea și expertizarea unor tipuri de construcții hidrotehnice*. Edit. CERMI, Iași, p. 443-545.
- ICOLD, [1973]. *Lessons from Dam Incidents*
- ICOLD, [1992]. *Spillways. Shockwaves and Air Entrainment: Review and Recommendations* – Bulletin 81.
- ICOLD, [1995]. *Dams Failures Statistical Analysis*. Buletin 99.
- ICOLD (2011). *Small dams design. Surveillance and Rehabilitation*.
- Ionescu Ș., [2001]. *Evacuatorii de ape mari și siguranța barajelor (prezentarea lucrărilor de la Congresul XX ICOLD)*. Hidrotehnică, vol. 46, nr. 11-12, București.
- Iosub M., Minea I., Chelariu O.E., Ursu A., [2020]. *Assessment of flash flood susceptibility potential in Moldavian Plain (Romania)*. Journal of Flood Risk Management, Volume 13, Issue 4. <https://doi.org/10.1111/jfr3.1258>
- Institutul pentru Planuri de Amenajări și Construcții Hidrotehnice (IPACH) București, [1962]. *Proiect 1400/1964. Extinderea alimentării cu apă a orașului Iași. Complex Chirița – Amenajarea Lacului Chirița*.
- Khanal P., Paudel S., Neupane R., Adhikari S., Shrestha P., Regmi RK., Dahal S., Cho H., Marasini U., (2025). *Dam break analysis of the Nagmati and Dhap dams using HEC-RAS*. H2 Open Journal (2025) vol. 8, issue 3, pp. 139–156. <https://doi.org/10.2166/h2oj.2025.058>.
- Lempérière F., [2017]. *Dams and floods*. Science Direct, Engineering, Vol.3, Issue 1, pp. 144-149, <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.01.018>.
- Luca A.L., Pop O.A., [2016]. *Earth dam stability – The analysis of filtration process*. Scientific papers, Series E, Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering, vol. V, pp. 33-38. ISSN-L 2285-6064.
- Luca M., [1994]. *Hidraulica construcțiilor hidrotehnice*. Edit Lito, Univ. Tehn. „Gh. Asachi”, Iași, pp. 33-38
- Luca M., [1998]. *Hidraulică tehnică*. Vol. I, Edit. Tehnopress, Iași, p. 32-239.
- Luca, M., Hobjilă, V., [2002]. *The hydraulic expertise of the high water discharge structure in earthen dams*. Ovidius University Annals of Constructions, Vol. 1, number 3, 4, p. 419-422. ISSN 12223-7221
- Luca M., Hobjilă V., Giurma I., Cercel P., [2004]. *Expertizarea stării de siguranță în exploatarea barajului și lacului de predecantare Chirița, jud. Iași*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași.
- Luca M., Giurma I., Cotiușcă-Zaucă D., Crăciun I., [2004]. *Regulament de exploatare a barajului și lacului de predecantare Chirița, jud. Iași*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași.
- Luca M., Giurma I., Cercel P., Tămășanu F., [2009]. *Expertiză tehnică privind siguranța în exploatare a barajului Chirița*. S.C. Polias-Instal S.R.L., Iași.

Luca M., Toma D., Marcoie N., **Dominte (Croitoru) Violeta.**, [2021]. *The impact of industrial waste dumps on the environment in the area of Moldova*. Scientific Papers, 64 (1), Horticulture series, University of "Life Sciences" Iași, pp. 207-216. ISSN 1454-7414, el. ISSN 2069-6727

Luca M., Agapie (Mereuta) I., [2022]. *Research on the topology of earth dam by using GNSS technology*. Journal RevCAD, Journal of Geodesy and Cadastre, no. 32, „1 December” University of Alba Iulia, Aeternitas Publishing House Alba Iulia, p. 59-68, ISSN 2068-519X, ISSN 2068-5203

Luca M., **Dominte (Croitoru) V.**, Marcoie N., Agapie (Mereuță) I., [2023]. *Verification of topographic drawing parameters of water outlets at earth dams*. J. RevCAD, no. 35, „1 December” University of Alba Iulia, Aeternitas Publishing House Alba Iulia, p. 15-24, ISSN 2068-5203.

Marcoie N. [1997]. *Calculul descărcărilor de ape mari în trepte ale lacurilor de acumulare*. Lucrările Conferinței Naționale de Termotehnică, Ediția VII-a, Vol. III, Edit. Transilvania Expres, Brașov, p. 87-92, ISBN: 973-97758-5-3.

Musteață G., Bălan I., Pricop C., Bălan I., [2014]. *Studii privind siguranța în exploatare a acumulării Podu Iloaiei*. Lucr. Conferința științifică a INHGA București, 10 – 11 noi.

Nicu A., Cercel P., Florea N., [2016]. *Considerations regarding the level of infiltrations at an earth dam with a drainage mat case study: Mileanca dam*. Bulet. Institut. Politeh. Iași, secția Construcții și Arhitectură, vol. 62 (66), nr. 4, pp. 27-37.

Nisha C.M., Thangarasu N., [2024]. *A comparative analysis of deep-learning models for dam discharge forecasting for disaster management*. Water Supply, vol. 24, no 12, 4024 - 4045, ws2024248. <https://doi.org/10.2166/ws.2024.248>.

NTLH-022. *Metodologia privind categoriile de importanță a barajelor*. Ordin comun MAPN nr. 115/11.02.2002 și MLPAT nr. 289/06.03.2002, MO partea I, Anul XIV, nr. 427,19.06.2002.

Popescu S., [1999]. *Aplicații informatice în hidraulica sistemelor hidrotehnice*. Editura CERMI, Iași, p. 27-74.

Prișcu R., [1974.a]. *Construcții hidrotehnice, Vol. I*. Edit. Didact. și Pedag., București p. 523-541, 843-889.

Ruedisser B., [2016]. *Mechanisms and Risk of Embankment Dam Failure*. Ovidius University Annals Constanza, Series Civil Engineering, year XVIII, Issue18, Ovidius University Press, pp. 61-66 ISSN 1584-5990.

Sbiera B., [2004]. *În anul 1975 acumularea Podu Iloaiei la un pas de catastrofă*. Revista Aurul Albastru, nr. 5, p. 3-4, Iași.

Sion P., Luca M., Toma D., **Dominte (Croitoru) V.**, [2020]. *Research on environmental degradation in river branches areas*. Scientific Papers, Horticulture Series, Year LXX, 63 (1), University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Iași, p. 171-176. ISSN 1454-7376

Schleiss A.J., Pougatsch H., [2011]. *Les barrages. Du projet a la mise en service*. Traite de Génie Civil de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Vol.17, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suisse.

Sharafi H., Maleki Y.S., [2019]. *Evaluation of hazardous effects of near-fault earthquakes on earth dams by using EL and TNL numerical methods (case studies: Gheslagh Oley and Jamishan dams)*. Springer, Natural Hazard, Published online: 10 august 2019, pp. 1-34.

Stăncescu L., Moraru N., Ionescu V., Leinweber L., [1984]. *Îndrumător tehnic pentru lucrări de îmbunătățiri funciare*. Edit Ceres, București, p. 37-83, p. 329-332.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), [2017]. *Terminology of Disaster Risk Reduction*. Geneva, UNDRR.

Urzică A., Mihu-Pintilie A., Stoleriu C.C., Cîmpianu C.I., Huțanu E., Pricop C.I., Grozavu A., [2021]. *Using 2D HEC-RAS Modeling and Embankment Dam Break Scenario for Assessing the Flood Control Capacity of a Multi-Reservoir System (NE Romania)*. Water 2021, 13 (1), 57; <https://doi.org/10.3390/w13010057>

ACTIVITATEA ȘTIINȚIFICĂ ÎN CADRUL ȘCOLII DE DOCTORAT

a doctorandei ing. **DOMINTE (CROITORU) Violeta**

Lucrări publicate - cotare DOI (pe domeniul de studiu al tezei de doctorat)

1. Agapie I., Luca M., Gherasim P.M., **Dominte (Croitoru) V.**, 2021. *Design of GNSS networks for monitoring earth dams deformations*. Journal of Applied Life Sciences and Environment Vol. LIV, Issue 4 (188) ,354-369. Print: ISSN 2784 – 0379, online: ISSN 2784 – 0360. <https://doi.org/10.46909/journalalse-2021-031>
2. **Dominte (Croitoru) V.**, Luca M., 2023. *Considerations on floods in the Prut Barlad basin*. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Published by Technical University "Gheorghe Asachi" from Iasi, 69 (3), Fasc. 3-4, Secția Chimie și Inginerie Chimică, Ed. Politehniun, p. 55-66, ISSN: 2537-2947, <https://doi.org/10.5281/zenodo.10072428>
3. Luca M., **Dominte (Croitoru) V.**, Marcoe N., Agapie (Mereuță) I., 2023. *Verification of topographic drawing parameters of water outlets at earth dams*. RevCAD, Journal of Geodesy and Cadastre, no. 35, „1 December” University of Alba Iulia, Aeternitas Publishing House Alba Iulia, p. 15-24, ISSN 2068-5203, <https://doi.org/10.29302/Pangea23>

Lucrări publicate - cotare BDI (pe domeniul de studiu al tezei de doctorat)

4. **Dominte (Croitoru) V.**, Luca M., Agapie (Mereuță) Ioana, 2021. *Degradation of earth's dams under the effect of climate change*. Scientific Papers, vol. 64 (1)/2021, Agronomy series, University of „Life Sciences of Iași, pp. 157-162. ISSN 1454-7414, el. ISSN 2069-7627, (BDI).

LUCRĂRI PUBLICATE - cotare BDI (pe domenii complementare)

5. Sion Paul V., Luca M., Toma D., **Dominte (Croitoru) V.**, 2020. *Research on environmental degradation in river branches areas*. Scientific Papers, vol. 63(1)/2020, Agronomy series, USAMV of Iași, pp. 157-162. ISSN 1454-7376, el. ISSN 2069-8275, (BDI).
6. Luca M., Toma D., Marcoe N., **Dominte (Croitoru) V.**, 2021. *The impact of industrial waste dumps on the environment in the area of Moldova*. Scientific Papers, 64 (1)/2021, Horticulture series, USAMV, Iași, pp. 207-216. ISSN 1454-7376, el. ISSN 2069-8275.

LUCRĂRI COMUNICATE**(pe domeniul de studiu al tezei de doctorat)**

1. **Dominte (Croitoru) V.**, Luca M., 2020. *Considerations regarding the reduction of the flood risk on the Jijia River*. The 15th edition of the International Symposium “Present Environment & Sustainable Development” “Al. I. Cuza University of Iasi”, 12 nov., Book Abstr. p. 26-27, (cotat ISI)
2. **Dominte (Croitoru) V.**, Luca M., 2021. *The impact of climate change on evacuators from earth dams*. The 16th edition of the International Symposium “Present Environment & Sustainable Development” “Al. I. Cuza University of Iasi”, 18-19 jun., Book Abstr. p. 23, (cotat ISI)
3. **Dominte (Croitoru) V.**, Luca M., 2022. *Research on the degradation of the evacuators from earth dams under the effect of climate change*. The 5th edition of the International Conference of the Doctoral School „Excellence in Doctoral Studies through Innovation, Convergence and Interdiscipinarity”, “Gh. Asachi” Tehnical University of Iași, 18-20 may, Conference program. p. 32
4. Luca M., Marcoie N., **Dominte (Croitoru) V.**, Agapie (Mereuță) I., 2022, *Considerations regarding the verification of the topographic drawing parameters of structural components at earth dam*. The 8th edition of the International Symposium „Geomatics and New Technologies of Geospatial Science” Digital Edition, 16-17 dec., Conference Program, p. 3